



Governo do Estado de São Paulo

Governador do Estado
José Serra

Secretário de Agricultura e Abastecimento
João de Almeida Sampaio Filho

Secretário-Adjunto
Antonio Júlio Junqueira de Queiroz

Coordenador da Agência Paulista
de Tecnologia dos Agronegócios
João Paulo Feijão Teixeira

Diretor-Geral do Instituto Agronômico
Orlando Melo de Castro

O AGRONÔMICO

(Instituto Agronômico)
Campinas, SP
1941-1; 1949-2007 1-59
(Série Técnica Apta)

A partir do v.52, n.1, faz parte da Série Técnica Apta da SAA/APTA.

A eventual citação de produtos e marcas comerciais não expressa, necessariamente, recomendação de seu uso pela Instituição.

É permitida a reprodução parcial, desde que citada a fonte. A reprodução total depende de anuência expressa do Instituto Agronômico.

Editoração e arte final eletrônica
Intermídia Serviços de Propaganda Ltda.
reginatesta@uol.com.br

Web Designer
Elaine Abramides

Impressão
Mundo Digital Gráfica e Editora Ltda.

Comercial
Frederico Olivi
www.olivideo.com.br
(19) 3276-0430

Assinaturas
Anual: R\$10,00
Números avulsos: R\$5,00

Enviar cheque nominal ou comprovante de depósito, em nome do Instituto Agronômico, na Nossa Caixa-Nosso Banco, agência 00558-4, conta corrente 13.000004-6, para:
IAC-Núcleo de Informação e Documentação
Caixa Postal 28
13020-902 Campinas, SP
fax (19) 3231-5422 ramal 215
endereço eletrônico: vendas@iac.sp.gov.br

EDITORIAL

A edição de um fascículo de O Agrônomo sobre café, apenas quatro anos depois de ter saído outro (O Agrônomo v. 55, n. 2, 2003) parecia ambicioso ou até mesmo temeroso. Haveria matérias suficientemente atraentes e novas para ganhar a atenção do público e que fossem condizentes com as comemorações dos 120 anos de fundação do IAC? A determinação do Luiz Carlos Fazuoli e o entusiasmo da Terezinha de Jesus Garcia Salva foram fundamentais.

Além do indispensável e respeitável histórico das conquistas das pesquisas cafeeiras, os leitores vão encontrar informações atualíssimas sobre temas que envolvem, por exemplo, a influência do aquecimento global sobre a possibilidade de cultivo do café nos próximos 50 anos.

Conhecimentos atualizados de técnicas de laboratório são mostrados, revistos e discutidos, como o uso da cultura de tecidos, a caracterização dos cromossomos de café por técnicas convencionais e avançadas (bandamento-C e -NOR), o mapeamento cromossômico e a aplicação do tema atualíssimo do genoma Café, todos visando, em diferentes níveis, as perspectivas para o melhoramento genético do café.

Técnicas renovadas e atualizadas de arborização de cafezais, aliadas às questões de ambiente, manejo de irrigação e o comportamento de cultivares em solos ácidos e corrigidos são mostradas de maneira acessível a produtores. Falando nisso, nada melhor do que rever as contribuições do IAC na produção de cultivares de café arábica.

O tema sempre presente sobre a composição química do café e as características da bebida e do grão está presente em interessante artigo, além de se voltar à questão do café naturalmente descafeinado em pleno uso no programa de melhoramento.

Cafeicultores interessados na produção de café orgânico ou mesmo em cultivo de baixo impacto ambiental vão encontrar respaldo técnico em trabalhos que mostram a situação atual e perspectivas futuras desse nicho, além de questões sobre a resistência a fatores abióticos e mesmo a pragas e doenças como bicho mineiro, nematóides e ferrugem.

Pela importância intrínseca do tema, a diversidade em Coffea é tratada de modo claro, aliado a questões como o plantio do café robusta em São Paulo, permitindo, no final, formação de opinião sobre a sustentabilidade da produção de café sugerida como pauta da cafeicultura no século XXI. É nessa pauta que se assenta o Programa de Pesquisa com o Café no Instituto Agronômico, abrindo caminhos seguros para a Cafeicultura paulista e brasileira.

O AGRONÔMICO

Boletim Técnico-Informativo do Instituto Agronômico
Volume 59 - Número 1 - 2007
Série Técnica Apta
ISSN 0365-2726

Editores
Sonia Carmela Falcí Dechen
Celso Valdevino Pommer

Co-editores
Terezinha J. G. Salva
Luiz Carlos Fazuoli
João Paulo Feijão Teixeira



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO AGRONÔMICO

Av. Barão de Itapura, 1481 - 13020-902 Campinas, SP
Fone (19) 3231-5422
fax (19) 3231-4943
<http://www.iac.sp.gov.br>

Neste Número

Editorial 1

Páginas Azuis

Agronegócio café: principais contribuições de pesquisas realizadas no IAC..... 5

Cultivares de café arábica do IAC: Um patrimônio da cafeicultura brasileira 12

O programa café do Instituto Agrônômico 16

Aquecimento global, mudanças climáticas e a cafeicultura paulista..... 19

Informações Técnicas

Diversidade em *Coffea* sp. 22

Arborização de cafezais 25

Arborização de cafezais 28

Condições ambientais e o manejo da irrigação influenciando a qualidade do café 30

Panorama da cafeicultura orgânica e perspectivas para o setor 33

Comportamento de cultivares de café arábica em solos ácidos e corrigidos 37

Cultivares resistentes ou tolerantes a fatores bióticos e abióticos desfavoráveis: ponto-chave para a cafeicultura sustentável 39

Os estudos sobre a fisiologia do cafeeiro no Instituto Agrônômico 41

Armazenamento de sementes de café 44

Cafeeiros resistentes ao bicho-mineiro 46

A ferrugem alaranjada do cafeeiro e a obtenção de cultivares resistentes..... 48

A luta contra a doença causada pelos nematóides parasitas do cafeeiro..... 54

A composição química do café e as características da bebida e do grão 57

A obtenção de um café naturalmente descafeinado 60

Da folha à obtenção de embriões somáticos de *Coffea* 63

Características dos cromossomos mitóticos de espécies diplóides de café por técnicas convencionais e de bandamento-C e-NOR 65

Mapeamento cromossômico em espécies de café através da técnica de hibridação *in situ* fluorescente (FISH)..... 66

Genoma café: perspectiva para o melhoramento genético da cultura 68

Café robusta: uma nova opção para a cafeicultura paulista 71

Sustentabilidade: pauta da cafeicultura no Século XXI..... 75

Ponto de vista

A transferência de tecnologia com o café no IAC e os novos paradigmas da moderna cafeicultura brasileira..... 77



12 Café arábica do IAC

Um patrimônio da cafeicultura brasileira

19 Aquecimento global

Mudanças climáticas e a cafeicultura paulista

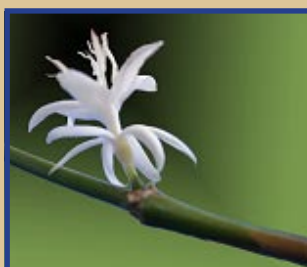


25 Arborização de cafezais

Técnica agrícola muito usada em outros países para proteção contra adversidades climáticas e promover a sustentação da cafeicultura

48 Ferrugem alaranjada

O cafeeiro e a obtenção de cultivares resistentes



68 Genoma café

Perspectiva para o melhoramento genético da cultura

Agronegócio café:

Principais contribuições de pesquisas realizadas no IAC

O cafeeiro arábica foi introduzido no Brasil em 1727 tendo chegado a São Paulo pelo Vale do Paraíba e atingido a região de Campinas em 1810, sempre como uma cultura nômade à procura de novas terras, ricas em matéria orgânica e produtivas que se tornavam logo esgotadas nos primeiros anos, devido ao desconhecimento da necessidade da reposição de nutrientes e de métodos de conservação de solo. A produção, entretanto, aumentava de modo surpreendente, principalmente pela adaptação das plantas às condições de solo e clima e também pelo constante aumento da área plantada. O Estado de São Paulo tornou-se o centro da economia do país.

Em 1887, foi criada por solicitação geral dos produtores do Estado, a 'Imperial Estação Agronômica de Campinas' que mais tarde viria ser chamada de Instituto Agronômico (IAC). Quando foi criado em 27 de junho, há 120 anos, o atual Instituto Agronômico de Campinas era uma Instituição Federal, ligada ao Ministério da Agricultura do então Império Brasileiro. Para sua direção o Governo Imperial Brasileiro contratou na Áustria o professor F. W. Dafert, que o dirigiu até 1897. A administração de Dafert foi muito produtiva, como provam os trabalhos publicados naquela época, vários dos quais se tornaram clássicos da literatura agronômica brasileira, especialmente aqueles relacionados com o cultivo do café.

Até a década de 1920 haviam sido desenvolvidos processos de produção que envolviam cuidados com a adubação com esterco de curral complementada com farinha de peixe, escórias de alto forno e pequenas quantidades de salitre do Chile. Havia recomendações para o preparo do solo, controle de pragas e doenças e também processamento da produção até secagem em terreiros e armazenamento em tulhas de madeira, além do beneficiamento, preparando o café beneficiado para a exportação, livre de impurezas, com uniformidade e sabor. Na década de 1930, iniciou-se a experimentação com delineamentos estatísticos, com aplicação de maiores quantidades de fertilizantes, afastando a adubação do empirismo.

Projetos de pesquisas biológicas foram intensificados a partir da década de 30. Até então, os cafezais de São Paulo eram formados com sementes derivadas de cultivares importadas, sem nenhuma seleção específica, a não ser aquela fei-

ta pelos próprios agricultores, que consistia na escolha dos talhões mais produtivos da propriedade, para daí se retirarem as sementes das melhores plantas. A semeadura direta, que então se fazia, de 30 a 40 sementes por cova, naturalmente permitia a seleção das mudas mais vigorosas, mais saudáveis e de mais rápido desenvolvimento. Nessa época, objetivando melhor conhecimento biológico do cafeeiro em aspectos básicos, iniciaram-se os estudos sobre a taxonomia das cultivares e espécies de *Coffea*, estrutura das inflorescências, das flores e biologia floral, análises citológicas e genéticas, mutações somáticas e evolução no gênero *Coffea*. Os conhecimentos adquiridos nessas áreas foram e têm sido aplicados na obtenção das principais cultivares de *C. arabica*, na síntese de novas estruturas genéticas e no aproveitamento de espécies silvestres de *Coffea*, para fins de melhoramento, tendo em vista a obtenção de progênies ou linhagens com boas características agronômicas, elevadas produções e com produto de boa qualidade.

A contribuição do IAC para a cafeicultura brasileira tem sido altamente relevante. A seguir são relatadas algumas dessas contribuições nas diferentes áreas.

FISIOLOGIA

Em relação aos estudos de fisiologia, devem ser ressaltados os resultados obtidos em relação a níveis de luz na fisiologia e produtividade do cafeeiro. Na verdade, os estudos sobre a fisiologia do cafeeiro tiveram início no Brasil no século XIX, com a criação do Instituto Agronômico de Campinas. Entre os trabalhos publicados por F. W. Dafert alguns foram sobre as exigências minerais do cafeeiro e a distribuição dos ele-

AGROCLIMATOLOGIA

No início dos anos 50, o IAC realizou os primeiros estudos sobre a adequação dos cafeeiros às diversas regiões climáticas, abrangendo, inclusive, a microclimatologia, relacionada a conceitos e métodos de defesa contra geadas. Atualmente, o IAC conta com um acervo de informações meteorológicas para o monitoramento da cafeicultura e de métodos para a irrigação dos cafezais. Desenvolve projetos relacionados ao clima, à qualidade da bebida, a regiões agroecológicas à regionalização da cultura e a novos métodos para análise das relações clima-produtividade. Na década de 70, foi elaborado pelos pesquisadores do IAC para todo o Brasil, o zoneamento climático para os cafés arábica e robusta, que determinou áreas com melhores condições de temperatura e disponibilidade de água, restringindo áreas mais sujeitas a geadas, ou com deficiências hídricas que no final da década de 1980 passaram a ser cultivadas mediante a irrigação.

mentos nutritivos nas diferentes partes da planta. Depois de Dafert, a fisiologia do cafeeiro voltou a receber alguma atenção na década de 30, quando Theodureto de Camargo, então Diretor do Instituto, estudou com seus colaboradores alguns aspectos da fisiologia do cafeeiro como seu crescimento em relação ao pH do meio radicular, a importância da nutrição nitrogenada e potássica e as alterações químicas que ocorrem nas folhas de cafeeiros atingidos pela geada. A partir da criação, em 1936, de um laboratório para estudos de fisiologia vegetal, o qual foi transformado em Seção de Fisiologia com a reestruturação do Instituto Agrônomo efetuada em 1942, a fisiologia do cafeeiro passou a ser estudada ininterruptamente, trazendo importantes contribuições para a cafeicultura.

Os trabalhos sobre a reação do cafeeiro aos fatores climáticos resultaram no conhecimento das causas de vários fenômenos observados nas culturas, tais como a descoloração de folhas em baixas temperaturas, o estrangulamento do caule e a lesão do colo de plantas novas sujeitas a temperaturas extremas. Os estudos sobre a influência da temperatura no crescimento das raízes mostrou que temperaturas ao redor de 33°C no meio radicular, mesmo por poucas horas, causa danos ao desenvolvimento do cafeeiro, sendo esse efeito altamente intensificado à temperatura de 38°C. Essas temperaturas são freqüentemente atingidas no campo, em dias de verão, nas camadas superficiais de solos desprotegidos, onde se localizam grandes quantidades de radicelas. Em adição, estudos sobre o fotoperíodo mostraram ser o cafeeiro uma planta de dias curtos, apresentando, portanto, as fases de indução e desenvolvimento floral no período de janeiro a junho em condições brasileiras. Estudos detalhados sobre a distribuição do sistema radicular do cafeeiro em cinco tipos de solos foram efetuados no Estado de São Paulo, encontrando-se marcada diferença nos diferentes tipos de solos, causada principalmente pela porosidade e riqueza em nutrientes minerais. A melhor distribuição do sistema radicular encontrada foi em latossolos, nos quais as raízes atingiram profundidades superiores a 2,5 m, com a maior quantidade de radicelas localizadas a 2m.

FITOPATOLOGIA

A contribuição da Fitopatologia do IAC para a nossa cafeicultura foi relevante. Já em 1894, o Dr Franz Benecke alertava sobre a ferrugem do cafeeiro e em 1895 constatou a *Cercospora coffeicola*. Os estudos de fitopatologia foram inten-

sificados a partir da década de 40, quando o Dr. Helmut Paulo Krug publicou os estudos sobre gosto de café associado a microorganismos. Na década de 70 os pesquisadores do IAC Sérgio Almeida de Moraes, Ivan Antunes Ribeiro e Marcos Scali estiveram em treinamento em Oeiras – Portugal para a seleção de plantas resistentes à ferrugem visando dar suporte ao Programa de Melhoramento de Café do IAC. Vários trabalhos foram realizados com *Xylella* e *Colletotrichum*. Atualmente novas raças de ferrugem têm sido identificadas, o que muito auxilia os trabalhos de melhoramento do cafeeiro visando resistência à ferrugem.

MELHORAMENTO E CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA

Um extenso programa de genética e melhoramento do cafeeiro desenvolve-se no Instituto Agrônomo desde 1932. Até o presente momento gerou um grande número de cultivares lançadas e recomendadas para o plantio nas mais diversas regiões cafeeiras do Estado de São Paulo e do Brasil. Estima-se que 90% dos quase 4,3 bilhões de cafeeiros tipo arábica do Brasil, sejam provenientes de cultivares desenvolvidos pelo IAC. Algumas são à base da cafeicultura de outros países, embora sejam plantadas em

ANÁLISES GENÉTICAS

Em relação também à área básica de pesquisa, ressaltam-se os trabalhos de genética do café. Dentre as plantas perenes, o cafeeiro *C. arabica* é com certeza a espécie melhor estudada no que se refere à herança e relação de dominância de fatores genéticos. Para estes estudos, tem-se utilizado a cultivar Arábica (Nacional ou Típica) de *C. arabica* como padrão. As pesquisas sobre herança das principais características das variedades de *C. arabica* têm-se mostrado importantes na obtenção de novas cultivares, através de recombinações genéticas em programas de pré – melhoramento.

No decorrer de cerca de 75 anos de observações no IAC encontraram-se aproximadamente 45 mutantes que permitiram efetuar análises genéticas. Dentre os fatores que afetam a altura das plantas, destacam-se o Caturra (Ct), São Bernardo (Sb); Villa Lobos (VI) e San Ramón (Sr), todos dominantes e independentes. Esses fatores têm grande interesse econômico pois, ao reduzir o comprimento dos internódios da haste principal e dos ramos laterais, resultam em cafeeiros de menor porte e de aspecto compacto o que facilita a colheita e os tratamentos fitossanitários reduzindo os custos de produção. Um exemplo de aproveitamento do fator Caturra foi a obtenção das cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo de porte baixo, com cafeeiros vigorosos e altamente produtivos, amplamente plantados no Brasil e no exterior. Verificou-se, também, que vários fatores têm efeito pleiotrópico marcante, o laurina, (Ir), que, além de afetar o porte e a altura da planta, tamanho das folhas, forma e tamanho dos frutos e das sementes, reduz o teor de cafeína nas sementes para 0,6%. As cultivares de café arábica têm no geral 1,2% de cafeína. Encontraram-se em 2004 três cafeeiros de *C. arabica* da Etiópia com 0,07% de cafeína (praticamente isentos), que estão sendo analisados do ponto de vista de herança e melhoramento. A incorporação dessa característica em cultivares comerciais abre excelentes perspectivas para uma grande faixa de consumidores no mercado mundial.

Várias análises genéticas efetuadas com mutantes de *C. arabica* foram publicadas ao longo dos anos. Recentemente foram encontradas plantas macho - estéreis em cafeeiros procedentes da Etiópia, que estão sendo analisadas. Os estudos efetuados até o presente dão indicações que essa macho – esterilidade seja genética e ocasionada por um gene recessivo ms.

No que se refere à resistência a moléstias foram detectadas em *C. arabica* fontes de resistência à ferrugem, à mancha aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. Garcae), CBD ou antracnose dos frutos. (*Coffee Berry Disease*, ocasionada por *Colletotrichum coffeanum* atualmente designado por *C. kahawae*). Em relação a nematóides, fontes de resistência têm sido encontradas em materiais genéticos procedentes da Etiópia.

Como se pode observar, em *C. arabica* existe uma variabilidade razoável para algumas características, que tem sido utilizada em programas de pré-melhoramento. No entanto, para características de resistência a moléstias, pragas e nematóides, a variabilidade é menor, razão pela qual se depende das espécies diplóides que são fontes de resistência genética, com ampla possibilidade de serem transferidas para *C. arabica*.

escala comercial no Brasil. É o caso das cultivares Caturra Vermelho, IAC 477, e Caturra Amarelo, IAC 476, que foram selecionadas no IAC, a partir de 1937 e liberadas em 1949. Muitas cultivares de café, apesar de atualmente não serem mais recomendadas, foram, porém, importantes no passado. Da cultivar Típica, introduzida no país em 1727, às atuais cultivares de porte mais compacto e resistentes a moléstias, um ganho de 240% de produtividade foi acumulado pelo contínuo processo de seleção.

O desenvolvimento pelo IAC, em 1972, de cultivares de porte baixo, rústicas e de alta produtividade (Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo) modificou sistemas de produção e permitiu a utilização de novas áreas para a cafeicultura aumentando a lucratividade e mesmo viabilizando seu cultivo em regiões outrora improdutivas como a enorme área de cerrado, não só em São Paulo como no Triângulo Mineiro. Em relação a esses aspectos algumas cultivares têm sido importantes como Mundo Novo, a partir de 1952, e Acaia e novas seleções de Mundo Novo em 1977.

Os primeiros trabalhos visando resistência à ferrugem tiveram início em 1950, portanto com, 20 anos de antecedência em relação à constatação da ferrugem no Brasil, que ocorreu em janeiro de 1970.

Os lançamentos, em 1992, de cultivares de porte alto resistentes à ferrugem (Icatu Vermelho, Icatu Amarelo) e em 1996, do Icatu Precoce, representaram considerável economia para os produtores e sensível redução dos riscos relacionados à poluição ambiental e à saúde dos agricultores e consumidores. O mesmo se aplica às cultivares Obatã e Tupi, de porte baixo e com resistência à *Hemileia vastatrix*, indicadas, a partir de 2000, para plantios adensados, superadensados, adensados mecanizáveis ou em renque. No mesmo ano foi lançada a cultivar Ouro Verde de porte baixo, mas suscetível à ferrugem. Essas três cultivares têm sido bastante importantes para a cafeicultura moderna, tanto para pequenos produtores que praticam a cafeicultura familiar, como para grandes empresários. Atualmente novas cultivares estão em avaliação final (Ouro Bronze IAC 4925, Ouro Amarelo IAC 4397, Catuaí SH₃, Mundo Novo SH₃, Obatã Amarelo IAC 4739, Tupi Amarelo IAC 5162 e Tupi RN IAC 1669-13).

A obtenção, em 1987, do porta-enxerto Apoatã IAC 2258 resistente aos nematóides *Meloidogyne exigua* e *M. incognita* viabilizou o retorno da cafeicultura para as regiões da Alta Paulista, Araraquarense e Noroeste do Estado de

São Paulo, sendo evidente a importância sócio-econômica de tal desenvolvimento. O porta-enxerto vem sendo também utilizado em lavouras de outros Estados, como Minas Gerais e Paraná, principalmente. Novos porta-enxertos estão sendo atualmente identificados, com resistência múltipla a vários nematóides.

TOLERÂNCIA À SECA E AO CALOR

Atualmente têm sido identificadas plantas tolerantes a seca e ao calor em *C. arabica* e derivadas de *C. canephora*, *C. dewevrei*, *C. racemosa* e seus híbridos com *C. arabica*, que poderão ser muito importantes em vista das preocupações de aquecimento global e mudanças climáticas.

RESISTÊNCIA AO BICHO MINEIRO

No que se refere ao bicho mineiro (*Leucoptera coffeella*) o IAC identificou fontes de resistência em várias espécies de café que estão sendo utilizadas no programa de Melhoramento visando obter cultivares de café resistentes a esta praga. A espécie mais estudada é *C. racemosa*. Plantas híbridas desta espécie com *C. arabica* foram identificadas e têm sido a base da seleção de cafeeiros resistentes. Verificou-se que a resistência é conferida por dois genes dominantes e complementares. Atualmente várias progênies produtivas e resistentes ao bicho mineiro estão em fase final de avaliação.

CAFÉ ROBUSTA

Plantas matrizes de café robusta com alta produção, sementes grandes, com altos teores de sólidos solúveis e resistentes à ferrugem e nematóides foram identificadas e poderão se constituir em clones importantes para o estabelecimento do plantio do café robusta no Estado de São Paulo.

Os Robustas, como o próprio nome sugere, compreendem variedades mais rústicas, com perfil de resistência à pragas e moléstias mais amplo, apresentando plantas vegetativamente mais vigorosas, adaptadas a climas mais quentes e úmidos frequente nas baixas altitudes. São cultivadas em larga escala no Vietnã, Indonésia, alguns países da África e no Brasil, principalmente no Espírito Santo e Rondônia. Em menor escala são aqui também cultivadas na Bahia e Mato Grosso. Produzem bebida de sabor inferior, menos aromática, com maior teor de sólidos solúveis e de cafeína, compondo preponderantemente as misturas para café solúvel e também aquelas comercializadas em alguns países da Europa e do Oriente Médio. Alcançam



Catuaí irrigado



Cafeeiros arábica (plantio moderno)



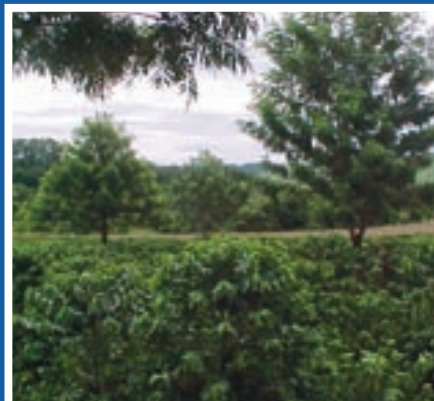
Catuaí irrigado em áreas quentes (24,5°C)



Manejo do mato cultivar Catuaí



Café Consorciado com coco



Cafezal Arborizado



Icatu Vermelho

preços mais baixos que os do Arábica. No mercado interno de torrado e moído participam em porcentagens variáveis, conforme a marca.

Em se viabilizando o seu cultivo, o café Arabusta poderia se constituir numa alternativa para regiões quentes e marginais ao cultivo de *C. arabica*, mais aptas ao cultivo de Robusta irrigado, como o Oeste de São Paulo, onde se concentram as indústrias de café solúvel cuja matéria-prima vem, em grande parte, do Estado do Espírito Santo. Um programa com este enfoque está sendo coordenado pelo Centro de Café e espera-se, no futuro, disponibilizar para essa região e outras com aptidões semelhantes, materiais genéticos que representem novas opções econômicas para os cafeicultores e alternativas mais atraentes para a indústria.

ARABUSTAS

Um estudo atual que poderá dar nova opção à cafeicultura brasileira é a identificação de plantas matrizes de híbridos F_1 entre o café arábica e o robusta, denominados de Arabustas. Na verdade, os primeiros híbridos foram efetuados na década de 50, que foram utilizados no desenvolvimento da cultivar Icatu. Posteriormente na década de 90 foram efetuados novos híbridos de Arabusta de porte mais baixo que os primeiros.

Embora ainda devam ser realizados estudos adicionais para avaliar a viabilidade técnica e econômica do plantio comercial de cafeeiros arabustas em regiões marginais ao arábica, por meio da propagação vegetativa por estaca, os resultados obtidos até o presente, principalmente quanto à produção, ao vigor vegetativo, ao tamanho das sementes e à qualidade da bebida, indicam que variedades clonais de arabusta provavelmente poderão ser uma opção de produto de utilização direta na indústria do café solúvel, ou ainda para comercialização de

grãos para determinados mercados, uma vez que já se constituem em um “blend” natural entre cafés arábica e robusta.

CULTURA DE TECIDOS

Em 1972, sob coordenação do Pesquisador Dr. Maro R. Söndahl, criou-se no IAC o primeiro laboratório de cultura de tecidos de café do Brasil empregando a técnica de cultivar folhas de café para obtenção de novos cafeeiros. A clonagem de cafeeiros especiais, via cultura de tecidos, ou micropropagação, teve grande avanço inicial graças às pesquisas desenvolvidas pelo IAC a partir da década de 70. Dessa maneira, no IAC foram criadas as bases para que a técnica de clonagem seja hoje importante em várias partes do mundo.

Uma contribuição atual do IAC é a identificação de híbridos F_1 altamente produtivos com elevada heterose que poderão ser multiplicados, vegetativamente via cultura de tecidos ou até mesmo por estaca. Além disso, estes cafeeiros possuem resistência múltipla à ferrugem, bicho mineiro e nematóides. No que se refere à propagação vegetativa foram também desenvolvidas e aprimoradas as técnicas de estaca e alporquia, técnicas simples que poderão ser utilizadas para clonar cafeeiros especiais e híbridos.

BIOTECNOLOGIA PROJETO GENOMA

Na área de pesquisas biológicas um fato marcante atual é a participação efetiva de pesquisadores do IAC no projeto Genoma – Café que foi proposto pelo IAC dentro do Programa AEG da FAPESP, em parceria com o Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café e a EMBRAPA. Foram identificados em 2004 cerca de 30.000 genes, que deverão ser utilizados em análises moleculares para verificar suas funções (Genoma Funcional). Presume-se que futuramente a técnica do uso do Genoma – Café pos-

sa ser uma ferramenta importante para o conhecimento do cafeeiro em todos os seus aspectos e principalmente no pré – melhoramento e no melhoramento genético dessa importante cultura.

FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO MINERAL

Na década de 1960 iniciou-se a utilização maior de análises químicas do solo e de folhas dos cafeeiros, permitindo melhor entendimento da produção, aumentando-se consideravelmente as quantidades de fertilizantes então recomendadas e o IAC passou a dar maior ênfase também à correção da acidez do solo pela aplicação do calcário. Em 1958 um experimento em “solo de cerrado” em Batatais, cujos resultados foram publicados em 1976, mostrou a possibilidade do cultivo do café em solos pobres através da aplicação do calcário e fertilizantes químicos, sendo alvo de incontáveis excursões de interessados, de todas as regiões do país, que nos anos seguintes iniciaram o plantio de café nos “solos de cerrado” da região de Franca, e posteriormente, ocupando com sucesso outras áreas tidas como improdutivas das regiões de Minas Gerais e outros Estados vizinhos.

Na área de nutrição mineral, além dos trabalhos relacionados anteriormente, foram desenvolvidos estudos em soluções hidropônicas que permitiram estabelecer os sintomas de deficiência dos principais nutrientes minerais. Esse quadro de sintomatologia permitiu identificar e controlar a deficiência de zinco que era frequentemente observada nos cafezais paulistas. Outro aspecto estudado foi a absorção de uréia pelas folhas do cafeeiro, identificando o aparecimento de sintomas de fitotoxidade ocasionada pelo biureto, impureza frequentemente presente em uréia de qualidade inferior.

Estudo utilizando técnica apropriada para monitoramento nutricional dos ca-

fezais (DRIS – Café) estabeleceu valores das relações entre nutrientes para uma população de referência utilizando cafeeiros arábica nos Estados de São Paulo, Paraná e Minas Gerais. Dessa maneira, utilizando esta técnica é possível o monitoramento nutricional de um talhão de café com a retirada de folhas, durante alguns anos.

A tentativa de aproveitamento de lodo de esgoto na cultura de café foi estudada e verificou-se que este bio-sólido quando aplicado no sulco de plantio, dependendo da dose utilizada, pode ocasionar até a morte de plantas. Além disso, o lodo de esgoto deve ser muito bem misturado com o solo do sulco e com bastante antecedência do plantio. Neste estudo, a taxa de mineralização do N ficou entre 20 a 30% e, portanto, dentro das normas da CETESB que é de 30%, as concentrações do nitrogênio absorvido nas folhas dos cafeeiros ficaram em 30 g/kg, o que mostra a eficiência do produto e a lixiviação no solo foi muito baixa (4%) não indicando risco para o lençol freático.

ARBORIZAÇÃO

As razões do insucesso do cultivo do cafeeiro sob arborização no Estado de São Paulo foram intensivamente estudadas no Instituto Agrônomo. Após vários anos de pesquisa concluiu-se que as árvores de sombra competiam fortemente com o cafeeiro pela água disponível no solo durante a época seca, sendo este o principal fator do pouco êxito do sombreamento. Essas informações contribuíram, em grande parte, para que no Brasil o cafeeiro fosse cultivado a pleno sol. Mais recentemente foram obtidos conhecimentos fundamentais que forneceram as bases fisiológicas para o comportamento de plantas de café em diversos níveis de sombreamento de diferentes árvores.

TRATOS CULTURAIS

As pesquisas realizadas pelo IAC na área de tratamentos culturais oferecem informações sobre a melhor distância entre as plantas, sistemas de colheita, preparo de mudas normais e enxertadas, controle de plantas invasoras, melhor maneira de adubação, poda e recuperação de plantações depauperadas. Ao melhorar o sistema de produção, o IAC viabiliza pequenas propriedades e sistemas consorciados, por oferecer tecnologia de baixo custo.

MECANIZAÇÃO

Historicamente, o desenvolvimento da mecanização de lavouras cafeeiras está muito ligado ao IAC, que aprimora desde ferramentas manuais até as derradeiras pneumáticas. O IAC começou a

estudar mecanização décadas antes da industrialização do País, realizando pesquisas com ferramentas e máquinas por tração animal.

O desenvolvimento da cultura do café em áreas de cerrado, por sua vez, que apresentam topografia plana, incentivou o desenvolvimento da mecanização da colheita, reduzindo muito o custo de produção. Os primeiros estudos foram realizados pelo IAC que importou uma colhedora mecânica de cerejas na década de 1970, para adaptação às condições do cafeeiro, passando posteriormente o projeto à iniciativa privada.

O IAC traçou as diretrizes para construção, testes e avaliação de diversos modelos de pulverizadores de produtos químicos. Com o lançamento da primeira colhedora de café no Brasil, em 1979, o IAC contribuiu significativamente para o expressivo avanço tecnológico da indústria produtora de máquinas agrícolas para a cafeicultura.

ATRIBUTOS QUÍMICOS

Os teores de ácidos clorogênicos, compostos fenólicos presentes em quantidades altas em plantas de café, foram estudados por suas relações com a resistência a doenças e com a qualidade de bebida do café. Este estudo forneceu importantes dados sobre os teores de ácidos clorogênicos em inúmeras espécies de *Coffea*, evidenciando que as espécies mais resistentes à ferrugem apresentavam também os mais altos teores de ácidos clorogênicos. Em adição, foi constatada relação entre a qualidade de bebida e a quantidade de ácidos clorogênicos nos grãos, sendo que os mais altos teores foram obtidos em *C. canephora*, que apresenta qualidade de bebida inferior à de *C. arabica*.

Atualmente têm-se caracterizado cafeeiros do banco de germoplasma e de novas seleções em relação à cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos, açúcares totais e redutores, sólidos solúveis, óleo e outros componentes químicos que poderão agregar ao produto café outras peculiaridades importantes para o agronegócio.



Posto Meteorológico Padrão



Estação Meteorológica Automática (medindo microclima do cafezal)

QUALIDADE DO PRODUTO

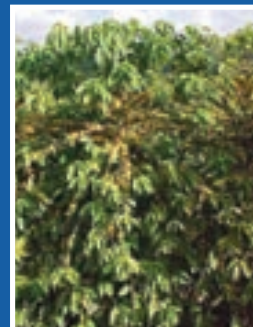
A preocupação do IAC com a qualidade do café, desde a produção de variedades, procedimentos ao longo do sistema de produtivo, colheita, pós-colheita e armazenamento, é constante. Os trabalhos desenvolvidos no Instituto têm levado muitos produtores paulistas à importantes ganhos de qualidade. Cabe destacar que o primeiro trabalho com o café cereja despulpado sem lavar, atualmente chamado cereja descascado, foi realizado no IAC no início da década de 50 e publicado em 1960, pelos pesquisadores Manuel de Barros Ferraz e Ary de Arruda Veiga. Hoje, esse tipo de preparo do café tem levado produtores de regi-



Icatu Amarelo



Catuai Vermelho IAC-99



Catuai Amarelo IAC 62

ões de cafês tradicionalmente de baixa qualidade, como o município de Piraju, a ganharem vários prêmios em concursos de qualidade promovidos pela Illycaffè e pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.

Apesar das cultivares de café terem excelente qualidade da bebida, pois têm em sua base as cultivares Bourbon e Tipica, o IAC têm conseguido excelentes resultados na busca de genótipos de *C. arabica* que fornecem melhor qualidade da bebida. É de conhecimento geral que a expressão da qualidade em relação ao aroma, sabor e corpo são determinadas principalmente pela constituição genética da cultivar. Analisando cafeeiros do Banco de Germoplasma do IAC, constatou-se que diversos tipos de arábicas apresentam aroma, sabor, corpo e qualidade de bebida peculiares que poderão ocupar determinados nichos de mercado de cafês gourmet ou especiais. Entre elas destaca-se a cultivar Ibairi (conhecida como fruta doce), a variedade Mokka, híbridos entre Catuai e Ibairi e outros cafês da Etiópia que apresentam bebida de aroma e sabor intensos.

ENXERTIA

No Brasil, em 1930, o Instituto Agromômico (IAC) foi o pioneiro a efetuar e estudar a enxertia, mas só recentemente a técnica tem sido utilizada para permitir o cultivo de *C. arabica* em solos infestados com nematóides. Tal fato foi possível graças à utilização, como porta-enxerto, de linhagens de *C. canephora* tolerantes a nematóides obtidas pelo IAC, que proporcionaram expressivos aumentos na produção de cultivares de *C. arabica* em solos infestados com esse parasita. Estudos iniciados em 1984, que se estendem até os dias atuais, mostraram que existe uma interação fisiológica entre enxerto e porta-enxerto altamente favoráveis à performance do cafeeiro. Em experimentos efetuados durante dez anos consecutivos,



Obatã IAC 1669-20



Ouro Verde IAC H5010-5

em solos isentos de nematóides, foi verificado que a enxertia de *C. arabica* sobre *C. canephora* ou sobre o híbrido *C. congensis* x *C. canephora* (café congusta) proporcionou consideráveis aumentos no crescimento e na produção de *C. arabica*, principalmente após as plantas sofrerem recepa drástica. Em adição, a absorção de nutrientes é qualitativamente melhorada nas plantas enxertadas, aumentando a absorção de potássio, que é um dos principais elementos minerais relacionados com a produção do cafeeiro, e diminuindo a absorção de manganês, que frequentemente está presente em níveis altos na maioria dos solos cultivados com café no Brasil. A superioridade das plantas enxertadas parece ser devida à maior eficiência do sistema radicular de *C. canephora* em absorver água e à capacidade em explorar maior volume de solo em profundidade, fornecendo água para a parte aérea durante os meses secos e conseqüentemente mantendo maior atividade metabólica e maior crescimento durante esses períodos. Em adição, a enxertia não altera a qualidade de bebida, mantendo o excelente padrão apresentado por *C. arabica*. Em

síntese, a enxertia de *C. arabica* sobre *C. canephora* e o híbrido natural *C. congensis* x *C. canephora* apresentou efeitos altamente favoráveis e pode ser usada como tecnologia para aumentar o desempenho e a produção em solos infestados ou não com nematóides. O aumento inicial no investimento para introduzir essa técnica, devido ao maior custo das mudas enxertadas, seria compensado logo nos primeiros anos de produção.

CONSERVAÇÃO DE SEMENTES

Na área de conservação de sementes de café verificou-se que, em condições normais, perdem sua viabilidade rapidamente, dificultando o seu uso a longo prazo. Deste modo, foi constatado que o poder germinativo de sementes de café arábica e outras espécies foi mantido por um período consideravelmente mais longo, quando as sementes foram desidratadas até 10% de umidade e armazenadas em recipientes herméticos em temperaturas baixas. Atualmente verificou-se também a possibilidade de armazenar sementes de café arábica e robusta por um longo período de tempo utilizando sacos plásticos, com sementes com altos teores de umidade (25 a 35%), em câmaras frias com temperaturas de 10 a 16° e alta umidade relativa (em torno de 60%).

RETORNO ECONÔMICO

Estudos sobre o retorno econômico e social dos investimentos em pesquisa na cultura do café, em São Paulo, mostraram que, após um período de 18 anos, a sociedade passou a receber um benefício anual líquido de tendência crescente, com taxa interna de retorno estimada, que variou de 17 a 27%. Não fossem as pesquisas sobre o desenvolvimento de novas cultivares, esse retorno teria sido muito menor ou inexistente.



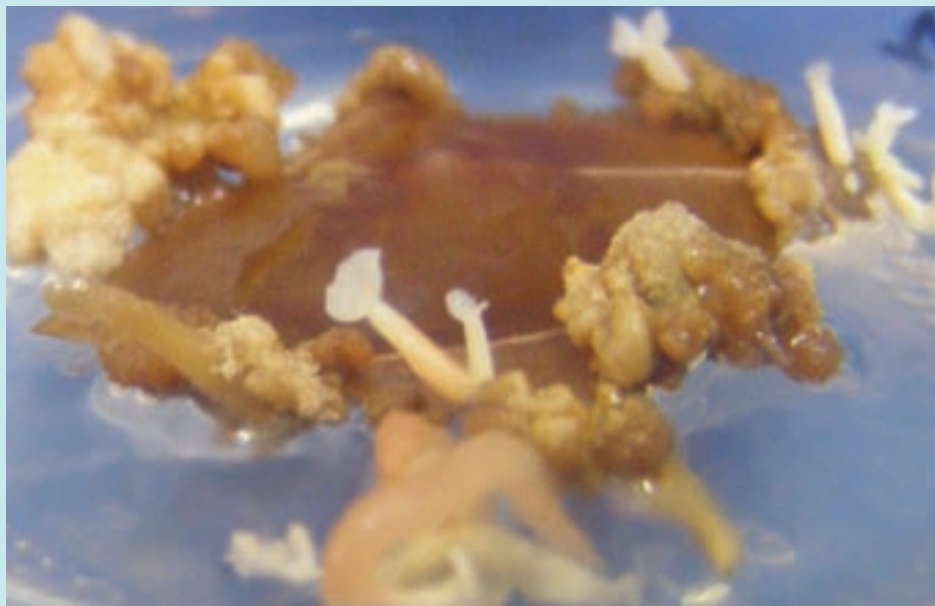
Tupi
IAC 1669-23



Icatu IAC 4045 enxertado sobre
Apoatã e testemunha sem enxertia



Planta de café obtida por Cultura de Tecido



Cultura de Tecido – embrião Embriogênese somática direta

CONCLUSÃO

Com as pesquisas realizadas até o presente, o IAC tem aprimorado a qualidade do produto final disponibilizando ao setor produtivo cultivares com sabor e aroma que atendem as exigências dos mercados mais sofisticados do mundo. Tem também fornecido subsídios para que a cafeicultura brasileira seja pujante, sustentável e altamente competitiva.

Syngenta. Aliada da tecnologia, certeza de desenvolvimento.



© Syngenta, 2007

A Syngenta sempre utiliza tecnologia de ponta, com altos investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas técnicas, moléculas, variedades/híbridos e enzimas, além de produtos biotecnológicos. A Syngenta é uma empresa comprometida com a natureza e preocupada com o uso seguro e correto de seus produtos. Para isso conta com engenheiros agrônomos treinados e dedicados, estações de pesquisa e desenvolvimento e um moderno laboratório de estudos ambientais e resíduos. Tudo para oferecer novos produtos que atinjam o máximo potencial produtivo em uma grande diversidade de culturas e atender sempre melhor os agricultores.



www.syngenta.com.br



Obatã IAC 1669-20

O Instituto Agrônomo (IAC) desenvolve extenso programa de genética e melhoramento do cafeeiro desde 1932. Nesse período de 75 anos de pesquisa, foram desenvolvidas, selecionadas, lançadas e recomendadas para o plantio cultivares de café em grande número, para as mais diversas regiões cafeeiras do Estado de São Paulo, bem como do Brasil. Estima-se que 90% dos 4,3 bilhões de cafeeiros arábica do Brasil sejam provenientes de cultivares desenvolvidas pelo IAC. A escolha criteriosa e adequada de uma cultivar de café está associada ao melhor sistema de cultivo e é uma das mais importantes decisões que o cafeicultor deve tomar para aumentar a produtividade. A seguir são relacionadas algumas informações, com a finalidade de proporcionar subsídios para melhor escolha de uma cultivar de café.



Tupi IAC 1669-33



Catuaí amarelo IAC 62

Cultivares de café arábica um patrimônio da cafeicultura

O **Instituto Agrônomo** conta com mapas de zoneamento da cafeicultura brasileira, de cada estado do Brasil. Esses mapas poderão informar se a região é própria para o café arábica (*Coffea arabica*) ou café robusta (*C. canephora*). No caso das cultivares Icatu Vermelho, Icatu Amarelo, derivadas do cruzamento dessas duas espécies, e que, por essa razão, poderiam ser plantadas em locais de menores altitudes e mais quentes, marginais para *C. arabica*, há necessidade de mais estudos e experimentações locais.

Dentre as cultivares de *C. arabica* suscetíveis à ferrugem, 'Bourbon Vermelho' e 'Bourbon Amarelo' somente seriam indicadas para regiões mais frias, de menores altitudes, ou no estabelecimento de porcentagem menor de cafeeiros na formação de lavouras extensivas, para se ter melhor distribuição na maturação dos frutos e, conseqüentemente, colheita de maior quantidade de frutos maduros, ou, ainda, para se obter melhor qualidade do produto final e participar do mercado de cafês especiais.

Em locais onde ocorre muito vento, as cultivares de porte baixo devem ser preferidas, por sofrerem menos danos quando submetidas à ação de ventos frios.

A produtividade das melhores linhagens das cultivares Mundo Novo, Acaiaí, Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo é semelhante entre si nos espaçamentos indicados para plantios definitivos mecanizados. Em plantios adensados ou superadensados existem enormes variações de produtividade de acordo com o espaçamento utilizado. A maior produtividade dependerá mais do número de cafeeiros plantados por hectare do que da cultivar utilizada.

De modo geral, a maturação dos frutos nas cultivares Mundo Novo e Acaiaí ocorre um pouco antes que em Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo e Obatã. Essa diferença poderá ser reduzida em locais mais quentes ou ser mais acentuada em regiões mais frias. Dentre as cultivares indicadas que são suscetíveis à ferrugem, 'Bourbon Vermelho' e 'Bourbon Amarelo'

são as mais precoces. O tipo de lavoura mais aberta ou fechada poderá também influenciar na maturação.

Dentre as cultivares resistentes e ou moderadamente resistentes ao agente da ferrugem obtidas no IAC 'Icatu Precoce IAC 3282' e 'Tupi IAC 1669-33' são as mais precoces.

As cultivares Icatu Vermelho e Icatu Amarelo, resistentes ou moderadamente resistentes a *Hemileia vastatrix* e de porte alto, no momento, estão sendo indicadas, de preferência, para o plantio em espaçamentos largos, semelhantes aos recomendados para o café Mundo Novo. Para a colheita mecânica, considerar que os frutos dessas variedades ficam mais fortemente retidos nas árvores e devem, portanto, estar em estágio adiantado de maturação.

Quando o plantio for efetuado com o objetivo de colher mecanicamente, as cultivares Catuaí Vermelho, Catuaí Amarelo, Ouro Verde IAC H5010-5, Ouro Bronze IAC 4925 ou Ouro Amarelo IAC 4397 são as mais recomendadas, por serem de porte mais baixo que a Mundo Novo. A cultivar Acaiaí, de porte alto, também tem sido usada de modo intensivo em plantios destinados à colheita mecânica. Neste caso, há necessidade de ajustar a sua altura à das máquinas por meio de podas tipo decote.

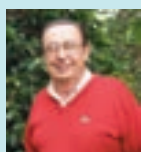
O conhecimento de algumas características das cultivares poderá servir como orientação na escolha de espaçamentos. Por exemplo: algumas linhagens de Mundo Novo apresentam diâmetros da copa maiores, como é o caso de IAC 388-17, IAC 388-17-1 e IAC 388-6. A variedade Acaiaí, além de produzir frutos maiores, apresenta maior altura de planta e menor diâmetro da copa, em relação à 'Mundo Novo'. As cultivares Icatu Vermelho e Icatu Amarelo apresentam diâmetro da copa semelhante à 'Mundo Novo'.

Na escolha da cultivar que será utilizada no plantio adensado, o cafeicultor deve ficar atento ao porte e à reação dos cafeeiros quando submetidos a qualquer tipo de poda. Para esse tipo de plantio, dar preferência às cultivares de porte baixo e vigorosas.

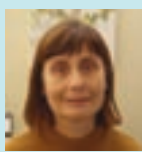
As cultivares de porte baixo Caturra Vermelho IAC 477 e Caturra Amarelo IAC 476 são mais adequadas a lavouras adensadas, e em locais de maiores altitudes.

As variedades Tupi IAC 1669-33, Tupi RN IAC 1669-13 e Obatã IAC 1669-20 são indicadas, preferencialmente, para plantios adensados ou em renque e solos férteis.

As melhores linhagens de 'Catuaí Vermelho' produzem semelhantemente às melhores de 'Catuaí Amarelo'.



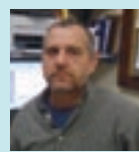
Fazuoli



Bernadete



Terezinha



Guerreiro



Medina



Wallace

A cultivar **Acaiá**, dentre as de porte alto, é a mais apropriada para o plantio adensado, pois, além de ter sementes maiores, possui diâmetro da copa menor e maturação mais uniforme.

Nas áreas infestadas pelos nematóides *Meloidogyne incognita* e *M. paranaensis*, o mais indicado no momento é o plantio de cafeeiros enxertados. O porta-enxerto Apoatã IAC 2258 de *Coffea canephora* é o que tem dado os melhores resultados nos vários locais estudados. Nessas áreas há a necessidade de adotar algumas medidas agrônomicas, antes de iniciar o plantio. Atualmente existem seleções de Icatu IAC 925, que têm resistência de campo a *M. paranaensis*, que poderão ser plantados através de mudas obtidas por sementes. Em áreas infestadas por *M. exigua* pode-se utilizar cultivares arábica enxertadas no porta enxerto Apoatã IAC 2258 ou a cultivar Tupi RN 1669-13, via sementes.

Para mercados especiais, são indicadas preferencialmente as cultivares: Bourbon Vermelho, Bourbon Amarelo e Icatu Precoce. As cultivares Ibairi IAC 4761 e Laurina IAC 870 poderiam ser experimentadas também para mercados especiais exigentes quanto à qualidade da bebida, mas produzem muito pouco.

A cultivar **Icatu Precoce** IAC 3282 é excelente para café 'espresso'.

A qualidade da bebida das cultivares resistentes ou moderadamente resistentes ao agente da ferrugem derivadas do cruzamento *C. arabica* x *C. canephora* é semelhante à das cultivares Mundo Novo, Acaiá e Catuai Vermelho de *C. arabica*.

A participação do café Bourbon na formação das cultivares de café que são 100% arábica ou tipo arábica do Instituto Agronômico de Campinas é muito alta, o que explica a excelente qualidade da bebida dessas cultivares desenvolvidas nessa instituição de pesquisa.

Todas as variedades 100% arábicas podem produzir cafés especiais (tipo gourmet), desde que colhidas, processadas e armazenadas adequadamente.

A seguir são apresentadas a origem, algumas características agrônomicas e recomendações para o plantio das cultivares do IAC, que são um verdadeiro patrimônio da cafeicultura brasileira.

CULTIVARES DE PORTE ALTO E SUSCETÍVEIS À FERRUGEM

Mundo Novo - Corresponde a um cruzamento natural entre Sumatra e Bourbon Vermelho. Seleccionada e liberada pelo IAC a partir de 1952 e novas seleções a partir de 1977. Tem em sua formação 50% de Bourbon e 50% de Típica (Sumatra). É rústica, produtiva e tem excelente qualidade da bebida. É indicada para espaçamento largo e regiões de altitudes média e alta.

Adequada para sistemas de cultivo mecanizado ou que necessitem de poda. Encontra-se adaptada em todas as regiões cafeiras do Brasil.

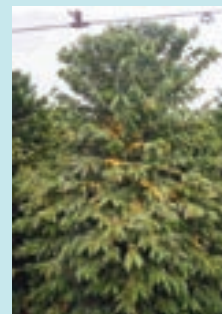
Acaiá - Corresponde a um cruzamento natural entre Sumatra e Bourbon Vermelho, com seleção no IAC para sementes graúdas, com peneira média ao redor de 18. Seleccionada e liberada pelo IAC a partir de 1977. Tem em sua formação 50% de Bourbon e 50% de Típica (Sumatra). É indicada para espaçamento largo ou adensado e para regiões de altitude média ou alta. Adapta-se bem a sistemas de cultivo mecanizado com adensamento na linha. Possui elevada capacidade de rebrota qualificando-a para sistemas de cultivo com podas frequentes. É uma excelente cultivar para colheita mecânica e apresenta ótima qualidade de bebida.

A cultivar encontra-se bem adaptada no Sul de Minas, Cerrado Mineiro e Alto Paranaíba em Minas Gerais.

Bourbon Vermelho - Proveniente da Ilha de Reunião (antiga Bourbon) sendo introduzida pelo governo brasileiro em 1859. Foi seleccionada e liberada pelo IAC a partir de 1939. Tem em sua formação 100% de Bourbon.

É indicada para espaçamento largo ou adensado e para regiões altas (altitude acima de 1000m). É recomendada para produção de cafés especiais, devido às suas excelentes qualidades organolépticas. A maturação precoce possibilita o escalonamento da colheita. A sua produtividade é menor que a da cultivar Mundo Novo. Encontra-se bem adaptada, principalmente, no Estado de Minas Gerais e da Alta e Média Mogiana do Estado de São Paulo.

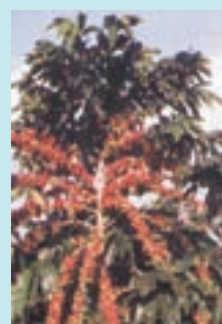
Bourbon Amarelo - Corresponde a uma mutação natural de Bourbon Vermelho ou cruzamento natural entre Bourbon Vermelho e Amarelo de Botucatu (Típica Amarelo). Seleccionada e liberada pelo IAC a partir de 1945. Tem em sua formação 100% de Bourbon ou 50% de Bourbon e 50% de Típica. É indicada para espaçamento largo ou



Icatu Precoce 3282



Icatu Amarelo



Icatu Vermelho - frutos



Mundo Novo IAC 376-4



Ouro Verde IAC 5010-5 - frutos

adensado e para regiões altas (altitude acima de 1000m). Recomendada para produção de cafês especiais, devido às suas excelentes qualidades organolépticas. Sua maturação precoce possibilita o escalonamento da colheita. A sua produtividade é menor que a da cultivar Mundo Novo. Encontra-se bem adaptada em áreas cafeeiras com altitude acima de 1000m do Estado de Minas Gerais e na Alta e Média Mogiana do Estado de São Paulo.

Mundo Novo Amarelo IAC 4266 - A sua origem relaciona-se ao cruzamento da cv. Mundo Novo com 'Bourbon Amarelo' ou mutação do alelo xanthocarpa de 'Mundo Novo' de frutos vermelhos (XcXc) para frutos amarelos (xcxc). Tem em sua formação 75% de Bourbon e 25% de Típica (Sumatra) ou 50% de Bourbon e 50% de Típica. Tem excelente qualidade da bebida. Está na fase de experimentação em São Paulo e Minas Gerais.

CULTIVARES DE PORTE BAIXO E SUSCETÍVEIS À FERRUGEM

Caturra Vermelho IAC 477 - Tem origem em Minas Gerais ou Espírito Santo e corresponde a uma mutação natural do Bourbon Vermelho. Foi selecionada e liberada pelo IAC a partir de 1949. De acordo com sua origem tem 100% de Bourbon. Tem maturação precoce e é indicada para regiões altas, acima de 1000m visando a produção de cafês especiais, devido às suas excelentes qualidades organolépticas. É recomendada para plantios adensados e solos férteis. Encontra-se melhor adaptada nas regiões altas de Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo.

2.2) Caturra Amarelo IAC 476 - Tem origem em Minas Gerais ou Espírito Santo e corresponde a uma mutação natural do Bourbon Vermelho ou do Caturra Vermelho. Foi selecionada e liberada pelo IAC a partir de 1949. De acordo com sua origem tem 100% de Bourbon. Tem maturação precoce e é indicada para regiões altas, acima de 1000m, e para a produção de cafês especiais, devido às suas excelentes qualidades organolépticas. É recomendada para plantios adensados ou super adensados e solos férteis. Encontra-se melhor adaptada em regiões altas de Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo.



Catuaí Vermelho - frutos

Catuaí Vermelho - Corresponde ao cruzamento entre Mundo Novo e Caturra Amarelo. Selecionada e liberada pelo IAC a partir de 1972. Tem em sua formação 75% de Bourbon e 25% de Típica. Apresenta frutos de coloração vermelha e tem maturação média. É indicada para espaçamento largo e adensado e altitudes baixa e média, adapta-se bem à cafeicultura irrigada, regiões quentes e solos de baixa fertilidade. Tem elevada adaptabilidade a diferentes regiões e condições de cultivo. Encontra-se adaptada em todas as regiões cafeeiras do Brasil.

Catuaí Amarelo - Corresponde ao cruzamento entre Mundo Novo e Caturra Amarelo. Foi selecionada e liberada pelo IAC a partir de 1972, tem em sua formação 75% de Bourbon e 25% de Típica. Apresenta frutos de coloração amarela e tem maturação média. É indicada para espaçamento largo e adensado e altitudes baixa e média. Adapta-se bem à cafeicultura irrigada, regiões quentes e solos de baixa fertilidade, apresenta elevada adaptabilidade a diferentes regiões e condições de cultivo. Encontra-se adaptada em todas as regiões cafeeiras do Brasil.

Ouro Verde IAC H 5010-5 - Corresponde ao cruzamento entre Catuaí Amarelo e Mundo Novo. Foi selecionada e liberada pelo IAC a partir de 2000. Tem em sua formação 62,5% Bourbon e 37,5 de Típica. Os frutos são de coloração vermelha e de maturação média. É indicada para espaçamento largo e adensado e altitudes baixa e média, adapta-se bem à cafeicultura irrigada, regiões quentes e solos de baixa fertilidade. Apresenta elevada adaptabilidade a diferentes regiões e condições de cultivo. Encontra-se adaptada em todas as regiões cafeeiras do Brasil.

Ouro Bronze IAC 4925 - Corresponde ao cruzamento entre Catuaí Amarelo e Mundo Novo, foi selecionada e liberada pelo IAC a partir de 2007. Tem em sua formação 62,5% de Bourbon e 37,5% de Típica. As folhas novas têm coloração bronzeada. É indicada para espaçamento largo e adensado e altitudes baixa e média, adapta-se bem à cafeicultura irrigada, regiões quentes e solos de baixa fertilidade. Apresenta elevada adaptabilidade a diferentes regiões e condições de cultivo.



Catuaí enxertado sobre Apoatã

Encontra-se adaptado em todas as regiões do Brasil.

Ouro Amarelo IAC 4397 - Corresponde ao cruzamento entre Catuaí Amarelo e Mundo Novo, foi selecionada e liberada pelo IAC a partir de 2007. Tem em sua formação 62,5% de Bourbon e 37,5 de Típica. Os frutos são de coloração amarela e tem maturação média. É indicada para espaçamento largo e adensado e altitudes baixa e média. Adapta-se bem à cafeicultura irrigada, regiões quentes e solos de baixa fertilidade, apresenta elevada adaptabilidade a diferentes regiões de cultivo. Encontra-se adaptada a todas as regiões cafeeiras do Brasil.

CULTIVARES DE PORTE ALTO E MODERADAMENTE RESISTENTES À FERRUGEM (HEMILEIA VASTATRIX)

Icatu Vermelho - Corresponde ao cruzamento entre *Coffea canephora* DP e Bourbon Vermelho, com dois retrocruzamentos para Mundo Novo, foi selecionada e liberada pelo IAC a partir de 1992. Tem em sua formação 62,5% de Bourbon, mais 31,25% de Típica e 6,25% de Robusta (IAC 2945) ou 50,0% de Bourbon, mais 37,5% de Típica e 12,5% de Robusta (outras progênies). Apresenta excelente qualidade da bebida. É indicada para espaçamento entre plantas superior a 0,80m e regiões de altitudes baixa ou média. Apresenta pouca adaptabilidade a colheita mecanizada, não é recomendado para regiões com déficit hídrico acentuado e relevo acidentado. Encontra-se melhor adaptada no Sul de Minas e regiões altas do cerrado mineiro e no Estado de São Paulo principalmente em Garça, Marília, Tupã, Piraju, Mococa e São Carlos.

Icatu Amarelo - Corresponde ao cruzamento entre Icatu Vermelho e Bourbon Amarelo ou Mundo Novo Amarelo, foi selecionada e liberada pelo IAC a partir de 1992, Tem em sua formação 62,5% de Bourbon, mais 31,25% de Típica e 6,25% de Robusta. Apresenta excelente qualidade da bebida. É indicada para espaçamentos entre plantas superior a 0,80m e regiões de altitudes baixa ou média. Apresenta pouca adaptabilidade a colheita mecanizada. Não é recomendada para regiões com déficit hídrico acentuado e relevo acidentado. Encontra-se melhor adaptada no Sul de Minas e regiões altas do cerrado mineiro e no Estado de São Paulo principalmente em Garça, Marília, Tupã, Piraju, Mococa e São Carlos.

Icatu Precoce IAC 3282 - Corresponde ao cruzamento natural entre Icatu Vermelho e Bourbon Amarelo, foi selecionada e liberada pelo IAC a partir



Acaiá IAC 474-19



Catuai Vermelho - planta



Ouro Verde IAC H5010-5 – planta

de 1996. Tem em sua formação 75% de Bourbon, 18,75% de Típica e 6,25% de Robusta. É indicada para espaçamento largo, regiões de altitudes média e alta. É pouco adaptada a colheita mecanizada, não é recomendada para regiões quentes, com déficit hídrico acentuado e solos arenosos. É indicada para a produção de cafés especiais, principalmente para o café espresso. A maturação um pouco mais precoce possibilita o escalonamento da colheita. Encontra-se melhor adaptada em regiões altas do Sul de Minas, Jequitinhonha e Cerrado Mineiro no Estado de Minas Gerais e regiões altas do Estado de São Paulo (São Sebastião da Gramma, Caconde, etc).

CULTIVARES DE PORTE BAIXO E RESISTENTES À FERRUGEM

Obatã IAC 1669-20 - Corresponde ao cruzamento feito entre Villa Sarchi e Híbrido de Timor CIFC 832/2, com retrocruzamento natural para Catuai Vermelho, foi selecionada e liberada pelo IAC a partir de 2000. Tem em sua formação 62,5% de Bourbon, mais 34,4% de Típica e 3,1% de Robusta. Os frutos são vermelhos e grandes. A peneira média das sementes é em torno de 17 e 18. É indicada para espaçamento adensado ou médio e altitude média. Adapta-se bem ao renque mecanizado com adensamento na linha e responde bem a irrigação. Encontra-se melhor adaptada no Estado de São Paulo em Garça, Piraju, região de Franca e no Sul de Minas Gerais e em plantios adensados no Estado do Paraná. É uma cultivar exigente em nutrição.

Obatã Amarelo IAC 4739 - Corresponde ao cruzamento natural entre Obatã IAC 1669-20 e Catuai Amarelo. Tem em sua formação 68,7% de Bourbon, mais 29,7% de Típica e 1,6% de Robusta. É indicada para espaçamento adensado ou médio e altitude média, adapta-se bem ao renque mecanizado com adensamento na linha e responde bem à irrigação. Encontra-se melhor adaptada no Estado de São Paulo em Altinópolis e Mococa. No Estado do Paraná em Londrina e no Sul de Minas Gerais. Está em fase de experimentação e é exigente em nutrição.

Tupi IAC 1669-33 - Corresponde ao cruzamento Híbrido de Timor CIFC 832/2 X Villa Sarchi (H 361-4) realizado pelo CIFC, tendo sido selecionada e liberada pelo IAC a partir de 2000. Tem em sua formação 50% de Bourbon, mais 43,7% de Típica e 6,3% de Robusta. Os frutos são vermelhos e grandes. A peneira média das sementes é em torno de 17 e 18. É indicada para espaçamento adensado, em regiões de altitude média e alta, em solos férteis e clima ameno. Encontra-se melhor adaptada no Estado do Paraná e algumas regiões de São Paulo (Altinópolis, Piraju) e Minas Gerais, principalmente Patrocínio.

Tupi RN IAC 1669-13 - Corresponde ao Híbrido de Timor CIFC 832/2 x Villa Sarchi realizada no CIFC (H 361-4) e seleção pelo IAC e Engº Agrº Saulo Roque de Almeida, do ex IBC onde recebeu inicialmente o nome Uva. Selecionada e liberada pelo IAC a partir de 2006. Tem em sua formação 50% de Bourbon, mais 43,7% de Típica e 6,3% de Robusta. É indicada para espaçamento adensado em regiões de altitude média e alta, em solos férteis e clima ameno. Pode-se plantar em áreas infestadas com o nematóide *Meloidogyne exigua*. Encontra-se melhor adaptada em regiões altas de Minas Gerais (Patrocínio), de São Paulo e do Espírito Santo.

Tupi Amarelo IAC 5162 - Corresponde ao provável cruzamento natural de Tupi IAC 1669-33 com Catuai Amarelo. Foi selecionada pelo IAC e Engº Agrº Carlos Piccin. Tem em sua formação 62,5% de Bourbon mais 34,4% de Típica e 3,1% de Robusta. É indicada para espaçamento adensado em regiões de altitude média e alta, em solos férteis e clima ameno. Está em fase experimental em regiões altas de Minas Gerais (Patrocínio) e São Paulo (Altinópolis).

CULTIVARES QUE PRODUZEM CAFÉS ESPECIAIS

5.1) Laurina IAC 870 - Corresponde a uma provável mutação natural de Bourbon e tem em sua formação 100% de Bourbon. É uma cultivar pouco produtiva. É indicada para plantios adensados e para a produção de cafés super

especiais e tem mercado restrito. Encontra-se melhor adaptada em pequenas áreas cafezeiras experimentais de Minas Gerais e São Paulo.

5.2) Ibairi IAC 4061 - Corresponde ao cruzamento de Mokka com Bourbon Vermelho e tem em sua formação 100% de Bourbon. É uma cultivar pouco produtiva. É indicada para produção de cafés super especiais, pois tem excelente qualidade organoléptica da bebida. Recomenda-se espaçamentos de 3,0 a 3,5m x 0,5 a 0,7m e tem mercado super restrito. Encontra-se melhor adaptada em pequenas áreas cafezeiras experimentais.

PORTA-ENXERTO RESISTENTE AOS NEMATÓIDES *MELOIDOGYNE EXIGUA*, *M. INCOGNITA* E *M. PARANAENSIS*

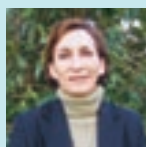
Apoatã IAC 2258 - Corresponde a introdução de sementes da planta matriz 2258 do CATIE em Turrialba (Costa Rica) em 1974 e seleções de cafeeiros resistentes a vários nematóides por técnicos do IAC em áreas de nematóides. Em 1987 o IAC lançou e liberou o porta enxerto Apoatã IAC 2258. É recomendada como porta enxerto de cultivares arábica principalmente em regiões com infestação de *M. exigua*, *M. incognita* e *M. paranaensis*. A copa de café arábica utilizada irá determinar a melhor região, conforme consta na descrição de cada cultivar.

Luiz Carlos Fazuoli, Maria Bernadete Silvarolla, Terezinha de Jesus Garcia Salva, Oliveira Guerreiro Filho, Herculano Penna Medina Filho e Wallace Gonçalves

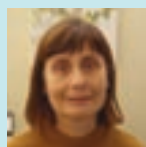
Instituto Agrônomo, Centro de Café "Alcides Carvalho"

(19) 3241-5188 ramal 370; 3212-0458

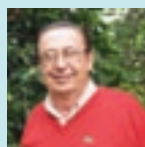
- ✉ fazuoli@iac.sp.gov.br;
- ✉ bernadet@iac.sp.gov.br;
- ✉ tsalva@iac.sp.gov.br;
- ✉ oliveiro@iac.sp.gov.br;
- ✉ medina@iac.sp.gov.br;
- ✉ wallace@iac.sp.gov.br



Terezinha



Bernadete



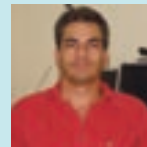
Fazuoli



Thomaziello



Petek



Gerson



Sérgio

A cultura do cafeeiro arábica foi introduzida em Campinas em 1807, por ser essa uma região que favorecia consideravelmente a concentração de cafeicultores. Em 1887, por decreto do Imperador D. Pedro II, foi criada a Imperial Estação Agrônômica de Campinas, posteriormente denominada Instituto Agrônômico - IAC. Essa Estação tinha a incumbência de estabelecer critérios técnicos e científicos para o cultivo do café na região e com a sua criação deu-se o início dos estudos com o cafeeiro no Instituto Agrônômico.

Os estudos em cafeicultura tiveram grande impulso em 1932, quando se estabeleceu amplo programa de pesquisas envolvendo diversas áreas do conhecimento. As linhas mestras desse programa mantêm-se em execução até hoje por uma equipe multidisciplinar de pesquisadores científicos envolvidos em inúmeras atividades de Pesquisa e Desenvolvimento e de transferência de tecnologia. Atualmente, o programa conta com 18 pesquisadores dedicados exclusivamente a estudos com café, sendo oito na área de Genética e Melhoramento, três em Biotecnologia e Citogenética, dois em Fitotecnia, um em Química e Qualidade do Produto, um em Colheita e Pós-Colheita, dois em Fitossanidade e um em Economia Aplicada.

Quadro 1. Distribuição das pesquisas com café em andamento no IAC

LINHAS DE PESQUISA	PROJETOS (nº)	SUBPROJETOS (nº)
Genética, Citologia, Citogenética e Melhoramento	5	28
Biotecnologia	1	14
Ecofisiologia e Climatologia	2	11
Nutrição e adubação	1	2
Fitossanidade	2	3
Sistemas de Produção e Manejo (Fitotecnia)	1	4
Irrigação	1	4
Mecanização e Tecnologia Pós-Colheita	1	2
Qualidade do Produto	1	8
Sócio-Economia	1	2
Total	16	78

Conta ainda com 15 pesquisadores de outras áreas específicas, com dedicação parcial ao programa, enquadrados nas áreas de Climatologia, Agrometeorologia, Irrigação, Fitotecnia, Fitopatologia, Nematologia, Citologia, Biotecnologia, Cultura de Tecidos, Botânica, Fisiologia Vegetal e Máquinas Agrícolas. As atividades do Programa contam com a colaboração efetiva também de estudantes de graduação e de pós-graduação em praticamente todas as áreas. Além de desenvolver pesquisas, o Centro de Café tem participado ativamente da elaboração de Normas e discussões sobre o Agronegócio do café em instâncias federais e estaduais.

O Programa atual de pesquisas em café desenvolvido no IAC é composto de 78 subprojetos agrupados em 16 projetos e abrange 10 linhas de pesquisa (Quadro 1), que contam com importante apoio financeiro do Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café - CBP&D-Café, FAPESP, FINEP e CNPq, contando, também, com o apoio logístico de empresas privadas, cooperativas e produtores rurais.

O Centro de Café Alcides Carvalho do IAC possui valioso banco de germoplasma de café, cuja instalação no campo foi iniciada em 1932, e que se constitui no suporte, não só para todos os trabalhos de melhoramento como também para os estudos de genética, citologia e citogenética do café em curso no Instituto. A linha de pesquisa Genética, Citologia, Citogenética e Melhoramento abrange grande diversidade de estudos científicos. Os estudos contemplam a caracterização do ponto de vista morfológico, genético, bioquímico, citológico, químico e molecular dos cafeeiros mantidos em coleção e também dos descendentes das numerosas hibridações controladas já realizadas. Os resultados dessas pesquisas facilitam e orientam a seleção de germoplasma nas diversas fases do desenvolvimento de novas cultivares. Alguns desses projetos visam

atender a demandas do cafeicultor no que se refere ao desenvolvimento de materiais produtivos e portadores de resistência aos diversos fatores bióticos limitantes para a cultura, tais como ferrugem do cafeeiro, nematóides e bicho mineiro. Outros focam resistência a fatores abióticos, como seca e altas temperaturas, alumínio e acidez do solo. Alguns projetos buscam novas opções de cultivo para áreas impróprias ao café arábica, seja por meio do desenvolvimento de híbridos entre espécies diferentes, como o Arabusta, seja pelo estudo de novas alternativas em porta-enxertos. De resultados de pesquisa nesta área já foram lançadas pelo programa de melhoramento do IAC muitas cultivares adaptadas para plantio nas mais diversas regiões cafeeiras do Estado de São Paulo e do Brasil, perfazendo cerca de 90% dos cafeeiros tipo arábica que alicerçam esse pujante agronegócio do Brasil.

Tanto o desenvolvimento de novas cultivares quanto o acompanhamento da transferência de genes entre elas têm sido assistidos por trabalhos desenvolvidos na linha de biotecnologia do Centro de Café. Esta linha engloba ações estratégicas de pesquisa que lançam mão das numerosas técnicas disponíveis para facilitar a seleção de genótipos desejáveis do ponto de vista do melhoramento. Elas são empregadas especialmente nos casos de estudos envolvendo material genético de herança complexa, na caracterização molecular das cultivares já liberadas e tanto na clonagem de cafeeiros de alto valor agrônômico quanto de acessos do Banco de Germoplasma. Outros objetivos ainda contemplados nesta linha são: 1-caracterização de espécies, variedades e cultivares do Banco de Germoplasma de café do IAC por bandamento e técnicas de citogenética molecular, 2-estudo da regulação do desenvolvimento floral e da maturação dos frutos de *C. arabica*, 3-isolamento e caracterização de regiões promotoras de genes com expressão tecido-específica das espécies *C. arabica* e *C. canephora*, 4-estudo da via biossintética da cafeína em café arábica do ponto de vista genético-molecular, 5-mapeamento cromossômico de genes análogos de resistência (RGA) e seqüên-

cias repetidas simples (SSR) em espécies de *Coffea* através da técnica de hibridação *in situ* fluorescente (FISH).

A produtividade dos cafeeiros é influenciada pela genética, pelas condições climáticas, pelo manejo e pelas condições nutricionais do solo e das plantas. Alguns estudiosos do assunto consideram que em certas regiões as características químicas do solo são mais importantes para a produtividade dos cafezais do que as condições físicas e hídricas, chegando a explicar cerca de 50% da produtividade. A adubação e a calagem são os métodos empregados para disponibilizar aos cafeeiros os nutrientes necessários para o seu perfeito desenvolvimento e reprodução. A calagem tem se revelado técnica de grande valor para a correção de solos com elevada acidez e altos índices de alumínio/manganês. Além de elevar o pH do solo, a sua aplicação implica na maior disponibilização de cálcio e magnésio e na neutralização dos efeitos tóxicos do alumínio na camada superficial.

Na linha de trabalhos com nutrição e adubação de cafeeiros, o Centro de Café Alcides Carvalho vem conduzindo experimentos que visam estudar o comportamento das últimas cultivares de café arábica lançadas, identificando seu grau de tolerância a solos ácidos e corrigidos, em condições de campo e de laboratório. Os resultados desse trabalho deverão subsidiar a recomendação das cultivares para solos com diferentes graus de acidez, bem como na seleção das cultivares mais indicadas para aplicação em hibridações e em estudos genéticos para o conhecimento do tipo de herança que controla estas características. Além disso, os resultados poderão ser empregados também para direcionar o processo de seleção durante o desenvolvimento de cultivares.

Há anos o IAC vem estudando os efeitos do ambiente nos cafeeiros. São do IAC, por exemplo, os estudos sobre o balanço hídrico do solo, que contribuíram para a instalação de lavouras cafeeiras no Cerrado e os trabalhos que resultaram no amplo zoneamento climatológico, estabelecidos sob a coordenação do Dr. Ângelo Paes de Camargo. Atualmente, na linha de ecofisiologia e climatologia, três amplos projetos estão sendo desenvolvidos no Instituto. Em linhas gerais, nesses projetos estudam-se os efeitos das condições hídricas, edáficas e nutricionais, da temperatura e do fotoperíodo, na floração e no desenvolvimento do fruto do cafeeiro, no crescimento e na capacidade fotossintética da planta, na produtividade e na duração das fases fenológicas. Essa linha de pesquisa contempla também trabalhos que visam desenvolver, adaptar e testar mode-

los agrometeorológico-fenológicos de monitoramento de quebra de produtividade, com vistas a subsidiar a previsão de safra para as principais regiões cafeeiras do Brasil. Também levantam-se dados para o desenvolvimento de modelos fenológicos para a estimativa da floração e maturação do cafeeiro arábica, baseados em acumulação térmica e balanço hídrico válidos para as condições tropicais do Brasil.

Trabalhos com irrigação igualmente vêm sendo desenvolvidos no IAC. Como se sabe, essa técnica vem sendo amplamente empregada como tecnologia que possibilita a implantação da cafeicultura em zonas sujeitas a períodos de déficit hídrico e mesmo em áreas normalmente aptas para o cultivo de café, onde tem resultado em aumento de produtividade. Nas culturas de cafês arábicas, a irrigação tem sido recomendada para as regiões do Alto Paranaíba, Triângulo Mineiro, Norte e Noroeste de Minas Gerais e Goiás, Bahia, Pernambuco e Ceará. Ela tem beneficiado, além disso, algumas lavouras das regiões Mogiana e Araraquarense, localizados em São Paulo e plantações de café Conilon do Espírito Santo, Bahia, Rondônia e Mato Grosso. Além de ter ampla utilização em regiões com reconhecido déficit hídrico, ainda se pode recomendar a irrigação para o cultivo de algumas cultivares de *C. arabica* em regiões de temperaturas acima da considerada adequada para os cafês dessa espécie. É de se destacar, porém, que há um nível, um período e uma forma mais adequada de se empregar a irrigação. Nessa linha, o IAC tem desenvolvido projetos que procuram definir a real necessidade de irrigação dos cafeeiros plantados em diferentes espaçamentos e com diferentes manejos da cultura, o desempenho do cafeeiro irrigado por gotejamento superficial e enterrado e os efeitos da irrigação sobre o desenvolvimento e produtividade de cafeeiros de *C. arabica* e de *C. canephora* em diferentes locais de produção no estado de São Paulo.

Apesar de a produtividade média dos cafezais irrigados atingir 55 sacas de café beneficiado/ha em algumas regiões, a média do Brasil localiza-se ao redor de 16 sacas/ha. Vários fatores contribuem para essa drástica diferença, e entre eles, sem dúvida alguma, pragas e doenças dos cafeeiros destacam-se. O ataque desses agentes resulta em perda não somente de produtividade, mas também na diminuição da qualidade do grão e depauperamento das plantas. O bicho-mineiro, é uma das pragas mais danosas aos cafeeiros, e manifesta-se, principalmente, em regiões cafeeiras de baixa altitude do centro sul, além de ser importante nas regiões do Alto Paranaíba, nordeste e centro oeste do



Coleção de cafeeiros da Etiópia mantidos no Banco de Germoplasma do IAC.



Vista de ensaio consorciando café e banana.

país, triângulo Mineiro e Norte/Noroeste de Minas Gerais. Há outras pragas importantes do café, como as cigarras, a broca-do-café, os ácaros, as cochonilhas, as lagartas e os fitonematóides que merecem atenção. Os fitonematóides representam ameaça antiga aos cafezais, particularmente aos de áreas de arenito localizadas, por exemplo, em algumas regiões de São Paulo e do Paraná. Há anos o IAC vem se dedicando a pesquisar o comportamento dos nematóides do gênero *Meloidogyne* com vistas ao desenvolvimento de técnicas de manejo e de novas cultivares que possibilitem o desenvolvimento de uma cafeicultura rentável em áreas infestadas.

A seleção das cultivares mais recomendadas a determinada região é uma das decisões fundamentais para o estabelecimento de uma cafeicultura de sucesso. Na sequência, destaca-se com essa mesma finalidade a definição do sistema de manejo e de produção da lavoura. O espaçamento, os tipos de poda e as suas freqüências, bem como a consorciação com espécies perenes ou temporárias, além das técnicas de arborização são possibilidades atuais passíveis de consideração para a condução de cafeicultura baseada em boas práticas agrícolas, que proporcionem uma cafeicultura sustentável. Há 75 anos o IAC desenvolve linha de pesquisa que visa à seleção de cultivares de *C. arabica*, e desde 1970 trabalha na seleção de cultivares de *C. canephora*. Na área de fitotecnia, o Centro de Café vem desenvolvendo pesquisas com sistemas de produção as-

sociados à nutrição de cafeeiros arábicas em busca de condições que proporcionem elevadas eficiências produtivas e econômicas, que contribuirão para o aumento da competitividade e sustentabilidade da agricultura familiar. Outro projeto de pesquisa do Centro de Café nessa linha contempla os cafés orgânicos e visa adquirir conhecimentos para satisfazer à demanda dos cafeicultores sobre orientações técnicas para produção compatível com o seu nível tecnológico, respeitando as condições locais, principalmente no sentido de minimizar as perdas de produtividade nos períodos de transição entre a cultura convencional e a orgânica. Igualmente têm sido abordados em experimentos em andamento no Instituto Agronômico a cafeicultura arborizada e a sua consorciação com coqueiro, seringueira, bananeira e grevilea, visando ao estabelecimento de sistemas agroflorestais como componente da sustentabilidade da lavoura.

O processo de colheita é uma das atividades que mais oneram a produção do café em função, principalmente, do alto preço decorrente da escassa mão-de-obra e das obrigações patronais. Visando à redução desses gastos, têm sido disponibilizadas colhedoras adaptadas para plantios com espaçamento convencional. Alternativamente, estão sendo iniciadas no IAC pesquisas destinadas ao desenvolvimento de colhedoras autopropelidas para a mecanização da colheita em cafeeiros adensados. Também, o manejo e a preservação da estrutura do solo em lavouras de café são fundamentais para a obtenção de altas produtividades, sustentabilidade na atividade e preservação ambiental. Nesse sentido, há pesquisas em andamento no Instituto Agronômico que visam estudar o impacto ambiental provocado pelo emprego de diversos processos mecanizados na cultura, que resultarão em significativa contribuição para a compreensão e controle do processo de degradação de áreas agrícolas.

Desde a década de 90 a qualidade da bebida de café vem sendo valorizada no mercado interno e externo, sendo hoje uma realidade as premiações e as vendas por leilões dos melhores lotes produzidos no país. Em processos bem conduzidos do início ao fim, a qualidade do grão de café guarda estreita relação com a da bebida, ambas determinadas pela composição química do grão. Embora em todos os estudos de melhoramento genético do cafeeiro que culminaram em lançamentos das cultivares mais plantadas no Brasil tenham se considerado a qualidade da bebida, estudos específicos para o conhecimento da sua composição química dos grãos desenvolvidos no próprio Centro de Café são mais recentes. Sabe-se há tempo que os cafés no estágio de maturação ce-

reja produzem bebidas menos adstringentes e mais aceitas do que os verdes; que há mercados para todos os tipos de café produzidos, mas que alguns preferem os cafés de frutos de cor amarela e que as bebidas de cafés arábicas são diferentes das de cafés robustas. No entanto, há poucas pesquisas conclusivas sobre quais os compostos do café cru que podem indicar as características da bebida preparada com o café torrado. Pesquisas desenvolvidas no IAC têm procurado acrescentar algumas informações às já disponíveis sobre essa relação. Algumas delas contemplam, por exemplo, a investigação das diferenças entre a composição dos cafés crus de variedades de fruto vermelho e de fruto amarelo, bem como entre os grãos de cafés preparados pelas vias úmida e seca. Outras pesquisas estão sendo desenvolvidas para avaliar o potencial de emprego de cafeeiros do Banco de Germoplasma de Café em melhoramento genético com base na composição dos cafés crus. Há ainda trabalhos sendo desenvolvidos sobre a variação da composição química do endosperma ao longo dos diversos estágios de maturação, assim como sobre proteases e compostos nitrogenados envolvidos na qualidade da bebida.

O agronegócio do café no mundo envolve, da produção ao consumo final, meio bilhão de pessoas (8% da população mundial). No Brasil, o café responde por 2% do total de exportações e gera uma riqueza anual de 10 bilhões de reais. O complexo mercado do café tem passado por mudanças significativas, como se observa, por exemplo, pelo nível crescente de exigência dos consumidores e pela presença de barreiras comerciais tarifárias e não tarifárias. Neste cenário, países produtores permanecem em constante reflexão sobre os elementos conjunturais que podem afetar a manutenção dos espaços ocupados e a conquista de novas fatias desse mercado. Atento às alterações sócioeconômicas e mercadológicas pelas quais vem passando o Sistema Agroindustrial do Café, o IAC tem sido convidado a participar de reuniões interinstitucionais contribuindo, por exemplo, na elaboração de Normas para a Produção Integrada de Café – PIC, em discussões sobre a implantação e a validade de aplicação das normas do Código Comum da Comunidade Cafeeira (4C) e para a regulamentação das atividades da Iniciativa Nacional de Comércio Justo e Solidário. Pesquisadores do IAC têm atuado também como mediadores de comunidades na Rede de Comunicação, Colaboração e Negócios (PEABIRUS). Algumas das pesquisas em andamento na linha de sócio-economia contemplam estudos da relação entre os setores de produção e industrialização do café dos prin-

cipais estados produtores brasileiros e a economia nacional, a organização de produtores familiares para a certificação em grupo e a identificação, caracterização e impactos das iniciativas para o desenvolvimento sustentável da produção de café por pequenos produtores.

Os resultados da pesquisa somente conduzirão a um aumento da eficiência da cafeicultura se forem incorporados pelos produtores, resultando em uma cafeicultura moderna e competitiva. Desta forma, fica evidenciada a importância do elo de ligação entre o segmento de pesquisa e o da produção, que é feito por extensionistas das regionais da CATI, técnicos de cooperativas e outras entidades ligadas ao setor cafeeiro, técnicos consultores e professores do ensino técnico e superior. Estes grupos de profissionais têm sido o alvo de eventos periódicos de capacitação e atualização na cultura do café promovidos por projetos de transferência de tecnologia conduzidos pelo IAC. Nesses cursos, são apresentados de forma didática os mais recentes avanços da pesquisa resultantes não apenas do Programa de Café do IAC, mas também de tudo que há de atual produzido, tanto em centros de pesquisa como em indústrias.

Finalizando, no Programa de Pesquisa com Café do IAC o cafeeiro tem sido estudado cientificamente sob aspectos relevantes para o estabelecimento de critérios técnicos para o seu cultivo sustentável e para a criação de cultivares altamente produtivas, sendo hoje várias delas verdadeiros patrimônios da cafeicultura brasileira. O apoio desse Programa de Pesquisa à cafeicultura se amplia na medida em que não se restringe ao desenvolvimento das pesquisas científicas, mas também contempla a transferência dos seus resultados ao produtor e o apoio em iniciativas que visam à valorização do produto. Ademais, ele tem proporcionado condições para o Instituto opinar em Políticas de Pesquisa e Desenvolvimento para o Agronegócio do Café e sugerir ações governamentais para uma cafeicultura sólida e rentável.

Terezinha J. G. Salva; M. Bernadete Silvarolla; Luiz C. Fazuoli; Roberto A. Thomaziello; M. Rafael Petek; Gerson Silva Giomo e Sérgio Parreiras Pereira

Instituto Agronômico, Centro de Café 'Alcides Carvalho'

☎ (19) 3241-5188 ramal 370; 3212-0458

✉ tsalva@iac.sp.gov.br;

✉ bernadet@iac.sp.gov.br;

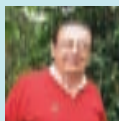
✉ fazuoli@iac.sp.gov.br;

✉ rthom@iac.sp.gov.br;

✉ mrpetek@iac.sp.gov.br;

✉ gsgiorno@iac.sp.gov.br;

✉ sergiopereira@iac.sp.gov.br



Fazuoli



Thomaziello



Camargo

Uma notícia causou grande preocupação para técnicos e produtores ligados à cultura do café:

“O café vai sumir do cenário agrícola paulista nos próximos 30 a 40 anos, quando a temperatura deverá estar 3 graus centígrados mais alta”.

Esta conclusão e outros efeitos devastadores do aquecimento global fazem parte de estudo divulgado pelo Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas aplicadas à Agricultura (CEPAGRI) da Unicamp em conjunto com a Embrapa-Informática a partir dos relatórios do IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas). O relatório é obviamente preocupante e a constatação do aquecimento não se discute aqui, muito embora os próprios relatórios contenham alto grau de incerteza nos resultados dos modelos de previsão a longo prazo. Entretanto, a afirmação de que o aquecimento de 3°C previsto para 2040 ocasionaria muitas mudanças climáticas e inviabilizaria totalmente a cafeicultura paulista é, no mínimo, prematura, sendo necessária uma análise dos possíveis cenários e da situação da capacidade técnica-científica da cafeicultura atual.

Se não vejamos:

Segundo o zoneamento agroclimático do café arábica para o Brasil, a temperatura do ar é o principal fator na definição da aptidão climática do cafeeiro em cultivos comerciais. A aptidão térmica é considerada por faixas de temperatura média anual, sendo a apta ou preferencial entre 18 a 23°C. Abaixo de 18°C e acima de 23°C é considerado marginal a inapto. Em temperaturas superiores a 23°C, associadas à seca na época do florescimento, podem ocorrer abortamento floral e formação de “estrelinhas”, com grande redução da produtividade. Além disto, estas temperaturas elevadas condizionarão frutos com desenvolvimento e maturação bastante precoces, ocasionando perda da qualidade do produto, pois a colheita e secagem irão coincidir com o período chuvoso.

Por esta razão a cafeicultura do Estado de São Paulo está implantada em regiões de altitude entre 400 e 1.200m, que condicionam temperaturas médias anuais entre 18 e 23°C. As principais regiões produtoras são: Média e Alta Mogiana; Avaré/Piraju e Garça/Marília. A maior região produtora é a constituída

pela Média e Alta Mogiana, onde a altitude está na faixa de 800 a 1.200m, com temperaturas médias entre 18 a 20°C. Um aumento de 3°C elevaria essas temperaturas para 21 a 23°C, continuando a região a ser considerada ainda apta para a cultura comercial do café arábica.

Na região sul do Estado (Avaré, Piraju e municípios adjacentes), embora a altitude esteja na faixa de 700 a 800m, devido à latitude apresenta temperaturas médias de 19 a 20°C e, portanto 3°C a mais também não inviabilizariam a cafeicultura comercial na região.

O problema poderia tornar-se mais grave e preocupante na região centro-oeste do Estado onde a principal região é Garça/Marília, onde a altitude média está em torno de 600m, que condiciona temperaturas médias na faixa entre 21 a 22°C, que com a projeção de aumento de 3°C, inviabilizaria o cultivo comercial do café arábica.

No entanto, outros aspectos primordiais foram totalmente ignorados por aqueles que consideram apenas o aspecto “temperatura média”. Ao longo de dezenas de anos de pesquisa, o IAC e outras instituições de pesquisa desenvolveram



Arborização



Catuaí em áreas quentes (24,5°C)



Irrigação



Adensamento

Espécies/Cultivares

Dentre as espécies de café conhecidas, *Coffea arabica*, que fornece o café arábica e *Coffea canephora*, que proporciona o café robusta, são as duas mais importantes no mercado nacional e internacional. No Brasil existem aproximadamente 1,9 bilhões de cafeeiros robusta (Conilon) e 4,3 bilhões de cafeeiros arábica. O arábica, como mencionado anteriormente, é de clima mais ameno, enquanto o café robusta é de clima quente e úmido e adapta-se bem em regiões com temperaturas médias anuais entre 22 e 26°C. Nas áreas com Conilon, que estão na faixa de 23°C, um aumento de temperatura de 3°C não deve influenciar negativamente o cultivo deste tipo de café no Brasil. Por outro lado, o IAC tem um programa de melhoramento em que as características de robusta são transferidas para arábica (resistência a doenças e pragas, vigor, produção, rusticidade, melhor sistema radicular e tolerância a temperaturas mais elevadas entre outras). Várias progênies desses cruzamentos têm apresentado características que permitem tolerar temperaturas mais altas e, portanto, poderão ser utilizadas em novos plantios, substituindo o café arábica em regiões onde a temperatura fique muito elevada. Trabalhos recentes têm mostrado que a cultivar Catuaí (arábica) vai muito bem em regiões baixas e quentes com temperaturas médias acima de 23°C com irrigação.

É importante ressaltar também que no banco de germoplasma do IAC existem outras espécies de café, como *Coffea dewevrei*, *Coffea congensis* e *Coffea racemosa* que estão sendo utilizadas em programas de melhoramento visando selecionar genótipos produtivos, resistentes ao bicho mineiro e mais tolerantes ao calor e à seca. Portanto sob o aspecto da cafeicultura atual, a tendência de aumento de temperatura não deverá ser catastrófica e nem também para o futuro, pois as pesquisas até o presente fornecem evidências e subsídios para que a nossa cafeicultura de arábica e robusta continue sendo pujante, sustentável e sólida.

A associação destas práticas em muito contribuirão para atenuar o efeito das temperaturas elevadas, sem levar em conta outras técnicas que sem dúvida ao longo dos próximos anos a pesquisa através do IAC e de outras instituições deverá disponibilizar para o cafeicultor.

Por outro lado a redução da área de café no Estado de São Paulo de 237 mil hectares em 2004/05 para 233 mil hectares em 2006/07, conforme citado pelo CEPAGRI/Unicamp, não deve ser considerado isoladamente como um fator atribuído ao aquecimento global. É fundamental considerar que a expansão da cultura da cana-de-açúcar e o aumento de usinas pelos atrativos que apresentam no momento, têm ocupado não somente áreas com café, mas também da citricultura e outros cultivos.

Finalmente, é importante ressaltar que devemos aumentar e estimular as pesquisas para encontrar soluções no enfrentamento do aquecimento global e suas consequências. Porém, devemos ser mais cautelosos nos informes à sociedade, e em particular aos agricultores, que já enfrentam problemas diversos em toda a cadeia produtiva do agronegócio café e que certamente vai interferir no planejamento de médio e longo prazo.

tecnologias que permitem atenuar o efeito de temperaturas adversas, viabilizando o cultivo comercial em regiões consideradas pelo zoneamento agroclimático como marginais e até mesmo inaptas para a cultura do café arábica. Isto já ocorre atualmente na prática, com a existência de inúmeros plantios comerciais irrigados em regiões consideradas marginais por apresentarem restrição térmica devido a temperaturas elevadas.

Quais práticas agronômicas atenuariam este cenário de aquecimento, viabilizando a cultura do café?

Irrigação: crescem cada vez mais as áreas irrigadas com café no Brasil e esta prática tem sido o principal fator a

permitir o estabelecimento do cafeeiro em regiões de baixa altitude em que as temperaturas médias são elevadas para o cultivo normal do café arábica.

Arborização: o cafeeiro arábica é originário dos altiplanos da Etiópia em condições de sub-bosque, ou seja, de meia sombra. No Brasil o cultivo foi adaptado e generalizado para pleno sol devido às latitudes mais elevadas e altitudes inferiores do que a região de origem. Grande parte do cultivo do café arábica em países tradicionais como a Colômbia, Costa Rica, Guatemala, El Salvador e México se dá em ambientes arborizados onde os cafeeiros ficam próximos ao microclima do seu habitat natural. A arborização do cafezal proporciona, além de

diminuição da temperatura média em até 2°C, grande proteção contra vento que é também fator prejudicial à planta. O IAC e o IAPAR possuem dados experimentais que comprovam essa diminuição das temperaturas. São diversas as espécies vegetais possíveis de uso para arborização ou consorciação, podendo inclusive agregar-se valor à produção do café com espécies de uso florestal ou aquelas de exploração comercial como macadâmia, seringueira, bananeira, abacateiro, coco anão entre outras. Não se trata de um sombreamento exagerado, com muitas árvores por hectare, que não funciona para as condições brasileiras. A técnica da arborização preconiza sombreamento mais ralo, com população em torno de 60 a 70 plantas de sombra por hectare.

Adensamento: o plantio do cafeeiro conforme prática hoje usual em todas as regiões em espaçamentos mais adensados entre linhas e entre plantas na linha (plantio em renque), apresenta menores produções por planta, mas aumenta a produção por área devido ao maior número de cafeeiros por hectare. Além de estressar menos o cafeeiro, permite mantê-lo mais enfolhado, proporcionando um microclima mais ameno, com menores temperaturas no interior da planta, abaixo do ambiente externo.

Manejo do Mato: a boa prática agrícola preconiza manter durante o período das chuvas o mato do meio da rua manejado com implementos como roçadeiras e trinchas, muitas vezes associados a herbicidas. Além da conservação do solo evitando-se a erosão, a manutenção do solo vegetado reduz sua temperatura e permite melhor distribuição do sistema radicular do cafeeiro, pois as radicelas superficiais são afetadas pelas temperaturas elevadas. Este manejo aumenta também o teor de matéria orgânica e a capacidade de retenção de água possibilitando cultivo mais tolerante às condições climáticas adversas.

Luiz Carlos Fazuoli e Roberto Antonio Thomaziello

Instituto Agrônomo, Centro de Café "Alcides Carvalho"

☎ (19) 3241-5188 ramal 370

✉ fazuoli@iac.sp.gov.br;

✉ rthom@iac.sp.gov.br

Marcelo Bento Paes de Camargo

Instituto Agrônomo, Centro de Ecofisiologia e Biofísica

☎ (19) 3241-5188 ramal 338

✉ mcamargo@iac.sp.gov.br

Diversidade em *Coffea* sp.



Baão



Mirian

O número exato de espécies de café existente no mundo é controverso entre os pesquisadores, mas há relatos na literatura da existência de mais de 100 espécies. Apesar dessa grande variabilidade, apenas duas espécies de café, *Coffea arabica* L. e *C. canephora* Pierre ex Froehner, comumente denominadas por “café arábica” e “café robusta”, respectivamente, têm apresentado interesse comercial. As demais espécies constituem-se em reservatórios de genes, que controlam características de interesse carentes nas duas espécies cultivadas, para serem utilizadas nos programas de melhoramento genético do cafeeiro. Entretanto, os caracteres de importância agrônômica e econômica, como resistência a pragas e doenças, tolerância a estresses abióticos como seca, calor, geada, solos ácidos e de baixa fertilidade demandam ainda mais estudos para se obter maiores informações a respeito do real potencial e possível aproveitamento nos programas de melhoramento.

INTRODUÇÃO DO CAFÉ ARABICA NO BRASIL E DIVERSIDADE DO PARQUE CAFEIEIRO NACIONAL

O café arábica é originário das terras altas (1.000 a 2.000 metros de altitude) e de temperaturas amenas (média de 18 a 21°C) da região da Abissínia (atual Etiópia, no continente Africano). Desde sua descoberta, o café demorou cerca de nove séculos para chegar ao Brasil. O café entrou em nosso país pelo Estado do Pará, em 1727, trazido pelo sargento-mor Francisco de Melo Palheta, que, enviado à Guiana Francesa em missão oficial, trouxe de lá cinco mudas e um punhado de sementes da apreciada bebida. A tarefa do sargento-mor não foi das mais fáceis, visto que, naquele país era proibida a cessão de exemplares de café a qualquer estrangeiro.

Cultivado inicialmente na Região Norte, nos arredores de Belém do Pará, o café foi descendo para o Nordeste, passando pelo Maranhão, Ceará, Pernambuco e Bahia, até chegar ao Rio de Janeiro, em 1773. Daí expandiu-se pela Serra do Mar e chegou ao Vale do Paraíba em 1825, alcançando os Estados de São Paulo e Minas Gerais, onde encontrou condições favoráveis ao seu desenvolvimento.

O histórico do café no Brasil mostra fatos interessantes relativos à variabilidade genética dos primeiros cafezais plantados em nossas terras. Um cafeeiro de Amsterdã, Holanda, deu origem aos cafezais de Suriname, da Guiana e do Brasil. Novamente, de um único cafeeiro do Rio de Janeiro originaram as primeiras plantações dos Estados do Rio, Minas Gerais e São Paulo. Da mesma forma, uma única planta do município de Jundiá deu origem aos cafezais de

Campinas e região. Portanto, os primeiros cafezais brasileiros foram constituídos de descendentes de um único cafeeiro da espécie *C. arabica*, cultivar denominada Arábica, Típica, Nacional ou Crioulo. A pequena diversidade genética observada que existia era devida à constituição genética da planta original ou às raras mutações que surgiram com o decorrer do tempo.

Os cafezais de São Paulo e de outras regiões brasileiras foram gradativamente diversificando-se. Dessa forma, no início dos anos 50 foram introduzidas no Brasil sementes do café Bourbon Vermelho (*C. arabica* cv. Bourbon Vermelho), oriundas da ilha de Reunião, situada no continente africano, pois havia informações de que essa cultivar era produtiva e de boa qualidade. Dafert, primeiro diretor do Instituto Agrônomo, relatou a superioridade produtiva de ‘Bourbon Vermelho’ em relação à cultivar Típica, e por isso, ela era muito mais exigente em tratos culturais e adubações mais apropriadas.

Em 1986, foram introduzidas sementes de café da ilha de Sumatra. Era tido como bem produtivo, vigoroso e de sementes maiores que as do ‘Bourbon Vermelho’. O café Sumatra revelou-se bastante rústico, com bebida de boa qualidade, sementes pouco maiores do que as do Bourbon, porém, as suas produções não foram muito encorajadoras.

A grande expansão do cultivo de café no Brasil propiciou o surgimento de algumas variedades, originadas a partir das raras mutações que ocorrem naturalmente (da ordem de um evento de mutação a cada um milhão de células gaméticas), ou devido a recombinações genéticas, a partir

de cruzamentos naturais entre os cultivares existentes. Apesar de *C. arabica* ser uma espécie autógama, ou seja, que se reproduz sexualmente por autofecundação, ocorre em média cerca de 10% de fecundação cruzada nesta espécie, justificando o aparecimento de híbridos naturais em lavouras de cultivares dessa espécie.

Em 1871, foi encontrado, em Botucatu (SP), pela primeira vez, em uma plantação de ‘Típica’, um cafeeiro mutante com frutos amarelos, em vez de vermelhos. Esse cafeeiro, denominado Amarelo de Botucatu, mostrou-se pouco produtivo, em razão de ser originado de ‘Arábica’. Nessa mesma época, surgiu na Bahia, no município de Maragogipe, um cafeeiro de frutos grandes, denominado ‘Maragogipe Vermelho’, mas de baixa produtividade, pois a exemplo do ‘Amarelo de Botucatu’, fora originado também de uma mutação ‘Arábica’. Esses cafeeiros chamaram a atenção dos lavradores e muitos os plantavam por curiosidade e para testá-los.

Vários mutantes surgiram naturalmente ao longo dos anos, nos cafezais brasileiros. Muitos deles despertaram interesse dos pesquisadores e muito contribuíram nos estudos básicos para o esclarecimento sobre o tipo de herança de vários caracteres e seu potencial para os programas de melhoramento genético. Assim, em 1937, o IAC recebeu amostras de sementes de dois materiais genéticos originados na divisa dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, na Serra do Caparaó. Tratava-se das cultivares Caturra Vermelho e Caturra Amarelo. A principal característica desses cafeeiros era o porte reduzido. As análises genéticas realizadas no IAC revelaram que o ‘Caturra’ derivou-se por mutação do ‘Bourbon Vermelho’.



C. arabica



C. canephora



C. stenophylla



C. richardii



C. eugenioides



C. kapakata

Detalhes de folhas e frutos de espécies de *Coffea* cultivadas e selvagens, mostrando a grande variabilidade genética encontrada no gênero.

A cultivar Caturra apresenta elevada capacidade produtiva nas primeiras colheitas, reduzindo drasticamente esse potencial nas safras seguintes, com acentuada morte de ramos plagiotrópicos e intenso depauperamento geral da planta. Essa cultivar é o primeiro mutante encontrado com porte baixo e elevada capacidade produtiva e que, por esse motivo, muito contribuiu para o programa de melhoramento genético do cafeeiro, desenvolvido pelo IAC a partir do início da década de 30. Foi constatado que um único gene controla a redução do comprimento dos internódios e que esta é uma característica dominante.

O fato de existir um cafeeiro de boa capacidade produtiva e de porte reduzido constituiu, realmente, uma verdadeira revolução nos planos gerais do melhoramento, pois, a partir de então, todos os projetos de melhoramento passaram a considerar o porte mais baixo das plantas como caracte-

rística de grande interesse econômico, por facilitar a operação de colheita, uma das mais onerosas na produção de café, e por permitir plantios mais adensados.

Em relação às variedades originadas de cruzamentos naturais dentro da espécie *C. arabica*, duas merecem destaque: 'Bourbon Amarelo' e 'Mundo Novo'. A primeira, encontrada em Pederneiras (SP), em 1930, provavelmente originou-se da hibridação natural entre 'Bourbon Vermelho' e 'Amarelo de Botucatu'. Por sua vez, 'Mundo Novo' foi encontrado em 1943, em Urupês (SP), oriundo do cruzamento natural de 'Bourbon Vermelho' com 'Sumatra'.

O Instituto Agrônomo (IAC) estabeleceu, a partir de 1932, um plano geral de melhoramento genético do cafeeiro, envolvendo a seleção individual de várias plantas e estudos de seus descendentes ou progênies e a hibridação artificial entre cultivares de *C. arabica* e entre espécimes de *Coffea*.

Como mencionado anteriormente, a cultivar Mundo Novo começou a ser estudada em 1943, com a instalação de vários experimentos e a seleção entre e dentro de progênies. Diversas linhagens produtivas, vigorosas e adaptadas a várias regiões ecológicas do Brasil foram obtidas. A cultivar Acaia foi selecionada dentro de 'Mundo Novo' a partir de plantas dessa cultivar que apresentaram sementes de maior tamanho e boa capacidade produtiva.

A cultivar Catuaí foi a primeira a ser selecionada após o emprego da hibridação artificial no melhoramento genético do cafeeiro. O cruzamento original, realizado em 1949 no IAC, foi feito entre plantas selecionadas de 'Caturra Amarelo' e 'Mundo Novo'. Após várias gerações, foram obtidas recombinações valiosas, que receberam a denominação de 'Catuaí Amarelo' e 'Catuaí Vermelho'. Os cafeeiros dessa cultivar aliam a rusticidade e produtividade do 'Mundo Novo' ao porte reduzido do 'Caturra'. A partir do cruzamento original e após o avanço de gerações, várias linhagens de 'Catuaí Amarelo' e 'Catuaí Vermelho' sobressaíram-se e foram lançadas com diferentes prefixos.

O IAC, preocupado com a ferrugem que assolava os cafezais de outros países cafeicultores, principalmente africanos, realizou em 1950, muito antes da chegada da doença ao Brasil, a hibridação interespecífica entre *C. canephora* cv. Robusta (que teve o seu número de cromossomos duplicado artificialmente) e *C. arabica* cv. Bourbon Vermelho, e com um cruzamento adicional para 'Mundo Novo'. Dessa hibridação surgiu o germoplasma denominado Icatu, cujo objetivo era fornecer linhagens resistentes ao agente causador da ferrugem. Várias linhagens foram obtidas e muitas apresentam resistência e/ou tolerância à maioria das raças prevalentes de ferrugem, além de resistência a determinadas espécies de nematóides do gênero *Meloidogyne*.

Com a chegada da ferrugem ao Brasil, em 1970, e após a constatação de que os nematóides das espécies *Meloidogyne incognita* e *M. paranaensis* não permitem o desenvolvimento de cultivares de *C. arabica* suscetíveis, novos rumos foram dados ao programa de melhoramento do IAC. Passou-se a procurar genes de resistência a doenças e pragas e a incorporá-los às cultivares comerciais, operação realmente muito difícil, onerosa e demorada.

Para tentar a obtenção de materiais resistentes à ferrugem foram realizadas em Portugal hibridações entre 'Caturra Vermelho' e o germoplasma denominado Híbrido de Timor. Este é descendente provavelmente do cruzamento natural entre *C. canephora* cv. Robusta e *C. arabica* cv. Arábica. Alguns desses cafeeiros são resistentes a todas as raças de ferrugem.

A resistência ao bicho mineiro, uma das principais pragas do cafeeiro, é outra preocupação constante dos melhoristas. Essa resistência genética tem sido investigada em hibridações entre cultivares de *C. arabica*, que são suscetíveis, com espécies silvestres de *Coffea*, resistentes, dentre as quais se destaca a *C. racemosa*. Esta espécie apresenta outra característica interessante, que é a resistência à seca.

Sem dúvida, essas ações ampliaram bastante a base genética do programa de melhoramento do cafeeiro, mas a transferência de genes de interesse de outras espécies para *C. arabica* é um trabalho muito difícil, pois além das características de interesse, várias outras indesejáveis são também transferidas simultaneamente.

Com os programas de melhoramento genético do cafeeiro desenvolvidos pelas várias Instituições oficiais de pesquisa brasileiras, diversas cultivares foram desenvolvidas e recomendadas. Muitas dessas cultivares lançadas, ou em fase final de elaboração, apresentam boas características agrônomicas e, algumas, exibem resistência ou tolerância à ferrugem, a alguns tipos de nematóides e ao bicho mineiro.

Apesar do grande número de cultivares de café disponibilizadas aos cafeicultores, dos cerca de 4,3 bilhões de cafeeiros do tipo arábica plantados no Brasil, estima-se que 90% sejam constituídos de apenas duas cultivares: Mundo Novo e Catuaí, com pequena vantagem para essa última. Além disso, como demonstrado anteriormente, essas cultivares apresentam base genética bastante estreita, pois Catuaí é derivada de Mundo Novo. Esses relatos demonstram a pequena variabilidade genética do parque cafeeiro do Brasil e a alta vulnerabilidade de nossos cultivos, pois, na hipótese do surgimento de algum problema novo, como uma praga ou doença de difícil controle, poderá acarretar grandes prejuízos à cafeicultura brasileira.

BANCOS DE GERMOPLASMA DE COFFEA

Os bancos de germoplasma são locais onde são mantidas coleções de indivíduos

visando preservar a variabilidade genética existente em uma ou mais espécies. Em um banco de germoplasma, a manutenção da variabilidade pode ser feita utilizando sementes, propágulos ou o próprio indivíduo. Em relação ao café, as espécies de *Coffea* são, tradicionalmente, conservadas como plantas vivas mantidas em coleções de germoplasma a campo, devido à rápida perda de viabilidade das sementes no armazenamento.

Como relatado no início deste artigo, existem cerca de 100 espécies de *Coffea*, quase todas originárias de países africanos. O Brasil possui, conservados nos bancos de germoplasma das Instituições oficiais, aproximadamente 20% dessas espécies. Um banco de germoplasma de *Coffea*, o mais completo possível, seria de grande utilidade para pesquisas genéticas e para o conhecimento da variabilidade disponível e o verdadeiro potencial dessas coleções para o melhoramento. Infelizmente, uma coleção de café assim completa ainda não existe no Brasil ou em qualquer outro lugar do mundo. Nos bancos de germoplasma existentes atualmente, apenas as espécies *C. arabica* e *C. canephora* estão melhor representadas, o mesmo não ocorrendo com as demais espécies do gênero, que são pouco estudadas.

O Instituto Agronômico possui um dos mais completos bancos de germoplasma de café do mundo, sendo a coleção composta de 16 espécies do gênero *Coffea*, três espécies do gênero *Psilanthus*, centenas de híbridos intra e interespecíficos, várias introduções de *C. arabica* da Etiópia, além de diversos mutantes naturais de *C. arabica* e cultivares comerciais. Há, também, na coleção de *C. arabica* do IAC, 193 progênies de cafeeiros coletados na Etiópia, durante missão de coleta realizada em 1965, que explorou grande parte daquele país, em busca de diversidade genética de *C. arabica*. Essa missão coletou várias amostras de plantios tradicionais e de plantas espontâneas silvestres, que foram distribuídas para vários países deten-

tores de bancos de germoplasma de café, entre eles a Costa Rica, de onde posteriormente foram introduzidos no Brasil.

Os pesquisadores do Instituto Agronômico têm uma preocupação constante em aumentar a variabilidade genética da coleção de *Coffea* e, para isso, contatos vêm sendo realizados com diversas Instituições de outros países, visando estabelecer o máximo possível de intercâmbio de germoplasma de café.

CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DA DIVERSIDADE GENÉTICA

A diversidade existente nas coleções de café tem sido caracterizada pelo emprego de características morfológicas das plantas, folhas, flores, frutos e sementes, bem como de caracteres agrônomicos, tais como resistência a algumas doenças, ciclo de maturação, entre outros. Em razão do número limitado desses descritores e da influência ambiental sobre a expressão da maioria deles, mais recentemente, têm sido empregados, também, os marcadores moleculares na caracterização de acessos de bancos de germoplasma. Esses marcadores baseiam-se na variação natural existente nas seqüências de DNA dos diferentes indivíduos e apresentam uma série de vantagens em relação aos marcadores morfológicos. Os marcadores moleculares existem em grande número e não possuem nenhum efeito na planta, porque eles são reflexos da variação natural presente na seqüência de DNA. A análise de marcadores de DNA pode ser executada em qualquer estágio do ciclo de vida de um organismo e a partir de quase qualquer tipo de tecido. A única limitação desse tipo de marcador ainda é o custo relativamente elevado de sua análise.

A diversidade genética pode ser utilizada na transferência de características de interesse, presentes no germoplasma não cultivado e ausente nas plantas cultivadas. Essa transferência pode ser feita diretamente por hibridações artificiais, quando há compatibilidade entre os materiais a serem cruzados, ou por meio de métodos mais sofisticados, com a utilização de ferramentas de engenharia genética por meio da transformação genética de plantas.

Antonio Carlos Baidão de Oliveira

Instituto Agronômico, Centro de Café 'Alcides Carvalho'

☎ (19) 3212-0458

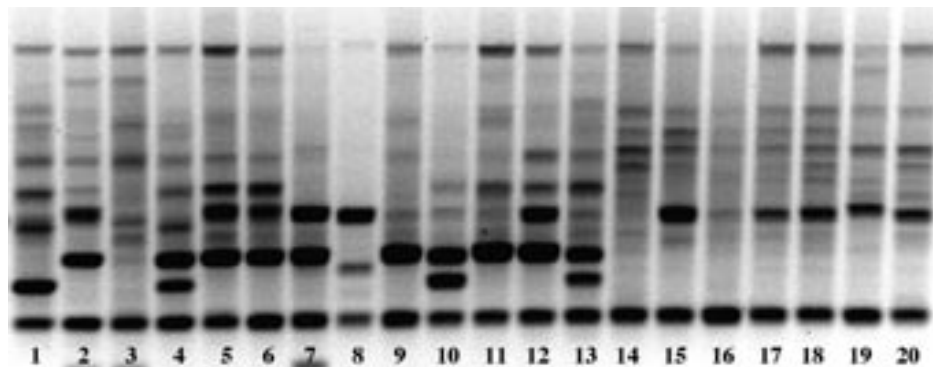
✉ baião@iac.sp.gov.br

Mirian Perez Maluf

Embrapa Café/Instituto Agronômico, Centro de Café 'Alcides Carvalho'

☎ (19) 3212-0458

✉ maluf@iac.sp.gov.br



Variabilidade no gênero *Coffea* detectada pela análise de DNA (marcadores RAPD). Canaletas 1 a 20 representam plantas diferentes.

Arborização de Cafezais



Ângelo

A cafeicultura brasileira iniciou-se no século 19, no Estado do Rio de Janeiro e no Vale do Paraíba, em São Paulo. Com o desgaste das terras, após dezenas de anos de cultura exploratória, entrou em decadência e tornou-se antieconômica. Passou no século seguinte para o Planalto Paulista e Norte do Paraná, com terras mais férteis e melhor técnica agrícola, teve grande sucesso.

Na década de 1950 sofreu muito com geadas severas, especialmente no Norte do Paraná, onde a cafeicultura reduziu-se consideravelmente. Nas décadas de 1970 e 1980, com o patrocínio do IBC, estendeu-se para o sul de Minas Gerais

e Triângulo Mineiro, tornando o Estado de Minas Gerais o maior produtor de café do Brasil.

Agora, a cafeicultura não arborizada do Sudeste brasileiro está sentindo os efeitos da longa duração do cultivo em solo desprotegido que vai se degradando. A arborização bem feita é prática agrônômica que tem se mostrado muito eficiente na proteção dos cafezais contra as adversidades climáticas e sobre a degradação dos solos, visando tornar o cafezal uma cultura sustentável.

Este trabalho trata da questão da arborização em cafeicultura em seus vários aspectos. Considera suas possibilidades, seus problemas, suas vantagens, desvantagens e formas de execução

A **arborização de cafezais** é técnica agrícola muito usada em outros países para **proteção** contra adversidades climáticas e promover a sustentação da **cafeicultura**. No Brasil é adotada apenas em pequenas culturas da Região Nordeste (Veirano, 1962; Reis, 1972). No Sudeste do país a **arborização** não é praticada e os cafezais são plantados em pleno sol.

A ARBORIZAÇÃO

A arborização não é adotada na região subtropical ou tropical de altitude do Brasil, onde cafeicultura é feita a pleno sol. O fato de a região possuir uma estação hiberna pronunciada, com baixa radiação solar e temperatura amena, faz com que os cafeeiros tenham acentuada redução no desenvolvimento vegetativo nos meses hibernais de junho, julho e agosto. Esse fato provoca certa redução no desenvolvimento vegetativo do cafeeiro em relação às regiões equatoriais, do Nordeste, onde recebe alta radiação solar o ano todo. Por essa razão, a cafeicultura nas regiões equatoriais, mais ricas em energia solar, pode ter uma arborização bem mais densa, sem sofrer concorrência sensível em luz das árvores de sombra.

A função da arborização não é, na verdade, sombrear o cafezal. O grande benefício é a proteção dos cafeeiros contra os danos da intempérie, como os causados pelo vento frio predominante, pelos extremos de temperatura, pela chuva violenta, pela deficiência hídrica prolongada, pela erosão e desgastes do solo, etc. (Robinson, 1964).

A experiência e as observações têm demonstrado que, em região tropical de altitude, como São Paulo e estados vizinhos, a densidade da arborização deve ser rala, cobrindo apenas 20% do terreno.

Em região equatorial, como o Nordeste brasileiro, a arborização deve ser menos rala, devendo cobrir cerca de 50% ou mais do terreno do cafezal.

Na arborização, as árvores crescem e o sombreamento aumenta regularmente com o tempo. Torna-se necessário ralear anualmente a copa das árvores, eliminando-se os galhos mais baixos, para elevar as copas e manter a cobertura rala. No caso da arborização com grevilea, seringueira ou outra árvore de porte ereto recomendável, fica



Cafezal
sombreado
com Grevílea,
na Estação
Experimental de
Mococa

mais fácil manter a copa elevada e rala, retirando-se gradualmente os ramos mais baixos do tronco.

A arborização é uma prática microclimática muito importante, que pode beneficiar bastante o ambiente do cafezal. A experiência tem mostrado que a arborização, cobrindo cerca de 20% do solo do cafezal, reduz a temperatura média diária do ambiente em cerca de 2°C (Robinson, 1964). Essa queda da temperatura em cafezal arborizado pode transformar uma condição considerada termicamente imprópria para a cafeicultura, por excesso de calor, em condição satisfatória. Uma região muito quente para cafeicultura de arábica, com temperatura média diária de, por exemplo, 23°C poderia, pela arborização, ter a temperatura ambiente reduzida para 21°C, condição plenamente apta à cultura do cafeeiro arábica.

A arborização protege os cafeeiros e o solo do superaquecimento diurno e do extremo resfriamento noturno, como a ocorrência da geada. Evita o impacto desagregador das gotas da chuva sobre o solo e o protege da erosão, da ação do vento, do ressecamento superficial, etc.

ALGUNS TRABALHOS SOBRE ARBORIZAÇÃO

El sombreado. Trabalho de René Coste publicado em *Cafetos y Cafés en el Mundo*. (Coste, 1954). Estuda a arborização de cafezais em todo o mundo.

Mostra que arborização desempenha um papel termo-regulador, protegendo o cafezal dos excessos de calor e de frio. A temperatura noturna do ar num cafezal descoberto pode ser superior a 4-5°C à de um cafezal com sombra.

A fase de café cereja, no início da maturação, fica mais longa, permitindo encerrar a fermentação da polpa em sua primeira fase (alcoólica e láctica), que promove a qualidade fina do produto.

A arborização faz reduzir consideravelmente a velocidade do vento e seu efeito prejudicial aos cafeeiros. Um benefício da arborização é a ação moderadora sobre o mato, reduzindo muito a necessidade de capinas.

As árvores de sombra devem ter:

a) crescimento rápido; b) folhagem leve, permeável à luz; c) sistema radicular profundo, preferivelmente pivotante, para evitar competição com os cafeeiros; d) boa resistência ao vento; e) ausência de enfermidades e de parasitas capazes de atacar os cafeeiros; f) pertencer à família das leguminosas para fornecer nitrogênio ao solo; g) possuir folhagem persistente; h) facilidade de podas de raleação da folhagem.

O espaçamento indicado das árvores de sombra varia segundo a temperatura média do clima local. Em climas mais quentes, equatoriais, a distância das árvores deve ser bem menor. Por exemplo:

Temperatura média	Espaçamento
17 a 18°C (Subtropical)	20 m
19 a 21°C (Tropical)	15 m
22 a 25°C (Equatorial)	10 m

Essas condições estão de acordo com o que acontece no Brasil. Na região tropical do Sudeste, com estação de inverno bem acentuada e com temperatura média anual em torno de 20-21°C, o espaçamento das árvores de sombra com melhores

resultados está em torno de 18 x 18 m, ao passo que na região Nordeste, com clima equatorial, bem mais quente, a sombra deve ser bem mais densa, com espaçamento em torno de 10 x 10 m ou 8 x 8 m.

Campos de arborização experimental no IAC. Vários campos de observação de cafezais arborizados foram instalados na década de 1950 pelo Instituto Agrônomo em suas estações experimentais. Nesses campos, árvores e arbustos, de várias espécies, foram plantados entre os cafeeiros, resultando uma arborização demasiado densa, que em poucos anos sombrearam exageradamente os cafeeiros e, por deficiência de radiação solar, tiveram a vegetação muito prejudicada e a produtividade mínima. Admitiu-se que a queda na produção fosse causada pela concorrência em água das árvores de sombra (Graner & Godoy, 1967; Franco, 1985). Realmente, a causa da queda da produtividade do cafezal supersombreado foi a redução excessiva da energia solar recebida pelos cafeeiros.

Agrometeorology of the coffee crop.

Em trabalho para a WMO, Camargo & Pereira (1994) prepararam boletim técnico sobre a cafeicultura brasileira dirigido aos agrometeorologistas e técnicos em cafeicultura, em geral. No mundo, a cafeicultura é normalmente arborizada e os cafeeiros ficam em ambiente ameno e relativamente úmido. A colheita do café feita na fase de café cereja, com os frutos vermelhos e maduros. No Brasil, a cultura é conduzida a pleno sol, sem arborização, e a colheita feita pela derriça, o que resulta em produto desuniforme de qualidade inferior.

Efeitos favoráveis da arborização

- a) em clima quente, tropical ou equatorial, com a redução temperatura ambiente pela arborização a florada fica muito menos sujeita ao abortamento das flores e à ocorrência das estrelinhas.
- b) a arborização dispensa o uso de quebra-ventos e as dificuldades de seu planejamento e execução.
- c) desaparecem os problemas da seca de ponteiros, da geada, do vergamento e do enfezamento das mudas.
- d) o mato fica enormemente reduzido, diminuindo o número de capinas.
- e) forma-se a serapilheira, que protege o solo, aumenta a permeabilidade e a infiltração da água, reduzindo muito a erosão. Diminui a infestação de nematóides do solo.
- f) aumenta a duração da fase de café cereja, havendo mais tempo para cuidar do café colhido e utilizar o sistema do café cereja-descascado.
- g) aumenta a longevidade e a sustentabilidade do solo do cafezal.
- h) aumenta a disponibilidade de água no solo, o que permite evitar, muitas vezes, a irrigação, como nas áreas serranas do Nordeste.

Efeitos desfavoráveis da arborização

- a) aumento da incidência da broca do café, que é associada à melhoria do ambiente microclimático do cafezal arborizado, favorecendo a propagação do inseto.
- b) a arborização dos cafezais dificulta o uso de colhedoras mecânicas nas linhas com arborização. Essas linhas têm de ser colhidas a mão ou com colhedoras pequenas, de aplicação lateral. Esta última desvantagem pode ser contornada com a adoção de espaçamento retangular entre as árvores de sombra. Em vez de usar espaçamento quadrado, por exemplo, de 20x20 m, com 400 m², pode-se usar um espaçamento retangular, de 25x16 m, com área também de 400 m². No caso de um cafezal com espaçamento de 3x1m entre cafeeiros, arboriza-se uma linha de cafeeiros a cada 7 ou 8 linhas. Nas linhas de café, planta-se uma árvore a cada 14 covas.

Boas árvores de sombra devem apresentar: troncos altos, fortes e copas bem elevadas; boa resistência ao vento; crescimento inicial rápido; sistema radicular profundo, para evitar competição com as raízes do cafeeiro; não hospedar os mesmos inimigos naturais que o cafeeiro; não produzir frutos semelhantes aos do cafeeiro; manter o tronco livre de ramos que necessitem podas, para não interferir com os cafeeiros.

Existem dois tipos de árvores de sombra (Kirkpatrick, 1935). Aquelas de copa larga, esparramada, com sombra leve e extensa e aquelas com copa estreita, ereta, que dão sombra densa, limitada, mas móvel, ambulante no decorrer do dia. Com essas árvores os cafeeiros recebem diariamente várias horas de radiação direta e poderão manter sua forma e estrutura natural, não estiolada.

Efeitos climáticos de arborização com grevêlea. Em ensaio conduzido na Estação Experimental do IBC em Varginha MG (Miguel et al., 1995), a grevêlea, espécie arbórea utilizada, foi plantada em 1979 e os cafeeiros no ano seguinte. As árvores de sombra ficaram em esquema de seis espaçamentos crescentes e progressivos, de 10x8 até 10x28 m. Os cafeeiros, da variedade Mundo Novo, foram plantados no espaçamento de 4x2m. As médias termométricas anuais nos lotes à sombra e ao sol foram, respectivamente: Temperatura máxima = 29,0 e 33,3°C (mais quente ao sol); Temperatura mínima = 14,7 e 13,6°C (mais quente à sombra); Temperatura mínima absoluta = 12,3 e 10,8°C (bem mais quente à sombra)

Os teores médios de água no solo nos lotes à sombra, nas profundidades até 40 cm, foram bem mais elevados no lote arborizado, mostrando que as raízes da associação café x grevêlea explorou uma profundidade muito maior, resultando sobrar mais água nas camadas superficiais para uso do cafezal.

Arborização de cafeeiros com grevêlea robusta na região serrana de Pernambuco. Trabalho de Dantas et al. (1990) para estudar o comportamento da grevêlea na arborização de cafezal e verificar o espaçamento ideal para as condições serranas, de clima equatorial de Pernambuco. O ensaio foi instalado na Fazenda Experimental de Brejão, do IBC, a 850 m de altitude, região de Garanhuns. A grevêlea foi plantada em 1981 e o café no ano seguinte, espaçado de 3 x 1 m. Foram colhidas seis safras até 1990. As médias de produção, em café beneficiado por hectare foram as seguintes, por tratamento:

Considerações

- ✓ A arborização na agricultura é, sem dúvida, uma prática cultural muito importante, que está sendo desprezada na região subtropical brasileira. Nossos cafezais não se beneficiam dessa prática, ao contrário do que acontece praticamente na cafeicultura no resto do mundo.
- ✓ Não apenas a proteção contra as adversidades climáticas, como das geadas e do vento frio de sudeste, seriam muito importantes. Também, outras vantagens terá a arborização rala, bem feita, dos cafezais, como a redução dos excessos de calor, prolongando a fase do café cereja, que favorece o preparo do café pelo método moderno do cereja-descascado.
- ✓ São tantas as virtudes da prática agrícola da arborização na agricultura, que não pode mais continuar descuidada, principalmente no Estado de São Paulo, onde a cafeicultura está em processo de grande tecnificação.

1. Com grevêlea a 8 x 8 m
= 1.680 kg/ha
2. Com grevêlea a 8 x 16 m
= 1.140 kg/ha
3. Com grevêlea a 16 x 16 m
= 950 kg/ha
4. Café em pleno sol
= 910 kg/ha

Os resultados mostram que, para as condições climáticas equatoriais de Garanhuns, área serrana de Pernambuco, sujeita a freqüentes estiagens, o espaçamento relativamente fechado com grevêlea (8x8 m) na arborização do cafeeiro deu o melhor resultado no aumento da produtividade.

Consortiação de cafezais com renques de grevêlea em Brejões, BA. Matielo et al. (1989) consideram que a irrigação seria uma opção para contornar as deficiências hídricas elevadas nas regiões cafezeiras da Bahia. Em cafezais da Fazenda Lagoa do Morro, município de Brejões, BA, foram plantados renques de grevêlea em 1976/77 para servir de quebra-vento. Dez anos mais tarde foram feitas avaliações do estado vegetativo dos cafeeiros, compreendendo crescimento, enfolhamento, floração e frutificação nas plantas em sombra e em pleno sol. Resumidamente, as observações foram as seguintes:

a) os cafeeiros sob efeito de sombra mantiveram-se em bom estado vegetativo, não murchando como aqueles a pleno sol, mesmo nos períodos mais secos; b) a desfolha e a seca de ponteiros foram, em geral, intensas nos cafeeiros ao sol e mínimas nos à sombra; c) o ataque de cercós-pora em folhas e frutos foi imperceptível sob sombra e muito forte nas plantas ao sol; d) a floração ficou mais atrasada sob sombra, a maturação mais lenta e a fase de cereja bem mais longa; e) os cafeeiros sob sombra não apresentaram danos mecânicos pelo vento, como aconteceu nos cafeeiros descobertos.

Referências bibliográficas

- BAGGIO, A.J.; CARAMORI, P.H.; MONTOYA, L.J.; ANDROCIOI, A. Efeitos de diferentes espaçamentos de grevêlea em consórcio com cafeeiros. Londrina: IAPAR, 1997, 24 p. (Boletim técnico n. 56).
- BRANDO, C.H.J. Introdução do café cereja descascado nas regiões cafezeiras do Brasil - Resultados observados nos dois primeiros anos. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 18., Araxá (MG), 1992, p. 86-89.
- CAMARGO, A.P. A arborização como meio de reduzir as adversidades climáticas e promover a sustentação da cafeicultura. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 16., E.S. Pinhal, 1990, p. 6-7.
- CAMARGO, A.P. & PEREIRA, A.R. Agrometeorology of the Coffee Crop. Word Meteorological Organization, Geneva. CagM Report, No. 58. 1994, 43 p.+ 22 tab.+ 30 fig.
- CARVAJAL, J.F. Cafeto - Cultivo y fertilización. Berna/Suiza. Instituto Internacional de la Potasa. 1984. 254 p.
- COSTE, R. El sombreado. In Cafetos y cafés en el mundo. Tomo primeiro, Los cafetos. Paris, G.P. Mazonneuve & Larose. 1954, p. 153-174.
- DANTAS, F.S.; MATIELLO, J.B. & CAMARGO, A.P. Arborização de cafeeiros com grevêlea robusta na região serrana de Pernambuco. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 16., E.S. Pinhal, SP, 1990, p. 130-131.
- DUQUE, J.G. Solo e água no Polígono das secas. 2ª ed. Fortaleza. Publ. DNOCS, 1951, 220 p.
- KIRKPATRICK, T.W. The climate and eco-climates of coffee plantations. Amani, Kenya. 1935. 66 p.
- MATIELLO, J.B.; DANTAS, F.A.S.; CAMARGO, A. P. & RIBEIRO, R.N.C. Níveis de sombreamento em cafezal na região serrana de Pernambuco - Parte III. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras 15., Maringá, 1989, p. 182.
- REIS, A.C.S. Zoneamento agroclimático para a cafeicultura em Pernambuco. Recife, 1972, 24 p. (Boletim técnico 52).
- ROBINSON, J.B.D. Environmental conditions. In: A Handbook on Arabica in Tanganyika Coffee Board. 1964, p.273-327
- VEIRANO, C.C. Traços gerais da ocupação agrícola. In: IBGE: Grandes Regiões Norte e Nordeste. Rio de Janeiro, IGGE-CNG, 1962. p. 273-327.

Ângelo Paes de Camargo

Pesquisador Científico aposentado do Instituto Agrônomo

Arborização de Cafezais



José Ricardo



Marcelo

A proposta de arborização em cafezais visa, por meio do sombreamento moderado, atenuar as ocorrências climáticas extremas e proporcionar maior sustentabilidade ao sistema de produção. Acrescenta-se ainda a agregação de uma fonte de renda extra para os cafeicultores e melhor aproveitamento da mão-de-obra durante o ano, benefício de grande importância para a agricultura familiar. Diante dessa análise, é possível verificar o grande potencial para a utilização da técnica da arborização em cafezais, principalmente em áreas de pequenos e médios cafeicultores, visando auxiliar na melhoria da produtividade e sustentabilidade da produção.

No Brasil, ao se considerar a prática da arborização de cafezais, há que se analisar separadamente a cafeicultura praticada na Região Nordeste e aquela no Centro-Sul do País. No Nordeste, em cultivos tradicionais, até a década de 80, a arborização foi prática tradicional e muito utilizada, favorecendo o desenvolvimento vegetativo e a produtividade em longo prazo. Na região de cultivo do Centro-Sul do Brasil, os estudos iniciais de sombreamento de cafezais realizados com consórcios de produção de café com ingazeiros desestimularam o uso desta técnica, sendo o insucesso atribuído a fatores como a concorrência em água pelas plantas, a baixa retenção da água dos solos onde se estudou a técnica e a utilização de árvores frondosas nos consórcios, agravando o problema em períodos com seca.

Posteriormente, nas décadas de 70 e 80, a utilização de outras espécies e níveis de sombreamento proporcionou a reutilização dessa técnica, agora denominada arborização em algumas regiões do Brasil. Na Região Centro-sul, embora haja predomínio do cultivo de café a pleno sol, a utilização do cultivo arborizado tem aumentado. Dentre as plantas que estão sendo utilizadas em pesquisas no Brasil para arborização de cafeeiros, podem ser citadas a grevêlea, a seringueira e o cajueiro. Entre essas espécies, o uso de frutíferas com alto valor de mercado e boas características para a arborização, como o coqueiro

anão, a pupunha e bananeira, podem ser boas opções.

No ano de 1999 foi implantado, com apoio do Consórcio Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, o projeto denominado "Agrossistemas consorciados para produção de café no Estado de São Paulo". O objetivo do projeto foi identificar alguns exemplos de cultivos arborizados ou consorciados existentes e implantar experimentos para estudos em arborização. A seguir serão apresentados alguns arranjos de plantios de café no sistema arborizados e algumas considerações sobre a técnica.

Sistema consorciado de café e coqueiro anão, em Garça-SP - Nesse arranjo de plantio, os cafeeiros (cv. IAC Obatã) foram plantados no espaçamento de 2,0 metros entre ruas e 0,5 metro entre plantas. As plantas de coqueiro-anão verde possuíam espaçamento de 8,0 metros entre ruas e 6,0 metros entre plantas totalizando 208 planta/ha.

Sistema consorciado de café e banana Prata Anã, em Botelhos, MG - Nesse sistema de cultivo, o café (cv. IAC Catuai

62) foi plantado num espaçamento de 2,5 x 0,8 metros e a bananeira na forma de cultura intercalar a cada três ruas de café.

Experimentos implementados - Nos municípios de Mococa e Pindorama foram implementados, em 1999, experimentos de consorciação de café. Em Mococa, o experimento é composto de um sistema combinado de café com grevêlea, seringueira e coqueiro-anão e banana Prata Anã, na seguinte configuração: café arábica Icatu Vermelho IAC-4045 enxertado sobre Robusta IAC-Apoatã e instalado com espaçamento de 4 metros entre linhas e 1 metro entre plantas, consorciado com grevêlea no espaçamento de 16 x 16 metros (39 árvores/ha), com seringueira no espaçamento de 16 x 16 metros, com bananeira no espaçamento de 8 x 8 metros (156 árvores/ha) e com coqueiro-anão no espaçamento de 8 x 8 metros. O experimento de Pindorama é composto de um sistema combinado de café com seringueira e coqueiro-anão, na mesma configuração do experimento de Mococa (Figura 3).

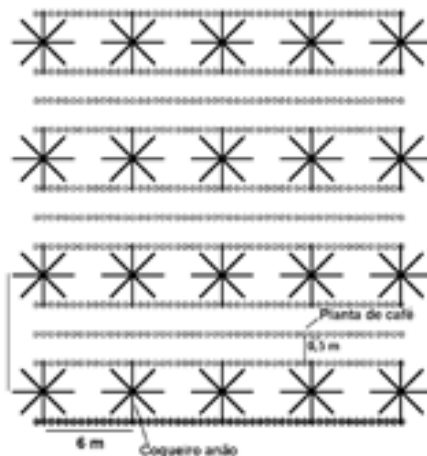


Figura 1. Representação esquemática do plantio de café consorciado com coqueiro-anão verde, no município de Garça, SP.

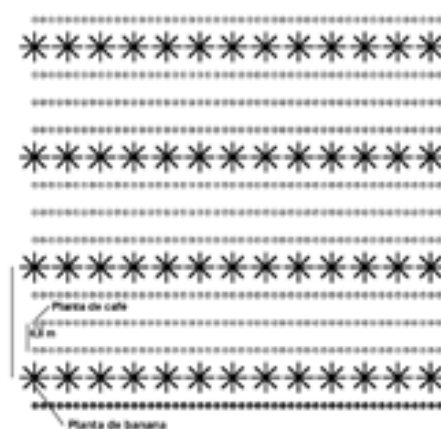


Figura 2. Representação esquemática do plantio de café consorciado com banana Prata Anã, no município de Botelhos, MG.



Figura 3. Representação esquemática das parcelas de café em sistema de monocultivo e consorciado com bananeira, coqueiro-anão, grevilea e seringueira.



Sistema consorciado de café e coqueiro-anão, em Garça-SP



Sistema consorciado de café e banana Prata Anã, em Botelhos, MG



Experimentos implementados



Estação Meteorológica



Arborização com Grevílea



Arborização com Bananeira

Considerações

Sob o aspecto microclimático, as avaliações em lavouras comerciais e nos experimentos indicaram alterações proporcionadas pelas espécies sombreadoras na cultura do café. Com relação a radiação solar, as observações quantificam importantes alterações ocorridas em cultivos arborizados, na ordem de 20 a 40 % aproximadamente nos diferentes cultivos, concordando com a literatura que apresenta a arborização como importante prática de manejo em regiões consideradas restritas ao cultivo do café.

Para temperatura e umidade do ar, os valores médios e extremos diários tiveram um comportamento bastante distinto em função do sistema utilizado e posição de leitura dentro do sistema arborizado. Com relação às temperaturas mínimas as maiores diferenças entre o cultivo a pleno sol e o sistema arborizado foram obtidas na lavoura comercial de café e coqueiro-anão, em Garça e, para as temperaturas máximas, no sistema arborizado com grevilea em Mococa. Em todos os sistemas arborizados estudados foi verificada significativa redução na incidência dos ventos em comparação ao monocultivo.

Nos aspectos relacionados à produtividade, os experimentos, ainda em fase inicial, mostraram, até a safra de 2006, produções semelhantes entre os sistemas arborizados e o monocultivo de café, com produtividade ligeiramente superior nos cultivos arborizados com grevilea e seringueira no município de Mococa. A continuidade de avaliações relativas aos parâmetros de produtividade deverá trazer avaliações mais significativas para a recomendação desses cultivos.

**José Ricardo Macedo Pezzopane e
Marcelo Bento Paes de Camargo**

Instituto Agrônomo,
Centro de Ecofisiologia e Biofísica

☎ (19) 3241-5188 ramal 338

✉ josepezzopane@ceunes.ufes.br;

✉ mcamargo@iac.sp.gov.br

Condições Ambientais e o Manejo da Irrigação Influenciando a Qualidade do Café

Pesquisadores do IAC buscam melhoria da qualidade do café brasileiro



Kobayashi



Sakai



Emerson



Regina

O Brasil é atualmente o maior produtor e exportador mundial de café. Entretanto o preço da saca do café brasileiro tem diminuído em relação ao preço do produto distribuído por América Central, Colômbia, Quênia e México, devido à suavidade da bebida proveniente do café desses países. Para conquistar os mercados mais exigentes e refinados, pesquisas estão sendo conduzidas com intuito de conhecer e melhorar a qualidade do café associando a obtenção de altas produtividades da cultura. Inúmeros desses estudos procuraram estabelecer uma relação entre a composição química do café verde e a qualidade da bebida. Mas já se sabe que fatores como irrigação, altitude, clima, e tratamentos pré e pós-colheita também são de grande influência sobre o produto final.

No Brasil, a grande variedade de tipos de café (do Rio ao Gourmet) se deve ao cultivo ser realizado em diversas regiões do país, sob as características climáticas de cada local (Camargo et al., 1992).

Assim, para investigar como as condições ambientais associadas ao manejo de irrigação influenciam na composição química e por extensão na qualidade da bebida do café, pesquisadores do Instituto Agrônomo Campinas (IAC) e da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) desenvolveram um trabalho em três localidades produtoras de café (*Coffea arabica* L. cv. Obatã IAC 1669-20) do Estado de São Paulo.

Durante o período de julho de 2001 a maio de 2002, três experimentos foram conduzidos nos Pólos Regionais da Alta Paulista em Adamantina, do Nordeste Paulista em Mococa e no Centro Experimental do IAC, Fazenda Santa Elisa em Campinas, estado de São Paulo, para avaliar a influência de variáveis edafoclimáticas e do manejo de irrigação na sincronização do florescimento, produção, composição química e qualidade de bebida do cafeeiro arábica. O resumo dos resultados apresentados aqui se refere somente às variações na composição química e qualidade da bebida e estão publicados no artigo “The influence of water management and environmental conditions on the chemical

composition and beverage quality of coffee cherries” (Silva et al., 2005).

Os parâmetros climáticos de temperatura do ar e precipitação foram monitorados continuamente por meio de estações meteorológicas automáticas instaladas a menos de 500m das áreas de estudos. Uma síntese das características edafoclimáticas de cada região durante os experimentos são apresentadas na Tabela 1.

Em cada um dos experimentos, as plantas de café foram submetidas aos seguintes manejos de irrigação: não irrigado (NI), irrigado continuamente (IC), irrigado com suspensão de 30 dias (I30) no mês de julho e irrigado com suspensão de 60 dias nos meses de julho e agosto (I60). O sistema de irrigação por gotejamento de superfície foi utilizado para aplicar uma lâmina de 4 mm nos cafezais, a qual foi determinada a partir da evapotranspiração média diária destas regiões (tabela 1). O solo foi analisado durante o período do experimento e as adubações foram realizadas conforme recomendado para a cultura do café no Boletim 200 do IAC. A colheita, seleção e secagem do café foram realizadas de forma tradicional. Cada uma das plantas teve o peso da sua produção registrada e a mesma foi armazenada a 10% de umidade, para a realização das análises químicas e sensoriais. Nas análises químicas foram quantificadas as concentrações, dos açúcares solúveis totais, açúcares redutores, sacarose, compostos fenólicos totais, ácido clorogênico, cafeína, proteínas e aminoácidos solúveis totais, lipídios, e nitrogênio total. De modo a relacionar a composição química dos grãos de café com a qualidade da bebida, amostras dos cafés nos diferentes tratamentos de irrigação das três localidades foram submetidas à análise sensorial realizada por três classificadores profissionais, bem como, pelo sensor eletrônico conhecido como “língua eletrônica” (Embrapa instrumentação), que é capaz de medir baixos níveis de salinidade, doçura, amargor e acidez presentes a partir da condutividade elétrica do produto. Na análise sensorial a classificação da bebida variou em uma escala de 0 (abstenção de critério) a 5 (presença) nos critérios: aroma,

corpo, acidez, e amargo. Todas as amostras da bebida foram preparadas com 10g de café e 100 mL de água fervente, sendo para a língua eletrônica utilizada água deionizada.

TEMPERATURAS DO AR E CHUVAS (JUNHO DE 2001 A MAIO DE 2002)

A temperatura média do ar em Adamantina (24,7°C) foi cerca de 1,8 a 2,4°C mais alta que em Mococa (22,9°C) e Campinas (22,3°C), e cerca de 2,7°C acima do limite máximo da faixa de temperatura do ar considerada ótima para a cultura do café, que é de 18 a 22°C (Alegre, 1959). Com relação ao volume de chuvas, este foi maior em Mococa (1602 mm) e Campinas (1273 mm) do que em Adamantina (1128 mm). De fato, as altas temperaturas médias observadas em Adamantina e o menor volume de chuvas colocam essa região como marginal para a cultura do café, conforme já apontado por Camargo et al. (1992). A falta de chuvas nos meses de janeiro a março pode resultar em quedas dos frutos, segundo modelo fenológico-climático proposto por Camargo e Camargo (2001). Sabendo-se disto e observando a Figura 1B, percebe-se que, nesse período crítico, as chuvas em Adamantina foram mais escassas que em outras localidades. Portanto, em relação às chuvas e temperatura do ar durante a formação dos frutos, Adamantina teve, de modo geral, as mais severas condições climáticas.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E QUALIDADE DA BEBIDA DO CAFÉ

De modo geral, a irrigação não foi fator condicionante de diferenças significativas na composição química dos grãos de café verde, quando comparados com cafés não irrigados (Tabela 2). No entanto, a atividade de enzimas que digerem proteínas de reserva, conhecidas como proteases, foi menor nos tratamentos sem irrigação. Embora a irrigação não tenha influenciado diferenças significativas entre tratamentos da mesma localidade, observaram-se diferenças entre localidades, sugerindo influência do local de cultivo, isto é, da variável edafoclimática. Compostos químicos como o ácido clorogênico e lipídeos, dois dos possíveis responsáveis pela acidez e, consequentemente, por efeitos sobre o sabor e aroma da bebida, não tiveram diferenças entre tratamentos e entre locais de estudo. Em Mococa, porém, houve tendência de maior quantidade de lipídeos. Fato interessante com os lipídeos é que durante a torrefação, eles são expelidos dos grãos de café, formando uma camada que dificulta a volatilização do aroma. Tal fenômeno pode contribuir com diminuição de

Tabela 1. Características edafoclimáticas nos locais dos experimentos.

Localidade	Tipo de Solo	Temperatura Média Anual	Precipitação Média Anual	ET médio
Adamantina	Latossolo Vermelho Eutroférico	24.7 °C	1128 mm	3.8 mm
Campinas	Latossolo Roxo Eutrófico	22.3 °C	1273 mm	3.4 mm
Mococa	Argissolo Vermelho-Amarelo Ditrófico Típico	22.9 °C	1602 mm	3.2 mm

Fonte: Ciiagro – IAC

Tabela 2. Composição química dos grãos verdes do café, cultivado sem irrigação (NI), irrigação contínua (CI) e irrigação suspensa por 30 dias (I30) e 60 dias.

Tratamentos	TAS*	Amido	AR	Sacarose	Fendis	5-OQA	Caf	Lípidios	Proteína	AA	N	Protease	PPO
	mg g ⁻¹	mg g ⁻¹	mg g ⁻¹	mg g ⁻¹	mg g ⁻¹	mg g ⁻¹	mg g ⁻¹	mg g ⁻¹	mg g ⁻¹	μmol g ⁻¹	g kg ⁻¹	Abs440nm	nmol O ₂
NI-AD	91.2ns	4.47ns	12.1a	91.1a	163.1a	44.5ns	9.88ns	138.3ns	37.8ns	14.5ns	25.1ns	0.06a	28.9ns
IC-AD	89.2ns	4.72ns	12.0a	77.3b	129.0b	43.3ns	8.98ns	148.9ns	35.7ns	14.8ns	25.2ns	0.094b	30.7ns
I30-AD	91.9ns	4.44ns	15.9b	72.2b	122.1b	42.0ns	8.05ns	149.2ns	35.1ns	13.9ns	22.9ns	0.109b	29.3ns
I60-AD	87.4ns	4.17ns	15.8b	78.4b	123.4b	40.5ns	7.72ns	138.0ns	37.6ns	12.5ns	28.8ns	0.094b	31.8ns
NI-MC	91.3ns	3.10ns	9.8a	80.3ns	139.4ns	45.0ns	11.3a	183.5ns	38.8b	12.4ns	23.1c	0.029a	23.8b
IC-MC	101.6ns	4.41ns	13.5b	73.9ns	150.7ns	43.5ns	8.51b	163.8ns	25.4a	12.0ns	19.3a	0.025a	18.1a
I30-MC	95.1ns	4.13ns	13.5b	76.0ns	143.0ns	46.3ns	7.82b	188.2ns	27.5a	11.9ns	21.3b	0.045b	18.3a
I60-MC	91.7ns	3.37ns	14.2b	77.4ns	143.7ns	42.5ns	8.65b	183.8ns	31.5ab	11.5ns	19.8a	0.055b	26.1ab
NI-CP	97.3ns	3.16a	16.8ns	73.0ns	155.3bc	45.3ns	10.8b	162.9ns	36.2b	10.4ns	23.4b	0.038a	9.2a
IC-CP	101.3ns	4.32b	13.1ns	74.9ns	138.1a	45.6ns	10.7b	147.9ns	28.7a	11.7ns	23.9b	0.051b	9.3a
I30-CP	101.4ns	4.78b	16.4ns	76.4ns	146.9b	45.6ns	7.97a	154.3ns	25.8a	10.6ns	21.5a	0.048ab	16.0c
I60-CP	101.1ns	4.78b	17.3ns	78.0ns	161.3c	42.8ns	9.17ab	144.5ns	28.4a	9.3ns	22.5ab	0.057b	12.1b

*TAS = totais de açúcares solúveis; AR = açúcares reduzidos; 5-OQA = 5-ácido cafeoylquinic; Caf = cafeína; AA = aminoácidos livres; PPO = polyphenoloxidase; N = nitrogênio total.

Os dados são médias de cinco repetições. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos das três localidades (p<0.05, teste de Duncan); ns=não significativo.

perdas de compostos químicos importantes na qualidade da bebida.

O diagrama gerado pela Análise dos Componentes Principais - PCA (Figura 2), mostrou que proteínas, aminoácidos, nitrogênio total e protease e atividade PPO (polyfenoloxidase) diferiram entre as localidades, mas sempre em concentrações maiores em Adamantina, onde houve variação de 30,5%. Aminoácidos e peptídeos são ingredientes importantes do aroma do café, mas não se sabe a proporção ideal que devem ocorrer entre eles, dentro no produto. Em Adamantina ocorreram as maiores atividades proteolíticas, e as maiores concentrações de açúcares solúveis totais, aminoácidos e proteases Tabela 3. Também foi maior a quantidade da enzima polifenoloxidase (PPO), que tem sido relatada como responsável pela qualidade do café.

Na análise sensorial realizada pelos três classificadores não foi possível diferenciar as amostras de café nos diferentes tratamentos e entre localidades (Tabela 3), cujos resultados foram bastante subjetivos, centrando na classificação da bebida dura. Entretanto, pelos valores de qualidade global, o café de Mococa obteve classificação melhor que dos dois outros locais. Em virtude da dificuldade dos classificadores em distinguir os cafés, utilizou-se a “língua eletrônica”. Em oposição a esses dados, análises da bebida utilizando-se a “língua eletrônica”, permitiram diferenciar os cafés das três localidades (Figura 3) de forma semelhante àquela obtida pela composição química (Figura 2), com os cafés de Adamantina diferenciando-se significativamente daqueles de Campinas e Mococa, demonstrando ser o método da língua eletrônica bastante útil na distinção de cafés, e que pode completar análises sensoriais. Os dados da língua eletrônica também demonstram que as diferenças entre cafés ficaram restritas ao local de cultivo, sugerindo o efeito da variável edafoclimática. Assim, uma vez que a irrigação não afetou significativamente a composição química dos grãos de café, com resultados confirmados pela análise da língua eletrônica, a hipótese mais plausível é de que tais diferenças tenham sido influenciadas pela temperatura do ar.

Os resultados deste estudo mostraram que a temperatura e a indisponibilidade de água

Tabela 3. Composição química dos grãos verdes do café, cultivado sem irrigação (NI), irrigação contínua (CI) e irrigação suspensa por 30 dias (I30) e 60 dias (I60) em Adamantina (AD), Mococa (MC) e Campinas (CP).

Tratamentos	Peso de 100 grãos (g)	Tamanho médio do grão	Qualidade da bebida*			Qualidade Global
			C1	C2	C3	
NI-AD	11.0	16.0	Dura	Duro-verde	Dura	2
IC-AD	12.0	16.5	Extremamente dura	Duro-verde	Apenas dura	2
I30-AD	12.6	16.9	Dura	Duro-verde	Dura	1
I60-AD	12.0	17.2	Apenas dura	Duro-verde	Apenas dura	2
NI-MC	14.7	18.0	Apenas dura	Dura	Apenas dura	2
IC-MC	14.5	16.8	Duro-fermentado	Dura	Dura	3
I30-MC	14.6	16.9	Dura	Dura	Dura	2
I60-MC	14.6	17.0	Dura	Dura	Dura	3
NI-CP	14.6	16.9	Dura	Duro-verde	Dura	3
IC-CP	14.7	17.1	Duro-verde	Duro-verde	Dura	2
I30-CP	13.4	16.7	Dura	Duro-verde	Dura	2
I60-CP	14.3	17.0	Extremamente dura	Dura	Dura	2

*C1, C2 e C3 = Baristas

podem ser fatores importantes e responsáveis pelas diferenças na qualidade e composição química do café das três localidades envolvidas no projeto. As enzimas, como as proteases, desempenham um importante papel no controle do nível de aminoácidos, peptídeos e polipeptídeos que juntos com os carboidratos implicam em componentes chave na determinação da qualidade da bebida do café. Além disso, estudos com temperaturas controladas, envolvendo análises da composição de compostos de nitrogênio e qualidades do café deveriam ser conduzidas para confirmar as informações de campo obtidas neste experimento.

Referências Bibliográficas

- ALÉGRE, C. Climats et caféiers d'Arabie. Agron. Trop. 14: 23-58, 1959.
- CAMARGO A.P.; CAMARGO M.B.P. Definição e esquetização das fases fenológicas do cafeeiro Arábica nas condições do Brasil. Bragantia 60: 65-68, 2001.
- CAMARGO, A.P.; SANTINATO, R.; CORTEZ, J.G. Aptidão climática para qualidade da bebida nas principais regiões cafeeiras de Arábica no Brasil. In: Anais do 19º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. 1992, p. 70-74.
- SILVA, E.A. da; MAZZAFERA, P.; BRUNINI, O. SAKAI, E.; et al. The influence of water management and environmental conditions on the chemical composition and beverage quality of coffee beans. Braz. J. Plant Physiol. June 2005, vol. 17, no. 2, pp. 229-238.

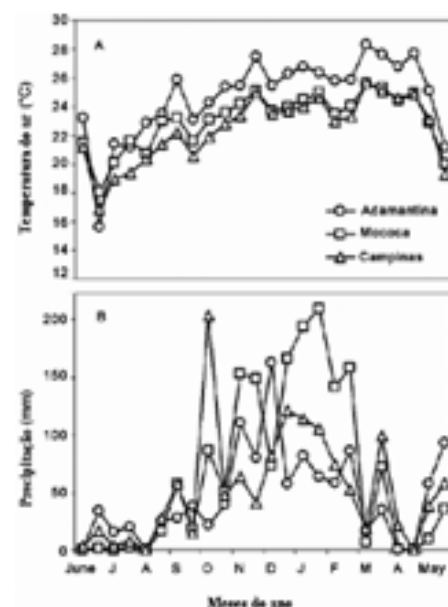


Figura 1. Variações na Temperatura do ar (A) e Precipitação (B) no período de junho de 2001 a maio de 2002, em Adamantina, Mococa e Campinas.

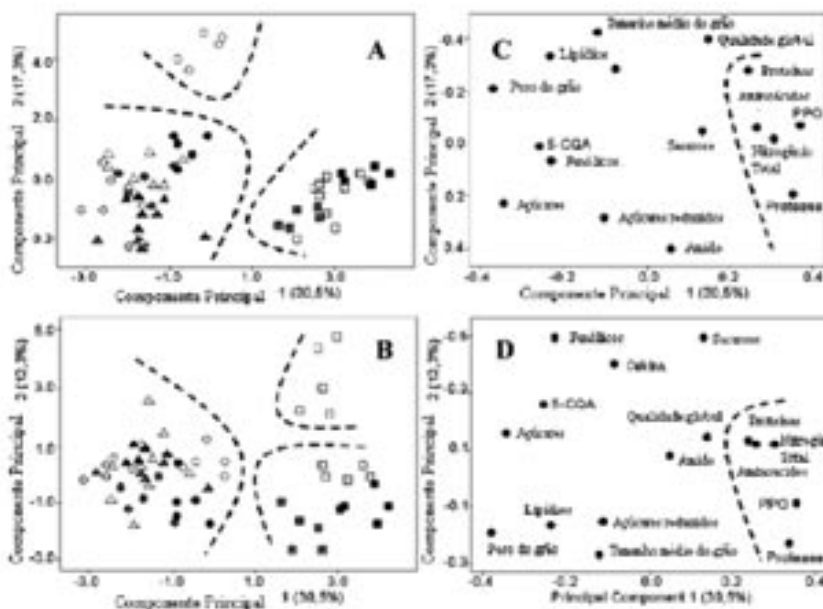


Figura 2. A Análise do Componente principal usando dados da composição química, peso do grão, tamanho médio do grão e qualidade global de grãos de café. O diagrama (A e B) mostra cinco repetições dos tratamentos sem irrigação (NI – símbolos abertos), irrigação contínua (CI – símbolos pontilhados), e irrigação suspensa por 30 dias (I30 – símbolos cinzas), e 60 dias (I60 – símbolos pretos) em Adamantina (□), Campinas (r) e Mococa (Δ). O diagrama (C e D) mostra dados da composição química, peso do grão, tamanho médio do grão e qualidade dos grãos de café (○). O tracejado mostra grupos formados.

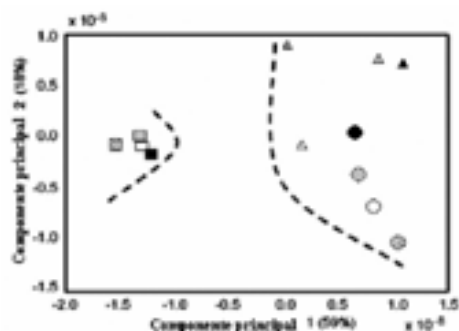


Figura 3. Análise dos componentes principais de dados obtidos com a língua eletrônica utilizado para avaliar o café dos tratamentos sem irrigação (NI – símbolo aberto), irrigação contínua (CI – símbolo pontilhado), e irrigação suspensa por 30 dias (I30 – símbolo cinza), e 60 dias (I60 – símbolo preto) em Adamantina (□), Campinas (Δ) e Mococa (○). Os tracejados mostram grupos formados.

Emilio S. Kobayashi

Mestre em Agricultura Tropical e Subtropical do Curso de Pós-Graduação do Instituto Agronômico

Emilio Sakai, Emerson A. da Silva e Regina Célia M. Pires

Instituto Agronômico, Centro de Ecofisiologia e Biofísica

(19) 3241-5188 ramal

✉ emilio@iac.sp.gov.br;

✉ rcpires@iac.sp.gov.br

Instituto de Botânica, Seção de Fisiologia

✉ easilva@ibot.sp.gov.br

Sementes e Mudas



Mudas enxertadas de frutíferas comerciais, de essências florestais, de frutíferas diversas e de hortícolas.

Variedades próprias de: milho (AL Bandeirante, AI 25 e outros), girassol, feijão Carioca-precoce, guandu, sorgo, painço, setária, nabo forrageiro.



Trigo, triticale, cevada cervejeira, adubos verdes, arroz, feijão, aveias branca e preta.

Sementes e Mudas de todas as classes, com qualidade

Multiplicamos os materiais genéticos criados pelo IAC

Departamento de Sementes, Mudas e Matrizes (DSMM)

Tel.: (19) 3743.3825; Fax: (19) 3242.5262

Av. Brasil, 2.340 - CEP 13.070-178 - Campinas, SP

cps_ex@cati.sp.gov.br



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
TRABALHO EMBORA SEM VOTO

Panorama da cafeicultura orgânica e perspectivas para o setor

A agricultura orgânica cresce a passos largos – 20% ao ano – motivada, principalmente, pela preocupação dos consumidores e produtores com as questões da qualidade dos alimentos, saúde humana e sistemas de produção sustentáveis. A cafeicultura orgânica segue essa mesma tendência, tendo apresentado crescimento da ordem de 5% ao ano, no período de 2000 a 2006. Atualmente a comercialização de café orgânico representa cerca de 1,5% do mercado mundial de café.

No Brasil, a partir da década de 90, cafeicultores dos Estados de Minas Gerais, Paraná e São Paulo aderiram ao cultivo orgânico, tendo em vista a sustentabilidade socioeconômica e ambiental da cafeicultura e motivados pelo reconhecimento dos consumidores quanto à necessidade de colocar em prática os conceitos preconizados por movimentos em prol da agricultura sustentável em diversos países. A cafeicultura orgânica brasileira representa 0,3% da área total de café do país.

Produção

O Brasil, de acordo com dados de 2003, possui área cultivada com café orgânico de 6.300 hectares (BARAIBAR, 2006), o que representa 0,3% da área total de café do país. Embora seja o maior produtor de café do mundo, o Brasil é apenas o oitavo produtor mundial de café orgânico, ficando atrás da Bolívia, Honduras e Papua Nova Guiné (OIC, 2005).

Segundo a Associação de Cafeicultores Orgânicos do Brasil (ACOB) existiam cerca de 200 cafeicultores orgânicos no País, com produção de 180 mil sacas de café beneficiado, representando 0,5% da produção nacional que havia sido prevista em 32,5 milhões de sacas na safra 2005/2006.

Considerando-se a diversidade das características edafoclimáticas nas regiões brasileiras produtoras de café e também que o país tem a maior área plantada de café do mundo, acredita-se que o Brasil tenha enorme potencial para aumento da produção de café orgânico.

Preços

Alguns estudos revelaram que os consumidores de países desenvolvidos estão dispostos a pagar entre 15% e 25% a mais pelo café orgânico, o que resultaria em preços mais elevados para esse tipo de café, quando comparados aos preços pagos ao café convencional.

Considerado um produto diferenciado, o café orgânico tornou-se uma alternativa atraente para os cafeicultores brasileiros, principalmente nos momentos de crise desse setor. De maneira geral, os preços pagos pelo café orgânico sempre estiveram acima do preço do convencional, com diferenciais (prêmios) variando entre US\$ 60 e US\$ 100 por saca de café beneficiado. Contudo, os custos de produção do orgânico podem ser 20% a 30% superiores ao do convencional, incluindo os custos com certificação.

Em sistemas orgânicos de produção, em fase de conversão ou não totalmente estabelecidos, quando há melhoria de preço do café convencional ocorre um menor diferencial entre o preço do orgânico e do convencional, levando produtores menos comprometidos com a “filosofia” de cultivo orgânico a migrar para o convencional.



Sérgio, Flávia e Gerson

Comercialização

O volume de exportação mundial de café orgânico, registrado com base em certificados de origem, foi de 758.300 sacas de 60 kg na safra 2004/2005 (OIC, 2005). Nessa safra, os cinco maiores exportadores desse café foram Peru (400.000 sacas), Etiópia (153.000 sacas), México (67.000 sacas), Colômbia (53.000 sacas) e Nicarágua (23.000 sacas), e os dez maiores compradores foram Estados Unidos, Alemanha, Japão, Bélgica, Países Baixos, França, Suécia, Reino Unido, Canadá e Espanha (OIC, 2006).

A exportação brasileira de café orgânico, entre outubro de 2005 e junho de 2006, foi de 6.874 sacas, o que proporcionou ao País uma receita de US\$ 1.432.000,00. O preço médio do café orgânico foi US\$ 208,32/saca, representando diferencial de US\$ 89 acima do preço médio do convencional, comercializado a US\$ 119,18/saca (OIC, 2006 e ABIC, 2007).

Cerca de 80% da produção brasileira é exportada principalmente para o Japão, Estados Unidos e Europa. Ressalte-se que, devido à ausência de estatísticas oficiais sobre área, produção e



Lavoura de café orgânico, cultivar Obatã IAC-1669-20, município de Garça-SP.

comercialização de café orgânico, pode haver grande discrepância entre diferentes fontes de informação. Por exemplo, algumas fontes tinham estimado a exportação de café orgânico brasileiro em 144 mil sacas na safra 2005/2006 (considerando a exportação de 80% das 180 mil sacas previstas nessa mesma safra), enquanto que a Organização Internacional do Café registrou exportação de 7.000 sacas até junho de 2006.

Sistema orgânico de produção

Considera-se sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que são adotadas técnicas que resultem na otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e que respeitem a integridade cultural das comunidades rurais. Seu objetivo é promover a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável e a proteção ao meio ambiente. É um sistema que se opõe ao uso de materiais sintéticos, de organismos geneticamente modificados e de radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, devendo ser utilizados, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos (BRASIL, 1999; BRASIL, 2003).

Segundo a legislação vigente no País, o conceito de sistema orgânico de produção é bastante amplo e abrange os sistemas denominados biodinâmico, ecológico, natural, sustentável, regenerativo, biológico, agroecológico e permacultura. Dentre estes se destacam (EHLERS, 1996):

- A Agricultura Biodinâmica, desenvolvida por Rudolf Steiner e Pfeiffer, na Áustria e Alemanha, na década de 20;
- A Agricultura Organo-Biológica, desenvolvida por Hans Peter Müller e Hans Peter Rush, na Suíça e Áustria, na década de 30;
- A Agricultura Natural, desenvolvida por Mokiti Okada e Fukuoka, no Japão, nos anos 30;
- E a Agricultura Orgânica, desenvolvida por Albert Howard, Balfour e Rodale, na Grã-Bretanha, Índia e EUA, nos anos 30 e 40.

Esses sistemas têm em comum a implementação da produção sustentável, no espaço e no tempo, mediante manejo racional e proteção dos recursos naturais, sem utilização de produtos químicos nocivos à saúde do ser humano, animais e ambiente, mantendo o incremento de fertilidade e vida dos solos e a diversidade biológica, e respeitando a integridade cultural dos agricultores.

Em geral, esses sistemas de produção apresentaram-se como alternativa ao padrão tecnológico da “Agricultura Moderna”, estabelecido pela “Revolução Agrícola” na década de 40, denominada “Revolução Verde”, que prioriza a alta produtividade



Lavoura de café orgânico, cultivar Obatã IAC-1669-20, município de Garça-SP.

de agrícola, com base na utilização intensiva de insumos químicos, biotecnologia e mecanização, sem avaliar adequadamente as consequências ou impactos sobre o ambiente, saúde humana e estrutura social das comunidades rurais.

Café orgânico

Café orgânico é aquele produzido de acordo com as normas e procedimentos preconizados pela Agricultura Orgânica, em conformidade com a legislação vigente no País. Sua produção incorpora princípios da Agricultura Sustentável e tem como meta garantir a manutenção dos recursos naturais e da produtividade agrícola em longo prazo, otimizando a produção com o uso mínimo de insumos externos à propriedade (*inputs*) e sem causar impactos adversos ao meio ambiente. Ele deve proporcionar rentabilidade econômica adequada aos produtores para satisfação das suas necessidades, atuais e futuras, de alimentos e renda, além do atendimento das necessidades sociais das famílias e comunidades rurais.

Para alguns setores da sociedade e da comunidade científica, a cafeicultura orgânica ainda é considerada um modismo. Alguns acreditam que, em função do metabolismo e da fisiolo-

Produtividade

A produtividade dos cafezais orgânicos interfere diretamente na decisão dos produtores em adotar a cafeicultura orgânica. Em geral, a produtividade de café orgânico é 20% a 30% inferior à do café convencional, principalmente nos primeiros anos de produção.

Após a fase inicial de adaptação e recuperação do solo, a produtividade pode voltar ao nível normal ou até mesmo superá-lo. Isso ocorre porque o potencial produtivo das lavouras orgânicas é determinado pelo grau de equilíbrio do agroecossistema. Isto é, nesses sistemas as plantas devem produzir sem se esgotarem e sem necessidade de altos *inputs*, mediante o estabelecimento de uma interação equilibrada dos principais elementos do sistema de produção – solo, água, biodiversidade, cafeeiro e manejo fitotécnico.

Na cafeicultura orgânica não se utiliza o termo “produtividade máxima econômica”, sendo mais adequado pensar na “produtividade biológica” que o sistema de produção equilibrado pode suportar, sob influência direta da criatividade e ações do cafeicultor. Isso exige acompanhamento e observação constante da lavoura. Na cafeicultura convencional, ao contrário, é priorizada a produtividade máxima da lavoura, com uso intensivo de insumos químicos e, em geral, sem levar em consideração os custos ambientais e sociais.

A produtividade média nacional do café convencional é estimada em 17 sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare. Destaca-se que bons produtores de café orgânico têm produtividade acima dessa média e que, nas regiões montanhosas do Sul de Minas Gerais, há cafezais orgânicos certificados com produtividade de 35 a 45 sacas/ha. Diversos produtores julgam que não é correto afirmar que o cafezal orgânico não produz, pois verificaram que essa situação ocorre quando o manejo da lavoura não é adequado.

Em geral, os melhores preços pagos ao café orgânico permitem que o cafeicultor conviva com menor produtividade. A maior vantagem do sistema orgânico de produção é a auto-suficiência do cafeicultor, que se torna independente da indústria, por não utilizar defensivos e fertilizantes químicos. Ele fica em posição mais confortável para enfrentar eventuais crises no abastecimento desses insumos, principalmente daqueles derivados do petróleo ou dependentes dessa fonte energética para sua fabricação.

gia da planta, não são encontrados resíduos de agrotóxicos nos grãos de café, e por isso não haveria razão para a sua produção. Outros afirmam, sem embasamento técnico-científico, que o café orgânico não possui boa qualidade.

À luz dos conhecimentos atuais, esses pensamentos refletem uma visão simplista e superficial das questões fitotécnicas e agroecológicas envolvidas na produção do café orgânico, uma vez que o foco desse tipo de cafeicultura não é apenas o produto em si, mas, principalmente, o de favorecer a sustentabilidade da produção, promovendo a saúde do trabalhador rural, não contaminando ou poluindo o solo, a água e o ar e aumentando a auto-suficiência do cafeicultor, por evitar o uso de produtos industrializados.

Portanto, aqueles talvez estejam mal informados ou possuam interesses divergentes dos anseios dos cafeicultores brasileiros que estão em busca de sistemas de produção sustentáveis. Existem inúmeros exemplos que comprovam a alta qualidade do café orgânico brasileiro e, apenas para avivar um pouco a memória, citam-se os seguintes casos de sucesso: 1) Primeiro colocado no “Concurso de Qualidade Cafés de Minas”, edição 2006, na Série Natural: Nilson dos Santos Saturnino, cafeicultor orgânico de Araponga-MG (EMBRAPA, 2006); 2) Primeiro colocado no “Concurso de Qualidade Cafés do Brasil”, edição 2001: Paulo Sérgio de Almeida, cafeicultor orgânico de Paraísoópolis-MG (BSCA, 2001); e 3) Segundo colocado no “Concurso de Qualidade Cafés do Brasil”, edição 1999: Alex Nogueira Nannetti, cafeicultor orgânico de Machado-MG (BSCA, 1999).



Frutos maduros de café orgânico, cultivar Catuaí Vermelho IAC-99, município de Poço Fundo-MG.



Lavourea de café orgânico, cultivar Catuaí Vermelho IAC-99, município de Poço Fundo - MG.



Lavourea de café orgânico, cultivar Tupi IAC-1669-33, município de Monte Alegre do Sul - SP.

Perspectivas

Hoje, considera-se o café orgânico como um nicho de mercado bem estabelecido e com clara tendência de crescimento. Não se questiona mais a sua viabilidade técnica ou econômica: se não fosse viável não estaria sendo produzido. No entanto, a cafeicultura orgânica não deve ser vista como solução milagrosa para resolver os problemas dos cafeicultores nos momentos de crises do agronegócio café, porém pode ser considerada uma alternativa interessante para aqueles que simpatizam com o cultivo orgânico ou que não concordam com a forma como é praticada a cafeicultura convencional.

Segundo alguns produtores e técnicos do setor, não há receitas prontas para a adoção da cafeicultura orgânica. Ela não deve ser vista como volta à cafeicultura do passado, mas sim como atividade agrícola diferenciada, com base em critérios técnicos e agrônômicos bem estabelecidos e que considera o solo como um elemento vivo fundamental para o sistema de produção e não como mero suporte de plantas. O ingresso na cafeicultura orgânica deve ser bem planejado e com embasamento técnico.

O fator econômico precisa, certamente, ser levado em conta, porém não deve ser considerado o principal. Antes de se envolver pelos caminhos da cafeicultura orgânica é preciso conhecê-la melhor e ter como referência os casos de sucesso de produtores já bem estabelecidos no mercado, pois como em qualquer atividade, existem os bons e os maus exemplos. Também é preciso estar ciente que pode haver menor produtividade e que um crescimento acelerado da produção de café orgânico poderá reduzir o prêmio obtido no preço, principalmente se o consumo desse tipo de café não crescer na mesma proporção da oferta.

Na cafeicultura orgânica, visualiza-se maior chance de sucesso para os produtores que incorporam o cultivo orgânico como uma “filosofia de vida”. Com isso, o produtor torna-se mais independente e diferencia-se dos demais. Há possibilidade de se estabelecer um relacionamento mais estreito com compradores e consumidores, permitindo-lhe maior participação na negociação de preços de seu produto. Em síntese, o cafeicultor

orgânico tem maior autonomia sobre seu negócio e não fica à mercê de especuladores e da oscilação de preços no mercado de *commodities*: o café orgânico deixa de ser nicho para se estabelecer como segmento de mercado.

A comercialização do café orgânico pode constituir-se numa barreira para os cafeicultores, principalmente devido à estrutura de comercialização do café brasileiro, associada à falta de conhecimento e acesso aos mercados diferenciados. Alguns exemplos têm mostrado que essas dificuldades podem ser superadas, especialmente quando as iniciativas contemplam negociações por meio de associações de produtores, como é o caso da Cooperativa dos Agricultores Familiares de Poço Fundo e Região (COOPFAM), no sul de Minas Gerais. Para essa cooperativa o comércio justo (*fair trade*) é uma opção interessante de comercialização, a partir de critérios que prevêm não apenas preço e qualidade do café orgânico, sendo considerado um dos pilares da sustentabilidade econômica e ecológica.

Pesquisa científica e tecnológica

Embora a cafeicultura orgânica no Brasil tenha se desenvolvido significativamente nos aspectos relacionados à produção, comercialização e certificação, há escassez de pesquisas técnico-científicas sobre o assunto e a maioria dos produtores baseia-se em procedimentos empíricos de produção, geralmente adaptados da cafeicultura convencional.

Há algum tempo o assunto era debatido apenas em Organizações Não Governamentais (ONG's), porém devido ao grande crescimento do mercado de produtos orgânicos, pesquisadores de várias instituições públicas de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Espírito Santo se engajaram no estudo de diversos temas relacionados ao café orgânico. Afinal, se há mercado para o café orgânico, ele deve ser produzido. Para que isso ocorra adequadamente é preciso que sejam pesquisadas e desenvolvidas técnicas apropriadas ao fortalecimento dessa cadeia produtiva.

Atendendo às demandas de diferentes segmentos da cadeia produtiva do café, o Centro de Café ‘Alcides Carvalho’, do Insti-

tuto Agrônomo (IAC), tem realizado pesquisas técnico-científicas em cafeicultura orgânica e sua atuação intensificou-se há dois anos com a contratação de novos pesquisadores. Com o intuito de fortalecer as atividades de pesquisa, o IAC investe no treinamento técnico de seus pesquisadores e estabelece parcerias com outras instituições para intercâmbio e realização de trabalhos conjuntos.

Uma das linhas de pesquisa do Centro de Café contempla estudos relacionados à sustentabilidade, certificação, mercados e custos de produção de café orgânico. Ao mesmo tempo, outras linhas de pesquisa priorizam o estudo agrônomo de sistemas orgânicos de produção de café, com ênfase nos aspectos fitotécnicos relacionados à adequação de práticas coerentes com esse sistema de produção.

Experimentos têm sido conduzidos em campo para avaliar o comportamento agrônomo de cultivares de café arábica em sistema orgânico de produção, a fim de identificar cultivares promissoras para esse tipo de cultivo. Também são contemplados aspectos relacionados ao uso racional dos recursos naturais, viabilidade técnica-econômica e qualidade do café.

Em parceria com o Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Leste Paulista, em Monte Alegre do Sul, e com a Fazenda São José, em Santo Antônio de Posse, o Centro de Café conduz um experimento com 35 cultivares de café arábica, relacionadas no Quadro 1.

Uma parceria com a Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica (ABD) tem permitido o atendimento de demandas de cafeicultores familiares para o estabelecimento de áreas experimentais e demonstrativas de cafezal orgânico em sistema agroflorestal na região de Garça/SP. Essas pesquisas são conduzidas de forma participativa, em propriedades particulares, para avaliar o comportamento do café orgânico consorciado com espécies arbóreas de múltiplas finalidades (madeiras, frutíferas e produtoras de biomassa). Procura-se obter informações que contribuam para o aumento da biodiversidade dos agroecossistemas e da eficiência dos sistemas orgânicos de produção de café naquela região.

Em experimento conduzido pelo IAC em parceria com a Fundação Mokiti Okada avaliou-se a produção de mudas de café em diferentes tipos de substratos. Constatou-se a viabilidade técnica da utilização de húmus de minhoca e *Bokashi* para a produção de mudas de café orgânico, em substituição aos substratos elaborados com fertilizantes minerais solúveis.

As pesquisas desenvolvidas pelo Centro de Café são parcialmente financiadas pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CNBP&D/Café) e contam com a imprescindível colaboração de vários pesquisadores, técnicos e cafeicultores para a implantação e execução dos projetos.

Preocupado com as constantes alterações nos padrões técnicos e mercadológicos da cafeicultura no Estado de São Paulo, o Centro de Café busca permanentemente soluções para atender às demandas desse novo segmento de mercado: o café orgânico.

Referências bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ. Exportações brasileiras de café em grãos. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/estatex-portscoes.html>>. Acesso em: 15 fev 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉS ESPECIAIS. Resultado do Leilão Best of Brasil 1999. Disponível em: <http://www.bsca.com.br/auction2000/result99_br.html>. Acesso em: 05 mar 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉS ESPECIAIS. Vencedores do concurso de qualidade cafés do Brasil Cup of Excellence, edição 2001. Disponível em: <http://www.bsca.com.br/auction2001/win01_br.html>. Acesso em: 05 mar 2007.
- BARAIBAR, B. Organic Coffee. In: WILLER, H.; MINORU, Y. (Ed.) The world of organic agriculture: Statistics & Emerging Trends. Bonn: IFOAM, 2006. cap. 7.2, p.55-57.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 7 de 29 de maio de 1999. Estabelece as normas de produção para os produtos orgânicos de origem vegetal e animal. Diário Oficial da União, Brasília, 19/05/1999, Seção 1, pág. 11.

Quadro 1. Cultivares de café arábica estudadas pelo IAC em sistema orgânico de produção.

Item	Cultivar	Características	Origem
1	Obatã IAC 1669-20	PB, R	IAC ¹
2	Tupi Rn IAC 1669-13	PB, R, Rn	IAC
3	Tupi IAC 1669-33	PB, R	IAC
4	Tupi IAC 4095	PB, R	IAC
5	Tupi Amarelo IAC 5162-6	PB, R	IAC
6	Icatu Vermelho IAC 4045	PB, MR	IAC
7	Icatu CT IAC 4569	PB, MR	IAC
8	Catuai SH3	PB, R	IAC
9	Catuai Amarelo IAC 62	PB, S	IAC
10	Catuai Vermelho IAC 99	PB, S	IAC
11	Caturra Vermelho IAC 5165	PB, S	IAC
12	Ouro Amarelo IAC 4397	PB, S	IAC
13	Ouro Bronze IAC 4925	PB, S	IAC
14	Bourbon Amarelo	PA, S	IAC
15	Acaia IAC 474-19	PA, S	IAC
16	Mundo Novo IAC 376-4	PA, S	IAC
17	Mundo Novo Amarelo IAC 4266	PA, S	IAC
18	Mundo Novo SH3	PA, R	IAC
19	Araponga MG 01	PB, R	EPAMIG ²
20	Catiguá MG 01	PB, R	EPAMIG
21	Catiguá MG 02	PB, R	EPAMIG
22	Oeiras MG 6851	PB, R	EPAMIG
23	Paraíso MG H 419-3-3-7-16-4-1	PB, R	EPAMIG
24	Pau Brasil MG 01	PB, R	EPAMIG
25	Sacramento MG 01	PB, R	EPAMIG
26	IAPAR 59	PB, RF, Rn	IAPAR ³
27	IPR 98	PB, R	IAPAR
28	IPR 100	PB, MR	IAPAR
29	IPR 103	PB, R	IAPAR
30	IPR 104	PB, MR	IAPAR
31	Catucaí Amarelo 2 SL	PB, MR	PROCAFÉ ⁴
32	Catucaí Amarelo 24/137	PB, MR	PROCAFÉ
33	Catucaí Amarelo 20/15	PB, MR	PROCAFÉ
34	Catucaí Vermelho 785/15	PB, MR	PROCAFÉ
35	Palma II	PB, R	PROCAFÉ

PA e PB = porte baixo e porte alto, respectivamente; R, MR e S = resistente, moderadamente resistente e suscetível à ferrugem, respectivamente; Rn = resistente ao nematóide *M. exigua*.

¹ Instituto Agrônomo, Campinas-SP; ² Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG; ³ Instituto Agrônomo do Paraná, Londrina-PR; ⁴ Fundação de Apoio Tecnológico à Cafeicultura, Varginha-MG.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Lei nº 710.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 24/12/2003, Seção 1, pág.8.

EHLERS, E. Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma. São Paulo: Livros da Terra, 1996. 178p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Grupo de interesse em pesquisa para agricultura familiar. Café de agricultor familiar ganha prêmio em MG. Disponível em: <<http://gipaf.cnptia.embrapa.br/noticias-anteriores/2006/dezembro/cafe-de-agricultor-familiar-ganha-premio-em-mg>>. Acesso em: 04 mar 2007.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. Organic coffee export statistics: Volume and value, october 2005 to june 2006. London: OIC, 2006. n.104/06, 2006, 2p.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. Organic coffee export statistics: Coffee year 2004/2005, London: OIC, 2006. n.93/05, 2005, 3p.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. Organic coffee export statistics: Coffee year 2005, London: OIC, 2006. n.98/06, 3p.

Gerson Silva Giomo, Sérgio Parreiras Pereira e Flávia Maria de Mello Bliska

Instituto Agrônomo, Centro de Café "Alcides Carvalho"

☎ (19) 3241-5188 ramal 370

✉ gsggiomo@iac.sp.gov.br;

sergiopereira@iac.sp.gov.br; bliska@iac.sp.gov.br



Júlio

De modo geral, as plantas estão sujeitas a diferentes tipos de estresses bióticos e/ou abióticos na natureza, tais como doenças, pragas, acidez de solo, seca, calor, frio, etc. Esses estresses são os principais responsáveis pela redução no potencial produtivo das culturas agrícolas, entre elas o café.



Fazuoli

Algumas condições ocorrem simultaneamente, como seca, excesso de luminosidade e calor, causando danos ainda maiores. A expansão agrícola brasileira vem se fazendo em áreas de cerrado, caracterizadas por elevada acidez e baixa fertilidade, obrigando o produtor, principalmente aquele não tão capitalizado, a aumentar o seu custo de produção, na aquisição de calcário, gesso e adubos.



Paulo

Comportamento de cultivares de café arábica em solos ácidos e corrigidos

Acalagem é uma das práticas mais importantes para melhorar as condições químicas do solo e suas vantagens são inúmeras, podendo-se citar: melhoria do pH do solo, fornecimento de cálcio e magnésio, diminuição do teor de alumínio, diminuição da lixiviação do potássio e da adsorção do fósforo, além do aumento da capacidade de troca de cátions. Por outro lado, a calagem condiciona o sistema radicular a concentrar-se na camada superficial do solo, principalmente nos vinte centímetros iniciais. Isto implica em exploração de menor volume de solo, resultando em prejuízos na absorção de nutrientes e do aproveitamento da água das camadas mais profundas, o subsolo. As plantas cultivadas nessas condições são mais sensíveis à seca/veranico, principalmente se isso ocorrer em fases críticas do desenvolvimento do café, como no florescimento, enchimento e maturação dos frutos.

O estudo do sistema radicular vem se mostrando de interesse não apenas pelos efeitos que certas práticas econômicas exercem sobre o seu desenvolvimento, como também para explicar a resistência à seca e a tolerância a níveis altos de alguns elementos do solo, particularmente do alumínio e do manganês.

Neste contexto, torna-se importante conhecer o comportamento das cultivares de café arábica em solos ácidos e corrigidos. Buscando esse conhecimento, o Centro de Café 'Alcides Carvalho' vem desenvolvendo linhas de pesquisas neste tema, focando principalmente cultivares lançadas recentemente.

Foram realizados dois experimentos, ao longo de seis anos, visando identificar cultivares tolerantes e sensíveis à acidez do solo. O primeiro foi em condição de campo e o segundo em condição de laboratório, empregando-se solução nutritiva.

Condição de Campo

Em experimento desenvolvido pelo Centro de Café do Instituto Agrônomo, juntamente com o Pólo Regional do Nordeste Paulista (APTA Regional), em Mococa (SP), entre os anos de 2000 e 2006, avaliou-se o comportamento de sete cultivares de café arábica em três diferentes níveis de acidez do solo. Avaliaram-se as seguintes cultivares: Ouro Verde IAC 5010-5, Catuaí Vermelho IAC-144, Tupi IAC 1669-33 e Obatã IAC 1669-20, de porte baixo, e Icatu Vermelho IAC-4045, Mundo Novo IAC 376-4 e Acaiaí IAC 474-16, de porte alto. Os níveis de acidez do solo (C_0 , C_1 e C_2), medidos pela saturação de bases ($V\%$), foram: C_0 = solo sem aplicação de calcário, C_1 = solo com apli-

cação de calcário para elevar V a 30% e C_2 = solo com aplicação de calcário para elevar V a 60%. As adubações foram realizadas de acordo com o Boletim Técnico 100, do IAC, na mesma quantidade para cada cultivar em cada nível de acidez do solo.

As produtividades alcançadas pelas cultivares Tupi IAC 1669-33 e Obatã IAC 1669-20 em solo corrigido (maior saturação de bases) foram melhores do que em solos com saturação de bases menor (Tabela 1). Neste caso, estas cultivares seriam mais sensíveis à acidez do solo, necessitando de doses maiores de calcário para alcançarem melhores produtividades. Também estariam sujeitas a sofrer danos em períodos de veranico ou seca, e, portanto, com maiores quebras na produtividade. A altura de plantas e o diâmetro de copas também foram afetados.

As cultivares Ouro Verde IAC 5010-5, Catuaí Vermelho IAC 144, Icatu Vermelho IAC-4045, Mundo Novo IAC 376-4 e Acaiaí IAC 474-16 foram tolerantes à acidez do solo.

Este estudo indicou que as cultivares tolerantes poderiam ser recomendadas para cultivos sob alta e baixa tecnologia, enquanto as sensíveis para cafeicultores mais capitalizados. Além disso, o trabalho evidenciou também que, ao recomendar a calagem, deve-se levar em conta não apenas a acidez do solo, mas também a cultivar a ser utilizada.

Condição de Laboratório

Foram realizados estudos, utilizando soluções nutritivas, visando conhecer melhor o sistema radicular do café na presença do alumínio.

O experimento foi conduzido no laboratório do Centro de Café 'Alcides Carvalho' do Instituto Agrônomo (IAC), em Campinas.

Foram avaliadas as cultivares Mundo Novo IAC 376-4, Catuaí Amarelo IAC 62, Obatã IAC 1669-20, Ouro Verde IAC 5010, Tupi IAC 1669-33, Icatu IAC 4045, Caturra e Bourbon Vermelho, nas seguintes soluções: normal, contendo todos os nutrientes, e outras três tratamentos, contendo 25% da concentração de nutrientes da solução normal e variando na concentração de alumínio: 0,000, 0,074 mmol.L⁻¹ e 0,370 mmol.L⁻¹ de alumínio. A concentração de nutrientes da solução tratamento foi baixa, pois pretendeu-se simular uma condição de solo ácido.

Determinou-se o índice de tolerância relativa (ITR), obtido pela razão entre o comprimento total da raiz principal e comprimento da emissão da última ramificação lateral na raiz principal. É

conveniente lembrar que são as ramificações laterais que sairão as raízes secundárias e os pêlos absorventes, responsáveis pela absorção de água e nutrientes. Também foi feita uma avaliação visual do sistema radicular para se ter melhor idéia da distribuição das ramificações laterais ao longo da raiz principal, atribuindo-se notas de 1 (pouco desenvolvido, com nenhuma ramificação lateral) a 10 (bem desenvolvido, com elevado número de ramificações laterais e bem distribuídas).

O efeito do alumínio foi bem evidente nas cultivares Obatã IAC 1669-20, Tupi IAC 1669-33, Caturra e Bourbon Vermelho, verificado pela diminuição do valor do ITR, demonstrando a sensibilidade destas cultivares ao alumínio. Além disso, o desenvolvimento radicular foi prejudicado, haja vista as baixas notas nas

Tabela 1. Médias das características agrônômicas das cultivares de café arábica avaliadas em diferentes níveis de acidez do solo, em Mococa (SP), entre 2002 e 2006.

Cultivar (Saturação de bases)	Produtividade	AP	DCO
	sc/ha	cm	
Ouro Verde IAC 5010-5 (10%)	12,1 a	2,36 b	2,19 b
Ouro Verde IAC 5010-5 (30%)	12,5 a	2,41 b	2,21 b
Ouro Verde IAC 5010-5 (60%)	12,9 a	2,50 a	2,42 a
Catuai Vermelho IAC 144 (10%)	12,0 a	2,38 a	2,13 a
Catuai Vermelho IAC 144 (30%)	12,4 a	2,41 a	2,13 a
Catuai Vermelho IAC 144 (60%)	13,2 a	2,42 a	2,15 a
Tupi IAC 1669-33 (10%)	10,6 b	2,30 b	2,13 b
Tupi IAC 1669-33 (30%)	12,0 b	2,33 b	2,14 b
Tupi IAC 1669-33 (60%)	16,8 a	2,41 a	2,24 a
Obatã IAC 1669-20 (10%)	14,2 c	2,35 a	2,15 b
Obatã IAC 1669-20 (30%)	16,3 b	2,39 a	2,27 a
Obatã IAC 1669-20 (60%)	20,8 a	2,40 a	2,27 a
Icatu Vermelho IAC-4045 (10%)	11,0 a	2,65 a	2,62 a
Icatu Vermelho IAC-4045 (30%)	11,8 a	2,65 a	2,63 a
Icatu Vermelho IAC-4045 (60%)	12,2 a	2,66 a	2,64 a
Mundo Novo IAC 376-4 (10%)	9,1 a	2,61 a	2,50 a
Mundo Novo IAC 376-4 (30%)	9,6 a	2,61 a	2,53 a
Mundo Novo IAC 376-4 (60%)	12,1 a	2,60 a	2,56 a
Acaia IAC 474-16 (10%)	9,5 a	2,55 a	2,11 b
Acaia IAC 474-16 (30%)	9,8 a	2,51 a	2,19 a
Acaia IAC 474-16 (60%)	10,1 a	2,50 a	2,21 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%

Tabela 2. Médias do Índice de Tolerância Relativa (ITR), seguidas, entre parênteses, da avaliação visual do sistema radicular das cultivares de café arábica avaliadas em diferentes soluções nutritivas.

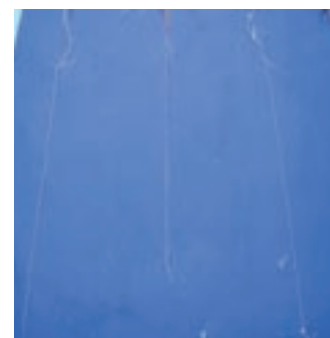
Cultivar	Índice de Tolerância Relativa (ITR)			
	Normal	0,000 Al	0,074 Al	0,370 Al
	%			
1- Mundo Novo IAC 376-4	61 a (7) ¹	51 b (6)	57 ab (6)	61 a (6)
2- Catuai Amarelo IAC 62	70 a (7)	67 a (7)	65 a (6)	64 a (6)
3- Obatã IAC 1669-20	70 a (9)	61 b (6)	61 b (5)	35 c (2)
4- Ouro Verde IAC 5010-5	69 a (8)	66 a (6)	65 a (6)	61 a (6)
5- Tupi IAC 1669-33	80 a (9)	69 b (6)	37 c (4)	30 c (2)
6- Icatu Vermelho IAC-4045	63 a (7)	61 a (6)	62 a (6)	61 a (6)
7- Caturra	84 a (7)	72 b (5)	56 c (4)	48 c (3)
8- Bourbon Vermelho	65 a (7)	39 b (5)	31 bc (4)	23 c (2)

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

¹Avaliação visual do sistema radicular.



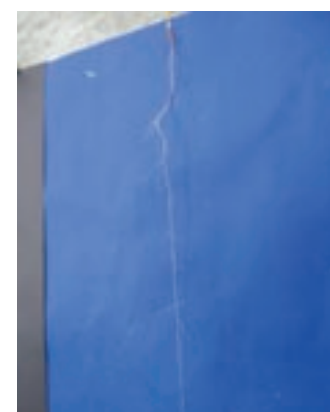
Obatã - Solução Normal



Obatã - Solução com 0,370 mmol-1 Al



Icatu - Solução Normal



Icatu - Solução com 0,370 mmol-1 Al

avaliações visuais realizadas. No geral, os sistemas radiculares destas cultivares, nas soluções com alumínio, apresentaram entre poucas e médias ramificações laterais e com má distribuição. Um genótipo ideal seria aquele que apresentasse um sistema radicular longo, com grande número de ramificações laterais. Além disso, essas ramificações deveriam ser distribuídas uniformemente na raiz principal, pois dessa forma aproveitaria a disponibilidade dos nutrientes da camada superficial e das mais profundas do solo, minimizando os efeitos negativos da seca. Já as cultivares Mundo Novo IAC 376-4, Catuai Amarelo IAC 62, Ouro Verde IAC 5010-5 e Icatu IAC 4045 foram menos afetadas pelo alumínio, demonstrando a tolerância a esse metal. Apresentaram também maior número de ramificações laterais bem como melhor distribuição destas no perfil da raiz principal. Pressupõe-se que estas cultivares poderiam suportar melhor um período de seca, ou solo ácido, do que às outras cultivares estudadas. Em regiões com estas características, principalmente em relação à seca, elas seriam mais recomendadas do que as outras.

Há de se ressaltar também que nestes experimentos foram avaliadas algumas cultivares. Há necessidade de se realizar mais experimentos com outras cultivares a fim de saber o comportamento delas nestas condições.

Júlio César Mistro e Luiz Carlos Fazuoli

Instituto Agrônomo, Centro de Café "Alcides Carvalho"

☎ (19) 3241-5188 ramal 370; 3212-0458

✉ mistrojc@iac.sp.gov.br; fazuoli@iac.sp.gov.br

Paulo Boller Gallo

Pólo Regional do Nordeste Paulista (APTA Regional), em Mococa (SP)

☎ (19) 3656-0200

✉ paulogallo@aptaregional.sp.gov.br

Cultivares resistentes ou tolerantes a fatores bióticos e abióticos desfavoráveis: ponto-chave para a cafeicultura sustentável

A cafeicultura está sempre evoluindo e proporcionando grandes desafios a todos os envolvidos em sua cadeia produtiva. No Brasil, o plantio de café estende-se desde o Paraná até o Pará, passando por São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Espírito Santo, Bahia e Rondônia. Em cada estado existem regiões aptas para o cultivo do café com distintas condições edafoclimáticas e diversos sistemas de cultivo e que possuem cafeicultores com diferentes níveis tecnológicos. A diversidade de clima, de solo e de nível tecnológico na cafeicultura leva a necessidade, constante, de desenvolvimento tecnológico.

Paralelamente ao desenvolvimento tecnológico, a busca por uma cafeicultura mais sustentável intensificou-se nos últimos anos. Atendendo aos anseios dos consumidores e às exigências da produção sustentável, a cafeicultura sustentável procura contemplar requisitos econômicos, direcionados à utilização racional de recursos naturais e tecnológicos, sociais, baseados no respeito às pessoas envolvidas na cadeia produtiva, além de ambientais, que preconizam o emprego de tecnologias que não agredam o ambiente.



Petek



Flávia

O desenvolvimento de uma cafeicultura sustentável no Brasil passa pelo aumento da rentabilidade do produtor, como forma de garantir sua permanência na atividade. Isso depende de sistemas de cultivo estáveis, que proporcionem maior longevidade para as lavouras e rentabilidade freqüente. Cultivares produtivas, adaptadas a cada condição edafoclimática e sistema de cultivo e resistentes a pragas e doenças, são dos principais componentes da sustentabilidade da cafeicultura.

A definição da sustentabilidade da cafeicultura está em constante evolução, pois muitas das tecnologias consideradas sustentáveis nas décadas de 50 e 60, hoje não o são mais. Entre os exemplos destas tecnologias podem ser citados: plantios em espaçamentos largos (4 metros entre linhas e 4 ou 3 metros entre plantas), derubada de matas para o plantio do café e uso de cultivares pouco produtivas, como ‘Típica’ e ‘Sumatra’. Hoje, devido à escassez de recursos e novas áreas para plantio, é preciso adotar uma cafeicultura mais racional.

Os programas de melhoramento genético de café do Centro de Café “Alcides Carvalho” do Instituto Agrônomo (IAC) já são, em sua essência, parceiros da sustentabilidade da cafeicultura, pois têm como objetivo o desenvolvimento de cultivares com características de arquitetura e sistema radicular que maximizam a eficiência no aproveitamento de fertilizantes e de água, proporcionando aumento de produtividade e melhor qualidade da bebida e, com o desenvolvimento de

cultivares resistentes a pragas e doenças, evitam o uso excessivo de defensivos. Como consequência, entre os principais impactos do uso de cultivares melhoradas estão o aumento da rentabilidade e da estabilidade do produtor, e a redução no emprego de defensivos com a consequente diminuição no custo de produção e no impacto ao meio ambiente.

Quando compararam a cultivar ‘Mundo Novo’ com a primeira cultivar plantada no Brasil, denominada ‘Típica’ ou ‘Arábica’, e visualizaram mais de 200% de ganho em produtividade, já foi possível verificar a valiosa contribuição dos pesquisadores do IAC para a sustentabilidade da cafeicultura brasileira. Posteriormente, a obtenção de cultivares de porte baixo como a ‘Catuai Vermelho IAC 99’, que possibilitaram maior adensamento, além de facilitar a colheita e o recente desenvolvimento de cultivares resistentes à ferrugem como a ‘Obatã IAC 1669-20’ e a ‘Tupi IAC 1669-33’, deram continuidade às relevantes contribuições do Centro de Café “Alcides Carvalho” para a sustentabilidade da cultura do café no Brasil. É importante ressaltar que mais de 80% do parque cafeeiro do tipo arábica, do Brasil, é formado por cultivares desenvolvidas pelo IAC.

Os esforços da pesquisa em genética e melhoramento de café para resistência a doenças, até o momento, concentraram-se no desenvolvimento de cultivares resistentes à ferrugem (*Hemileia vastatrix*), pois esta é a mais importante doença da cultura no Brasil, reduzindo, em média, 35% da produção. Recentemente, porém,

o Centro de Café “Alcides Carvalho”, visando a sustentabilidade da cafeicultura, passou também a trabalhar com o objetivo de identificar no seu banco de germoplasma, fontes de resistência genética a outras doenças e pragas de importância econômica e/ou com potenciais riscos para a cafeicultura, além de adversidades climáticas. A cercosporiose (*Cercospora coffeicola*), também conhecida por mancha-de-olho-pardo (Foto 1), até há pouco tempo era considerada doença secundária, mas encontra-se entre as principais doenças da cultura no cerrado e, em outras regiões cafeeiras. Sua importância tem aumentado, prejudicando a produção de grãos e a qualidade da bebida. O IAC tem realizado estudos para a determinação da relação entre nutrientes, principalmente nitrogênio e potássio, e a incidência desta doença (Foto 2). Em trabalho preliminar, realizado em progênies de café com resistência à ferrugem, foi possível confirmar a influência das concentrações de nitrogênio e potássio na incidência da cercosporiose e ainda verificar a existência de variabilidade genética quanto ao vigor vegetativo e à resistência a esta doença. As pesquisas terão continuidade em busca de cultivares mais resistentes à cercosporiose e mais adaptadas para cada região e sistema de cultivo.

Também como parte do apoio a sustentabilidade da cafeicultura brasileira, o IAC pretende contemplar em seus programas de melhoramento, outras doenças, de ocorrência mais localizada, como a mancha aureolada (Foto 3) (*Pseudomonas syringae* pv. garcae) e a mancha de

phoma (Foto 4) ou complexo phoma/ascoschyta (*Phoma tarda* e *Phoma costarricensis*), além de fatores abióticos e/ou de causa desconhecida, que provocam a queda



Foto 1. Lesões características de cercosporiose no campo.



Foto 2. Sintomas da doença (cercosporiose) no final do ciclo da cultura, em lavoura com deficiências na adubação e excesso de carga.



Foto 3. Sintomas de mancha aureolada.



Foto 4. Sintomas de mancha de phoma.



Foto 5. Queda de frutos mumificados: fatores bióticos ou abióticos?



Foto 6. Broca atacando fruto de café.

a mancha de phoma ou complexo phoma/ascoschyta ocorrem em regiões de elevada altitude, sujeitas a ventos frios e chuvas. A mancha aureolada e o complexo phoma/ascoschyta, ao causarem desfolha, seca de ramos e queda de flores e frutos, podem resultar em prejuízos consideráveis.

Pesquisas também estão sendo realizadas em conjunto com o Instituto Biológico (IB), nas principais regiões produtoras de São Paulo, no sentido do entendimento e da caracterização do problema de queda de frutos e seca de ramos e da busca de fontes de resistência genética a estes distúrbios, cujas causas, bióticas e abióticas, ainda precisam ser esclarecidas.

Além das pragas, como o bicho mineiro (*Leucoptera coffeella*) e os nematóides (*Meloidogyne* spp.), já contempladas nos programas de melhoramento do IAC, estudos para a identificação de fontes de resistência à broca (*Hypothenemus hampei*) (Foto 6), também estão sendo conduzidos pelos pesquisadores. Existem indicações de que as espécies *Coffea eugenioides* e *Coffea kapakata* podem ser fontes de resistência à broca, mas estudos complementares, necessários para sua confirmação, estão sendo instalados, na busca da determinação do grau de resistência, bem como da possibilidade de utilização dessas fontes de resistência nos programas de melhoramento do café. Dessa forma, pretende-se o desenvolvimento de cultivares que possam favorecer a adoção de programas de manejo integrado de pragas.

Além dos programas de melhoramento em andamento, outra atividade essencial realizada pelo Centro de Café "Alcides Carvalho", é a instalação de unidades de demonstração e ensaios regionais de cultivares e linhagens, nas principais regiões produtoras do estado de São Paulo, com o objetivo de indicar os materiais mais adaptados para cada região e nível tecnológico.

O Centro de Café "Alcides Carvalho" está constantemente em busca de tecnologias que proporcionem melhorias para a cadeia produtiva do café e promovam a sustentabilidade econômica, social e ambiental da cafeicultura.

Marcos Rafael Petek

Instituto Agrônomo, Centro de Café "Alcides Carvalho"

☎ (19) 3241-5188 ramal 370; FAX: (19) 32120458

✉ mrpetek@iac.sp.gov.br

Flávia R. A. Patrício

Instituto Biológico, Centro Experimental Central

☎ (19) 3251-8714

✉ flavia@biologico.sp.gov.br

Os estudos sobre a fisiologia do cafeeiro no Instituto Agronômico

HISTÓRICO

Quando foi criado em 27 de junho de 1887, o atual Instituto Agronômico era uma Instituição Federal, ligada ao Ministério da Agricultura do então Império Brasileiro e se denominava “Estação Agronômica de Campinas”. Para sua direção o Governo Imperial Brasileiro contratou na Áustria o professor Franz Wilhem Dafert, que o dirigiu até 1897. A administração de Dafert foi muito ativa e produtiva, como provam os trabalhos publicados naquela época, vários dos quais se tornaram clássicos da literatura agronômica brasileira, especialmente aqueles relacionados com o cultivo do café.

Os estudos sobre a fisiologia do cafeeiro tiveram início no Brasil no século XIX, com a criação do Instituto Agronômico. Entre os trabalhos publicados por F. W. Dafert alguns foram sobre as exigências minerais do cafeeiro e a distribuição dos elementos nutritivos nas diferentes partes da planta. Depois de Dafert a fisiologia do cafeeiro voltou a receber alguma atenção na década de 30, quando Theodureto de Almeida Camargo, então Diretor do Instituto, estudou, com seus colaboradores, alguns aspectos da fisiologia do cafeeiro como seu crescimento em relação ao pH do meio radicular, a importância das nutrições nitrogenada e potássica e as alterações químicas que ocorrem nas folhas de cafeeiros atingidos pela geada.

A partir da criação, em 1936, de um laboratório para estudos de fisiologia vegetal, o qual foi transformado em Seção de Fisiologia com a reestruturação do Instituto Agronômico efetuada em 1942, a fisiologia do cafeeiro passou a ser estudada ininterruptamente. Algumas dessas contribuições são descritas a seguir.

PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES PARA A CAFEICULTURA NACIONAL

As primeiras contribuições

Na área de nutrição mineral, além dos trabalhos relacionados anteriormente, foram desenvolvidos estudos em soluções hidropônicas que permitiram estabelecer os sintomas de deficiência de um grande número de nutrientes minerais. Esse quadro de sintomatologia proporcionou o controle da deficiência de zinco que era observada frequentemente nos cafezais paulistas. Outro aspecto estudado foi a absorção de uréia pelas folhas do cafeeiro em condições de campo e em plantas cultivadas em solução nutritiva. O emprego de uréia de qualidade inferior provocou o aparecimento de sintomas de fitotoxicidade pelo biureto, impureza frequentemente presente no produto em quantidades tóxicas.

Estudos detalhados sobre a distribuição do sistema radicular do cafeeiro em cinco tipos de solos foram efetuados no Estado de São Paulo, encontrando-se marcada diferença nos sistemas radiculares nos diferentes solos, causada principalmente pela porosidade e riqueza em nitrogênio do solo. A melhor distribuição do



Joel



Maria Luíza

Os trabalhos sobre a reação do cafeeiro aos fatores climáticos resultaram no conhecimento das causas de vários fenômenos observados nas culturas, tais como a descoloração de folhas em baixas temperaturas, o estrangulamento do caule e a lesão do colo de plantas novas, sujeitas a temperaturas extremas.

A influência da temperatura da raiz sobre o crescimento mostrou que a temperatura de 33°C na raiz, mesmo por poucas horas, já parece prejudicar um pouco o desenvolvimento do cafeeiro e 38°C nas mesmas condições, prejudica grandemente. Essas temperaturas são frequentemente atingidas no campo, em dias de verão, nas camadas superficiais, exatamente naquelas que contêm grande quantidade de radicelas.

Em adição, estudos sobre o fotoperíodo mostraram ser o cafeeiro uma planta de dias curtos.

sistema radicular encontrada foi em latossolos, nos quais as raízes atingiram profundidades superiores a 2,5 m, sendo que a 2 m a quantidade de radicelas foi grande.

Os motivos do insucesso da arborização dos cafezais no Estado de São Paulo foram objeto de exaustivos estudos. Depois de investigar durante vários anos o comportamento da água no solo dos cafezais sombreados e a pleno sol, e o consumo de água do solo pelos cafezais e pelas árvores de sombra, foi concluído que as árvores de sombra competiam fortemente com os cafeeiros na absorção de água durante a época seca, sendo este o principal fator do pouco êxito do sombreamento.

Outra contribuição do Instituto Agronômico foi na área de conservação de sementes de café que, em condições normais, perdem sua viabilidade rapidamente, dificultando o seu uso a longo prazo. Desse modo, foi constatado que o poder germinativo de sementes de café arábica e outras espécies foi mantido por um período consideravelmente mais longo, quando são desidratadas até 10% de umidade e armazenadas em recipientes herméticos em temperaturas baixas.

Os teores de ácidos clorogênicos, compostos fenólicos presentes em quantidades altas em folhas e grãos de plantas de café, foram estudados por suas relações com a resistência a doenças e com a qualidade de bebida do café. Este estudo forneceu dados sobre os teores de ácidos clorogênicos em inúmeras espécies de *Coffea*, evidenciando que as espécies mais resistentes à ferrugem apresentavam também os mais altos teores de ácidos clorogênicos. Em adição, foi constatada relação entre a qualidade de bebida e a quantidade de ácidos clorogênicos nos grãos, sendo que os mais altos teores foram obtidos em *C. canephora*, que apresenta qualidade de bebida inferior à de *C. arabica*.

A alta exigência do cafeeiro em nitrogênio é um fato conhecido há muito tempo, e é acentuada com o aumento da idade da planta e principalmente com o início da produção de grãos. Não havendo outros fatores limitantes, a nutrição nitrogenada promove o rápido desenvolvimento da planta e o aumento da produtividade do cafeeiro. Resultados mostraram que, durante todo o ciclo produtivo do cafeeiro, a capacidade da planta em absorver e utilizar o nitrogênio do solo é maior antes da abertura das flores da florada principal, e na fase de enchimento do grão (granação), ocasiões essas que coincidem com os períodos de intensa demanda de metabólitos pelas flores e frutos. Esse e outros trabalhos forneceram informações sobre as épocas mais adequadas para se efetuar adubações nitrogenadas no cafeeiro, e ressaltaram que o fornecimento de muito nitrogênio para as mudas no viveiro ocasiona maior crescimento da parte aérea em relação às raízes, que poderá ser crítico quando forem transplantadas para o campo.

SOMBREAMENTO

No Brasil, a cafeicultura se desenvolveu extensivamente a pleno sol, onde normalmente a planta tende a expressar todo o seu potencial produtivo, ocorrendo, entretanto, produções biennais devido ao esgotamento da planta, e queima das folhas em excesso de radiação solar. Esse problema tem sido parcialmente contornado com o aumento da densidade de plantio, principalmente na disposição em renque, e adequação da nutrição mineral e tratamentos fitossanitários.

O estresse ocasionado em regimes de alta temperatura e radiação solar, condições que ocorrem em regiões de baixa e média altitude, pode inviabilizar a cultura do cafeeiro. Portanto, um dos principais obstáculos para a expansão do cultivo de *C. arabica* no Brasil parece ser a estreita faixa de temperatura favorável ao desempenho de suas atividades vegetativas e reprodutivas. Entretanto, há evidências que mostram que alguns cultivares recentemente obtidos no IAC apresentam melhor adaptação a regimes de luz e temperaturas mais elevadas, uma vez que a seleção genética foi efetuada a pleno sol em diferentes regiões de cultivo.

O sistema de cultivo a pleno sol no Brasil foi baseado em resultados obtidos em experimentos antigos, nos quais foram utilizados níveis de sombreamento excessivo, que ocasionaram drásticas reduções na produtividade do cafeeiro. Com a intensificação do sistema de cultivo adensado e a retomada da possibilidade de sombreamento do café no Brasil, tornou-se imprescindível conhecer as respostas dos cultivares atuais às variadas condições edafo-climáticas, na fisiologia e na produtividade do cafeeiro, visando adequar o manejo e otimizar a produtividade nesses novos modelos tecnológicos.

Vários estudos conduzidos em vasos, em quatro cultivares de *Coffea arabica* (Catuai Vermelho, Mundo Novo, Icatu Amarelo e Bourbon Vermelho) e um de *C. canephora* (Apoatã) mostraram que, em todos os genótipos, importantes características e processos fisiológicos, tais como, fotossíntese, utilização do nitrogênio, eficiência do uso da água e crescimento, não diferiram entre as plantas cultivadas a pleno sol e a 50% - 70% da luz solar. Entretanto, todos esses processos foram prejudicados em condições de sombreamento excessivo (20 a 30% da luz solar).

No campo, foram estudados os efeitos de diversos regimes de luz e disponibilidade de água no solo na produtividade do cultivar Obatã. A produção acumulada durante quatro anos consecutivos aumentou com o nível de luz, não havendo, entretanto, diferença significativa entre as plantas cultivadas a pleno sol e 70 % da luz.

Em síntese, o sombreamento moderado, ao redor de 70 % da luz solar, favorece os processos fisiológicos, atenua o depauperamento das plantas e não decresce significativamente a produção. Além disso, esse sistema de cultivo pode proporcionar incrementos na renda do produtor, pela exploração das espécies de sombra e redução nos custos da recuperação das lavouras depauperadas, além de proporcionar melhorias na qualidade da bebida e nas condições edafo-climáticas do meio ambiente.

Enxertia

No Brasil a enxertia foi primeiramente estudada no Instituto Agrônomo durante a década de 30, mas só recentemente tem sido utilizada como uma técnica que permite o cultivo de cultivares de *C. arabica* em solos infestados por nematóides (*Meloidogyne*

spp). Nesses solos, a enxertia de cultivares comerciais de *C. arabica* sobre *C. canephora* tem apresentado expressivos aumentos na produção, devido à tolerância de *C. canephora* a esse parasita. Entretanto, foi observado que, mesmo em solos sem nematóides, a utilização de *C. canephora* como porta-enxerto conferiu maior desenvolvimento e vigor às plantas, o que conseqüentemente, poderia levar a aumentos na produção. Em experimentos efetuados durante dez anos consecutivos, em solos isentos de nematóides, foi verificado que a enxertia de *C. arabica* sobre *C. canephora* e *C. Congensis* proporcionou consideráveis aumentos no crescimento e na produção de *C. arabica*, principalmente após as plantas sofrerem recepa drástica. Em adição, a absorção de nutrientes foi qualitativamente melhorada nas plantas enxertadas, aumentando a absorção de potássio, que é um dos principais elementos minerais relacionados com a produção do cafeeiro, e diminuindo a ab-

sorção de manganês, que freqüentemente está presente em níveis altos na maioria dos solos cultivados com café no Brasil. Foi demonstrado que a superioridade das plantas enxertadas foi devida à maior capacidade do sistema radicular de *C. canephora* em explorar maior volume de solo e fornecer água para a parte aérea durante os meses secos, mantendo maiores taxas fotossintéticas e maior crescimento durante esses períodos. Em adição, a enxertia não alterou a qualidade de bebida, mantendo o padrão apresentado por *C. arabica*.

Investigações sobre as características fotossintéticas, nutrição mineral e morfologia e tamanho do sistema radicular em genótipos com potencial para serem utilizados como porta-enxerto para cultivares de *C. arabica* mostraram excelente desempenho do 'Apoatã IAC 2258' (*C. canephora*) e do 'Bangelan IAC col.5' (*C. congensis* x *C. canephora*). Esses genótipos mostraram maior capacidade

das raízes em explorar o solo em volume e profundidade, maior eficiência em absorver N, P e K e seletividade para reduzir a absorção de Mn. O melhor desempenho do sistema radicular desses materiais genéticos apresentou reflexos na parte aérea, que mostrou menores quedas nas taxas fotossintéticas e transpiração, em condições de deficiência hídrica no solo. Os resultados mostraram que os genótipos 'Bangelan' e 'Apoatã' apresentam características favoráveis para a utilização como porta-enxerto para cultivares de *C. arabica*.

ESPAÇAMENTO

Na cultura do cafeeiro, de modo geral, podem-se esperar acréscimos significativos na produtividade com o aumento, dentro de certos limites, da densidade de plantio. Embora o cultivo adensado do cafeeiro venha sendo praticado há muito tempo em outros países produtores, no Brasil somente nos últimos anos vem adquirindo interesse econômico. Do ponto de vista fisiológico, o cafeeiro apresenta ampla capacidade de adaptação a altas densidades de plantio devido, principalmente, à relativamente baixa necessidade de luz para seu processo fotossintético. Por sua vez, o aumento na densidade de plantio pode provocar alterações químicas, físicas e microbianas no solo, bem como influenciar o aparecimento de doenças nas plantas. Desse modo, foram efetuados experimentos visando definir a densidade de plantio mais adequada para o cultivo do cafeeiro, para maximizar a produção sem proporcionar alta incidência de pragas e doenças, bem como dificuldades nos tratos culturais.

O experimento constou de quatro blocos, com plantio em sistema de espaçamentos duplamente progressivos, nos espaçamen-

tos entre linhas de 0,60m; 0,72m; 0,85m; 1,04m; 1,24m; 1,50m; 1,80m; 2,15m; 2,57m; 3,10m; 3,70m; 4,46m; 5,20m; 6,40m, um bloco para cada um dos quatro cultivares utilizados, sendo dois de porte alto (Icatu Vermelho-IAC 4045 e Mundo Novo - Acaiá) e dois de porte baixo (Catuaí Amarelo - IAC 62 e Obatã-IAC 1669-20), sendo dois materiais resistentes à ferrugem (Icatu e Obatã) e dois susceptíveis (Catuaí e Acaiá), plantados exatamente nos sentidos N®S; L®O. Verificou-se que na primeira produção as plantas de Icatu já começaram a sobrepor os ramos plagiotrópicos em espaçamento de até 1,80 m, enquanto que os cultivares de porte baixo e o Acaiá apresentaram crescimento de diâmetro de copa menor ocorrendo adensamento abaixo de 1,50 m. No quarto ano de produção, no cultivar Icatu a competição por espaço já ocorre até o espaçamento de 2,15 m, enquanto que para os outros cultivares a competição mantém-se até 1,80 m. A produção por área no período de 1997 a 2003 foi baixa em espaçamento de 0,44 m² por planta, apresentou valores máximos entre 0,60 e 0,90 m², decrescendo consideravelmente nos espaçamentos maiores. A atividade e composição microbiana no solo, de modo geral, foram mais elevadas na profundidade de 20-40 cm nos cultivares de porte alto (Mundo Novo e Icatu) que nos cultivares de porte baixo (Catuaí e Obatã), havendo pouca variação com o aumento do espaçamento. Com referência ao efeito do espaçamento nas características químicas do solo, verificou-se que o teor de Ca aumentou com o espaçamento, enquanto a quantidade de matéria orgânica não foi influenciada. Com referência ao efeito do espaçamento nas características químicas do solo, importantes informações foram obtidas. A acidez do solo (H+Al) aumentou com o decréscimo do espaçamento, principalmente na camada 0-20 cm, em consequência da diminuição dos teores de Ca e da soma de bases. A matéria orgânica aumentou com a redução do espaçamento na camada de 0-20 cm, mas não foi alterada na de 20-40 cm. Os teores de P, K, Zn e B no solo aumentaram com a redução do espaçamento.

Resultados de cinco anos de avaliações do efeito de diversos espaçamentos, com uma ou duas plantas por cova, no crescimento e produtividade de *C. arabica* cv. Obatã 1669-20, mostraram que o crescimento aumentou com o aumento da densidade de plantio na linha, independente da utilização de covas com uma ou duas plantas. A produção acumulada nos cinco anos consecutivos, em sacas de café beneficiado por hectare, foi maior no espaçamento 3,0 x 1,0 com duas plantas por cova.

ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE

A estimativa antecipada da safra de café nas diversas regiões produtoras é de importância fundamental para o estabelecimento da política cafeeira do país. Apesar dessa importância não existe no Brasil uma metodologia adequada para previsão da safra de café que permita uma avaliação precisa e segura. As poucas informações para o estabelecimento de modelos para previsão de safra de café são consequência da complexidade metodológica, ocasionada pela diversidade dos fatores ambientes, culturais e econômicos envolvidos na produtividade dessa cultura. Esses métodos devem levar em consideração as cultivares utilizadas, a densidade de plantio, a idade da cultura, a tecnologia empregada e as condições edafo-climáticas.

Objetivando desenvolver um modelo matemático para estimar a produtividade de cafeeiros de diferentes cultivares, idade e sistema de plantio, foram avaliadas, durante diversos períodos produtivos, as características fenológicas determinantes do crescimento e da produção. Os estudos se estenderam de 1999 a 2004, efetuando-se determinações quantitativas do crescimento, frutificação e produção das plantas de 14 unidades experimentais (UEs) (talhões), da região de Garça/Marília.

Utilizando-se o banco de dados acumulados neste estudo durante o período de 1999/2000 a 2003/2004, estabeleceu-se o Índice Fenológico de Produção (IFP), que corresponde ao pro-

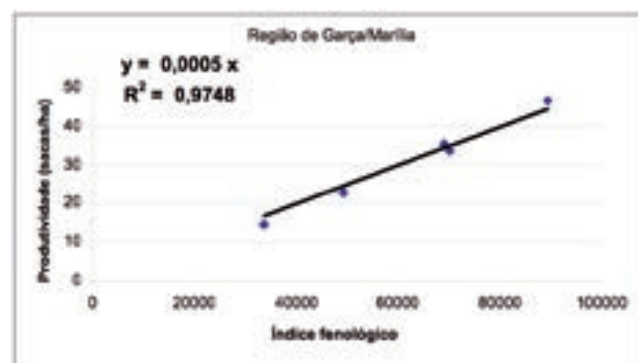


Figura 1. Regressão entre a produção real e o índice fenológico, obtido pela multiplicação da média do número de frutos do 4º e 5º nós produtivos de ramos plagiotrópicos do terço médio da planta, pela área vegetal de produção, calculada pelo produto do comprimento em metro de linha de café por hectare pelo dobro da altura da planta.

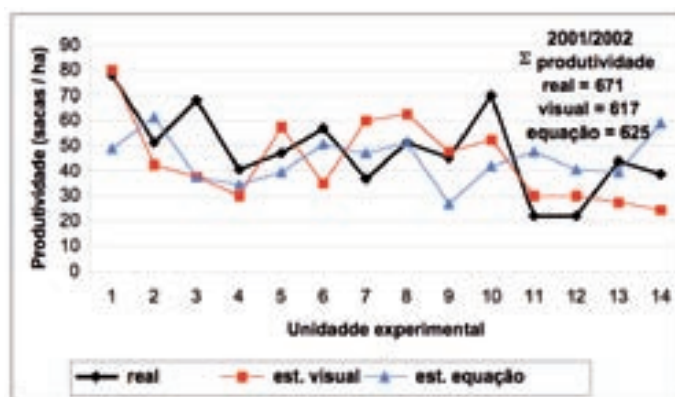


Figura 2. Comparação entre a produtividade real com a obtida pela equação $Y = 0,0005 X$, e com a estimada visualmente em 14 unidades experimentais durante os anos agrícolas de 2001/2002.

duto da média do número de frutos do 4º e 5º nós produtivos do ramo plagiotrópico do terço médio da planta, multiplicado pela área vegetal de produção, a qual foi calculada pelo produto do comprimento em metro de linha de café por hectare pelo dobro da altura da planta. O IFP foi altamente correlacionado ($R^2 > 0,97$) com a produção real obtida durante os anos de 1999/2004 (Figuras 1 e 2), fornecendo a seguinte equação linear:

$$Y = 0,0005 X$$

onde X representa o IFP e Y a produção estimada em sc/ha.

Dessa forma, a utilização do IFP, que são avaliações medidas e não subjetivas, nos modelos matemáticos poderia reduzir significativamente a margem de erro das estimativas. De fato, aplicando-se essa equação aos dados de 2001/2002, que foi um ano agrícola em que todos os 14 talhões em estudo apresentaram produções, verificou-se que as estimativas das produtividades das 14 UEs, obtidas pela equação ($Y = 0,0005 X$) e sua comparação com as produtividades reais apresentaram margem de erro de 7 %, enquanto que a comparação entre as estimadas efetuadas visualmente, por técnicos especializados na cultura, e as reais foi de 9%. Portanto, a utilização da equação $Y = 0,0005 X$, obtida através dos índices fenológicos de produção permite estimar a produtividade do cafeeiro, com até 6 meses de antecedência, com precisão superior a 93%.

Joel Irineu Fahl e Maria Luiza Carvalho Carelli

Instituto Agrônomo, Centro de Ecofisiologia e Biofísica

☎ (19) 3231-5422 R: 155

✉ fahl@iac.sp.gov.br; carelli@iac.sp.gov.br



Masako

Armazenamento de sementes de café



Fazuoli

As sementes de café, em condições normais de armazenamento (saco de papel, temperatura ambiente e umidade de 15% das sementes), perdem a sua viabilidade rapidamente. Sementes das duas espécies economicamente mais importantes, *Coffea arabica* e *C. canephora*, geralmente perdem a capacidade de germinação após três a seis meses da colheita. Por esta razão, as práticas normais de semeadura são realizadas logo após a colheita ou no máximo dentro do prazo de seis meses.

Em decorrência desse fato, os produtores de sementes têm dificuldades em manter os seus estoques reguladores, conseqüentemente, os viveiristas são obrigados a realizar a semeadura logo após a colheita que nessa ocasião nem sempre pode ser a melhor opção. Ainda, para produção de mudas enxertadas com a tecnologia de enxertia hipocotiledonar para plantio em áreas infestadas de nematóides, seria de grande valia se mantivesse reserva de sementes de café arábica e robusta aproximadamente por um ano, uma vez que a produção de mudas enxertadas pode ocorrer durante todo o ano.

Muitas razões evidenciam a necessidade de estabelecer uma metodologia adequada para a conservação de sementes

de café por períodos mais longos. Assim, vários trabalhos têm sido conduzidos pelos pesquisadores buscando estabelecer tecnologias capazes de melhorar as condições para prolongar a manutenção da viabilidade das sementes. Porém, esses estudos não foram congruentes, sendo muitas vezes conflitantes quanto a alguns aspectos como o teor de umidade inicial das sementes, embalagem a ser utilizada e condições ambientais de armazenamento.

Desta forma, no IAC, foram realizados vários estudos objetivando informar as melhores condições para o armazenamento de sementes de café arábica e robusta, de modo a preservar, pelo maior período de tempo possível, o mínimo de 70% de germinação para café arábica e 60% para robusta, segundo as Normas e Padrões de Produção de Sementes Fiscalizadas de Café para o Estado de São Paulo.

Sementes de *C. arabica* cv. Mundo Novo, IAC 388-6 e *C. canephora* cv. Apoatã IAC 2258 foram obtidas de café cereja, na safra de 1999. Logo após a colheita, os frutos foram despulpados mecanicamente, degomados por fermentação natural durante 24 horas e as sementes foram lavadas em água corrente. Em seguida, secadas à sombra para obter dois

níveis de umidade das sementes: alta (35 - 37%) e média (20 - 25%). As sementes foram acondicionadas em dois tipos de embalagens: saco plástico transparente de polietileno com parede simples de 0,16 mm de espessura e saco plástico trançado. As sementes foram tratadas com fungicida Tecto 600 na proporção de 1g/kg de sementes.

Após o tratamento, as sementes foram armazenadas em três locais diferentes, relacionados a seguir:

1. Laboratório de sementes, sem controle de temperatura e umidade relativa do ar, tendo sido registrados os valores de 22 a 29°C e 70 a 95%U.R., respectivamente, ao longo do experimento;
2. Baú frigorífico, com temperatura controlada 13° ± 3°C e 60% a 90%U.R.;
3. Câmara fria, com temperatura e umidade relativa do ar, 9° ± 1°C e 57% ± 1%U.R., respectivamente.

Tabela 1. Porcentagem de germinação de sementes de *Coffea arabica* cv. Mundo Novo IAC 388-6 e sua umidade (%), utilizando sementes em duas embalagens e armazenadas em três ambientes.

Ambiente	Embalagem	Umidade (%)			Germinação (%)			
		Inicial	6 meses	12 meses	Inicial	6 meses	10 meses	12 meses
Sala	Polietileno	20	21	19	95	15	0	0
		37	29	30	95	76	7	0
	Trançado	20	13	12	95	16	0	0
		37	13	11	95	28	0	0
Baú	Polietileno	20	19	20	95	84	40	5
		37	35	33	95	94	87	87
	Trançado	20	13	16	95	92	74	55
		37	13	16	95	82	72	53
Câmara	Polietileno	20	18	19	95	93	91	77
		37	34	33	95	95	92	58
	Trançado	20	10	10	95	94	83	83
		37	10	9	95	92	89	82

Tabela 2. Porcentagem de germinação de sementes de *Coffea canephora* cv. Apoatã IAC 2258 e sua umidade (%), utilizando sementes em duas embalagens e armazenadas em três ambientes.

Ambiente	Embalagem	Umidade (%)			Germinação (%)			
		Inicial	6 meses	12 meses	Inicial	6 meses	10 meses	12 meses
Sala	Polietileno	25	26	21	95	1	0	0
		35	34	30	95	9	0	0
	Trançado	25	11	11	95	1	0	0
		35	11	11	95	3	0	0
Baú	Polietileno	25	25	26	95	80	25	2
		35	32	33	95	91	76	51
	Trançado	25	12	17	95	81	28	4
		35	13	17	95	63	20	4
Câmara	Polietileno	25	24	25	95	76	18	2
		35	32	34	95	76	23	21
	Trançado	25	11	10	95	59	47	47
		35	8	9	95	54	36	30

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, com esquema fatorial 3x2x2, sendo 3 ambientes, 2 tipos de embalagens e 2 níveis de umidade inicial das sementes, para cada espécie de café, utilizando quatro repetições.

As análises de germinação e de umidade de sementes foram feitas conforme as Regras Para Análise de Sementes, no início do experimento e a cada dois meses durante o período de armazenamento.

O grau de umidade foi determinado com duas repetições de 30 g de sementes em estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, durante 24 horas. Para os testes de germinação, foram utilizadas sementes desprovidas de pergaminho, retirado manualmente, e conduzidos à temperatura constante de 30°C com quatro repetições de 50 sementes.

Os resultados dos testes de germinação e de umidade das sementes das cultivares Mundo Novo e Apoatã obtidos durante o armazenamento são apresentados nas tabelas 1 e 2. Verifica-se que a embalagem de polietileno com 0,16mm de espessura mostrou-se eficiente na preservação da umidade das sementes ao longo do período experimental em todos os ambientes, exceto no ambiente de laboratório que apresentou um pequeno declínio. Por outro lado, a embalagem de saco plástico trançado permitiu a perda da umidade após 2 meses de armazenamento em todos os ambientes testados.

As sementes mantidas em ambiente de laboratório, sem controle de temperatura e umidade relativa do ar, apresentaram rápida queda de germinação, a partir de 6 meses de armazenamento, especialmente acentuada na cv. Apoatã, independentemente da embalagem e umidade inicial das sementes ocorrendo antes mesmo desse período.

O tratamento mais eficiente para preservação de *C. canephora* cv. Apoatã IAC 2258 foi o que conjugou o acondicionamento das sementes com umidade inicial alta de 35%, em sacos de polietileno, em baú frigorífico ($10 - 16^\circ\text{C}$, 60 – 90% UR), proporcionando a germinação de 76% com 10 meses de armazenamento. É interessante notar que, aos 12 meses, ainda apresentaram 51% de germinação, valor que, apesar de ser inferior ao recomendado pelas normas da CSM, mostrou-se superior aos demais tratamentos com 10 meses de armazenamento.

A conservação das sementes de *C. arabica* cv. Mundo Novo, de modo geral, nos ambientes com temperatura controlada (baú e câmara) foi bastante satisfatória. Na câmara fria, até os 10 meses de armazenamento, apresentaram alta taxa de germinação, independentemente da embalagem e umidade inicial das sementes, porém, aos 12 meses as melhores condições foram sementes embaladas no saco trançado tanto na umidade alta e na média. No baú, somente as conservadas em saco de polietileno e umidade inicial alta, preservaram a germinação de 87%.

Considerando-se que para produzir mudas enxertadas há necessidade de se dispor de sementes viáveis das duas espécies envolvidas e sobretudo que apresentem índices de germinação mínima de 70% para arábica e 60% para robusta, verificou-se neste experimento que é possível até aos 10 meses de armazenamento obter estes índices de germinação.

CONCLUSÃO

Para a conservação de sementes de café das espécies *C. arábica* e *C. canephora*, a melhor condição para o armazenamento é a do Baú frigorífico com temperatura entre 10 e 16°C , utilizando embalagem de saco de polietileno de 0,16 mm de espessura e alta umidade inicial de sementes, ao redor de 35%.

Masako Toma Braghini e Luiz Carlos Fazuoli

Instituto Agrônômico, Centro de Café “Alcides Carvalho”

☎ (19) 3241-5188 ramal 370; 3212-0458

✉ mako@iac.sp.gov.br

Cafeeiros resistentes ao bicho-mineiro



Guerreiro

O parque cafeeiro nacional é formado por cerca de seis bilhões de cafeeiros, sendo um terço representado por cultivares da espécie *Coffea canephora* e o restante formado por cultivares de *C. arabica*, todas suscetíveis ao bicho-mineiro, principal praga da cultura (Figura 1). A magnitude do dano causado varia em função de práticas de manejo e, especialmente, pelas condições climáticas das regiões de cultivo. De modo geral, a praga é de ocorrência generalizada, sendo necessário o controle químico que contribui para o aumento importante do custo total de produção.

Mesmo em regiões de alta incidência populacional, o manejo adequado das lavouras feito mediante preservação de inimigos naturais e redução da população de adultos feita com inseticidas de baixa toxicidade, permite que o nível de dano nas lavouras seja reduzido. A prática exige, porém, bastante atenção relacionada ao desenvolvimento biológico do inseto e às condições climáticas predominantes, especialmente com a incidência de chuvas.

Maior flexibilidade em relação à adoção dessas estratégias de manejo e maior segurança na redução de custos pode ser conseguida com o plantio de cultivares resistentes (Figura 2), nas quais as lesões provocadas nas folhas, são irregulares e de tamanho bastante reduzido.

Por esses motivos, o Instituto Agrônomo de Campinas vem, há anos, selecionando populações resistentes ao bi-

cho-mineiro, mediante transferência de genes de resistência ao inseto presentes na espécie *C. racemosa*. A genealogia de um material bastante promissor é apresentada na figura 3.

Embora *C. arabica*, espécie a ser melhorada, e *C. racemosa*, espécie doadora dos genes de resistência sejam geneticamente distantes, a obtenção de híbridos é obtida com relativa facilidade. No entanto,



Figura 1. Lagartas e lesão formada nas folhas pelo bicho-mineiro-do-cafeeiro, *Leucoptera coffeella*.

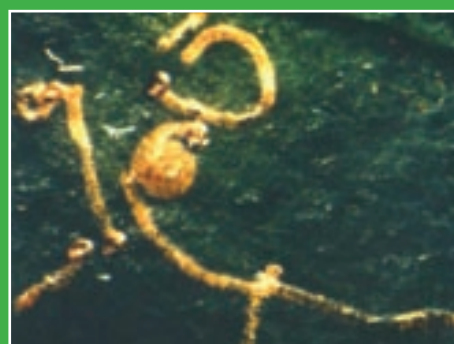


Figura 2. Lesões filiformes causadas por lagartas em folhas de cafeeiros resistentes ao bicho-mineiro.

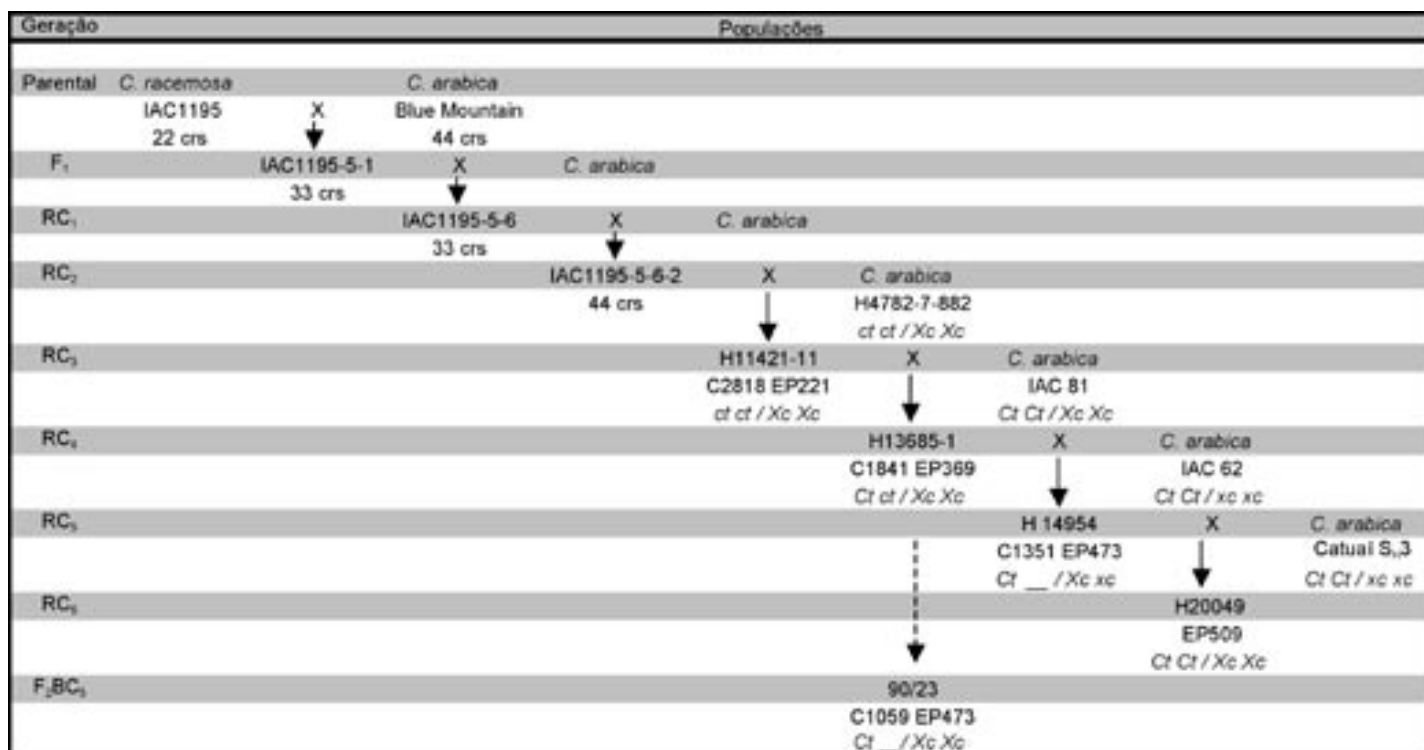


Figura 3. Genealogia da progênie H20049 pertencente à geração RC6 e cultivada no ensaio de progênies EP 509, em Campinas (SP).

Tabela 1. Características de plantas, sementes e frutos de populações oriundas do cruzamento entre *Coffea arabica* e *C. racemosa* presentes em ensaios de progênies em Campinas, SP.

Ensaio	Geração	Planta	Cova	Plantas				Resistência		Sementes			Frutos		
				Produção ¹	Porte	Vigor ²	Maduração	Ferrugem ³	Bicho-mineiro ⁴	Moca	Concha	Chato	Massa	Chocho	Cor
				kg		pontos		pontos	pontos	%	%	%	%	%	
507	F ₁ RC ₁	H13685-1	15	9100	Baixo	7	Média	2	1	12	1	87	145	9	Vermelha
507	F ₁ RC ₁	H14954-10	126	6700	Baixo	6	Tardia	2	1	13	1	86	180	8	Laranja
509	RC ₁	H13685-1-25	822	8600	Baixo	7	Média	2	1	11	3	86	140	11	Vermelha
507	F ₁ RC ₁	H14954-46	49	8700	Baixo	7	Tardia	2	2	10	1	89	140	19	Vermelha
507	F ₁ RC ₁	H14954-40	122	6800	Alto	7	Média	3	2	3	1	96	140	17	Laranja
508	F ₁ RC ₁	H14954-40	262	4100	Baixo	8	Média	2	2	16	0	84	170	12	Laranja
508	F ₁ RC ₁	H13685-1-25	436	8100	Baixo	8	Média	3	2	16	1	83	195	11	Vermelha
507	F ₁ RC ₁	H14954-46	644	9500	Baixo	6	Tardia	3	2	15	2	83	160	6	Laranja
507	F ₁ RC ₁	H13685-1-25	796	7100	Baixo	5	Tardia	2	2	5	3	92	150	13	Vermelha
507	F ₁ RC ₁	H13685-1-25	803	10400	Alto	7	Tardia	2	2	19	2	79	155	14	Vermelha
508	F ₁ RC ₁	H13685-1-25	432	8400	Baixo	7	Tardia	3	3	11	1	88	165	6	Vermelha
507	F ₁ RC ₁	H14954-46	448	5400	Baixo	8	Média	4	3	17	2	81	170	6	Laranja
507	F ₁ RC ₁	H13685-1-25	907	11000	Baixo	8	Tardia	2	3	13	1	86	150	1	Vermelha
507	F ₁ RC ₁	H13685-1-25	799	9000	Baixo	8	Precoce	2	3	6	2	92	135	11	Vermelha
509	RC ₁	H14066-12	823	8800	Baixo	9	Média	1	3	20	2	78	155	9	Vermelha
507	IAC 81	1	608	9900	Baixo	8	Tardia	4	8	14	2	84	160	7	Vermelha
508	IAC 81	1	547	9500	Baixo	8	Tardia	4	9	20	1	79	160	6	Vermelha
509	IAC 81	1	932	6500	Baixo	9	Tardia	4	9	10	2	88	140	5	Vermelha

1 = Produção de frutos maduros 2005-2006; 2 = escala de 1 a 10, sendo 1 para menos vigorosas e 10, para mais vigorosas; 3 = escala de 1 a 4, sendo 1, resistentes, 2, moderadamente resistentes, 3, moderadamente suscetíveis e 4, suscetíveis; 4 = escala de 1 a 10, sendo 1 as mais resistente e 10 as mais suscetíveis

enquanto *C. arabica* é autógama e tem 44 cromossomos somáticos, *C. racemosa* é alógama e diplóide ($2n = 2x = 22$ cromossomos), sendo os cruzamentos controlados por um sistema de incompatibilidade do tipo gametofítico que impede a autofecundação das plantas. Como consequência prática, surgem problemas relativos à fertilidade das plantas, como alta incidência de frutos chochos e sementes do tipo moca (Tabela 1) que são ainda observados mesmo em gerações avançadas. A frequência de sementes-concha não é elevada nas populações em seleção, mas em algumas progênies ainda é frequente a ocorrência de plantas anormais, como aneuplóides.

No entanto, a maior dificuldade reside na obtenção de plantas homozígotas com progênies uniformes no que concerne a expressão da resistência ao inseto. A herança condicionada por dois genes complementares e dominantes parece sofrer influência de genes menores, uma vez que a autofecundação sucessiva de plantas resistentes não proporcionou até o presente, a obtenção de progênies formadas exclusivamente por cafeeiro resistentes ao bicho-mineiro. Estudos aliando análise genéticas tradicionais à técnicas moleculares tem buscado elucidar os mecanismos de herança e expressão da resistência do cafeeiro a *L. coffeella*.

Por outro lado, como *C. racemosa* apresenta certa tolerância a períodos prolongados de estresse hídrico e as primeiras hibridações para transferência da resistência ao inseto foram realizadas com cultivares de *C. arabica* resistentes ao fungo *Hemileia vastatrix*, as populações híbridas



Figura 4. Aspecto fitossanitário, vigor vegetativo e carga pendente de plantas da progênie H14954-46 em Campinas, SP (Março/2007).

segregantes têm maior vigor vegetativo que as cultivares Catuaí e Mundo Novo em ensaios de progênies sem irrigação ou qualquer controle fitossanitário (Figura 4).

Também em ensaios de progênies sem controle químico de bicho-mineiro e ferrugem, algumas plantas apresentam produção de frutos bastante elevada e superior às melhores plantas das cultivares comerciais usadas como controle. A produção média das progênies híbridas, no entanto, tem sido sempre inferior à produção das testemunhas, as cultivares Catuaí e Mundo Novo.

Testes sensoriais realizados por diferentes equipes de provadores com plantas selecionadas das gerações RC₅, F₂RC₅ e F₃RC₄, indicam que a bebida dos derivados de *C. racemosa* é de excelente qualidade, sendo que algumas plantas apresentam aromas característicos de especial interesse para blends com cultivares de *C. arabica*.

Ensaio de campo com clones de plantas selecionadas pela capacidade produtiva, resistência ao bicho mineiro e características favoráveis de frutos e sementes vêm sendo conduzidos e representam uma perspectiva de cultivo em prazo mais curto que variedades resistentes propagadas por sementes.

Oliveiro Guerreiro Filho

Centro de Café 'Alcides Carvalho' (IAC)

☎ (19) 3241-5188 ramal

✉ oliveiro@iac.sp.gov.br

A ferrugem alaranjada do cafeeiro e a obtenção de cultivares resistentes

A moléstia conhecida como ferrugem alaranjada do cafeeiro é provocada pelo fungo *Hemileia vastatrix* e foi constatada pela primeira vez, no Brasil, em 17 de janeiro de 1970, na Bahia. Devido à sua rápida disseminação, em poucos anos, todo o parque cafeeiro brasileiro foi afetado.

Imaginava-se na época que um monstro avassalador iria acabar com a nossa cafeicultura, como ocorreu em alguns países asiáticos. Apesar dos nossos cafezais serem constituídos de cultivares suscetíveis à moléstia, isso felizmente não ocorreu. As condições agrometeorológicas de cultivo do café no Brasil e a possibilidade econômica e tecnicamente viável do controle químico do fungo causador da moléstia foram fatores que colaboraram para alterar a idéia pessimista dos nossos cafeicultores daquela época. No entanto, apesar das perdas estimadas pela ação da ferrugem nos cafezais serem grandes e variarem de região para região, uma considerável parte dos cafeicultores não tem utilizado o controle químico e quando o usa, quase sempre o faz de modo inadequado. Os cafeicultores que controlam a ferrugem eficientemente usam também outras práticas culturais necessárias, explorando de maneira adequada o potencial produtivo das cultivares indicadas para o

plantio no Brasil, apesar de suscetíveis a *H. vastatrix*. Existem atualmente muitos produtos químicos que controlam eficientemente a ferrugem, desde que aplicados corretamente. No entanto, o seu custo é relativamente alto, na maioria dos casos. Dessa maneira, o desenvolvimento de cultivares rústicas com alta capacidade produtiva e com resistência à ferrugem, é de suma importância para a nossa cafeicultura.

SINTOMAS DA DOENÇA

A ferrugem ataca principalmente as folhas do cafeeiro e raramente os frutos e extremidades de brotação novas. Os primeiros sintomas da moléstia correspondem ao aparecimento, na face inferior das folhas, de pequenas manchas de coloração amarelo-pálida, de 1 a 3 mm de diâmetro e aspecto ligeiramente oleoso, quando são observadas por transparência. Estas manchas desenvolvem-se em poucos dias, tornando-se amarelo-alaranjadas e pulveru-

lentas, chegando a atingir 2 a 3 cm de diâmetro. Quando coalescem podem cobrir grande extensão do limbo foliar. A pulverulência amarelo-alaranjada é constituída pelos esporos do patógeno e consiste no único sinal externo da moléstia. As folhas atacadas em geral caem prematuramente, prejudicando o desenvolvimento das plantas jovens e comprometendo a produção das adultas. A ocorrência de desfolhas repetidas irá exaurir a planta e o cafezal tornar-se-á antieconômico. Nos anos de alta produção dos cafeeiros, tem-se verificado maior índice de ataque.

RAÇAS FISIOLÓGICAS

Os trabalhos pioneiros sobre a especialização fisiológica de *H. vastatrix* e o comportamento do complexo *Coffea/Hemileia vastatrix* foram realizados, primeiramente, na Índia e mais tarde prosseguidos e ampliados em Portugal. Em 29 de abril de 1955, foi inaugurado o Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC), em Oeiras, Portugal, tendo como seu criador o Dr. Branquinho D'Oliveira.

Com a criação do CIFC, as pesquisas relacionadas com a especialização fisiológica de *H. vastatrix* tomaram um impulso extraordinário. A partir de amostras de esporos de *H. vastatrix* provenientes das mais diversas regiões cafeeiras do mundo, foi possível, até o presente, a identificação de 45 raças fisiológicas:

No que se refere à distribuição geográfica das raças verificou-se que a raça II é a que tem a mais ampla distribuição pelos



Fazuoli



Masako



Bernadete



Baião



Folha com ferrugem



Obatã IAC-1669-20

países cafeicultores, seguida das raças I, III e XV. É bem provável que a distribuição geográfica das raças fisiológicas esteja relacionada com o material genético plantado nos países cafeicultores. Um fato que corrobora isto ocorre na Índia, que é considerado o paraíso das raças de ferrugem.

No que concerne à agressividade das raças fisiológicas, em estudos efetuados no CIFC, foram verificadas diferenças na agressividade de vários isolados da mesma raça, quando inoculados no mesmo hospedeiro.

HERANÇA DA RESISTÊNCIA

Em uma análise das informações existentes, até o presente, relativas à quantidade de fatores genéticos que conferem resistência a *H. vastatrix*, relatam um total de nove genes. A resistência de cafeeiros às raças fisiológicas de ferrugem é condicionada por fatores dominantes, aparentemente independentes. Estes genes receberam a sigla SH, que representa suscetibilidade a *Hemileia* e são designados por SH₁, SH₂, SH₃, SH₄, SH₅, SH₆, SH₇, SH₈ e SH₉. Atualmente admite-se haver mais fatores genéticos que ainda não foram identificados.

TIPOS DE RESISTÊNCIA: ESPECÍFICA E NÃO-ESPECÍFICA

Segundo vários pesquisadores a resistência caracteriza um estado relativo do nível da moléstia, sendo sua expressão máxima a hipersensibilidade, representada por “flecks”, clorose e no máximo pontos necróticos, e a imunidade representada pela ausência de sintomas da moléstia. A resistência pode ser interpretada de várias maneiras, em relação ao seu tipo. Assim, do ponto de vista genético, a resistência pode ser devida a oligogenes (genes qualitativos) ou poligenes (quantitativos). Em termos fenotípicos, ela pode ser completa ou incompleta (total ou parcial). No sentido de durabilidade, a resistência pode ser temporária ou durável. No que se refere às relações patógeno-hospedeiro, ela pode ser definida como específica ou não específica, diferencial ou uniforme e vertical ou horizontal.

Os termos “resistência vertical” e “resistência horizontal” têm sido amplamente utilizados no melhoramento de plantas visando resistência às moléstias. A resistência vertical é caracterizada, principalmente, pela presença da interação diferencial entre o hospedeiro e o patógeno e, resistência horizontal, pela ausência dessa inte-

ração. A maior parte das informações existente na literatura mostra que a resistência vertical confere proteção completa contra determinada moléstia, mas não de maneira permanente. Por outro lado, a resistência horizontal condiciona proteção incompleta, mas permanente. A resistência horizontal é estável (permanente), por ser baseada em mecanismos de resistência que estão fora do alcance do parasita. Os termos resistência horizontal e incompleta têm sido utilizados em café como sinônimos.

Em programas de melhoramento do

Raças Constatadas no Brasil

A primeira raça de *H. vastatrix* constatada no Brasil foi a raça II, em 1970, na Bahia. No mesmo ano, essa raça foi detectada nos Estados do Espírito Santo e Minas Gerais. O fungo *H. vastatrix* teve disseminação muito rápida, a partir da data de sua constatação no país. Parecia que iria tornar as lavouras inviáveis economicamente e as medidas tomadas pelo Governo Brasileiro evidenciaram essa preocupação. Seguindo a sua rápida marcha, em 1971 o fungo *H. vastatrix* raça II alcançou os Estados de São Paulo e Paraná e, posteriormente, outros estados brasileiros com culturas cafeeiras. A sua disseminação foi tão rápida, que num período de cinco a seis anos já tinha se alastrado por todas as regiões cafeeiras do Brasil. Novas raças fisiológicas de ferrugem foram sendo detectadas.

Até o presente, foram detectadas, no Brasil, 13 raças fisiológicas de *H. vastatrix* e pelo menos três isolados que poderão, no futuro, ser identificados como novas raças fisiológicas. Atualmente, tem-se verificado a presença de esporos de ferrugem em cafeeiros das cultivares Icatu, Catucaí e derivadas do Híbrido de Timor, anteriormente considerados como resistentes. Portanto, novas raças fisiológicas do fungo poderão estar presentes nessas plantações do Brasil

cafeeiro, visando resistência a *H. vastatrix*, desenvolvidos em vários países, desde o início, ênfase maior foi dada ao aproveitamento da resistência vertical. No entanto, desde 1971, logo após da constatação de *H. vastatrix* no Brasil, no plano de melhoramento do cafeeiro, visando resistência ao agente da ferrugem, desenvolvido pelo IAC, já se chamava a atenção para o estudo e aproveitamento da resistência vertical e horizontal. Atualmente, em programas de melhoramento do cafeeiro visando resistência a *H. vastatrix*, além do aproveitamento da resistência vertical, ênfase é dada, também, aos estudos e aproveitamento da resistência horizontal. Em vários outros países cafeicultores, nota-se, também, tendência para os estudos desses dois tipos de resistência.

RESISTÊNCIA DURÁVEL

O principal desafio dos programas de melhoramento genético visando resistência à ferrugem do cafeeiro é obter resistência durável. Este tipo de resistência torna-se ainda mais importante, quando se trata de culturas perenes como o café. O processo de melhoramento é ainda mais lento, devido ao longo ciclo de geração da cultura; por outro lado, a substituição da lavoura, quando a resistência da cultivar é superada, não apresenta a mesma flexibilidade de uma cultura anual, devido ao alto custo de implantação de novos cafeeiros.

A ferrugem alaranjada tem apresentado considerável variação na patogenicidade, com cerca de 45 raças fisiológicas já identificadas. A formação de novas raças de ferrugem é um problema iminente, que os melhoristas precisam enfrentar constantemente e parece estar relacionado com a pressão de seleção exercida pelos genes de resistência do hospedeiro.

Apesar dos grandes avanços ocorridos no melhoramento para resistência à ferrugem, ao longo de vários anos de pesquisa, os melhoristas e fitopatologistas têm a consciência que seus esforços para introduzir resistência em cultivares altamente produtivas, muitas vezes podem se tornar efêmeros. Por longo tempo, e ainda nos dias atuais, a seleção para resistência à ferrugem foi baseada em resistência completa, altamente específica, que é usualmente controlada por um ou poucos genes. Este tipo de resistência é muito atrativo aos olhos dos agricultores, pois as plantas são, geralmente, imunes às raças predominantes no ecossistema, para o qual foram desenvolvidas. Entretanto, esse tipo de resistência, na

maioria das vezes, é efêmero, em virtude da evolução de virulência do fungo.

Muitos termos e conceitos têm sido propostos para descrever outros tipos de resistência. Entre eles são incluídas designações tais como resistência de campo, intermediária, quantitativa, incompleta, parcial, horizontal, não-específica, etc. Cada um desses termos tem significado e implicações específicos, mas todos eles descrevem um efeito quantitativo sobre a epidemia e, geralmente, estão envolvidos em herança complexa. O interesse nesses tipos de resistência é aumentado, pois representa uma esperança na obtenção de materiais genéticos com durabilidade mais efetiva contra o patógeno

no alvo. Entretanto, a resistência somente pode ser identificada como sendo durável quando a cultivar é extensivamente usada na agricultura por longos períodos de tempo e em ambiente favorável ao desenvolvimento da doença. Por essa razão, a durabilidade da resistência pode apenas ser identificada pelo histórico da cultivar ao longo dos anos de cultivo. O fato é que ainda não se conhecem inteiramente as causas da resistência durável, nem como distingui-la da resistência não durável, nem mesmo que critério usar para decidir se dada resistência é durável. A questão é como identificar resistência durável e como selecionar para ela.

Fontes de Resistência na espécie *Coffea arabica*

Inúmeras seleções de cafeeiros *C. arabica*, com resistência a *H. vastatrix*, foram efetuadas, principalmente em material provindo da Etiópia e Sudão, em várias épocas, originando muitas progênies com os fatores genéticos de resistência SH_1 , SH_2 , SH_4 e SH_5 . Por outro lado, a seleção de cafeeiros tipo *C. arabica*, com o fator SH_3 , foi obtida em germoplasma derivado do cruzamento de *C. arabica* com *C. liberica*, evidenciando a origem do fator genético SH_3 de *C. liberica*.

Há indicações, na literatura, de fontes de resistência horizontal ou incompleta em seleções de *C. arabica*, principalmente, naquelas originadas da Etiópia e Sudão. Estes são locais onde, provavelmente, tenha-se originado o café arábica e o agente da ferrugem.

A partir de 1954, o IAC passou a avaliar as progênies recebidas da África com os fatores SH_1 , SH_2 , SH_3 e SH_4 . Algumas revelaram pouco adaptadas nas condições do Brasil e outras tiveram produção semelhante ao 'Bourbon Vermelho'. O aproveitamento do material introduzido foi efetuado, culminando com o lançamento, em 1975, da cultivar Iarana, originada pela mistura mecânica de sementes de cafeeiros homozigotos, para os fatores de resistência SH_1SH_1 , SH_2SH_2 , SH_3SH_3 e SH_4SH_4 , mas com características agrônomicas semelhantes. Infelizmente, esta cultivar não teve aceitação pelos produtores, pois tratava-se de material menos produtivo do que as cultivares Mundo Novo e Catuai.

Dessa maneira, centenas de combinações híbridas foram obtidas, tanto com a finalidade de associar os fatores SH_1 , SH_2 , SH_3 e SH_4 , como para a sua transferência às cultivares comerciais Mundo Novo, Acaia, Catuai Vermelho e Catuai Amarelo de *C. arabica*. Muitas progênies foram obtidas e estão plantadas em experimentos e campos de seleção. Algumas seleções de 'Mundo Novo' e 'Catuai', com o fator SH_1 e SH_2 , mostraram-se muito produtivas. Com o aparecimento de raças com os fatores de virulência v_1v_3 (raça III) e v_2v_3 (raça I), essas seleções perderam o interesse. No entanto, várias combinações de 'Catuai', com fatores SH_1 e SH_3 , estão se mostrando muito promissoras. De qualquer maneira, as progênies derivadas dessas hibridações estão sendo mantidas em condições de campo, visando o seu aproveitamento, também, em relação a características agrônomicas importantes, tais como, maturação, resistência a outras doenças e qualidade da bebida.

Fontes de resistência e seu aproveitamento em trabalhos de melhoramento desenvolvidos no IAC

O programa de melhoramento do cafeeiro, visando resistência ao agente da ferrugem, desenvolvido no IAC e iniciado em 1950, vinte anos antes do aparecimento da doença no país, era e vem sendo dirigido para vários propósitos: (a) aproveitamento dos fatores de resistência encontrados em introduções de *C. arabica*, simples ou principalmente associados, buscando a seleção de cafeeiros produtivos com estes genes; (b) seleção em populações F_2 e outras gerações mais avançadas de 'Mundo Novo', 'Acaia' e 'Catuai' com os fatores SH_1 , SH_2 , SH_3 , SH_4 , SH_5 simples ou associados; (c) aproveitamento da resistência encontrada em cafeeiros Híbridos de Timor (genes SH_6 , SH_7 , SH_8 , SH_9 e outros ainda não identificados), seus derivados e germoplasma 'Icatu', que apresentavam resistência a todas as raças fisiológicas conhecidas de *H. vastatrix*. No entanto, em poucos anos novas raças fisiológicas de *H. vastatrix* foram sendo detectadas e os cafeeiros que tinham os fatores genéticos SH_1 , SH_2 e SH_4 simples ou associados passaram a ser suscetíveis. Este fato levou os pesquisadores, que trabalham com o melhoramento do cafeeiro no IAC, a concentrarem os trabalhos em plantas que tinham o gene SH_3 e derivadas do Híbrido de Timor e, principalmente, do germoplasma 'Icatu', os quais, além de possuírem genes que conferem resistência específica a determinadas raças, têm também genes que condicionam resistência não-específica, talvez mais durável. A associação destes tipos de resistência também tem sido buscada, procurando resistência mais duradoura à ferrugem.



Tupi IAC 1669-33



Híbrido F1 (Tupi X Icatu)

Em Espécies Diplóides

A resistência de cafeeiros à ferrugem, nas espécies diplóides, tem sido detectada com maior frequência, principalmente, em *C. canephora*, *C. congensis*, *C. deweyi* e *C. liberica*. Desde há muito tempo, já se conhecia esta resistência, pois em muitos locais onde *H. vastatrix* teve um efeito drástico, as plantações de *C. arabica* foram substituídas por seleções de *C. canephora* e *C. liberica*. De todas as espécies utilizadas, *C. canephora* foi a mais importante e responsável pela restauração da cafeicultura em Java e em muitos outros países.

O aproveitamento das fontes de resistência das espécies diplóides, nos programas de melhoramento visando resistência a *H. vastatrix*, ficou relativamente mais fácil com a possibilidade de duplicação do número de cromossomos dessas espécies. No entanto, não se pode descartar o aproveitamento dos cafeeiros resistentes das espécies diplóides, pelo cruzamento direto com a espécie tetraplóide *C. arabica*. Esse procedimento irá resultar, inicialmente, cafeeiros triplóides, que poderão ser posteriormente utilizados em retrocruzamentos para o genitor tetraplóide, restaurando a fertilidade dos híbridos obtidos.

Além de resistência vertical, que tem sido constatada em cafeeiros derivados de *C. canephora*, detectou-se na cultivar Kouilou, pertencente a esta espécie, altos níveis de resistência horizontal ou de campo.

Estudos de herança do cafeeiro IAC 37, da cultivar Robusta de *C. canephora*, resistente a *H. vastatrix*, foram realizados por meio de hibridações desta planta, com cafeeiros suscetíveis da cultivar Kouilou, da mesma espécie. O cafeeiro Robusta IAC 37, após sofrer duplicação do número de cromossomos, foi utilizado no primeiro cruzamento com *C. arabica* cv. Bourbon Vermelho, para obter o germoplasma 'Icatu'. Foi sugerida a presença de pelo menos quatro fatores genéticos dominantes no ca-

feeiro Robusta IAC 37, conferindo resistência a *H. vastatrix*. Foi ainda constatado que os quatro genes condicionam uma reação tipo moderadamente resistente (MR), quando em condição heterozigótica.

Em Derivados do Híbrido *C. arabica* x *C. liberica*

No IAC, muitos híbridos intraespecíficos foram produzidos entre cafeeiros portadores do gene SH_3 , com as cultivares Mundo Novo, Acaiá, Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo de *C. arabica*, tentando transferi-lo para estas cultivares comerciais. Estes trabalhos geraram populações derivadas dessas hibridações, resultando em progênies altamente produtivas, com ótimas características agrônomicas e possuindo o gene SH_3 . Outras características de interesse, como tolerância à seca, oriundas das introduções IAC 1110 (série BA), também estão sendo introgrididas. Estas progênies de porte alto ou baixo (CtCt), portando o fator SH_3 no estado homozigoto, estão em fase final de seleção e avaliação regional.

Em Derivados do Cruzamento *C. canephora* x *C. arabica*

O estudo de cafeeiros originados de hibridação interespecífica *C. canephora* x *C. arabica* vem desde 1886, apesar de não ter sido efetuado com intensidade muito grande. No início dos estudos, os cafeeiros híbridos, com resistência a *H. vastatrix*, foram encontrados em condições naturais, em várias regiões da Indonésia, Índia e Ilha Reunião. Posteriormente, híbridos artificiais chegaram a ser utilizados em pequena escala e receberam denominações locais.

A seguir, são relatados alguns trabalhos de melhoramento, realizados no IAC, visando o aproveitamento de outros cafeeiros derivados do cruzamento interespecífico entre *Coffea canephora* e *C. arabica*.

No Híbrido de Timor e Seus Derivados

Um outro provável híbrido natural entre *C. canephora* e *C. arabica*, com resistência a *H. vastatrix*, foi encontrado na Ilha de Timor, na década de 1940/49, na plantação de *C. arabica* cv. Típica. A planta original foi designada com o nome de Híbrido de Timor ou Moca. O primeiro nome referia-se ao local de origem e o segundo, foi atribuído devido ao fato que este cafeeiro originava, em sua descendência, elevada quantidade de frutos arredondados ou do tipo moca. Estudos desenvolvidos no CIFC verificaram que se tratava de material muito valioso para o programa de melhoramento, devido ao fato de aqueles cafeeiros mostrarem-se resistentes a todas as raças de *H. vastatrix* conhecidas, até então, no CIFC.



Híbrido F1 (Obatã x Icatu)



Icatu Vermelho

A partir de 1960, clones e progênies do Híbrido de Timor foram distribuídos a vários países cafeicultores. Um vasto programa de cruzamentos com cultivares de *C. arabica* foi iniciado no CIFC, utilizando principalmente as plantas CIFC 832/1 e CIFC 832/2, resultando em material genético muito importante. O germoplasma resultante das hibridações de cultivares de *C. arabica* com cafeeiros Híbrido de Timor, de várias gerações, passou a ser distribuído para os diversos

centros de pesquisa com o café, em todo o mundo. Inicialmente, estas seleções não tiveram boa adaptação, nas condições que são estabelecidas as lavouras cafeeiras no Estado de São Paulo, apesar de apresentarem excelente nível de resistência ao agente da ferrugem. Em seguida, verificou-se que no germoplasma de Híbrido de Timor havia ocorrência dos fatores genéticos SH_5 , SH_6 , SH_7 , SH_8 e SH_9 , associados ou não, conferindo resistência a *H. vastatrix*.

Níveis de resistência incompleta ou parcial têm, também, sido detectados em cafeeiros Híbrido de Timor e seus derivados

O IAC recebeu do CIFC, a partir de 1968, numerosas progênies F_2 e F_3 , derivadas dos mais diversos cruzamentos de Híbrido de Timor com cultivares de *C. arabica* e outras derivadas do retrocruzamento para *C. arabica* cv. Catuaí ou Mundo Novo. Este trabalho resultou, em 2000, no lançamento das cultivares Tupi IAC 1669-33 e Obatã IAC 1669-20 (derivadas do híbrido CIFC H 361/4). Até o presente, estas duas cultivares têm se mostrado resistente às raças de ferrugem prevalentes no Brasil. No IAC, muitos cruzamentos foram também realizados entre Híbrido de Timor CIFC 832/1, CIFC 832/2 e outros, principalmente com as cultivares Catuaí, Mundo Novo, Acaia e Icatu. Muitas progênies estão em seleção bem adiantada, acumulando resistência específica e não-específica nos genótipos. Outras características como porte baixo, vigor, produtividade, diferentes tipos de maturação, sementes maiores e qualidade da bebida semelhante às cultivares comerciais, também estão sendo incorporadas. Outros cruzamentos mais complexos foram efetuados, incluindo neles, fontes do gene SH_3 . Dessa maneira, será possível a obtenção de cultivares de café derivadas do Híbrido de Timor e/ou com o gene SH_3 , com resistência mais durável à ferrugem.

No germoplasma Arabusta, Icatu e seus derivados

Em 1950, no Brasil, foi efetuado o cruzamento de um cafeeiro *C. canephora* cv. Robusta, com o número de cromossomos duplicados, com um cafeeiro *C. arabica* cv. Bourbon Vermelho, obtendo-se o híbrido F_1 (Arabusta). Posteriormente, dois retrocruzamentos para *C. arabica* cv. Mundo Novo foram efetuados, resultando no germoplasma 'Icatu', que apresenta plantas com enorme variabilidade para resistência a *H. vastatrix*. As plantas de 'Icatu' exibem diferentes níveis de resistência à ferrugem e, também, amplas possibilidades de seleção para outras características de interesse agrônomo

Em 1992, o IAC colocou à disposição dos produtores as cultivares Icatu Vermelho (várias linhagens), Icatu Amarelo (várias linhagens) e, em 1996, a cultivar Icatu Precoce IAC 3282, de excelente qualidade de bebida para café

espresso, pois é provavelmente derivada de um cruzamento natural com Bourbon Amarelo. Na época, estas cultivares eram resistentes às raças prevalentes. No entanto, com o passar do tempo e com o aparecimento de novas raças de ferrugem, esses genótipos passaram a evidenciar apenas sua resistência moderada ou parcial. Portanto, conforme principalmente o local plantado, nível de produção e a presença destas novas raças, as cultivares Icatu Vermelho, Icatu Amarelo e Icatu Precoce podem manifestar apenas a sua resistência de campo. Ainda não se pode avaliar se será uma resistência durável ou não. No entanto, grande parte dos cafeicultores não consegue entender como isto ocorreu. Atualmente, novas seleções do germoplasma 'Icatu' estão sendo efetuadas em progênies ainda resistentes às raças prevalentes, evidenciando serem portadoras de maior número de genes que conferem resistência específica.

Uma possibilidade que está também sendo pesquisada é o plantio do híbrido F_1 (Arabusta) entre a cv. Catuaí Vermelho e *C. canephora* cv. Robusta, com o número de cromossomos duplicados. Estes híbridos F_1 são altamente resistentes às raças de ferrugem prevalentes nas parcelas experimentais e em campos de seleção. As plantas matrizes (futuros clones) estão sendo propagadas vegetativamente via estaquia ou cultura de tecidos. Atualmente, está sendo estudada a viabilidade prática do plantio de vários clones F_1 , originados dos cruzamentos com diferentes plantas de café Robusta com o número de cromossomos duplicados. Com o aquecimento global, estes clones de Arabusta e híbridos de Icatu com Catuaí assumem grande importância, pois trata-se de cafeeiros tolerantes a altas temperaturas.

Em Germoplasma Oriundo de Cruzamentos Complexos Envolvendo Várias Fontes de Resistência

No IAC, numerosos cruzamentos complexos foram e vêm sendo realizados desde a década de 80, tentando incorporar os genes SH_1 , SH_2 , SH_3 , SH_4 e SH_5 simples ou associados com os do Híbrido de Timor e do 'Icatu' (SH_6 , SH_7 , SH_8 e SH_9), formando combinações genotípicas complexas. Estes genótipos estão sendo estudados quanto à resistência à ferrugem, produtividade, vigor, enfolhamento, rendimento, características tecnológicas e químicas, qualidade da bebida, tolerância às condições adversas do ambiente (seca e calor) e outras características agrônômicas de interesse. Muitas progênies foram selecionadas e continuam sendo submetidas à seleção. Espera-se, com isto, selecionar progênies com resistência à maior parte das raças de ferrugem, tanto com genes de resistência específica quanto não-específica. O acúmulo de maior número de genes de resistência em um mesmo genótipo, oriundos de diferentes fontes, poderá proporcionar o surgimento de resistência mais duradoura.

O ideal é ter no mesmo genótipo todos os genes SH_1 até SH_9 e outros de resistência parcial. Como a probabilidade disto ocorrer na prática é muito pequena, podem-se obter genótipos com diferentes fatores de resistência, mas com qualidades agrônômicas semelhantes. Neste caso, poder-se-ia utilizar um esquema de mistura de progênies com diferentes fatores de resistência, mas semelhantes quanto à maturação, produção e outras características agrônômicas, em um esquema semelhante ao utilizado na cultivar Colômbia (multili-

nhas). Este esquema poderá proporcionar resistência mais duradoura à ferrugem. Estes híbridos complexos poderão, também, ser multiplicados vegetativamente para uso direto pelos cafeicultores.

UTILIZAÇÃO DE HÍBRIDOS F₁ COM VÁRIOS FATORES DE RESISTÊNCIA À FERRUGEM

Diante das dificuldades práticas de incorporar, em condições homozigóticas, a maior parte dos genes SH_1 , a SH_6 , que conferem resistência à ferrugem em determinados genótipos, está sendo desenvolvido, no IAC, um projeto de melhoramento visando esta incorporação. Para isto, têm-se utilizado híbridos F₁ resultantes de cruzamentos de cafeeiros das cultivares Tupi IAC 1669-33, Obatã IAC 1669-20 (derivadas do Híbrido de Timor) com Icatu Vermelho. Estes híbridos F₁ são auto-férteis, apresentam heterose para características agrônomicas de interesse, como vigor vegetativo e produção, e reúnem em um determinado genótipo os genes dos diferentes genitores envolvidos nas hibridações. Outros cruzamentos de cafeeiros SH_3 com 'Icatu' também foram realizados, com resultados auspiciosos. Alguns dos genitores, além da resistência à ferrugem, possuem resistência ao nematóide *Meloidogyne exigua* e outros, ao bicho mineiro (*Leucoptera coffeella*). Dessa maneira, os híbridos F₁ com resistência múltipla (ampla resistência à ferrugem, nematóide e bicho mineiro) poderão ser multiplicados vegetativamente via estaquia ou cultura de tecidos. Estes híbridos serão também avaliados para resistência à seca e ao calor.

UTILIZAÇÃO DE CULTIVARES RESISTENTES

Existem controvérsias entre os pesquisadores que trabalham com resistência de plantas às moléstias, no sentido de qual seria o melhor caminho a ser tomado, para conviver, por tempo maior possível, com determinada moléstia, utilizando cultivares resistentes (resistência durável). Convém assinalar, que as interpretações dos tipos de resistência são as mais diversas e, desta maneira, uma definição epidemiológica para resistência às moléstias pode ser muito importante. O conhecimento da virulência e da agressividade das novas raças de ferrugem, que podem ocorrer, deverá ser um fator importante a ser considerado nos trabalhos de melhoramento, visando resistência mais duradoura.

No caso do cafeeiro Icatu, existem progênies da geração F₅RC₂ que apresen-

tam 100% de plantas resistentes, mas na maioria dos casos ocorrem progênies com certa porcentagem de plantas resistentes, associadas a plantas com graus intermediários de resistência (resistência parcial). A proporção de cafeeiros suscetíveis nestas progênies tem sido, de modo geral, em torno de 10%.

Pode-se admitir que o germoplasma Icatu, além dos genes SH_3 , SH_6 , SH_7 , SH_8 e SH_9 , possua um ou mais fatores genéticos, que conferem resistência ao agente da ferrugem. Estudos com o cafeeiro robusta original, que foi utilizado no primeiro cruzamento, sugeriram a presença, em nível diplóide, de 3 a 4 fatores genéticos conferindo resistência a *H. vastatrix*. Tem sido possível, também, estimar o número de genes em progênies de Icatu e derivados de Híbrido de Timor. Essas estimativas são feitas a partir de análises da porcentagem de cafeeiros suscetíveis, pertencentes ao grupo fisiológico E, em gerações F₂ e de retrocruzamentos. Foi possível estimar de um a quatro genes conferindo resistência às progênies de Icatu em seleção.

De outra parte, níveis de resistência parcial ou incompleta têm sido detectados com frequência nos cafeeiros Icatu. A resistência parcial no germoplasma Icatu parece estar associada a um ou poucos genes. Alguns pesquisadores relatam que a seleção para resistência incompleta (parcial) no germoplasma Icatu, poderá conduzir à resistência não durável. Sugerem, ainda, que seleção fenotípica de cafeeiros Icatu, com tipo de reação altamente resistente, poderia facilitar o acúmulo de vários alelos de resistência em cada genótipo. Isso seria, evidentemente, uma barreira contra a formação de novas raças de *H. vastatrix*. O mesmo tem ocorrido em cafeeiros derivados do Híbrido de Timor.

Portanto, como se pode notar, as progênies de Icatu e os derivados do Híbrido de Timor têm enorme diversidade em relação à resistência a *H. vastatrix*. É fundamental preservar essa diversidade, quando se pensa na utilização de cultivares de café com resistência a *H. vastatrix*, pelo cafeicultor. Essa talvez seja a base para se conseguir resistência durável, que forneça maior estabilidade em termos de preservar o nível de resistência no plantio comercial. Dessa maneira, nos trabalhos de seleção desenvolvidos no IAC, estão se aproveitando todos os tipos disponíveis de resistência à ferrugem.

No caso do café Icatu, Catuaí SH_3 , Mundo Novo SH_3 e derivados do Híbrido de Timor, a sugestão de alguns pesquisa-

dores não é usar multilinhas, pois a variabilidade para resistência já existe dentro da própria progênie. Verificou-se no germoplasma Icatu, que o nível de heterozigotidade, em gerações avançadas, varia com a porcentagem de cruzamento natural. No Icatu essa heterozigotidade deve ficar em equilíbrio em níveis médios a partir da geração F₅RC₂, em virtude da taxa mais elevada de cruzamento natural do 'Icatu', em relação a *C. arabica*. Sugere-se, portanto, o plantio, em nível comercial, de várias progênies de Icatu, de derivados de Híbrido de Timor e de híbridos complexos, na mesma propriedade, mas em lotes separados. Devem-se utilizar, preferencialmente, progênies com tipos diferenciados de maturação, para se ter melhor distribuição em relação à maturação dos frutos. Como consequência, proporcionar a colheita de maior quantidade de frutos maduros, o que deverá acarretar em melhor qualidade do produto final. Com o plantio de lotes separados, poder-se-á verificar o aparecimento de novas raças, bem como acompanhar a evolução do agente da ferrugem em cafeeiros suscetíveis. Pois, foi verificado que os cafeeiros suscetíveis de Icatu possuem maior enfolhamento do que aquele encontrado em cafeeiros suscetíveis dos cultivares Bourbon Amarelo e Mundo Novo. Esse maior enfolhamento poderá contribuir para reduzir, de maneira acentuada, os prejuízos causados pela moléstia. O mesmo ocorre com progênies derivadas do Híbrido de Timor, especificamente, Obatã IAC 1669-20 e Tupi IAC 1669-33.

Até o presente, essas cultivares são resistentes a todas as raças de ferrugem prevalentes no Brasil. É importante ressaltar, também, que muitas progênies de cafeeiros derivadas de cruzamentos de 'Catuaí', 'Villa Sarchi', 'Catuaí' e 'Mundo Novo' com Híbrido de Timor apresentam, além de resistência específica, um tipo de resistência de campo. O aproveitamento desses dois tipos de resistência parece ser a melhor alternativa para se obter resistência mais duradoura à ferrugem alaranjada do cafeeiro.

Luiz Carlos Fazuoli, Masako Toma Braghini, Maria Bernadete Silvarolla e Antonio Carlos Baião de Oliveira

Instituto Agrônomo, Centro de Café "Alcides Carvalho"

☎ (19) 3241-5188 ramal 370

✉ fazuoli@iac.sp.gov.br;

✉ mako@iac.sp.gov.br;

✉ bernadet@iac.sp.gov.br;

✉ baiao@iac.sp.gov.br

A luta contra a doença causada pelos nematóides parasitos

do cafeeiro



Wallace



Bernadete

A produtividade média da cafeicultura brasileira vem apresentando avanços, estando hoje na faixa de 16 sacas de café beneficiado por hectare, porém, muito abaixo da sua real potencialidade e dos valores alcançados por muitos cafeicultores. Sabe-se que o custo de produção apresenta estreita correlação com o nível de produtividade das lavouras. As despesas fixas, que são muitas, oneram mais os plantios menos produtivos e reduzem a competitividade da cafeicultura de um modo geral. Desta forma, é importante produzir café com eficiência e para isso, os principais fatores relacionados à produção devem ser bem conhecidos, de forma a permitir que se obtenha o máximo proveito dos parâmetros favoráveis ou se contorne, da melhor maneira, aqueles que se apresentam como limitantes à sustentabilidade da cultura.

É fundamental, portanto, o conhecimento dos fatores de produção que se apresentam como limitantes ou “gargalos” no processo produtivo do café, sendo que estes podem variar de acordo com a região ou propriedade rural. Dentre esses fatores pode-se citar a ocorrência de fitonematóides, antiga ameaça aos cafezais descrita por Goeldi em 1887, associando *Meloidogyne exigua* ao deperimento de cafezais da então Província do Rio de Janeiro e provocando a substituição da cultura cafeeira pela da cana-de-açúcar. Mesmo considerando o valor histórico desse trabalho e seu pioneirismo no Brasil, relatando os danos da doença causada por um fitonematóide para uma cultura de interesse econômico, ainda hoje os nematóides têm sua importância subestimada como parasitos do cafeeiro.

Diversas espécies representando vários gêneros de fitonematóides têm sido encontradas associadas às raízes de cafeeiros no Brasil, sendo que as espécies dos gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus* são as mais prejudiciais à cafeicultura do Brasil. Atualmente, as áreas mais afetadas pela presença desses parasitos são as de solos arenosos e degradados física, química e biologicamente da cafeicultura paulista

e paranaense. Nessas regiões, *M. incognita* e *M. paranaensis* associadas ou não a nematóides do gênero *Pratylenchus* são as espécies que vêm causando maiores danos. A ampla disseminação, a notável capacidade de destruir o sistema radicular, a alta persistência no solo, o grande número de plantas hospedeiras, a existência de raças fisiológicas (*M. incognita*), além da intolerância das cultivares de *Coffea arabica* a esses parasitos fazem com que esses nematóides constituam fator limitante tanto para a implantação de cafezais em áreas onde ocorrem (Figura 1) quanto para a manutenção daqueles já contaminados (Figura 2). Outra importante espécie de nematóides é *M. exigua*, que forma galhas típicas nas raízes sem, contudo, destruir o sistema radicular, o que torna seus danos menos graves, podendo muitas vezes até passar despercebida, principalmente em cafezais instalados em solos férteis, onde as perdas locais são menores (Figura 3). Entretanto, embora não seja tão patogênica quanto as outras espécies de *Meloidogyne*, provavelmente, *M. exigua* seja o fitonematóide que causa as maiores perdas totais à cafeicultura brasileira em função de encontrar-se amplamente disseminado nas lavouras das principais regiões produtoras de café, mesmo naquelas emergentes e promissoras.

O controle dos fitonematóides é, de maneira geral, difícil de ser realizado. Deve-se ter em mente que estando a área já contaminada, sua erradicação é praticamente impossível. Entretanto, esses parasitos podem, muitas vezes, ter suas populações reduzidas e mantidas em níveis baixos através da integração de medidas de controle. Para tanto, dois elementos são essenciais: a observação e utilização dos fatores que limitam o desenvolvimento e reprodução dos fitonematóides e a tolerância das plantas a certos níveis populacionais. Como alimento, a planta é um dos fatores mais importantes no desenvolvimento da população de um fitonematóide, condicionando a ocorrência dessa doença em caráter epidêmico ou não, em função do nível de resistência apresentado.



Figura 1. Sintomas da parte aérea em lavoura de Icatu Vermelho IAC 4045 instalada em solo infestado por *Meloidogyne paranaensis*. Fazenda Santo Antônio - Herculândia, SP.

A adoção e o êxito de qualquer estratégia de manejo dependerão essencialmente da identificação correta da(s) espécie(s) e/ou raça(s) de nematóides presentes na gleba ou cafezal em que se deseja realizar o manejo desses parasitos. Dependerá também de análise crítica de sua aplicabilidade, em função do nível tecnológico e econômico do cafeicultor, das condições de condução da lavoura, da possibilidade de mudança de atividade agrícola em parte da propriedade, ou mesmo perda periódica de receita. As instituições de pesquisa agropecuária, dentre essas o IAC, vêm desenvolvendo tecnologias que visam reduzir os prejuízos causados pelos fitonematóides a nossa cafeicultura. Entretanto, essas ações necessitam de maiores suportes financeiro e humano, uma vez que, com a evolução das técnicas de identificação de nematóides, provavelmente, nova(s) espécie(s) e/ou raça(s) serão encontradas associadas ao sistema radicular dos cafeeiros. Assim, as medidas de controle tais como recomendações de cultivares resistentes, rotações de culturas e controle biológico devem ser constantemente aprimoradas, visto que os genes de resistência, certas plantas antagonistas e agentes de controle biológico do tipo *Pausteria* são específicos e não podem ser utilizados para todas as espécies de *Meloidogyne*. Aliadas a isso, medidas fitossanitárias devem ser adotadas para evitar a introdução desses parasitos em áreas não infestadas.

Os trabalhos de pesquisas que visam ao manejo dos nematóides parasitos do cafeeiro em execução no Centro de Café Alcides Carvalho, do IAC, visam principalmente ao desenvolvimento de cultivares de café com resistência a nematóides, para serem utilizados de maneira integrada com outras táticas de manejo de nematóides. A baixa eficiência de algumas dessas táticas de manejo na cultura cafeeira, a facilidade de adoção, o nível de melhoramento alcançado pela cultura e a disponibilidade de um banco de germoplasma de *Coffea* com grande variabilidade genética com relação a agentes parasitos do cafeeiro foram requisitos considerados para o início dessas pesquisas, já em 1968, na então Seção de Genética do IAC.



Figura 2. Sintomas na parte aérea, em reboleira, em lavoura adulta da cultivar Mundo Novo IAC 376-4 infestada por *Meloidogyne paranaensis*. Fazenda Boa Vista - Pompéia, SP.

Ao contrário do que se verifica em *C. arabica*, as pesquisas têm mostrado que fontes de resistência aos nematóides do gênero *Meloidogyne* estão presentes em outras espécies de café, como em *C. canephora*, porém, as plantas, em sua grande maioria, segregam para a resistência. Das populações segregantes foram selecionados, em condições de campo e casa-de-vegetação, cafeeiros resistentes (Figura 4), sendo que alguns deles apresentam resistência simultânea a

algumas populações de *M. incognita*, *M. exigua* e *M. paranaensis*. No entanto, o que se vem observando é que a resistência do cafeeiro a nematóides formadores de galhas é, de maneira geral, específica à espécie ou raça. Os cafeeiros selecionados são resistentes aos parasitos sem, contudo, serem imunes a eles, e ainda apresentam uma taxa de segregação para suscetibilidade de 10 a 15%, fato esperado em decorrência do próprio sistema reprodutivo de *C. canephora*, que apresenta fecundação cruzada.

A utilização da técnica de enxertia hipocotiledonar, usando-se como porta-enxertos cultivares de *C. canephora* resistentes a nematóides, permitiu a utilização pelo cafeicultor das fontes de resistência a curto prazo. Assim, mesmo com alguns inconvenientes apresentados pelas mudas enxertadas, como a segregação para suscetibilidade, a pequena taxa de quebra do cavaleiro na região da enxertia, a maior porcentagem de replantio (15-20%) e a utilização somente em áreas de renovação ou replantio, a tecnologia desenvolvida pelo IAC ofereceu aos cafeicultores, desde 1987, uma alternativa para plantio de café em áreas infestadas por alguns nematóides. Experimentos conduzidos em áreas infestadas do Estado de São Paulo indicaram que há compatibilidade normal na enxertia desses porta-enxertos selecionados e em seleção pelo IAC com as cultivares de *C. arabica* suscetíveis à ferrugem, tais como Mundo Novo, Catuaí, Ouro Verde e outras, ou resistentes, como Icatu, Obatã, Tupi e outras. Além disso, verificou-se que a cultivar Mundo Novo enxertada em plantas resistentes a *M. exigua*, *M. incognita* e *M. paranaensis* produziu, em média, 37, 442 e 590% a mais que os cafeeiros de pé franco, respectivamente.



Figura 3. Cafeeiros da cultivar Mundo Novo IAC 376-4 implantados em solo infestado por *Meloidogyne exigua*, sob manejo (A) e testemunha (B). Fazenda Santo Amaro - São Sebastião do Paraíso, MG.



Figura 4. Clones de *C. canephora* resistentes a *Meloidogyne paranaensis*, selecionados em condições de campo. Fazenda Delícia - Cássia dos Coqueiros, SP.



Figura 5. Caféeiros da cultivar Obatã IAC 1669-20 enxertados em porta-enxerto selecionado pelo IAC (A) e de pé-franco (B), implantados em solo infestado por *Meloidogyne exigua*. Fazenda Santa Lúcia – Itirapuã, SP.



Figura 6. Cafezal formado pela cultivar Mundo Novo IAC 388-17-1 enxertado no porta-enxerto Apoatã IAC 2258 (A) e de pé-franco (B), em solo infestado por *Meloidogyne incognita*, após 21 anos de campo. Fazenda Boaventura - Gália, SP.



Figura 7. Caféeiros Icatu Vermelho IAC 4045 enxertados em porta-enxerto selecionado pelo IAC (A) e de pé-franco (B), em solo infestado por *Meloidogyne paranaensis*. Fazenda Santo Antônio - Herculândia, SP.



Figura 8. Lavoura formada pela cultivar Mundo Novo IAC 388-17-1 enxertada em porta-enxertos selecionados pelo IAC e conduzida de forma integrada a estratégias de manejo tais como rotação e cultura intercalar com mucuna-preta e matéria orgânica, em área infestada com *Meloidogyne paranaensis*. Fazenda Santo Antônio - Herculândia, SP.



Figura 9. Caféeiros de pé franco da cultivar Icatu Vermelho IAC 3888, resistentes e/ou tolerantes a *M. paranaensis* (A) e caféeiros suscetíveis da cultivar Obatã IAC 1669-20 (B). Fazenda Santo Antônio - Herculândia, SP.

Essa tecnologia vem se mostrando eficiente, adequada e com boa relação custo/benefício, visto que o rendimento proporcionado pelo aumento de produtividade propicia aos cafeicultores condições financeiras para cobrir o custo envolvido com a sua adoção (Figuras 5, 6, 7). Desta forma, sendo pouco onerosa, segura, não poluente e que pode ser utilizada aliada a diversas técnicas de manejo de nematóides (Figura 8), essa tecnologia contribui para a sustentabilidade da cultura cafeeira em áreas infestadas por nematóides, ou seja, permite a obtenção de maior produtividade a custos menores, tanto do ponto de vista econômico e social como ambiental.

A médio e longo prazos também deverá ser aumentada a utilização das fontes de resistência detectadas em outras espécies de café, lançando-se mão de hibridações interespecíficas, seguidas de várias gerações de retrocruzamentos para *C. arabica*, acompanhadas de seleções para resistência aos nematóides e demais caracteres agrônômicos de interesse.

As populações derivadas de cruzamentos entre *C. arabica* e *C. canephora*, como Icatu, Sarchimor e outras, vêm sendo intensivamente estudadas em relação à reação ao agente causador da ferrugem *Hemileia vastatrix*, tendo sido identificadas muitas plantas resistentes ao fungo. Paralelamente, tem-se verificado que essas populações apresentam também plantas resistentes e/ou tolerantes a *M. exigua*, *M. incognita* e *M. paranaensis* (Figura 9), porém, ainda segregando para a característica. Além disso, foram encontradas algumas seleções de Icatu e Sarchimor com boas características agrônômicas e já homozigotas para resistência a *M. exigua*, e apresentando bom potencial para se tornarem opções de cultivares resistentes para plantio de pé-franco.

Finalmente, deve ser ressaltado que todos os valiosos resultados até o momento alcançados nesta área só foram possíveis em decorrência da tradicional e proveitosa parceria entre a pesquisa e a assistência técnica, tanto oficial como particular, todas apoiadas pelos cafeicultores. Estes últimos são parceiros fundamentais, uma vez que colocam à disposição toda a infraestrutura que possibilita o desenvolvimento de um trabalho regionalizado e de longo prazo.

Wallace Gonçalves e Maria Bernadete Silvarolla
Instituto Agrônomo, Centro de Café “Alcides Carvalho”
☎ (19) 3241-5188 ramal 366
✉ wallace@iac.sp.gov.br; bernadet@iac.sp.gov.br

A composição química do café e as características da bebida e do grão

Até alguns anos atrás pouco se conhecia sobre as relações existentes entre os componentes químicos do café e as características do grão e da bebida. Mesmo não conhecendo as propriedades intrínsecas ao grão responsáveis pelos resultados finais, as tecnologias da cafeicultura brasileira foram aos poucos se adaptando para a produção de cafês de maior qualidade. Com esse intuito, tem se observado, por exemplo, que o café Natural vem cedendo espaço para o café Cereja Descascado, e que o café arborizado vem sendo pesquisado como alternativa para o cultivo a pleno sol.

Mais recentemente, equipamentos analíticos de alta resolução e *softwares* complexos têm permitido a análise química detalhada de grãos de café e possibilitado, com certo sucesso, o estabelecimento de vínculos entre eventos relacionados com o produto. Hoje em dia, muitas pesquisas vêm sendo feitas com o objetivo de identificar compostos que expliquem ou que tenham relação com as diferenças encontradas entre os cafês de altitude e os de regiões baixas, entre os cafês verdes e maduros, entre os cafês preparados pelos diferentes processos, incluindo o Natural, o Cereja Descascado e o Despulpado, entre os grãos adequadamente armazenados e os mal conservados, entre os cafês com qualidades distintas e entre os obtidos de diferentes cultivares.

Análises da composição química de café cru e torrado têm possibilitado também a identificação de espécies presentes em cafês torrados e moídos, a avaliação do potencial de exploração comercial do produto com fins outros que não o do seu emprego como alimento, a melhor compreensão dos efeitos da bebida na saúde do consumidor e a verificação da autenticidade de cafês processados.

Entre as possíveis aplicações dos resultados das análises químicas do grão de café, destacam-se também a interessante classificação quanto à origem e a seleção de cultivares promissoras para o desenvolvimento de cafeeiros com características pré-definidas.

A ampla utilização dos resultados dessas pesquisas, segundo apontado, é possível porque tudo o que ocorre com o café é resultado da composição química do grão, seja ele cru ou torrado. Partindo dessa premissa, é interessante conhecer como diferentes fatores bióticos e abióticos interferem na química do cafeeiro, e numa etapa posterior procurar correlacioná-la com as características da bebida, com o aspecto do grão e com o valor comercial potencial da cultivar.

Entre os compostos presentes no grão de café encontra-se a cafeína. Este é o composto naturalmente presente no grão e na bebida que há mais tempo vem sendo estudado e explorado industrialmente. A cafeína é agregada a medicamentos, é empregada na formulação de bebidas energéticas e é, também, a responsável pelos efeitos estimulantes do cafezinho. Ela foi o primeiro composto de café isolado e quantificado, e o fato de se encontrar em concentrações não tão baixas e poder ser quantificada por metodologia analítica mais simples, certamente favoreceram a sua detecção já em 1820. O café cru, porém, não contém apenas cafeína. Como tem sido divulgado em diferentes



Terezinha



Valéria

instâncias, ele contém, além de cafeína, consideráveis concentrações de compostos antioxidantes, lipídeos, proteínas e carboidratos. Encontram-se também no café cru vitaminas, minerais, água e ácidos, como o cítrico e o fosfórico, por exemplo.

A COLORAÇÃO DO CAFÉ CRU

Um dos quesitos considerados na determinação do valor comercial do café cru é o seu aspecto visual. Nele também se baseia a divisão do produto cru em classes segundo a Instrução Normativa nº 8 de 2003, que define os cafês comercializados com o governo federal. De acordo com esse documento, a coloração do café cru pode ser verde-azulada, verde-cana, verde, amarelada, amarela, marrom, chumbada, esbranquiçada ou discrepante. Já foram feitas algumas tentativas de identificar os compostos responsáveis pela coloração do grão, mas nenhuma conclusão parece ser até hoje inquestionável. Há grande tendência de se relacioná-la de alguma forma com os ácidos clorogênicos presentes no grão, entendendo-se por ácidos clorogênicos o conjunto de pelo menos 18 ésteres de ácido quínico. Alguns trabalhos indicam, por exemplo, que a coloração variando entre verde e marrom se deve à formação de um complexo entre os ácidos clorogênicos e íons de magnésio, de ferro, de cálcio ou de potássio. Outros consideram que ela resulta da mistura de ácidos clorogênicos em diferentes graus de oxidação e diversamente coloridos, como o próprio ácido clorogênico e os ácidos virídico e cafetânico, por exemplo. Algumas pesquisas revelam que a variação de cor indo de verde para amarelo, depois marrom e então preto, resulta da diminuição da concentração de ácidos clorogênicos totais, ou mesmo da relação entre as concentrações de pelo menos dois deles. Em trabalhos com cafês secos sob sol, as cores amarelada e marrom dos grãos crus já não foram atribuídas aos ácidos clorogênicos, mas sim a polímeros do álcool diterpênico cafestol. Nestes mesmos trabalhos foi considerada a hipótese de a cor verde-azulada se dever à formação de polímeros do também álcool diterpênico denominado kahweol.

É consensual que o branqueamento do grão de café é resultado de injúrias no endosperma, mas, novamente, os ácidos clorogênicos estão envolvidos com a constatação. Nos cafês branqueados, os ácidos clorogênicos se apresentam em menor concentração, as proporções entre eles se encontram alteradas e, adicionalmente, se observa redução da atividade da enzima polifenoloxidase

A BEBIDA

Os componentes químicos do grão de café definem a qualidade da bebida tanto do ponto de vista sensorial quanto do ponto de vista de saúde do consumidor.

Até pouco tempo, a qualidade sensorial do café era avaliada pela “prova de xícara” através das características de corpo, bebida, acidez, amargor, doçura, aroma, adstringência e qualidade global. Atualmente, até pela necessidade de classificar cafês em concursos de qualidade, essa avaliação tem sido pormenorizada de modo a permitir a diferenciação mesmo entre bebidas de ele-

vada qualidade e muito semelhantes. Para isso, outros atributos têm sido avaliados na “prova de xícara”, incluindo sabor, sabor residual e uniformidade entre xícaras, com descrição detalhada de nuances de cada item, que permitem caracterizar ao máximo o produto. Metodologias de análises de qualidade de bebida de café envolvendo nariz e língua eletrônicos também vêm sendo testadas, mas seu emprego ainda é restrito a área de pesquisa.

Em se tratando de análise sensorial, é de se supor que nenhuma das características da bebida se deva a um ou outro componente químico, mas sim a uma combinação entre eles, que atua sobre a percepção do consumidor. Apesar disso, há evidências da existência de indicadores químicos da qualidade. O que se pretende obter com muitas das pesquisas desenvolvidas no campo de análises químicas de café é justamente a identificação desses indicadores no grão. Para isso têm sido empregados como material de estudo principalmente o café cru, uma vez que ao torrar novas variáveis estarão envolvidas e deverão ser consideradas, visto que a composição do grão passa por transformações de intensidade variável em função do rigor do processo.

Resultados de estudos têm revelado que o amargor, a adstringência e o gosto de mofo da bebida de café se devem ao nível de concentração de ácidos clorogênicos e das proporções em que diferentes deles se encontram no café cru. Cafés no estágio de maturação adequado na colheita contêm menos ácidos clorogênicos e, proporcionam bebidas menos adstringentes e com sabor mais característico de café. Pesquisas têm mostrado, também, que, contrariamente ao que se divulgou anteriormente, a cafeína tem pouco efeito no amargor da bebida.

Entre os compostos mais abundantes em café cru encontra-se a sacarose. Tanto a sacarose quanto a trigonelina, composto que se encontra em concentração da ordem de 1,0% em café arábica, estão altamente relacionadas com a composição do aroma da infusão. Cafés com concentrações mais elevadas dos compostos são potencialmente mais aromáticos dos que aqueles em que se encontram em concentrações mais baixas.

Os polissacarídeos constituem outra classe de compostos que se relacionam com as características da bebida de café. Eles constituem cerca de 50% do peso seco do café cru e, na forma de complexo com proteína e fenóis, interferem na viscosidade do café “espresso”, e, por conseguinte, na estabilidade do creme. As proteínas do café cru também interferem no creme do café “espresso”, mas, desta feita, na sua quantidade.

Outra classe importante de compostos do café é a constituída por sua fração lipídica. Não apenas a quantidade em que se encontra no grão, mas, também, a composição dessa fração está relacionada à qualidade da bebida, à coloração do café cru e ao potencial de exploração industrial do produto com outros fins que não visem aos cafés torrado/moído e solúvel. Há indicações, por exemplo, de que o gosto de madeira atribuído aos cafés velhos se deve a alterações nas concentrações de ácidos graxos e diterpenos livres formados durante a estocagem. A ação dos lipídeos se faz sentir, também, na retenção de aroma em café torrado.

Entre os compostos que se procuram relacionar com as características da bebida, com a espécie do café e com o seu processamento encontram-se também os ácidos. Vários ácidos orgânicos e inorgânicos já foram quantificados em café cru, estando entre eles os ácidos cítrico, acético, quínico e fosfórico. Há evidências de que a acidez da bebida se deve principalmente a este último.

Antigamente se atribuía muitas propriedades desmerecedoras ao café do ponto de vista de saúde do seu consumidor. Procurava-se, por exemplo, relacionar enfermidades estomacais, intestinais, cardíacas e osteoporose, entre outras disfunções, ao hábito de tomar cafezinho. Hoje se sabe que, ao contrário, quando ingerida sem exagero (4 a 6 xícaras de 50 ml por dia), a infusão de café torrado agrega várias propriedades benéficas para a saúde humana. Pela torração, a trigonelina do café verde, por exemplo, se transforma em ácido nicotínico e nicotinamida, duas formas de vitamina B3. Quando o café é torrado, os ácidos clorogênicos também se modificam e dão origem a produtos com elevado poder antioxidante, tendo também ele próprio essa atividade em intensidade moderada. Atividades antioxidantes são atribuídas também às melanoidinas, um conjunto de substâncias cuja quase totalidade ainda não foi identificada, e que se formam durante a torração

PESQUISAS DESENVOLVIDAS NO IAC

Reconhecendo a importância da composição química para o maior conhecimento dos cafeeiros e o grande potencial de aplicação da sua análise na cadeia produtiva do café, pesquisas sobre esse tema têm sido, nos últimos 6 anos, intensivamente incorporadas às já tradicionalmente conduzidas no Centro de Café ‘Alcides Carvalho’ do IAC.

Alguns dos trabalhos conduzidos no Centro de Café têm envolvido a busca do conhecimento dos efeitos do método de preparo e do *background* genético do cafeeiro na composição dos cafés cru e torrado, bem como sobre a qualidade da bebida. Reconhece-se que todo trabalho desenvolvido com esse objetivo tem complicadores, sendo necessário padronizar as condições de ensaio que não são alvos do estudo.

Em pesquisas realizadas no IAC, tem se procurado verificar se a diferença de concentração de cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos totais, ácidos orgânicos e carboidratos pode explicar as diferenças encontradas entre as bebidas de café natural, CD e despulpado, bem como tem procurado analisar de que forma a composição química varia com cultivares e espécies.

Na Tabela 1 encontram-se alguns resultados de um desses trabalhos. Eles evidenciam, por exemplo, que, quando colhidos no mesmo estágio de maturação, os cafés despulpados tendem a ser mais aromáticos do que os CD e os naturais, independentemente da variedade. Eles ilustram, também, como o método de preparo interfere na Qualidade Global da bebida, revelando que cafés de qualidade inferior quando preparados pelo processo na-



Café natural



Café despulpado



Café cereja descascado

Tabela 1. Efeito do método de preparo na qualidade da bebida (escala: 0 -10), no teor (%bs) de ácido cítrico, ácido acético, trigonelina e sacarose das cultivares Tupi IAC 1669-33, Ouro Verde IAC H5010-5 e de população de Robusta.

Variável	Variedade/Preparo								
	Ouro Verde			Tupi			Robusta		
	Nat	CD	Desp	Nat	CD	Desp	Nat	CD	Desp
Aroma	9,2	9,3	9,2	5,0	6,0	9,7	5,2	5,8	9,3
Acidez	7,3	6,7	9,2	6,3	6,5	7,8	1,5	1,7	1,7
Qualid. Global	7,9	8,0	8,1	6,3	6,7	9,0	4,7	5,4	9,4
Sacarose	11,4	12,2	11,0	11,0	11,0	12,3	4,7	4,6	4,8
Trigonelina	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2
Ácido Acético	0,04	0,06	0,04	0,10	0,04	0,02	0,09	0,07	0,05
Ácido Cítrico	1,71	1,74	1,75	1,41	1,39	1,43	0,83	0,96	0,94

CD= Cereja descascado (com mucilagem); Desp= despolpado(fermentado); Nat= café no estágio de maturação cereja seco sob sol.

Tabela 2. Variação da composição do café cru (%bs) e da qualidade da bebida (escala: 0 -10) das variedades Bourbon e Catuai em função da cor da casca do fruto

Variável	Variedade/Preparo							
	Bourbon				Catuai			
	Vermelho		Amarelo		Vermelho		Amarelo	
	Nat	Desp	Nat	Desp	Nat	Desp	Nat	Desp
Aroma	5,4	8,4	8,0	8,0	6,6	8,6	7,0	9,0
Acidez	3,0	8,6	6,6	6,4	6,6	6,4	7,0	8,0
Qualidade Global	5,4	8,0	7,4	7,2	7,2	7,6	7,2	8,6
Sacarose	9,3	7,9	9,4	10,3	8,5	10,3	7,8	8,1
Glicose	0,04	0,02	0,07	0,04	0,13	0,06	0,04	0,16
Frutose	0,17	0,12	0,200	0,13	0,22	0,13	0,14	0,26
ACG	4,3	4,5	5,0	5,1	4,0	4,7	4,5	4,0

ACG = ácidos clorogênicos totais; Nat = Natural; Desp = Despolpado (fermentado); Catuai Vermelho IAC 99; Catuai Amarelo IAC 62.

tural, podem fornecer excelentes bebidas se forem preparados pelos processos CD e despolpado, sendo que esse efeito é tão mais significativo quando mais baixa for a qualidade da bebida do café natural.

Observa-se, igualmente, que a cultivar Ouro Verde IAC H5010-5, da espécie arábica, contém mais ácido cítrico do que a cultivar Tupi IAC1669-33, desenvolvida a partir de cruzamento inter específico de *C. arabica* e *C. canephora*, e do que o de uma população de Robusta da espécie *C. canephora*. Trabalhos que fornecem resultados como esses permitem também outras conclusões, tais como, sobre as relações existentes entre componentes químicos e a qualidade, e sobre a composição química e a cultivar.

Em pesquisas realizadas no Instituto Agrônomo, financiadas pela FAPESP e pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café, estão sendo investigadas também a composição química de cultivares de cafês de fruto de cor vermelha e de fruto de cor amarela. Os resultados da Tabela 2 exemplificam as diferenças observadas. Nas pesquisas foram incluídas também as cultivares Ouro Verde, Obatã e Icatu, de frutos vermelhos e amarelos, foram quantificados outros açúcares e foram avaliados atributos sensoriais complementares aos apresentados na tabela. Os resultados parciais diferem um pouco das conclusões obtidas quando se analisaram os resultados para todas as cultivares conjuntamente. Grosso modo, os resultados obtidos para as 5 cultivares com frutos de cor vermelha e de cor amarela revelaram que há tendência de os de cor amarela fornecerem bebidas de melhor qualidade, com grãos crus

contendo concentrações mais elevadas de glicose, frutose e sacarose. Observou-se, também, tendência de os cafês crus de frutos vermelhos, por sua vez, conterem maior concentração de trigonelina e de ácidos clorogênicos totais.

Outras pesquisas recentes vêm procurando caracterizar o Banco de Germoplasma de Café do Instituto Agrônomo, visando identificar plantas com maiores potenciais de emprego para o melhoramento de cultivares do ponto de vista da qualidade de bebida. Sumarizando, constatou-se que no Banco de Germoplasma de Café do IAC há introduções de café arábica com 10,7% de sacarose, enquanto as cultivares da mesma safra e local produziram grãos crus com 9,2% do açúcar, na melhor das hipóteses. Nesse banco destaca-se também introdução contendo no café cru 1,6% de trigonelina, enquanto

o maior teor do composto quantificado em cultivares foi igual a 1,4%. Observou-se, também, variação no teor de cafeína em cafês arábicas do banco entre 1,1 e 1,8%, sendo que em cultivares padrões a concentração máxima encontrada foi igual a 1,4%.

Entre os cafeeiros estudados nesse trabalho destacaram-se também introduções de *C. arabica* contendo 32,8% de sólidos solúveis e cafeeiros de *C. canephora* com cerca de 36% de sólidos solúveis. Essas e outras informações estão compondo o banco de dados do Banco de Germoplasma de Café do IAC para seleção de cultivares com maior potencial de aplicação em projetos de melhoramento e para indicação de cultivo em escala comercial.

Ainda que a composição química do café possa ser influenciada pelas condições de clima e preparo, os trabalhos em andamento e os já concluídos têm dado importante contribuição para o conhecimento dos cafeeiros do Banco de Germoplasma de Café do IAC. Eles têm permitido obter grande número de resultados sobre a relação existente entre a composição química do grão e a qualidade da bebida e avaliar o efeito do método de preparo na composição do produto. Estudos nesses campos deverão prosseguir nos próximos anos, e, com apoio financeiro da FINEP, outras linhas de pesquisa deverão ser implantadas num futuro próximo.

Terezinha J. G. Salva e Valéria B. de Lima

Instituto Agrônomo, Centro de Café "Alcides Carvalho"

☎ (19) 3241-5188 ramal 370

✉ tsalva@iac.sp.gov.br; yamamotock@ig.com.br

A obtenção de um café naturalmente descafeinado

Entre os principais alcalóides da medicina encontram-se, por exemplo, quinina, emetina e cafeína, que são produzidos por espécies da família das Rubiáceas, segundo Hoehne. Desde sua descoberta, em 1820, pelo químico alemão F. Runge em sementes de café, a cafeína tem sido uma das substâncias mais estudadas, provavelmente tanto pelo seu efeito estimulante sobre os seres vivos como também em função da discordância entre os resultados das pesquisas sobre seus efeitos para a saúde humana.

A cafeína apresenta entre suas atividades fisiológicas mais conhecidas os efeitos estimulante e diurético, embora existam muitos outros efeitos a ela atribuídos. Esse alcalóide está naturalmente presente no café, guaraná, chás mate e preto e deles é extraído para ser acrescentado em refrigerantes do tipo cola, medicamentos, cosméticos, etc.

No cafeeiro, as maiores concentrações de cafeína ocorrem nas flores, sementes e folhas novas. A torra dos grãos não altera significativamente sua quantidade, uma vez que esse processo utiliza temperaturas inferiores à sua temperatura de sublimação. Os grãos provenientes da espécie *Coffea arabica*, chamados de café arábica, apresentam em torno de 1,2% e, aqueles provenientes de *C. canephora*, também conhecidos por café robusta, os teores mais elevados, da ordem de 1,8 a 3,5%.

Apesar de a cafeína ser o componente do café mais conhecido pela maioria das pessoas, não é a substância que aparece em maior concentração no grão, existindo diversas outras em maior quantidade e até com importância nutricional para organismo humano, revelando-se, assim, o café um alimento com propriedades nutraceuticas. Assim, o café, após torra ideal, possui além de uma grande variedade de minerais, aminoácidos, lipídeos, açúcares, a vitamina do complexo B, niacina, também conhecida como vitamina PP e, em quan-

tidade maior que todos os demais componentes, os ácidos clorogênicos, na proporção de 4 a 7%, dependendo da espécie.

O consumo diário, mas moderado, de café é a melhor forma de aproveitar os benefícios desta agradável e estimulante bebida. Assim, o consumo de 4 a 6 xícaras de 50 ml tomadas ao longo do dia, dificilmente ultrapassando 300 mg de cafeína, é considerado adequado. Entretanto, uma pequena proporção de pessoas pode

A cafeína apresenta entre suas atividades fisiológicas mais conhecidas os efeitos estimulante e diurético, embora existam muitos outros efeitos a ela atribuídos. Esse alcalóide está naturalmente presente no café, guaraná, chás mate e preto e deles é extraído para ser acrescentado em refrigerantes do tipo cola, medicamentos, cosméticos, etc.



Bernadete, Fazuoli e Paulo Mazzafera

apresentar alguma sensibilidade à cafeína, constituindo um mercado consumidor para o café descafeinado. As primeiras tentativas para o estabelecimento de métodos de descafeinação datam do começo do século 20, sendo que atualmente este procedimento baseia-se no uso de solventes como água ou diclorometano. Deste processo resultam dois produtos de interesse econômico: o café descafeinado, comercializado nas formas torrado e moído ou solúvel, e a cafeína, utilizada predominantemente pela indústria.

Considerando a existência de demanda para o café descafeinado, assim como a possibilidade de permanência de resíduos de diclorometano e alterações de aroma e sabor no café quimicamente descafeinado e, sobretudo, por dispor de extenso Banco de Germoplasma, os melhoristas do IAC, liderados por Alcides Carvalho, iniciaram, em 1987, uma linha de pesquisa voltada para a obtenção de uma cultivar de café geneticamente desprovida de cafeína ou com teores reduzidos do alcalóide. Nesta ocasião, obteve-se financiamento junto à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) para o estudo inicial dos materiais em seleção nas várias linhas de melhoramento do cafeeiro da então Seção de Genética do Instituto Agrônomo de Campinas, visando-se identificar materiais promissores para baixos teores de cafeína nas sementes. Este projeto, coordenado por Alcides Carvalho, con-

tou com a colaboração dos Pesquisadores Científicos Luiz Carlos Fazuoli, Herculan Penna Medina Filho, tendo, também, a participação de Paulo Mazzafera, que posteriormente, transferiu-se para o Departamento de Fisiologia Vegetal da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), mantendo a colaboração com os pesquisadores do IAC.

Esta linha de pesquisa foi retomada em 1993, com projeto coordenado por Marinez Muraro Alves de Lima e financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), realizando-se um extenso trabalho de determinação do teor de cafeína em grande número de representantes das diversas espécies de *Coffea* mantidas no Banco de Germoplasma do IAC. Estes estudos indicaram que as espécies mais adequadas para serem utilizadas em cruzamentos interespecíficos seriam *C. eugenioides* e *C. salvatrix*. Posteriormente, durante a condução desses estudos, verificou-se que esta estratégia não seria a mais adequada para a obtenção de uma cultivar de café naturalmente descafeinado.

Anteriormente ao início dos trabalhos citados, já havia sido identificado um mutante na cultivar Bourbon de *C. arabica*, denominada Laurina, com cerca de 0,6% de cafeína nas sementes. A análise genética revelou que o fenótipo Laurina é condicionado por um par de alelos recessivos, porém, com pronunciado efeito pleiotrópico, reduzindo o porte da planta, conferindo-lhe forma cônica, com ramificação densa e internódios bastante curtos, baixa produtividade e rendimento. Desta forma, revelou-se um material não recomendado para uma eficiente exploração comercial, apesar de apresentar menor conteúdo de cafeína aliado à boa qualidade de bebida.

As cultivares de café arábica apresentam base genética reconhecidamente estreita, especialmente em decorrência da forma como ocorreu a disseminação do café pelo mundo a partir de seu centro de origem e diversidade, a Etiópia. No Brasil, foi através de Francisco de Melo Palheta que, em 1727, ocorreu a primeira introdução de sementes e mudas obtidas de cafeeiros da Guiana Francesa. Estes, por sua vez, foram obtidos de sementes oriundas de cafeeiros do Suriname, os quais, provieram de sementes de uma única muda plantada no "Jardim das Plantas" de Paris. Estes fatos explicam o interesse dos melhoristas em reunir, em coleções - chamadas bancos de germoplasma - a maior diversidade genética possível, única forma de possibilitar o desenvolvimento de novas e superiores cultivares.



Figura 1. Mudas de cafeeiros AC clonadas por meio da técnica de cultura de tecidos.

Considerando o intenso desmatamento das florestas da Etiópia e temendo pela extinção de grande parte da diversidade genética dos cafeeiros silvestres, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) propôs e financiou na década de 60, uma missão internacional àquele país visando coletar material para ampla documentação botânica das formas silvestres do cafeeiro e sementes para prosseguimento dos estudos de melhoramento e seleção. Dessa forma, os objetivos desta missão da FAO estavam de acordo com o conceito relativo à posse da biodiversidade vigente naquela época, ou seja, os recursos biológicos, de modo geral, incluindo-se entre eles o germoplasma vegetal, eram considerados patrimônio da humanidade, estimulando-se, portanto, seu livre intercâmbio entre os países, diferentemente das regras atualmente vigentes. Contando com o apoio e total cooperação do Imperador da Etiópia, Haile Salassie I, a missão foi realizada no período de 15 de outubro de 1964 a 15 de janeiro de 1965 por uma equipe multidisciplinar, composta pelos pesquisadores L. M. Fernie, melhorista de plantas, representando Tanzânia, Quênia e Uganda; D. J. Greathead, entomologista de Uganda; L. C. Mônaco, geneticista do Brasil (IAC); F. G. Meyer, botânico dos Estados Unidos da América e R.L. Narasimhaswamy, melhorista de plantas da Índia, além de pesquisadores e autoridades etíopes. Nessa missão foram coletadas cerca de 600 amostras de sementes - também chamadas introduções - que foram divididas entre os seguintes países:

Etiópia, Índia, Tanzânia, Portugal, Peru e Costa Rica, para instalação de réplicas desta coleção nos respectivos Bancos de Germoplasma. Posteriormente, o Brasil recebeu em 1973, a pedido do Dr. Alcides Carvalho, uma coleção de sementes oriundas de 300 plantas introduzidas na Costa Rica. No Brasil, após um período de quarentena, as plantas obtidas vieram a constituir dois ensaios de campo no Centro Experimental de Campinas, do Instituto Agrônomo de Campinas, onde permanecem até hoje.

Considerando que o IAC é depositário de significativo número dessas introduções, assim como os relatos da literatura nacional e internacional sobre a ocorrência de variabilidade para diversas outras características de interesse agrônomo em materiais originários da Etiópia, a detalhada avaliação destas introduções foi a estratégia adotada para que o programa de melhoramento do cafeeiro visando baixos conteúdos de cafeína nas sementes alcançasse seus objetivos. Este projeto, que se iniciou em 1999, contou com o apoio financeiro do Conselho Deliberativo da Política do Café (CDPC) através do Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CBP&D-Café) e foi liderado pela pesquisadora científica Maria Bernadete Silvarolla, do IAC, em parceria com Paulo Mazzafera, da UNICAMP.

O resultado mais significativo deste trabalho foi a identificação de três plantas, denominadas AC1, AC2 e AC3, com reduzido teor de cafeína no endosperma entre as cerca de três mil (3.000) plantas que compõem o germoplasma oriundo da



Figura 2. Vista parcial do campo de híbridos F1 entre cafeeiros AC e a cultivar Mundo Novo, um ano após o plantio no campo.

Etiópia. Esta informação, assinada pelos Pesquisadores Científicos Maria Bernadete Silvarolla, Paulo Mazzafera e Luiz Carlos Fazuoli, foi publicada na revista *Nature*, volume 429, página 826, 2004. A denominação AC foi uma homenagem dos autores ao emérito pesquisador científico Dr. Alcides Carvalho, pai da cafeicultura nacional.

Como os cafeeiros AC passaram apenas por etapas iniciais de um programa de seleção massal é de se esperar que a produtividade deste germoplasma seja inferior à de variedades comerciais de café arábica disponíveis no mercado. Desta forma, os trabalhos para a obtenção de cultivares naturalmente descafeinadas, com o apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), estão sendo conduzidos paralelamente por dois caminhos distintos. O primeiro, através da avaliação da produtividade e demais características agrônomicas das plantas AC em ensaios clonais com mudas provenientes de reprodução por estaquia e/ou cultura de tecidos (Figura 1). Como são necessárias pelo menos 4 colheitas para se avaliar a produtividade potencial de um cafeeiro, estes dados estarão disponíveis em 5 a 6 anos. Entretanto, na impossibilidade de se recomendar estes materiais para exploração comercial direta, em função de sua baixa produtividade, é que se aplica o segundo caminho, mais longo, que envolve a reali-

zação de cruzamentos controlados entre as plantas AC e cultivares-elite (Figura 2). A análise das descendências permitirá não somente determinar o controle genético da característica “ausência de cafeína”, como também transferi-la para cultivares elite de café arábica. Acredita-se ainda que essa transferência deverá ser bastante facilitada, uma vez que estará restrita a hibridações entre plantas de uma mesma espécie. É difícil estimar com precisão o tempo neste segundo caso, mas, com uma expectativa boa, espera-se que em 15 anos seja possível obter uma cultivar produtiva e naturalmente descafeinada.

A proposta de aproveitamento deste germoplasma, cuja característica diferencial é o reduzido teor de cafeína nas sementes, representa uma inovação tecnológica para a cultura do café, uma vez que o café naturalmente descafeinado atende a uma demanda presente no mercado consumidor global, resultando na agregação de valor ao produto diretamente para o produtor brasileiro. O agronegócio mundial do café envolve, anualmente, recursos da ordem de 91 bilhões de dólares e, tem a participação de cerca de 8% da população mundial para movimentar as 115 milhões de sacas que, em média, são produzidas. Neste gigantesco mercado se insere a cadeia produtiva do café brasileiro, responsável por 30% da produção mundial e empregando 7 milhões de pes-

soas. Fica bastante evidente a relevância de trabalhos de melhoramento genético envolvendo esta cultura, especialmente no aspecto social, uma vez que a liberação de novas e superiores cultivares permite tanto a melhoria nos rendimentos dos produtores como a ampliação na geração de emprego. Segundo a Associação Brasileira da Indústria do Café (ABIC), o consumo de café industrialmente descafeinado no Brasil não chega a 1% do café consumido, contudo, estima-se que 10% do café mundialmente comercializado destina-se à descafeinação. Este fato tem especial significado, considerando-se que o Brasil é o maior produtor mundial de café.

Acredita-se ainda que, uma nova cultivar naturalmente descafeinada conduziria a um sensível aumento no consumo de café, uma vez que consumidores tradicionais, e mesmo novos consumidores, poderiam beneficiar-se dos diversos efeitos positivos do café para a saúde, sem os eventuais efeitos colaterais produzidos pela cafeína em algumas pessoas.

Finalmente, deve ser ressaltado que as plantas AC não foram os únicos mutantes inéditos e de valor identificados entre as introduções da Etiópia. Anteriormente já haviam sido descritas pelo próprio Dr. Alcides Carvalho e outros pesquisadores, mutações alterando a arquitetura da planta e também mutações alterando a forma de reprodução do cafeeiro, onde a autogamia natural foi substituída pelo sistema de polinização cruzada, resultado da ação do gene da macho-esterilidade. Assim, a ocorrência de mutações tão extremas entre as introduções da Etiópia demonstra o valor potencial deste tipo de reserva genética, tanto para o melhoramento convencional como também para estudos de biologia molecular, uma vez que o avanço em ambas as áreas depende, obrigatoriamente, da existência de diversidade genética devidamente caracterizada em trabalhos de pré-melhoramento.

Maria Bernadete Silvarolla; Luiz Carlos Fazuoli

Instituto Agronômico, Centro de Café “Alcides Carvalho”

☎ (19) 3241-5188 ramal 370

✉ bernadet@iac.sp.gov.br; fazuoli@iac.sp.gov.br

Paulo Mazzafera

Departamento de Fisiologia Vegetal, Instituto de Biologia – UNICAMP

☎ (19) 3521-6213

✉ pmazza@unicamp.br

Da folha à obtenção de embriões somáticos de

Coffea



Julieta

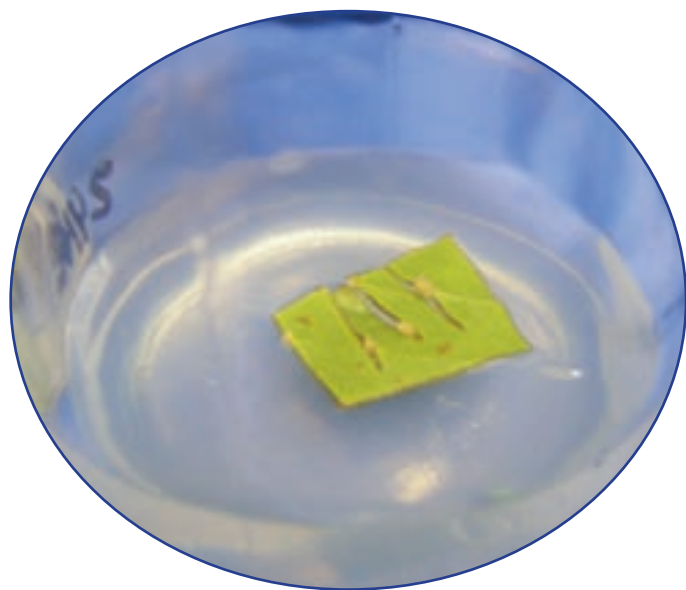


Figura 1. Explante foliar de *Coffea* em meio de cultura.

As civilizações vêm realizando atividades de Biotecnologia desde aproximadamente 1.800 AC, as quais consistem da obtenção de processos e produtos oriundos da ação direta ou indireta de seres vivos. A Biotecnologia compreende tecnologias antigas e modernas, provenientes de conhecimento do cotidiano indígena e ou da comunidade científica visando à manipulação de (partes de) microrganismos ou de células e tecidos de organismos, para beneficiar o homem. Esses conhecimentos podem ser bastante diversificados desde a tradicional tecnologia da fermentação para a produção de pães até as mais específicas e modernas como a produção de transgênicos.

A Fisiologia e a Genética Vegetal contribuem amplamente com a Biotecnologia Vegetal, ambas embasadas em princípios do Desenvolvimento Vegetal que se refere às mudanças ocorridas ao longo do ciclo de vida das plantas, envolvendo os eventos de divisão, expansão e diferenciação celular. Dentre os diferentes métodos aplicados pela Biotecnologia Vegetal está a Cultura de Tecidos Vegetais a qual é amplamente utilizado para a multiplicação de plantas.

No Instituto Agrônomo (IAC), o programa de melhoramento de *Coffea* conta com contribuições da Cultura de Tecido desde 1970, as quais, notoriamente, devem-se aos estudos e ao dinamismo do pesquisador Dr. Maro Sondhal. Nesse

período, ele estabeleceu um centro didático de pesquisa em cultura de tecido de *Coffea*, o qual vem contribuindo com a formação e treinamento de pesquisadores tanto brasileiros, quanto de outras nacionalidades. Ressalta-se ainda que, dentre as inúmeras contribuições do Dr. Sondhal, está o estabelecimento de um protocolo de regeneração *in vitro* de embriões de *Coffea* a partir de explante foliar, em meados de 1970. Esse protocolo é utilizado amplamente para a multiplicação das diferentes variedades de *Coffea*, em diversas partes do mundo, o qual também tem sido adaptado para outras espécies de plantas.

A Cultura de Tecidos ou o cultivo *in vitro* visa à obtenção de uma nova planta a partir de fragmentos de tecido, operação que também é chamada de clonagem. O princípio básico deste processo é o isolamento de qualquer parte da planta, a qual é chamada explante, podendo ser desde uma célula individual até órgãos como anteras, nucelo, gemas axilares e ou apicais, fragmentos de hipocótilo, caule, folhas, raízes, órgãos de armazenamento e até segmentos de frutos. O explante será cultivado sobre um substrato gelatinoso contendo nutrientes, denominado meio de cultura, e mantido num frasco fechado de vidro (Figura 1). Nesse

sistema, o explante poderá apresentar a regeneração de uma planta semelhante à planta mãe doadora do explante. O tempo de formação da nova planta dependerá da espécie, porém, em geral, este será menor que o seu ciclo de vida na natureza. Nota-se ainda que um único explante de *Coffea* poderá gerar até dezenas de embriões. Desta forma, a regeneração de uma nova planta a partir de qualquer tipo de explante deve-se à capacidade de totipotência, isto é, qualquer célula vegetal contém toda a informação genética necessária para gerar uma nova planta.

Na natureza, o café é propagado via sementes ou estacas. Quando por sementes, pode ser influenciada pela variação genética, taxa lenta de multiplicação e curto período de viabilidade devido à recalcitrância das sementes. Por outro lado, a propagação do cafeeiro via estaca garante uniformidade genética, porém este método apresenta taxas baixas de multiplicação e também alguma dificuldade para o enraizamento. Portanto, multiplicação via Cultura de Tecido é uma alternativa viável para estes métodos tradicionais de propagação do cafeeiro, permitindo a produção de plantas geneticamente uniformes numa escala massiva e num período de tempo mais curto.

A Cultura de Tecidos ou o cultivo *in vitro* visa à obtenção de uma nova planta a partir de fragmentos de tecido, operação que também é chamada de clonagem.

Dessa forma, o processo de Cultura de Tecidos apresenta-se muito útil para programas de melhoramento genético, auxiliando na multiplicação de genótipos especiais, contribuindo, portanto, com a geração de novas variedades. O programa de melhoramento do cafeeiro no IAC iniciou-se a partir de 1933 e vem contribuindo com a produção de variedades as quais vem sendo cultivadas na maioria das regiões brasileiras produtoras de café.

A multiplicação de plantas via Cultura de Tecido Vegetal pode ser obtida por meio de diferentes processos, dentre estes a organogênese de gemas axilar e apical, a indução e o desenvolvimento de gemas adventícias, a cultura de embrião zigótico; a cultura de pólen e de antera, a suspensão celular, a cultura de protoplasto e a embriogênese somática.

Na natureza, a maioria das espécies reproduz-se via embriogênese zigótica que se inicia na divisão assimétrica do zigoto, dando origem a uma célula apical e a outra basal, o embrião globular, o qual posteriormente passará para o estágio cotiledonar, com a iniciação do primórdio radicular, seguido pelo caule, no caso de dicotiledôneas. Estabelecendo-se uma comparação entre a embriogênese somática e a zigótica verifica-se para a primeira que, após a diferenciação do embrião, este não apresenta qualquer ligação com o explante mãe, isto é, uma vez formado, esse dependerá dos nutrientes do meio de cultura enquanto a sobrevivência do embrião zigótico dependerá da planta mãe.

Dessa forma, a embriogênese somática é o processo no qual células somáticas do explante diferenciam-se em embriões somáticos, os quais são estruturas bipolares, que passam por diferentes estádios de desenvolvimento semelhantes àqueles verificados para a embriogênese zigótica.

A embriogênese somática pode ocorrer por via direta, ou protoplastos isolados, micrósporos ou ainda indiretamente a partir de calos ou suspensão celular. Na via direta, determinadas células do explante já são pré-embriogênicas, tendo-se assim a formação de embriões diretamente na borda do explante. Por outro lado, na embriogênese somática indireta, inicialmente, há a formação de um calo (Figura 2), o qual corresponde a uma massa de células indiferenciadas, e que posteriormente se diferenciarão em embriões somáticos.

A ocorrência da embriogênese somática direta em *Coffea*, em geral, está associada ao tipo de genótipo, isto é, nem todos os genótipos possuem essa capacidade. Por outro lado, a via indireta é amplamente verificada para a maioria dos genótipos de *Coffea*.



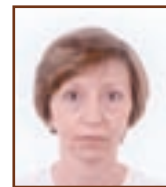
Figura 2. Calo formado a partir de explante foliar de *Coffea*

A embriogênese somática pode ocorrer por via direta, ou protoplastos isolados, micrósporos ou ainda indiretamente a partir de calos ou suspensão celular. Na via direta, determinadas células do explante já são pré-embriogênicas, tendo-se assim a formação de embriões diretamente na borda do explante. Por outro lado, na embriogênese somática indireta, inicialmente, há a formação de um calo (Figura 2), o qual corresponde a uma massa de células indiferenciadas, e que posteriormente se diferenciarão em embriões somáticos.

De acordo com o protocolo do Dr. Sondhal, na via indireta, a auxina 2,4-D (ácido 2,4 diclorofenoxiacético), usada em alta concentração, participa fortemente do controle da indução e da iniciação do calo a partir do explante foliar. As células do explante foliar expostas ao meio de cultura com adição de 2,4-D passarão por situação de estresse e, em resposta, estas apresentarão alterações metabólicas, que induzirão a intensa divisão celular, levando à formação do calo. Posteriormente, haverá a diferenciação de embriões a partir de alguns nichos de células do calo. Mas, a ocorrência da embriogênese somática a partir de explante foliar de *Coffea* pode ser influenciada por diversos fatores como: o estágio de desenvolvimento da planta mãe doadora de explante, as condições do meio de cultura, o tipo de hormônio vegetal e as condições de iluminação e temperatura em que o sistema *in vitro* será mantido. Assim, a embriogênese somática constitui-se em base para o sistema *in vitro* de multiplicação vegetativa e pode ser utilizada para propagação em massa, para programa de melhoramento de plantas e ainda como modelo de estudo para diferenciação celular em plantas e biologia molecular visando a obtenção de plantas transformadas.

Julieta Andrea Silva de Almeida
Centro de Café "Alcides Carvalho"
☎ (19) 3241-5188 ramal
✉ julietasa@iac.sp.gov.br

Caracterização dos cromossomos mitóticos de espécies diplóides de café por técnicas convencionais e de bandamento-C e -NOR



Neiva

O emprego de técnicas de esmagamento e corantes convencionais em café tem possibilitado a identificação e a caracterização dos cromossomos mitóticos por meio dos dados cario-morfométricos. São eles: valores médios obtidos para o comprimento absoluto e relativo de cada cromossomo, índice centromérico, presença, número e extensão de constrições secundárias e satélites, grau de assimetria do cariótipo, comprimento total do conjunto haplóide de cromossomos do genoma e fórmula cariotípica, que permitem a elaboração de ideogramas médios. Com a compilação desses dados, tem-se observado, por meio de estudos comparativos, que algumas das espécies diplóides de café diferenciam-se entre si (Figura 1), enquanto que outras não se distinguem, requerendo a aplicação de metodologias mais acuradas.

Um detalhamento melhor dos genomas tem sido obtido com o emprego de técnicas mais específicas, como a de bandamento-C, que permite a diferenciação longitudinal dos cromossomos por meio da localização e da visualização seletiva de segmentos heterocromáticos de DNA. Esses segmentos, presentes em ambos os homólogos do par de cromossomos, caracterizam-se por se manterem condensados durante todo o ciclo de divisão celular, em contraposição aos segmentos eucromáticos que apresentam um ciclo de condensação-descondensação. Durante a metáfase mitótica, esses marcadores cromossômicos naturais, isto é, os segmentos heterocromáticos, ficam mascarados pelo grau máximo de compactação que os cromossomos assumem nessa fase, tornando-se visíveis apenas após o bandamento-C. Nas espécies diplóides de café tem-se observado a ocorrência de heterocromatina banda-C exclusivamente na posição pericentromérica, isto é, ao redor do centrômero (Figuras 1 e 2). A quantidade expressa em porcentagem em relação ao genoma total pode variar em algumas das espécies, mas a posição tem sido sempre a mesma. As análises comparativas, ainda que preliminares, sugerem que durante o processo evolutivo as espécies

diplóides de café mantiveram, além do mesmo número cromossômico, o mesmo padrão de ocorrência e de distribuição da heterocromatina visualizada pelas bandas-C. Sabe-se que uma das funções destes segmentos de DNA tão compactados é a proteção da região do centrômero e que genes ou bloco de genes colocados perto da heterocromatina por rearranjos estruturais podem tornar-se compactados e não mais transcreverem. Além disso, plantas oriundas de cultura de tecido podem apresentar amplificação da heterocromatina em diferentes gradientes, que podem ou não afetar a expressão de certos genes, mormente aqueles de interesse em programas de melhoramento.

Outra região que também se comporta como um interessante marcador natural do cromossomo é a região do organizador nucleolar (NOR) e seu satélite que podem ser evidenciados primeiramente por esmagamento e corantes convencionais e também pela impregnação pela prata, um método relativamente simples e pouco oneroso que mostra as regiões onde estão ancorados os genes de rDNA que estiveram ativos na última intérfase. Em café, o que se tem visto nas espécies diplóides é a prevalência de apenas um par de NOR ativos (Figura 3A), mas espécies como *C. racemosa* (Figura 3B) e *C. stenophylla*, nativas de ambientes mais secos, apresentam dois pares. Pode ser que este aumento no número de NOR esteja relacionado a adaptações das espécies ao ambiente mais seco em que crescem.

A aplicação destas metodologias em conjunto pode ser útil não apenas na caracterização de espécies, mas também de plantas híbridas obtidas em programas de melhoramento.

Neiva Isabel Pierozzi

Instituto Agrônômico, Centro de Recursos Genéticos Vegetais, Laboratório de Citogenética.

☎ (19) 3241-5188 ramal 450

✉ pierozzi@iac.sp.gov.br

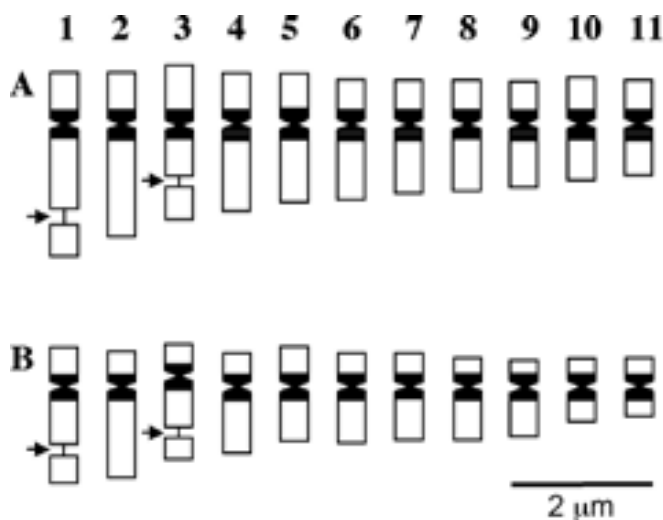


Figura 1. Ideogramas médios representando os cromossomos mitóticos de A- *Coffea congenensis* e B- *C. racemosa* com a localização das bandas - C (regiões escuras). Setas = Constrições secundárias.

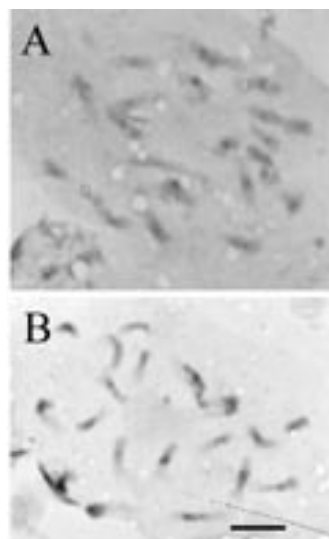


Figura 2. Cromossomos mitóticos de A - *C. congenensis* e B - *C. racemosa* após bandamento - C. Barra = 2mm.

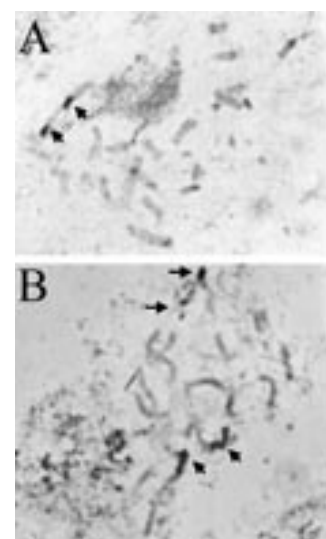


Figura 3. Cromossomos mitóticos de A- *C. congenensis* e de B- *C. racemosa* após a impregnação pela prata. Setas = NOR. Barra = 2 mm.

Mapeamento cromossômico em espécies de café através da técnica de



Cecília

hibridação *in situ* fluorescente (FISH)

Mapeamento genômico é termo comum usado para determinar a localização e a ordem de certos genes nos cromossomos ou ainda para determinar um conjunto de fragmentos ou seqüências ordenadas de um genoma particular.

Os mapas genômicos são construídos em diversas escalas e níveis de resolução e usualmente são divididos em dois tipos gerais, os mapas de ligação genética e os mapas físicos. Os mapas de ligação genética são representações estatísticas dos arranjos das seqüências nos cromossomos, enquanto que os mapas físicos representam a localização física de uma seqüência em um cromossomo.

Os mapas de ligação referem-se às localizações relativas, ao longo dos cromossomos, de marcadores de DNA, genes ou seqüências conhecidas, baseado nos seus padrões de herança. Qualquer característica fenotípica ou molecular que difira entre indivíduos e possa ser detectada no laboratório é um marcador genético potencial. Esses marcadores podem ser a expressão de segmentos ou regiões de DNA (genes) com função codificadora desconhecida, porém com um padrão de herança que pode ser acompanhado. As diferenças entre seqüências de DNA, por exemplo, são marcadores extremamente úteis, pois são abundantes e fáceis de serem caracterizadas.

Os mapas físicos são baseados nas características químicas da própria molécula de DNA, e incluem os mapas cromossômicos ou citogenéticos, mapas de cDNA, mapa de seqüências, mapa de “contig” e mapa de macrorestrição; os quais diferem entre si no grau de resolução. O mapa físico de maior resolução mostra a seqüência dos pares de bases do DNA de cada cromossomo no genoma (mapa de seqüências). Neste mapa é feita a determinação completa de uma seqüência de DNA, e de todos os seus pares de base, para cada cromossomo de um complemento. O mapa de macrorestrição mostra a ordem e a distância entre os

sítios de corte de enzimas de restrição. Cada cromossomo é isolado e cortado com enzimas de restrição em grandes segmentos os quais são posteriormente subdivididos em segmentos menores. O mapa de cDNA fornece a localização de genes nos cromossomos através da localização das seqüências expressas em relação a um determinado cromossomo ou bandas cromossômicas. As seqüências de cDNA são sintetizadas em laboratório usando-se uma molécula de mRNA como molde (template). Os mapas contíguos (contig maps) envolvem a segmentação de um cromossomo em pequenos segmentos que são clonados e ordenados formando blocos contíguos de DNA.

Em um mapa cromossômico, genes, seqüências ou outros fragmentos de DNA identificáveis são visualizados nos seus respectivos cromossomos.

Para explorar de maneira completa os dados de seqüenciamento de um genoma há necessidade de se efetuar a integração entre mapas genéticos e mapas físicos. Efetuando-se a relação entre o mapa de ligação com o mapa cromossômico físico e estes com os dados de seqüenciamento, é possível a localização precisa de genes que condicionam uma característica observável.

Genes, seqüências e fragmentos de DNA podem ser fisicamente associados a sinais particulares e identificados através de diversas técnicas.

As principais técnicas atualmente usadas para a integração destes mapas para a clonagem de genes e caracterização de genomas de plantas são a técnica denominada hibridação *in situ* fluorescente de ácidos nucléicos (FISH – fluorescente *in situ* hybridization) e as bibliotecas de BACs (bacterial artificial chromosomes).

A técnica de FISH envolve a marcação de nucleotídeos, fragmentos, ou seqüências, de DNA específico, que é denominado de sonda. Posteriormente, este DNA-sonda liga-se à sua cadeia de DNA complementar (o DNA denominado alvo) em um cromossomo intacto; a localização

deste DNA particular é feita com anticorpo marcado com um corante fluorescente, sendo observável ao microscópio de fluorescência como um sinal fluorescente. Ou seja, a técnica de hibridação *in situ* fluorescente permite a localização física precisa de genes ou seqüências de DNA diretamente nos cromossomos presentes nas preparações citológicas. Esta técnica, que tem como base a propriedade recombinante das cadeias complementares de DNA, foi desenvolvida no final da década de 60 e tem propiciado enorme progresso nos estudos da organização dos genomas. Especialmente a partir dos anos 80 esta técnica de FISH, associada aos rápidos avanços tecnológicos, passou a ser cada vez mais adaptada para a localização e caracterização de várias classes de seqüências de DNA nos genomas de plantas. Esta técnica vem sendo intensivamente usada para determinação rápida da localização de clones genômicos ou da distância física entre clones mapeados geneticamente.

Característica dos cromossomos de plantas, a cromatina condensada torna difícil a localização confiável de seqüências de cópia única ou pouco repetitivas menores que 10kb em cromossomos metafásicos de plantas. Assim, adicionalmente, à técnica de FISH, um dos pontos essenciais para o sucesso de mapas baseados em clonagem de grandes regiões cromossômicas é a disponibilidade de bibliotecas contendo grandes insertos de DNA genômico os YACs (yeast artificial chromosomes) e os BACs (bacterial artificial chromosomes).

O desenvolvimento de bibliotecas de YACs e BACs forneceu um meio de superar a limitação imposta pela cromatina condensada, ou seja, cópias pouco repetitivas podem atualmente ser localizadas mais facilmente e diretamente em cromossomos metafásicos (grau máximo de condensação) ou núcleos interfásicos (cromatina descondensada). Este fato tem trazido contribuições importantes para a integração de mapas de ligação de marcadores moleculares com informações físicas.

As primeiras bibliotecas de insertos a serem construídas em 1987 foram os YACs para os genomas humano e de camundongos e plantas como *Arabidopsis*, milho, centeio e arroz. Essas bibliotecas foram extremamente importantes para a produção de mapas físicos de grandes segmentos cromossômicos e o isolamento de muitos genes importantes, porém uma porcentagem desses YACs mostraram-se problemáticos pois eram quiméricos, instáveis, além da dificuldade para isolamento do inserto de DNA, tinham baixa eficiência de transformação, o que dificultava a construção de bibliotecas de YACs.

As bibliotecas dos BACs suplantaram as dificuldades das bibliotecas dos YACs pois usam um vetor capaz de manter os segmentos de DNA genômico estáveis num tamanho de cerca de 300 kb e, comparativamente com os YACs, podem ser clonados com grande eficiência, serem facilmente manipulados e mantidos estáveis em *E. coli*. Bibliotecas de BACs foram construídas para *Arabidopsis*, sorgo, arroz. Os clones das bibliotecas de BACs de sorgo e arroz foram testados e através de FISH localizaram-se hibridações cromossômicas em cópias únicas, mostrando que estas bibliotecas de BACS apresentam pouco ou nenhum quimerismo. Desse modo, a informação física sobre a extensão e localização, tanto de seqüências repetitivas ou pouco repetitivas ou de cópia única, podem ser comparadas, permitindo que associações possam ser feitas entre regiões cromossômicas distintas e grupos de ligação genéticos ou marcadores moleculares.

Em plantas como o café, que possuem cromossomos somáticos relativamente pequenos (2 a 3 µm) com poucas características diferenciais, e numerosos, os padrões de hibridação de seqüências de DNA repetitivo podem ser usados como marcadores cromossômicos, permitindo a identificação de cromossomos individuais, muito mais facilmente que por métodos citogenéticos tradicionais.

**Especialmente em café,
a aplicação da técnica de
FISH abriu nova perspectiva,
tanto para a identificação
dos cromossomos, mas
principalmente para o
mapeamento de genes e
seqüências de interesse nos
complementos cromossômicos
das várias espécies.**

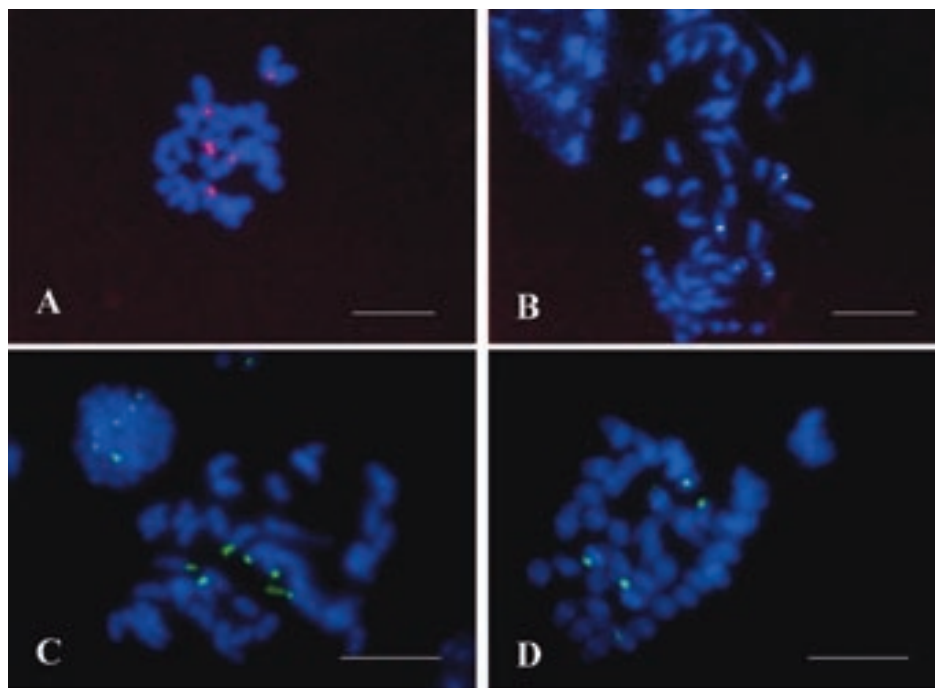


Figura 1. Cromossomos mitóticos de *Coffea arabica* L. com mapeamento de seqüências de DNA ribossômico através da técnica de hibridação *in situ* fluorescente (FISH). A e B) Bourbon vermelho - sinais de hibridação com as sondas pTa71 (vermelho) e pScT7 (branco) respectivamente; C e D) Typica e Mundo Novo – ambos com sinais da sonda pTa71.

Especialmente em café, a aplicação da técnica de FISH abriu nova perspectiva, tanto para a identificação dos cromossomos, mas principalmente para o mapeamento de genes e seqüências de interesse nos complementos cromossômicos das várias espécies.

Através dessa técnica, várias espécies de café vêm tendo os seus cromossomos mapeados utilizando-se como sonda duas seqüências repetitivas de rDNA (DNA ribossômico) que destacam regiões organizadoras do nucléolo. As duas principais são: a) sonda denominada pTa71, que é uma seqüência de DNA corresponde à seqüência de rDNA de *Triticum aestivum* 26S, 5.8S e 18S, clonada no plasmídeo pUC19 com 9Kb, e b) a sonda pScT7, que corresponde à seqüência de rDNA 5S de *Secale cereale*, clonada no plasmídeo pUC8, e contém 300-500 pares de base. Essas seqüências, usadas como sonda para o mapeamento de espécies de café, são seqüências comuns e altamente conservadas.

Desde o desenvolvimento de um protocolo de FISH especialmente adaptado para os cromossomos de café, em 2000, cerca de 16 taxa de café, incluindo espécies, variedades e cultivares do Banco de Germoplasma de Café do IAC, entre elas as espécies de maior interesse comercial *Coffea arabica* e *C. canephora*; e também espécies silvestres como *C. congensis*, *C. eugenoides*, *C. dewevrei*, *C. racemosa*, *C. stenophylla*, *C. salvatrix*, entre outras, tiveram essas seqüências de rDNA mapeadas nos seus complementos cromossômicos

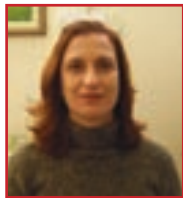
via FISH (Figura 1). O resultado tem sido positivo para todas as espécies, ou seja, as seqüências mostraram-se evidentes, sem exceção, evidenciando que os cromossomos, caracterizados como portadores destas seqüências, poderão servir como cromossomos marcadores, e serem usados no futuro para fazer a integração com grupos de ligação obtidos por marcadores moleculares de diferentes naturezas.

Após esta etapa exploratória com seqüências repetitivas de rDNA, a continuidade do mapeamento cromossômico em espécies de café, está sendo levada adiante e atualmente visa à localização cromossômica de outros genes de interesse, também via FISH. Encontra-se em desenvolvimento o mapeamento de seqüências correspondentes a genes resistência (RGAs) e de seqüências de microsatélites tanto em cromossomos metafásicos mitóticos como em cromossomos meióticos na fase de paquíteno, em três espécies: *C. arabica*, *C. racemosa* e *C. canephora*. Para a localização desses genes, algumas etapas ainda deverão ser superadas, entre as quais, o fato de as sondas constituírem-se de seqüências mais específicas, o que, de certa forma, apesar da expectativa de resultados promissores, têm dificultado um pouco mais o mapeamento cromossômico desses genes em café.

Cecília Alzira Ferreira Pinto-Maglio
Instituto Agrônomo, Centro de Pesquisa & Desenvolvimento de Recursos Genéticos Vegetais, Laboratório de Citogenética.
☎ (19) 3241-5188 ramal 450
✉ maglio@iac.sp.gov.br

Genoma Café

perspectivas para o melhoramento genético da cultura¹



Miriam



Baião

O melhoramento de plantas tem como objetivo essencial o desenvolvimento de novas variedades, cada vez mais adaptadas às diversas demandas do setor agrário. Para tal, pesquisadores buscam constantemente novas ferramentas para obtenção e seleção de novos genótipos. Entre as espécies de interesse econômico, o café, espécie perene e de ciclo de vida longo, tem a sua sustentação agrícola alicerçada na disponibilidade para plantio de dezenas de variedades ou cultivares, quase todas resultado do pioneirismo das pesquisas em genética e melhoramento nesta espécie, desenvolvidas pelo Instituto Agrônomo. Entretanto, avanços atuais nos programas de melhoramento são limitados especialmente pela variabilidade genética restrita e autogamia da espécie *C. arabica*, o que contribui para um crescente déficit de produção da cafeicultura frente às demandas atuais.

¹Financiado com recursos do CBP&D do café, Fapesp, Finep e CNPq.

Diante desse panorama, a moderna biologia, representada pelas metodologias da Biologia Molecular e Engenharia Genética, representa a mais promissora arma para o melhoramento, uma vez que barreiras naturais como impossibilidade de cruzamentos intra-específicos e baixa variabilidade genética, poderão ser superadas através destas técnicas. No entanto, uma das limitações para o uso de biotecnologia como ferramenta no melhoramento genético do café é o quase total desconhecimento molecular dos genes do cafeeiro.

O crescente desenvolvimento da biotecnologia permitiu o estabelecimento dos programas Genomas. Estes têm como objetivo essencial decifrar o código genético dos diferentes organismos vivos. Iniciados pelo Genoma Humano, rapidamente os projetos genomas foram sendo estabelecidos, principalmente para espécies de interesse agrônomo. Dentro deste quadro, o Genoma Café foi proposto pelo IAC dentro do Programa AEG (*Agriculture and Environment Genomes*) da Fapesp, em parceria com o Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café e o Cenargen / Embrapa. Como vem sendo realizado para outras espécies vegetais, foram sequenciados apenas genes transcritos, os chamados ESTs (*Expressed Sequence Tag*) em tecidos e órgãos do cafeeiro. Esta estratégia, apesar de não abranger todo o genoma da espécie, permitiu a identificação dos genes relacionados com processos biológicos de interesse, de maneira mais rápida e eficiente. Assim, por exemplo, genes diretamente relacionados com mecanismos de resistência a pragas poderão ser isolados a partir das sequências específicas obtidas em plantas resistentes infectadas. A importância da identificação dos genes envolvidos com o desenvolvimento de características de interesse agrônomo está na possibilidade da sua utilização como ferramenta em Programas de Melhoramento. Dessa forma, estes genes poderão ser utilizados tanto como marcadores moleculares durante o processo de seleção, quanto como candidatos para transformação de plantas, sempre visando o desenvolvimento de cultivares com características diferenciadas.

O Projeto Genoma-Café, concluído em 2004, teve como objetivo o sequencia-

mento de ESTs de diversos órgãos e tecidos, tais como folhas, raiz, flores, frutos, não só em diferentes estádios do desenvolvimento, mas também a partir de plantas submetidas a diferentes situações de estresses bióticos e abióticos. A escolha dos tecidos e tratamentos para análise baseou-se na identificação dos problemas biológicos limitantes para o desenvolvimento cafeicultura, tais como susceptibilidade a pragas e doenças; sensibilidade ao frio e à seca; maturação não-uniforme dos frutos; composição química de sementes. Um total de 200.000 ESTs foi sequenciado, e após análises de bioinformática estas sequências foram agrupadas em aproximadamente 35.000 genes distintos (Vieira et al., 2006). A expectativa principal era que genes relacionados com o estabelecimento de características agrônomicas desejáveis fossem identificados, isto é, tivessem sua sequência determinada. Uma outra expectativa era que fossem identificadas sequências diversas destes genes, resultado da expressão de diferentes alelos, o que possibilitará a avaliação da variabilidade genotípica disponível. Além disso, espera-se que os ESTs sejam mapeados, ou seja, sua posição nos cromossomos e sua ligação com outros genes em mapas genéticos determinadas, visando aumentar a densidade de marcadores moleculares acessíveis para seleção. Finalmente, outro ganho advindo do Projeto Genoma Café foi o fortalecimento de laboratórios de pesquisa e formação de recursos humanos com competência em biologia molecular, genômica estrutural e funcional e bioinformática atuantes nas pesquisas com o cafeeiro.

GENÔMICA FUNCIONAL

Apesar do enorme salto que o sequenciamento do genoma café representa para o desenvolvimento da genética molecular do café, a incorporação destas informações em programas de melhoramento e seleção não deverá ocorrer de maneira imediata. Uma das etapas fundamentais para esta absorção envolve a caracterização da variabilidade gênica, modo de expressão, função e interação dos genes em mecanismos biológicos relacionados com o estabelecimento de características agrônomicas. Este conjunto de análises moleculares é chamado de Genômica Funcional, uma

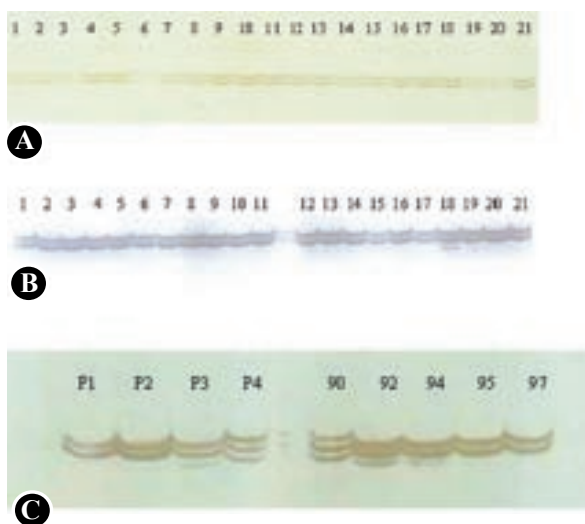


Figura 1. Exemplo de amplificação de alelos de microsatélites SSR 4 (A) e SSR 18 (B, C) a partir de plantas resistentes (1-11) e suscetíveis (12-21; 90-97) ao bicho-mineiro (Pinto et al., 2007)

vez que envolve o estabelecimento da função de cada um dos genes identificados.

Em um Programa de Genômica Funcional, a expressão dos genes de interesse é comparada em genótipos que apresentem diferenças fenotípicas para uma determinada característica. Assim, o papel de um gene no processo de maturação do fruto pode, por exemplo, ser determinado através da comparação de sua expressão em frutos em diferentes estádios de desenvolvimento, ou em frutos de genótipos que apresentam alteração no tempo de maturação.

Os métodos utilizados para avaliar essa expressão diferencial são bastante sofisticados. De maneira geral, o ponto de partida é sempre o mesmo, isto é, RNA-mensageiro extraído dos tecidos em estudo. Os genes a serem testados, e cuja sequência foi obtida através do sequenciamento, são então utilizados como sondas em experimentos simples, como RT-PCR e *Northern Blot*, onde os genes são avaliados individualmente; ou através de análises de *microarrays* ("micro arranjos"),

onde centenas ou milhares de sequências podem ser avaliadas de maneira simultânea e quantitativa. Este último método, apesar de ter custo elevado, representa uma alternativa mais eficiente de análise, pois permite uma avaliação quantitativa precisa da expressão de genes. Dessa maneira é possível determinar o padrão de expressão temporal e espacial de um loco qualquer, e como este interage com a expressão de outros locos envolvidos em um mesmo processo metabólico.

Para uma compreensão das possibilidades que podem ser exploradas a partir das informações geradas pelas análises funcionais, imaginemos uma situação simplificada a partir da análise da expressão de genes durante a maturação do fruto do café. Poderá ser identificado o gene A como regulador da expressão do gene B, que em conjunto com os genes C e D são responsáveis pela síntese de proteínas de reserva. Neste caso, o pesquisador interessado em alterar o teor de proteínas de reservas na semente do café poderá delinear cruzamentos que possibilitem novas combinações entre os genes envolvidos, resultando em alterações nos teores da proteína desejada; ou poderá identificar polimorfismos destes genes em espécies com variação natural nos teores protéicos, que eventualmente poderão ser transferidos para outros genótipos.

PESQUISAS EM ANDAMENTO

O Centro de Café "Alcides Carvalho" do IAC, em parceria com a Embrapa Café, instalou o laboratório de Biologia Molecular do Café para o desenvolvimento de pesquisas na área de Genômica Funcional. Inicialmente, as pesquisas se concentram na caracterização de genes relacionados

com mecanismos de defesa da plantas em resposta ao ataque de patógenos, e também com genes determinantes do florescimento, desenvolvimento de frutos e composição química de sementes. É importante ressaltar que os sucessos alcançados até o momento se devem principalmente a uma estreita interação entre a equipe encarregada do melhoramento genético e a equipe responsável pelos estudos de genômica funcional. A seguir é apresentado um resumo dos principais resultados de pesquisas obtidos até o momento:

RESISTÊNCIA AO BICHO-MINEIRO

A fim de caracterizar e identificar genes que levam à resistência ao bicho-mineiro em café duas abordagens distintas estão em andamento. Uma tem como objetivo analisar a expressão de genes reconhecidamente relacionados com mecanismos de defesa em plantas. A segunda busca identificar uma classe específica de marcadores moleculares, os microsatélites expressos (EST-SSR), associados à característica de resistência. Em ambos os casos pretende-se desenvolver ferramentas que auxiliem o processo de seleção.

Para análise da expressão de genes, plantas suscetíveis e resistentes, oriundas do Programa de Melhoramento, foram inoculadas com o bicho-mineiro. O RNA mensageiro de folhas infestadas e coletadas ao longo da infestação foi purificado. A partir das análises *in silico* feitas no Banco de Dados do Genoma-Café foram identificados sequências similares a genes de defesa, permitindo a construção de oligonucleotídeos genes-específicos para as diferentes famílias gênicas. Assim, estes oligos foram utilizados para amplificação dos genes através de RT-PCR. Até o momento foi avaliada a expressão de mais de 30 genes envolvidos na resposta de resistência ao bicho-mineiro. Os resultados analisados mostram que alguns deles, como é o caso de genes que codificam

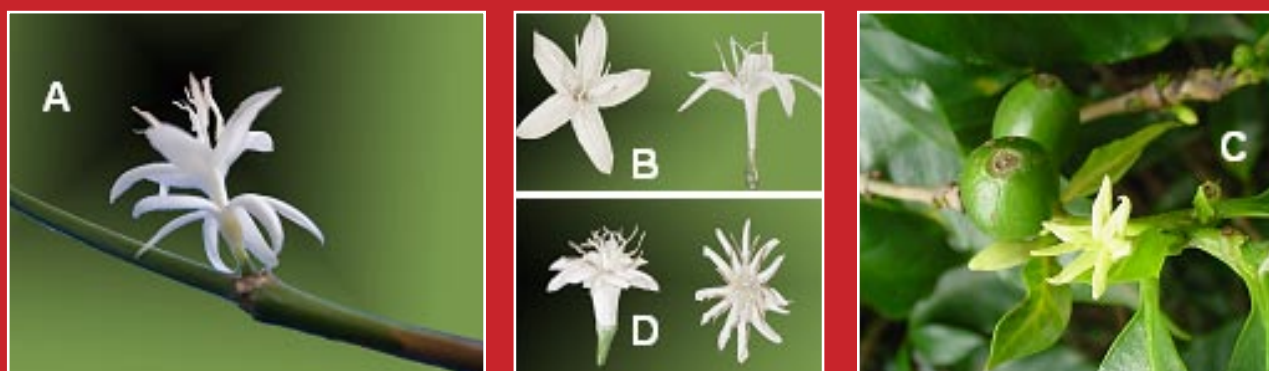


Figura 2. Padrão floral de variedades mutantes de *C. arabica* - (A) Calycanthema, (B) Maragogipe, (C) Sem perflorens, (D) Fasciata

enzimas-chave na sinalização de defesa incluindo receptores tipo kinases e glutatona-transferases, e genes que codificam proteínas com ação antibiótica, tais como glucanases, apresentam um padrão de expressão diferencial entre plantas resistentes e suscetíveis. Até o presente, estes genes são os primeiros candidatos para buscas de polimorfismos gênicos que possam servir como marcadores moleculares.

Na segunda abordagem, a estratégia em andamento é identificar sequências do tipo EST-SSR a partir de análises *in silico* no Banco de Dados do Genoma Café. Estes marcadores fazem parte da região transcrita do gene e podem, portanto alterar a função do gene. Após a identificação, pares de oligonucleotídeos que flanqueiam a região do EST-SSR são sintetizados, e utilizados para amplificar as regiões correspondentes no genoma de plantas suscetíveis e resistentes. O objetivo é identificar diferenças no tamanho destas regiões nas plantas avaliadas. Numa primeira etapa foram avaliados 35 locos de EST-SSR sem, no entanto, ter sido observado algum polimorfismo entre os fragmentos amplificados a partir de plantas resistentes e suscetíveis (Pinto et al., 2007).

No momento, novos locos de EST-SSR estão em avaliação, e espera-se identificar polimorfismos, apesar da reduzida variabilidade encontrada.

GENÉTICA DO FLORESCIMENTO

Outro aspecto em estudo é a controle genético da floração em café. Apesar da importância deste aspecto do desenvolvimento da planta, uma vez que uma maturação uniforme dos frutos depende de uma floração sincronizada, pouco se conhece sobre os genes que regulam esta etapa do ciclo do cafeeiro. Pesquisas em várias espécies de plantas demonstram que o controle genético do florescimento é realizado pela família de genes MADS, que regulam a diferenciação do meristema e a identidade dos órgãos reprodutivos (Riechmann & Meyerowitz, 1997). Assim, esta família de genes foi selecionada para iniciar os estudos genômicos em café. Inicialmente, análises *in silico* do Banco de dados do genoma Café permitiram a identificação de sequências similares a nove dos principais genes MADS. Entre estes estão genes que regulam a identidade do meristema, tais como *cauliflower* e *apetala1*; genes que

controlam a identidade do órgão floral, como *apetala2*, *apetala3*, *pistillata* e *agamous*; e genes como *terminal flower*, *constans* e *spindly* que atuam na formação dos órgãos florais em resposta ao fotoperíodo (Howell, 1998). Oligonucleotídeos genes-específicos para cada um desses genes foram desenhados de maneira a permitir que toda a região codificadora fosse incluída.

Para caracterização destes genes foram selecionadas plantas de *Coffea arabica*, com características de florescimento distintas, como as cultivares Mundo Novo, Catuai e Obatã, e também com alterações ou no desenvolvimento ou no controle do florescimento, como os mutantes *Semperflorens*, *Goiaba*, *Volutifolia*, *Abramulosa*, *Calycanthema*, *Anômala*, *Anormalis* e *Poliortótropica* (Carvalho et al., 1991). Os resultados demonstram que estes genes não apresentam variabilidade significativa entre as plantas estudadas, uma vez que para cada loco foram amplificados poucos fragmentos genômicos, e estes não diferem significativamente de tamanho. Assim, as novas pesquisas se concentram em identificar variações no padrão de expressão destes genes, ao longo do período de florescimento, que possam ser co-relacionadas com as alterações no florescimento entre estas plantas. No entanto, os resultados obtidos até o momento indicam que o controle genético em café é realizado por um mecanismo semelhante ao caracterizado em outras espécies vegetais.

SÍNTESE DE CAFEÍNA

A partir da identificação de plantas naturalmente descafeinadas, realizada por pesquisadores do Centro de Café "Alcides Carvalho" (Silvarolla et al., 2004), surgiu a necessidade de se desenvolver marcadores moleculares que acelerassem a seleção de plantas resultantes do cruzamento destas, e que continuassem a expressar a característica. A estratégia em andamento envolve a caracterização da expressão dos genes que codificam as principais enzimas da via biosintética de cafeína. Para estas análises, também foram identificadas sequências similares a estes genes no Banco de Dados do Genoma Café, e oligonucleotídeos genes-específicos foram sintetizados. Através de análises de RT-PCR, utilizando RNA mensageiro extraído de folhas e frutos AC em diferentes fases do desenvolvimento, o padrão de expressão destes genes está sendo avaliado. Além disso, regiões do genoma correspondentes aos genes também foram amplificadas a partir de DNA total das plantas ACs. Até o momento já foi possível identificar polimorfismos nos genes das plantas analisadas, e estes estão em avaliação em plantas F_1 resultantes de cruzamento de ACs com a cultivar Mundo Novo. Espera-se que este marcador seja eficaz na seleção das plantas que contém a mutação e a ausência de síntese de cafeína. Outros estudos ainda em fase inicial incluem a caracterização de genes durante o desenvolvimento e maturação de frutos de diferentes cultivares de *C. arabica*; a identificação e mapeamento cromossômico através de FISH de famílias de genes de resistência; e clonagem de sequências reguladoras de genes com expressão tecido-específica.

Em conclusão, pode-se perceber que todos os estudos mencionados aqui dependem em grande parte do conhecimento das sequências de genes de interesse. Assim, o sequenciamento em larga escala de clones de bibliotecas de cDNA preparados a partir de diferentes tecidos e ou órgãos do cafeeiro representa uma fonte de informações básicas para estudos relacionados com biologia celular, bioquímica e fisiologia da planta. Como resultado em longo prazo, o IAC e demais instituições de pesquisas cafeeiras, irão inaugurar uma nova fase em seus programas de melhoramento, buscando a integração de modernas metodologias com a tradição do melhoramento clássico, e proporcionando o desenvolvimento de genótipos cada vez mais específicos. Além disso, perspectivas importantes para novos estudos poderão ser beneficiadas com o Genoma Café, como por exemplo, o estabelecimento de programas de seleção assistida; a construção de bibliotecas contendo grandes fragmentos genômicos utilizando cromossomo artificial de bactéria (BAC); a obtenção de marcadores gênicos para doenças, pragas e outras características agrônômicas; a identificação de genes envolvidos na produção de cafeína, ácidos clorogênicos, carboidratos, entre outros; e estudos de evolução e da diversidade de genomas do gênero *Coffea*.

Referências bibliográficas

- Carvalho, A.; Medina Filho, H. P.; Fazuoli, L. C.; Guerreiro Filho, O. & Lima, M. M. A. (1991). Aspectos genéticos do cafeeiro. Revista Brasil. Genet., 14(1): 135-183.
- Howell, S. H. (1998). Molecular Genetics of Plant Development. Cambridge University Press.
- Pinto, F. O., Maluf, M.P.; Guerreiro-Filho, O. (2007). Study of simple sequence repeat (SSR) markers from coffee expressed sequences associated to leaf-miner response. Pesquisa Agropecuária Brasileira (no prelo).
- Riechmann, J.L.; Meyerowitz, E.M. (1997) MADS Domain proteins in plant development. Biol. Chem., 378: 1079-1101.
- Silvarolla, M. B.; Mazzafera, P.; Fazuoli, L. C. (2004) A naturally decaffeinated arabica coffee. Nature, London, v.429, p.826.
- Vieira et al. (2006) Brazilian coffee genome project: an EST-based genomic resource. Braz. J. Plant Physiol., 18 (1):95-108, 2006.

Mirian Perez Maluf

Embrapa Café / Centro de Café "Alcides Carvalho", IAC

☎ (19) 32120458

✉ maluf@iac.sp.gov.br

Antonio Carlos Baiao de Oliveira

Centro de Café "Alcides Carvalho", IAC

☎ (19) 32120458

✉ baiiao@iac.sp.gov.br

Café robusta: uma nova opção para a cafeicultura paulista

Estima-se que o café robusta participe com 35% das operações envolvendo café beneficiado (verde) em âmbito mundial. Calcula-se que a produção nas diversas regiões cafeicultoras do mundo alcance cerca de 42 milhões de sacas de café robusta. Os preços do café robusta no mercado internacional apresentam pequeno diferencial em relação ao preço composto da OIC (inclusive robusta). Tomando-se o período 1985 a 1995, o preço do robusta foi inferior em apenas US\$ 14,35 por saca de café beneficiado. Um fato relevante a considerar é que os mercados da União Européia e asiático apresentam crescimento na demanda pelo robusta tanto na forma de café verde como também de solúvel.

No Brasil, o café robusta é cultivado em maior escala nos Estados do Espírito Santo, Rondônia e Bahia. A produção global do país atualmente oscila em torno de 9 a 10 milhões de sacas, tendo por destinação primordial a indústria do solúvel, a torrefação e moagem para exportação. É importante ressaltar também que a cafeicultura do robusta no Brasil responde por geração de renda da ordem de um bilhão de reais, quando contabilizados todos os negócios envolvendo o produto.

No Estado de São Paulo, plantios de robusta existem apenas em condições experimentais. Parcelas com diversas cultivares de café robusta foram estabelecidas principalmente nas regiões da Alta Paulista e Araraquarense há mais de dez anos, com a finalidade de avaliar o comportamento e o potencial produtivo desses materiais genéticos. Os resultados obtidos até o presente são animadores, e evidenciam a grande rusticidade e produtividade da espécie. Essa constatação mobiliza, crescentemente, técnicos e produtores para o estabelecimento comercial do robusta em São Paulo. Assim, com base nas informações disponíveis, poder-se-á iniciar o plantio de áreas pilotos no Estado. Evidentemente, a expansão da atividade deverá contar com novas informações tecnológicas a serem obtidas com a intensificação das pesquisas cafeeiras dirigidas para a atividade.

No Estado de São Paulo existem regiões que ainda não encontraram alternativas econômicas em substituição ao café arábica, apesar das tentativas realizadas com algumas culturas. Estima-se, porém, que caso a cafeicultura seja novamente recomendada para essas regiões, poderá ter produtores interessados no cultivo, a julgar pela tradição, ou seja, pela existência de produtores com conhecimento



Planta de café Robusta

da cultura do café e pela existência de infra-estrutura ociosa para atividade nas cooperativas de produtores dessas regiões. No entanto, atualmente a cultura da cana está sendo plantada em várias regiões do Estado de São Paulo e pode ser um obstáculo à implantação da cultura do café robusta em algumas dessas regiões. O IAC desenvolve desde 1970 um projeto de genética e melhoramento do café robusta, onde foram identificadas cultivares e plantas matrizes que poderão dar subsídios para a implantação gradual do café robusta no Estado de São Paulo. No entanto, há necessidade de experimentação regional em vários níveis de tecnologia, inclusive com irrigação, uma vez que determinados genótipos de café robusta são tolerantes a temperaturas mais altas, porém mais exigentes em água.

O café robusta corresponde a denominação genérica da espécie *Coffea canephora*. Esta espécie é originária de regiões tropicais, quentes, úmidas e de baixa altitude da África com temperaturas médias superiores a 23°C. Representa cerca de 35 % do volume mundial produzido, sendo o Vietnã, a Indonésia, o Brasil, a Costa do Marfim e Uganda os principais produtores.

No Brasil, o café robusta é cultivado principalmente, em regiões aptas para este tipo de cultura, compreendendo os Estados do Espírito Santo, Rondônia e em menor escala no Mato Grosso, Bahia, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Acre. Embora não cultivado em São Paulo, existe neste Estado extensa área geográfica com aptidão climática para a implantação da cultura.

Diversos são os fatores favoráveis à implantação do café robusta no Estado de São Paulo. Existem condições climáticas apropriadas, há tradição e infra-estrutura para a produção de café



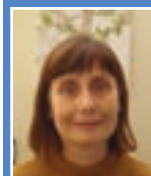
Fazuoli



Masako



Júlio



Bernadete



Planta de café Robusta

nessas regiões que são ex-produtoras de café arábica e várias das indústrias solubilizadoras e torrefadoras localizam-se na região. Além disso, o café robusta possui várias características agrônômicas e tecnológicas que estimulam o seu cultivo e industrialização. A seguir são apresentadas e discutidas

algumas considerações sobre o café robusta, visando a sua experimentação, seleção e plantio no Estado de São Paulo.

APTIDÃO CLIMÁTICA E FATOR HÍDRICO

Recentemente um estudo da aptidão climática para a cultura de robusta no Estado de São Paulo elaborado no Instituto Agrônômico, em Campinas, revelou existência de uma ampla faixa com aptidão climática preferencial à essa cultura. Essa região que se localiza principalmente no oeste do Estado de São Paulo, apresenta temperatura média anual superior a 22°C, com altitudes inferiores a 500 m e deficiência hídrica anual abaixo de 150 mm. Tais condições são semelhantes às do centro de origem da espécie na África. A região sul do Vale do Ribeira, também é considerada climaticamente apta ao cultivo do café robusta. Essas regiões perfazem um total de aproximadamente 200.000 ha de área apta.

Com referência ao fator hídrico, a experiência tem demonstrado que o café arábica e o robusta suportam deficiências de até 150mm anuais, quando em solos profundos e de boas propriedades físicas. Acima desse valor, a área pode ser considerada como marginal. É o que acontece na faixa adjacente ao Rio Grande, no norte do Estado. Nessa faixa e em outras regiões que apresentam déficit hídrico, a irrigação poderá viabilizar o plantio comercial do café robusta, assim como do arábica.

TRADIÇÃO E INFRA-ESTRUTURA

O Estado de São Paulo contribui atualmente com menos de 10% da produção nacional de café tendo produzido em 2006 cerca de 4,2 milhões de sacas de café arábica. Entretanto, o Estado já foi responsável por cerca de 25% da produção nacional. Inúmeras propriedades rurais ainda contam com infra-estrutura

para a produção de café, que foi implementada no passado para o cultivo do arábica. Algumas destas regiões que hoje são consideradas problemáticas para o cultivo desta espécie são, porém, aptas para o café robusta.

OFERTA DO PRODUTO E PROXIMIDADE DAS INDÚSTRIAS SOLUBILIZADORAS

Segundo consta, a indústria de café solúvel trabalha atualmente com apenas 50% de sua capacidade operacional. Portanto, a cultura do robusta em São Paulo poderia contribuir para a redução desse déficit. Os produtores com apoio das indústrias de solúveis, não teriam dificuldades em comercializar suas produções. Existem no país sete solubilizadoras. Três encontram-se instaladas no Estado de São Paulo e duas no norte do Paraná. O robusta processado nessas indústrias provém essencialmente de Rondônia e Espírito Santo. Este parece ser outro fator estimulante à produção de robusta em São Paulo, cujos custos de transporte seriam reduzidos.

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E TECNOLÓGICAS DO CAFÉ ROBUSTA

Produtividade e rusticidade: Ensaios desenvolvidos pelo IAC têm evidenciado que algumas seleções de robusta plantados em espaçamentos adequados apresentam potencial de produção igual ou superior aos arábicas. O cafeeiro robusta possui sistema radicular mais desenvolvido que o do arábica, sendo também menos exigente em fertilizante. Consequentemente, o custo de produção é inferior ao do arábica.

Propagação por sementes: Algumas cultivares podem ser propagadas por sementes. No entanto essas plantações não apresentarão uniformidade, devido a sua forma de reprodução.

Propagação vegetativa: Uma das grandes vantagens da cultura do café robusta relaciona-se com a possibilidade de multiplicação vegetativa realizada por estaquia de segmentos de ramos ortotrópicos. Plantas geneticamente superiores, podem assim, ser rapidamente multiplicadas. O plantio ideal de café robusta deverá ser efetuado por este tipo de propagação, utilizando-se os melhores clones do programa do IAC e do INCAPER.

Tolerância ao calor: O café robusta tolera temperaturas mais altas (acima de 23°C), portanto, poderá ser uma nova opção nas regiões com temperaturas médias mais elevadas. A temperatura média ideal para o café robusta está entre 23 e 26°C.

Tolerância à seca e necessidade de irrigação: De maneira geral algumas cultivares de café robusta têm se revelado mais tolerantes a curtos períodos de estiagem, do que as cultivares de *C. arabica*. Outras, porém, são exigentes em água e, portanto, necessitam ser irrigadas.

Resistência a pragas e doenças: Os principais problemas fitossanitários do café arábica no Brasil são os nematóides (*Meloidogyne incognita*, *M. paranaensis* e *M. exigua*), o bicho mineiro (*Leucoptera coffeella*), a broca dos grãos (*Hypothenemus hampei*) e a ferrugem (*Hemileia vastatrix*). Algumas regiões quentes, como a Alta Paulista, Noroeste e Araraquarense, tornaram-se problemáticas para a cultura do arábica devido a incidência conjunta de vários destes agentes, associada à ocorrência de solos erodidos. Essas regiões, po-



Frutos de café Robusta

rém, são aptas ao cultivo de *C. canephora*. As cultivares de café robusta no geral são resistentes à ferrugem e pelo menos uma, a cultivar Apoatã é altamente resistente aos nematóides e dispensam em certos casos também a aplicação de inseticidas para controle do bicho mineiro. No entanto, deve ser ressaltada a maior incidência da broca dos grãos no café robusta, que parece ser o principal problema fitossanitário da cultura do robusta no Brasil.

A maturação mais tardia dos frutos de algumas cultivares permite a multiplicação mais intensa dos insetos. Os frutos do robusta apresentam também pericarpo e endocarpo mais finos e menor quantidade de mucilagem, características que podem estar relacionadas a maior suscetibilidade ao inseto. O estudo de diversos sistemas de plantio e a seleção de progênies e clones poderá reduzir significativamente os níveis de infestação.

Suscetibilidade a ventos: O café robusta é mais suscetível a ventos do que o arábica. Há necessidade de proteger as plantações com quebra – ventos.

Maturação: O período de crescimento e maturação dos frutos do café arábica é de 180 a 250 dias. No café robusta, existe grande variabilidade para essa característica ocorrendo cultivares de maturação precoce (270 dias), média (300 dias) ou tardia (330 dias). O cultivo de clones ou progênies desses três grupos poderia facilitar a operacionalização da colheita e secagem dos frutos.

Rendimento: No café arábica, a relação entre o peso de café beneficiado e o de café em coco, é cerca de 50%. No café robusta, este rendimento pode atingir até 65%, sendo mais uma característica favorável desse café.

Tamanho das sementes e porcentagem de grãos moca: As principais variedades de *C. canephora* cultivadas no Brasil, são derivadas do grupo Guineano (Conilon), apresentam grãos pequenos (peneira média 14 a 16) com alta porcentagem de grãos moca (30 a 40%). A maior parte das progênies e clones de café robusta selecionados nas antigas Estações Experimentais do IAC e propriedades particulares do Estado de São Paulo, são derivadas do grupo Congolês (Robusta) e têm grãos maiores (peneira 15 a 19) e baixa porcentagem de grãos moca (10 a 20%), sendo portanto bastante promissoras do ponto de vista tecnológico.

Bebida: Apesar do café robusta ter bebida de qualidade inferior ao arábica, existe grande variabilidade para diversas características organolépticas, como perfil de sabor, corpo e aroma que poderiam modificar a qualidade final do produto industrializado e também de seus blends com o arábica. Caso seja utilizado o café cereja descascado, a bebida poderá se apresentar com melhor qualidade.

Sólidos solúveis: Sabe-se que o teor de sólidos solúveis em *C. canephora* é superior ao de *C. arabica*. Existe entre os robustas considerável variabilidade para essa característica. Rendimentos industriais muito superiores aos atuais poderiam ser obtidos através do estudo de novas seleções de robusta.

Cafeína: O teor médio de cafeína nos grãos de *C. canephora* é de 2,5% embora varie de 1,4 a 4,0%. Altos teores desse alcalóide são interessantes pelo maior rendimento de extração.

Condução da lavoura: A principal diferença no manejo da cultura do robusta frente ao arábica, consiste nas podas de condução. Por se tratar de planta vigorosa adaptada a luz e ao calor, o robusta tem desenvolvimento das plantas acelerado, demandando ações permanentes de poda nas plantas, seja em espaçamentos largos ou adensados.

Todavia, esse conjunto de características, tornam o cultivo do robusta bastante promissor para aquelas regiões paulistas com vocação para a cafeicultura, onde apresentam temperaturas elevadas para arábica e problemas com nematóides.

CULTIVARES E MELHORAMENTO DE CAFÉ ROBUSTA (*COFFEA CANEPHORA*)

A espécie *Coffea canephora*, que produz o café denominado de robusta é diplóide ($2n = 22$) e é de fecundação cruzada, pois os cafeeiros são auto-incompatíveis. Estudos baseados em isoenzimas identificaram dois grandes grupos de *C. canephora*.

1- Grupo Guineano, que compreende os cafés do tipo Kouilou originário da Costa do Marfim, Guiné e Oeste da África, cujas principais características são: internódios de menores tamanhos, frutos pequenos, maturação precoce dos frutos, sementes pequenas e com menor peso, peneira média baixa, altos teores de cafeína (em torno de 2,7%), na maior parte das plantas deste grupo suscetibilidade à ferrugem, tolerância à seca, bebida inferior ao Grupo Congolês e coloração dos brotos novos frequentemente bronze.

2- Grupo Congolês, provenientes da África Central apresentam dois subgrupos. O subgrupo 1 (SG1) formado pelos tipos de café Robusta ou Híbridos entre os dois grupos (Kouilou x Robusta) e o subgrupo 2 (SG2) que corresponde ao café Robusta propriamente dito. Os representantes do grupo Congolês apresentam internódios longos, frutos grandes, maturação média a tardia dos frutos, sementes grandes, peso de sementes maiores do que as do Grupo Guineano, peneira média alta, me-



Planta Robusta RN

Cultivares desenvolvidas no IAC

O IAC desenvolve desde 1970 um programa de melhoramento de *Coffea canephora* utilizando introduções principalmente do Grupo Congolês (Robusta). Selecionou até o presente várias variedades de polinização aberta, que poderão ser reproduzidas por sementes. Outra estratégia de seleção foi a obtenção de mais de 200 plantas matrizes que poderão ser constituídas em clones, que deverão ser plantados vegetativamente (estacas ou cultura de tecidos). A seguir são relacionadas as cultivares selecionadas pelo IAC que podem ser plantadas por sementes em plantios comerciais:

Kouilou

Existem várias seleções com maturação precoce e média.

Robusta

Existem várias seleções com maturação tardia.

Guarini IAC 1598

Apresenta maturação tardia.

Bukobensis IAC 827

Apresenta maturação precoce.

Robusta RN

São seleções de *C. canephora* resistentes aos nematóides *M. exigua*, *M. incognita* e *M. paranaensis*.

São cultivares de polinização aberta e reproduzidas por sementes. No plantio deve-se utilizar o espaçamento de 3,5 a 4,0m entre linhas por 1,0 a 1,5m entre plantas com 1 planta na cova e com 3 a 4 hastes ortotrópicas.

No IAC existem outras seleções de café robusta, como a variedade Laurentii e híbridos F1 entre plantas especiais do Grupo Congolês ou híbridos entre cafeeiros do grupo Congolês e Grupo Guineano.

nores teores de cafeína (em torno de 2,5%), maior resistência à ferrugem, suscetibilidade à seca, exigência em água, bebida superior ao Grupo Guineano e coloração das folhas novas bronze ou marrom.

As diferenças entre os sub grupos SG1 e SG2 não são muito pronunciadas, a não ser no tamanho das folhas e tolerância à seca.

CLONES SELECIONADOS PELO IAC

Foram selecionadas mais de 200 plantas matrizes altamente produtivas com altos teores de sólidos solúveis e menores teores de cafeína. Alguns dos clones selecionados pelo IAC oriundos dessas plantas matrizes estão em fase de experimentação. Entre eles destacam-se do grupo Kouilou: IAC66-1; IAC66-3; IAC68-4; IAC69-5; IAC70-11; IAC70-12 e IAC2293-165; do grupo Robusta: IAC1655-7; IAC1647-1; IAC1647-2; IAC Robusta col 10; IAC1653-7; IAC1650-6; IAC1645-3; IAC2290-8; IAC2290-9; IAC2290-10; IAC2291-12; IAC2286-5; IAC2286-12; IAC2292-15; IAC2259-12; do grupo Bukobensis: IAC827 col 2; IAC827 col 4; do grupo Laurentii: IAC col 10; do grupo Guarini: IAC1598-1; IAC1598-7, do grupo Robusta com resistência aos nematóides *Melodogyne exigua*, *M. incognita* e *M. paranaensis*: 'IAC 3597-3, IAC 3597-8, IAC 3599-4, IAC 3599-2, IAC 3600-9 e IAC 3600-12'.

Para o plantio de clones é de fundamental importância conhecer as características de cada clone, principalmente a época de maturação. Os clones devem ser plantados em grupos de clones compatíveis com maturação e outras características semelhantes. Neste caso deve-se plantar um clone por linha de café. O mínimo de clones pode variar de dois até dez. Para plantar somente um clone é de fundamental importância colocar também uma linha com vários clones mesclados ou de preferência uma variedade de polinização aberta propagada por sementes, que serão os polinizadores. Neste caso colocar de 3 a 4 linhas de um clone elite alternados por uma linha do grupo de clones escolhido ou da variedade polinizadora. Os plantios no Estado de São Paulo estão sendo feitos apenas experimentalmente em ensaios ou campos pilotos. Para plantios em escala comercial, há necessidade de estabelecer jardins clonais.

CULTIVARES DESENVOLVIDAS PELO INCAPER

O INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural) do Espírito Santo, iniciou em 1985 um programa de melhoramento genético do grupo Conilon visando selecionar plantas matrizes superiores que devem ser multiplicadas vegetativamente (cultivares clonais) e cultivares propagadas por sementes. De acordo com informações dos pesquisadores do INCAPER, a seguir são apresentadas as principais cultivares desenvolvidas e recomendadas principalmente para o Espírito Santo, mas que poderão ser experimentadas em plantios comerciais no Estado



Cafeeiros Kouilou em Rondônia



Frutos das cultivares Kouilou e Guarini

CULTIVARES CLONAIS

EMCAPA 8111

Composta de 9 clones de café Conilon com maturação precoce;

EMCAPA 8121

Composta por 14 clones de café Conilon com maturação intermediária;

EMCAPA 8131

Composta por 9 clones de café Conilon com maturação tardia;

EMCAPA 8141 – ROBUSTÃO CAPIXABA

Composta de 10 clones de café Conilon com maturação média. A sua principal característica é tolerância à seca.

INCAPER 8142 – CONILON VITÓRIA

Composta de 13 clones com maturação média.

Cultivar propagada por sementes

EMCAPA 8151 – ROBUSTA TROPICAL

Corresponde à recombinação em campo isolado de 53 clones de café Conilon.

CONCLUSÃO

Pode-se afirmar que no Brasil existem clones (propagados por estaquia) e cultivares (propagadas por sementes) que poderão dar subsídios para a implantação gradativa do café robusta no Estado de São Paulo.

Luiz Carlos Fazuoli, Masako Toma Braghini, Julio César Mistro e Maria Bernadete Silvarolla

Instituto Agronômico, Centro de Café “Alcides Carvalho”

☎ (19) 3241-5188 ramal 370; 3212-0458

✉ fazuoli@iac.sp.gov.br; mako@iac.sp.gov.br;

✉ mistrojc@iac.sp.gov.br; bernadet@iac.sp.gov.br



Cafeeiros Kouilou em Rondônia

Sustentabilidade: pauta da cafeicultura no século XXI

As alterações nos padrões de produção e comercialização de café, principalmente nas últimas duas décadas, são notórias e irreversíveis. Desde a introdução da bebida na Europa, no século XVII, nunca foram observadas mudanças tão significativas na estrutura, na conduta e no desempenho de seu sistema agroindustrial. Essas alterações refletem as preocupações da comunidade internacional com os limites do desenvolvimento do planeta, iniciadas na década de 60, com os riscos de degradação do meio ambiente, as preocupações com a saúde do consumidor e com o bem estar dos produtores e trabalhadores rurais.

Em 1987, a Comissão Mundial da ONU sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED) apresentou um documento conhecido por *“Our Common Future”*, ou Relatório Brundtland. De acordo com esse relatório, *“Desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações satisfazerem suas próprias necessidades”* (WCED, 1987).

Esse conceito refere-se, principalmente, às consequências do impacto das atividades econômicas sobre o meio ambiente, com relação à qualidade de vida e o bem-estar da sociedade, tanto presente quanto futura. Atividade econômica, meio ambiente e bem-estar da sociedade formam o tripé sobre o qual se apóia o conceito de desenvolvimento sustentável.

A aplicação do conceito à realidade requer, no entanto, uma série de ações técnicas e socioeconômicas, tanto por parte do poder público, como da iniciativa privada e dos movimentos sociais, tais como as Organizações Não-Governamentais (ONGs). Essas ações devem buscar melhores condições de vida, associadas à preservação e recuperação do meio ambiente e à condução da economia de forma vinculada a tais exigências.

A Organização Internacional do Café (OIC), fórum dedicado a discutir questões relacionadas ao café internacionalmente, deve atuar como referência para a cooperação em torno do desenvolvimento de uma economia cafeeira sustentável. Os objetivos da OIC, *“Alcançar um equilíbrio razoável entre a oferta e a procura de café e que contribuam para um equilíbrio em longo prazo entre a produção e o consumo”* (OIC, 2003), denotam sua preocupação com a sustentabilidade.

A OIC reúne representantes de países importadores e exportadores de café para discutir e desenvolver estratégias globais compartilhadas, o que oferece uma importante oportunidade para a definição e implementação de um sistema de comércio mais equitativo e participativo (Maketradeair, 2006).



A cafeicultura favorecendo a natureza

Nos últimos anos, a OIC tem atuado efetivamente na promoção da produção, comércio e consumo de cafés sustentáveis. O Art. 39 do atual Acordo Internacional do Café (AIC) prevê que seus membros devem *“levar a gestão sustentável de recursos e do processamento do café na devida consideração à luz dos princípios e objetivos de desenvolvimento sustentável estabelecidos na Agenda 21”*.

De acordo com o documento ED 1981/06 da OIC, de 14 de fevereiro de 2006 (OIC, 2005),

“Sustentabilidade em café implica condições de produção, processamento e comércio que, com referência a todas as partes envolvidas na cadeia da oferta,

a) proporcionem retorno econômico suficiente para cobrir os custos de produção e de vida, acrescido de uma margem para o desenvolvimento;

b) tratem o meio ambiente de maneira responsável, permitindo que os recursos naturais continuem disponíveis para as gerações futuras; e

c) assegurem condições sociais e de trabalho compatíveis com os padrões internacionais e conducentes à manutenção de comunidades estáveis.”

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicou, por ocasião da II Conferência Mundial do Café, o relatório *“Brasil: Sustentabilidade no setor cafeeiro”*, onde apresenta a visão do País sobre a sustentabilidade, definindo-a como *“Um conjunto abrangente de ações e iniciativas voltadas para assegurar a continuidade e a viabilidade da atividade cafeeira, abrangendo questões como a preservação ambiental, as relações sociais e econômicas no trabalho, condições dignas de emprego e de remuneração, a melhoria da qualidade do produto e o desenvolvimento dos mercados e do consumo”* (OIC, 2005).

No mesmo documento, a posição brasileira afirma que todos esses critérios devem estar inseridos na política nacional do café e nos programas setoriais de toda a cadeia produtiva. A sustentabilidade, na prática, deve ser definida levando-se em considera-



Sérgio, Flavia Maria e Gerson Silva

ção os objetivos e necessidades nacionais dos países membros da OIC, não devendo ser tratada de forma dissociada da rentabilidade do setor. Tratada de modo abrangente, nos campos da produção, do comércio e do consumo, não devendo permanecer restrita à produção do café verde.

Finalmente, as práticas sustentáveis, nos diversos campos da atividade cafeeira, devem respeitar princípios e normas constantes nas respectivas convenções internacionais, que tratam da proteção ambiental, organização do trabalho, saúde, e funcionamento do comércio – Organização Internacional do Trabalho (OMT), Organização Mundial da Saúde (OMS) e Organização Mundial do Comércio (OMC) – dentre outros.

O Conselho Deliberativo da Política do Café (CDPC) aprovou, em maio de 2006, o Plano Estratégico para o Desenvolvimento da Economia Cafeeira (Pedec), documento elaborado no âmbito do Conselho Nacional do Café (CNC), Associação Brasileira da Indústria do Café (Abic), Associação Brasileira da Indústria de Café Solúvel (Abics), Conselho dos Exportadores de Café (Cecafê) e Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). O documento deverá servir de base para a implantação das políticas para o setor para os próximos anos. O Pedec incentiva investimentos no *marketing* dos Cafés do Brasil e na exploração de nichos de mercado para cafés especiais e certificados, incentivando a participação da cadeia produtiva no programa de cafés sustentáveis desenvolvido pelo governo: a PIC - Produção Integrada do Café (CNC, 2006).

A implementação da norma PIC permitirá a rastreabilidade da produção e o desenvolvimento de uma certificação nacional, com normas que atendam às exigências internacionais e custos reduzidos, além de fácil aplicabilidade por parte dos produtores. A PIC propõe uma norma que incentiva o aperfeiçoamento gradativo de cafeicultores que desejam ter seus produtos reconhecidos através de certificação. Ela foi desenvolvida com base em códigos já existentes para a cafeicultura e no modelo de sucesso proposto pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para Produção Integrada de Frutas (PIF). Trata-se de uma iniciativa brasileira de oferecer café com valor social e ecológico agregado, que vem ao encontro das exigências dos países consumidores que começam a cobrar e valorizar condições apropriadas de produção e rastreabilidade do produto (Aguiar, 2006a).

Os desafios sociais, econômicos e ambientais enfrentados pelo setor cafeeiro resultam de longa história de desenvolvimento inadequado da infra-estrutura, deficiências sistêmicas na cadeia de abastecimento e imperfeições mercadológicas. Esses desafios persistem, mas há esperança de se alcançar maior sustentabilidade e estabilidade no setor, em função da tendência crescente de privilegiar cadeia de abastecimento e relações de mercado mais transparentes, maior diferenciação no mercado e adoção intencional de “melhores práticas de produção” em prol da sustentabilidade.

Nas duas últimas décadas, o mercado de cafés especiais tem crescido num ritmo bastante acelerado, gerando importantes oportunidades para a diversificação de produtos, em mercados de valor agregado mais elevado, com base em características específicas de qualidade. Enquanto o mercado do café para consumo geral ou “mercado de massa” estagnou-se, o crescimento registrado no mercado de cafés especiais tem gerado oportunidades importantes para os agricultores. O mercado de “cafés sustentáveis” certificados tem crescido num ritmo ainda mais acelerado, e muitos selos de sustentabilidade tiveram crescimento anual de mais de 20% nos últimos anos (MaketradeFair, 2006).

Outra iniciativa que vem ao encontro da produção sustentável de café é o Código Comum para a Comunidade Cafeeira (4C) que visa ampliar a oferta de café verde no mercado comum, produzido com critérios ambientais, sociais e econômicos. Esse Código está sendo desenvolvido num processo transparente e participa-



Cafeicultura sustentável

tivo, aberto a todos que integram ativamente o setor do café verde no mundo, desde organizações de produtores, comércio, indústria e sociedade civil organizada. Destaca-se que o investimento necessário para adaptação ao 4C não significa necessariamente em prêmio no preço da saca comercializada. O que existe é o compromisso das indústrias de comprar, e da

rede varejista de comercializar, de forma gradativa e ao longo do tempo, volumes crescentes de cafés com padrão 4C. A previsão é que seja comercializada, já em 2007, 4,2 milhões de sacas de café 4C no mundo, evoluindo para meta de 25% do mercado mundial em 2011. Iniciativas já sinalizam demanda e comercialização de café com padrão 4C no mercado interno (Aguiar, 2006b).

Atento às transformações produtivas e mercadológicas pelas quais vem passando o sistema agroindustrial do café no mundo, o Centro de Café ‘Alcides Carvalho’, Instituto Agrônomo (IAC), mais uma vez sai na frente, atuando efetivamente em pesquisas fitotécnicas e socioeconômicas de cafés produzidos dentro de preceitos ligados ao desenvolvimento sustentável.

No ano de 2006 foi lançado na sede da OIC em Londres o livro “Do grão à xícara: como a escolha do consumidor afeta o cafeicultor e o meio ambiente” e o DVD “Café Solidário”, frutos de parceria entre IAC, Instituto de Defesa do Consumidor (IDEC), *Consumers International* (CI) e *International Institute for Environment and Development* (IIED) (Consumers International, 2007).

O livro e o DVD foram lançados no Brasil pelo IAC e pelo IDEC durante o 5º Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil em maio de 2007. O evento, promovido pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CBP&D/Cafê), administrado pela Embrapa Café, trouxe como tema dessa edição “Qualidade, sustentabilidade e rastreabilidade”, destacando o desenvolvimento sustentável da cafeicultura como uma das principais pautas de discussões entre os distintos segmentos do agronegócio café.

Essa publicação, única, apresenta as iniciativas de certificação de cafés sustentáveis em andamento no Brasil e traz recomendações aos diferentes elos do agronegócio café a respeito da divulgação, comercialização, certificação e consumo de cafés sustentáveis, incentivando as organizações de consumidores e o próprio consumidor final a preferir produtos ambientalmente corretos, socialmente justos e economicamente viáveis.

Referências Bibliográficas

- AGUIAR, C.M.G. 4C apresenta novo conceito de comercialização de café. Disponível em www.embrapa.br/cafe, Acesso dia 20/11/06, 2006b
- AGUIAR, C.M.G. Workshop PIC incentiva debate sobre a normalização. Disponível em www.embrapa.br/cafe, Acesso dia 01/09/06, 2006a
- Consumers International, “Do grão à xícara: como a escolha do consumidor afeta cafeicultores e meio ambiente”. Consumers International e International Institute for Environment and Development, 2007, 60p.
- C.N.C. Cafeicultura terá plano estratégico. Disponível em www.cncafe.com.br. Acesso: 10/09/06, 2006
- MAKETRADEFAIR, Pobreza en tu taza: la verdad sobre el negocio del café. Disponível em: <http://www.maketradeFair.com/>. Acesso em 15/09/2006.
- O.I.C. Iniciativas de sustentabilidade em café. Londres: Organização Internacional do Café. Documentos: EB 3846/03, 2003, 9p.
- O.I.C. Informe sucinto preliminar sobre la 2a Conferencia Mundial del Café Londres: Organización Internacional del Café. Documentos: ICC 94-13, 2005, 7p.
- WCED, Our Common Future: The world commission on environment and development. Oxford: Oxford University Press, 1987, 400p.

Sérgio Parreiras Pereira, Flavia Maria de Mello Bliska e Gerson Silva Giomo

Instituto Agrônomo, Centro de Café “Alcides Carvalho”

☎ (19) 3241-5188 ramal 370

✉ sergiopereira@iac.sp.gov.br;

bliska@iac.sp.gov.br; gsgiomo@iac.sp.gov.br



Thomaziello

A cafeicultura brasileira passou por um longo processo de aprimoramento desde a introdução do café no Estado do Pará em 1727.

A sua real tecnificação teve os primeiros passos a partir da criação do Instituto Agrônomo de Campinas em 1887, com trabalhos pioneiros de seu primeiro Diretor Franz W. Dafert sobre adubação do cafeeiro.

A história da grande contribuição do IAC para o desenvolvimento da cafeicultura paulista e brasileira está descrita com detalhes no final da revista.

A Seção de Café da Secretaria da Agricultura de São Paulo, criada em 1927 pelo Dr. Fernando Costa, então Secretário da Agricultura, também prestou relevantes serviços ao longo da sua existência para a cafeicultura, com destaques para os trabalhos sobre Qualidade de Café e as inúmeras campanhas para Melhoria da Qualidade desenvolvidas no final dos anos 20 e no decorrer de 1930.

A transferência de tecnologia com o café no IAC e os novos paradigmas da moderna cafeicultura brasileira

Toda essa gama de conhecimentos foi amplamente divulgada para os cafeicultores através dos Engenheiros agrônomos extensionistas do antigo Departamento da Produção Vegetal, hoje CATI, além de técnicos de Cooperativas e outras entidades ligadas ao setor cafeeiro, como as EMATERs nos diversos estados cafeeiros e técnicos consultores.

Com isto, consolidou-se no Brasil uma cafeicultura moderna e competitiva.

Com a constituição do Consórcio Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras (CBP&D/Cafê) a partir de 1998 coordenado pela EMBRAPA/Cafê, todas as instituições do setor passaram a trabalhar dentro do novo sistema, estabelecendo projetos prioritários dentro de focos temáticos de relevância. Estabeleceu-se também um amplo Programa de Difusão e Transferência de Tecnologia encarregado de adaptar os novos conhecimentos e difundi-los aos técnicos e produtores.

O IAC através do Centro de Café 'Alcides Carvalho' procurando sempre se modernizar e estar à frente de novas iniciativas, num trabalho pioneiro dentro da Instituição, estabeleceu um Projeto de Difusão e Transferência de Tecnologia para o Estado de São Paulo buscando inclusive uma parceria com a CATI, órgão responsável pela assistência técnica e extensão rural no Estado.

Ao longo desses oito anos de existência do projeto, uma série de atividades próprias ou em conjunto com a CATI e outras entidades do setor foram desenvolvidas, com o IAC buscando sempre o objetivo de capacitar os técnicos extensionistas a fim de dar suporte as suas atividades junto aos cafeicultores.

Vivemos um momento em que a velocidade de informação é alucinante, o mesmo ocorrendo com a busca por novos conhecimentos. A todo o momento surgem no mercado produtos "milagrosos". O número de trabalhos publicados em Congressos, Simpósios, Fóruns e outros eventos, muitos sem base científica correta, na avidez de se produzir "papers", é muito grande.

Com isto o técnico extensionista e o produtor ficam no meio dessa verdadeira guerra de interesses e informações contraditórias.

Qual o caminho a seguir? Adotar as "novas tecnologias" sem base científica sólida e estar na "crista da onda", ou manter-se fiel aos conceitos estabelecidos e oriundos de pesquisas sérias e de longa duração, como é necessário e esperado para uma cultura permanente como a do cafeeiro, e que tem proporcionado ótimos níveis de produtividade?

Qual é o custo dessas "novidades"? Quanto efetivamente acrescentarão na produtividade?

É evidente que a ciência é dinâmica e deve evoluir sempre agregando novos conhecimentos e quebrando paradigmas.

Algumas dessas "tecnologias" estão presentes e até em uso em larga escala, mas devem ser melhor pesquisadas, a fim de que técnicos e produtores tenham segurança ao recomendá-las e/ou adotá-las. Entre essas seguem as mais em evidências:

A seguir algumas das principais atividades desenvolvidas:

- Seis Cursos de Atualização em Café para técnicos.
- Três Seminários Internacionais de Café.
- Sete Workshops Regionais com técnicos locais, para capacitação e levantamento de demandas de pesquisa: Votuporanga; Adamantina; Garça; Lins; Mococa; Franca; São João da Boa Vista.
- Quatro Boletins técnicos sobre diversos aspectos da cafeicultura.
- Instalação e condução de campos de cultivares de café IAC em diversas regiões cafeeiras como: Franca; Piraju; Garça; São Sebastião da Gramma, entre outras, como base para dias de campo e outras atividades de Transferência de Tecnologia.
- Participação nas Campanhas de Qualidade do Café de São Paulo promovida pela Câmara Setorial de Café.
- Agrishow: participação de pesquisadores do Centro de Café no atendimento a técnicos do setor e cafeicultores

- **Gessagem em altíssimas dosagens na formação de lavouras:** Que dosagem? Tipos de solos? Vantagens? Problemas / Cuidados?
- **Fosfitos:** Quais? Quando? Para quê? Dosagens? Misturas com fertilizantes foliares e defensivos?
- **Aminoácidos:** Qual a finalidade? Quando aplicar? Quais as dosagens? Quais aminoácidos?
- **Hormônios:** semelhantes as indagações sobre aminoácidos.
- **Silício:** Como corretivo do solo? Controle de doenças? Quais as dosagens?
- **Ca e B em pré e pós-florada:** já são usados em grande escala. No entanto, os resultados até então publicados mostram mais evidências de que não funcionam para café. São necessários estudos mais consistentes.
- **Fertirrigação:** é uma realidade com o crescimento das áreas irrigadas. Mas existem ainda muitas dúvidas: Número de fertirrigações? Comparação com sistema tradicional de adubação? Tipos de solo onde está em uso? Acidificação do bulbo? Limitação do sistema radicular?
- **Melaço / Açúcar em pulverização:** Qual é a finalidade real? Aumento de produção? Quais as vantagens de seu uso?

Com certeza novos desafios sempre irão surgir. Cabe aos pesquisadores dar a resposta.

O importante para o produtor é fazer a "lição de casa", usando tecnologias consolidadas e consagradas, o que é suficiente para se obter ótima produtividade.

A área de Difusão e Transferência de Tecnologia está ávida para saber as respostas.

Roberto Antonio Thomaziello

Instituto Agrônomo, Centro de Café "Alcides Carvalho"

(19) 3241-5188 ramal 370; 3212-0458

✉ rthom@iac.sp.gov.br