



# Café<sup>☿</sup> *na Amazônia*

**Alaerto Luiz Marcolan  
Marcelo Curitiba Espindula**

Editores Técnicos



**Embrapa**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Rondônia  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# Café na Amazônia

*Alaerto Luiz Marcolan  
Marcelo Curitiba Espindula*

Editores Técnicos

**Embrapa**  
Brasília, DF  
2015

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Rondônia**

BR 364 km 5,5, Caixa Postal 127, CEP 76815-800, Porto Velho, RO  
Telefones: (69) 3225-9387, Fax: (69) 3222-0409  
www.embrapa.br, www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**Unidade responsável pelo conteúdo e pela edição**

Embrapa Rondônia

**Comitê Local de Publicações**

**Presidente:** *Alexsandro Lara Teixeira*

**Secretária-executiva:** *Wilma Ines de Franca Araujo*

**Membros:**

*Marília Locatelli*

*Rodrigo Barros Rocha*

*José Nilton Medeiros Costa*

*Ana Karina Dias Salman*

*Luiz Francisco Machado Pfeifer*

*Fábio da Silva Barbieri*

**Normalização bibliográfica:** *Daniela Maciel Pinto*

**Editoração eletrônica e projeto gráfico:** *Alaerto Luiz Marcolan e Marly de Souza Medeiros*

**Revisão gramatical:** *Wilma Inês de França Araújo*

**Arte e capa:** *Rafael Alves da Rocha*

**Fotos da capa:** *Daniel Nascimento Medeiros e Rafael Alves da Rocha*

**1ª edição**

1ª impressão (2015): 1.000 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP).**

Embrapa Rondônia

---

Café na Amazônia / Alaerto Luiz Marcolan, Marcelo Curitiba Espindula, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2015.  
474 p. : il. color. ; 18,2 cm x 25,7 cm.

ISBN 978-85-7035-469-3

1. Café Conilon. 2. *Coffea canephora*. 3. Café conilon - Economia.  
4. Café conilon – manejo. 5. Rondônia. I. Marcolan, Alaerto Luiz. II. Espindula, Marcelo Curitiba, ed. II. Título.

CDD(21.ed) 633.73

---

© Embrapa - 2015

# Editores Técnicos

## **Alaerto Luiz Marcolan**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

## **Marcelo Curitiba Espindula**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO



# **Autores**

## **Alaerto Luiz Marcolan**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

## **Aldemar Polonini Moreli**

Administrador Rural, doutor em Produção Vegetal, professor do Instituto Federal do Espírito Santo, Ibatiba, ES

## **Aldo Luiz Mauri**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia/Produção Vegetal, pesquisador do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Marilândia, ES

## **Alexsandro Lara Teixeira**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

## **Álvaro José Herzog Siqueira**

Engenheiro de Alimentos, mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, gerente operacional, Indústria de Panificação Repri Ltda, Afonso Cláudio, ES

## **Ana Alexandrina Gama da Silva**

Meteorologista, doutora em Irrigação e Drenagem, pesquisadora da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

## **André Rostand Ramalho**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Fitomelhoramento, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

## **Angelo Mansur Mendes**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciência do solo, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

## **Antônio Alves Pereira**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Viçosa, MG

## **Antonio Carlos Baião de Oliveira**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Café, Viçosa, MG

## **Antônio Ferreira de Souza Dias**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciências/Irrigação e Drenagem, extensionista rural da Empresa Estadual de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Rondônia, Ji-Paraná, RO

## **Arthur Santos Fiorott**

Publicitário, mestre em Marketing, Degustador de Café, Conilon Brasil, Jaguaré, ES

**Calixto Rosa Neto**

Administrador, mestre em Marketing, analista da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

**Carlos Alexandre Santos Querino**

Meteorologista, Doutorando em Física Ambiental, analista em Ciência e Tecnologia do Sistema de Proteção da Amazônia, Porto Velho, RO

**César Augusto Domingues Teixeira**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

**Cléber de Freitas Fernandes**

Farmacêutico, doutor em Bioquímica, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

**Denis Cesar Cararo**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, analista da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

**Enrique Anastácio Alves**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

**Eveline Teixeira Caixeta**

Engenheira-agrônoma, doutora em Genética e Melhoramento, pesquisadora da Embrapa Café, Viçosa, MG

**Fábio Adriano Monteiro Saraiva**

Meteorologista, mestre em Meteorologia, Analista Ambiental da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental, Porto Velho, RO

**Fábio Luiz Partelli**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, professor da Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, ES

**Fernando Mendes Botelho**

Engenheiro-agrícola e Ambiental, doutor em Engenharia Agrícola, professor Adjunto da Universidade Federal do Mato Grosso, Sinop, MT

**Flávio de França Souza**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

**Francisco das Chagas Leônidas**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciência do solo, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

**Gabriel Henrique Horta de Oliveira**

Engenheiro-agrícola e Ambiental, doutor em Engenharia Agrícola, professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília, Brasília, DF

**Gustavo Martins Sturm**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Produção Vegetal, cafeicultor, Jaguaré, ES



**Jairo André Schlindwein**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, professor associado da Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, RO

**Jairo Rafael Machado Dias**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agricultura Tropical, professor da Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, RO

**João Maria Diocleciano**

Engenheiro-agrônomo, analista da Embrapa Rondônia, Ouro Preto do Oeste, RO

**José Edny de Lima Ramos**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Fitotecnia, extensionista rural da Empresa Estadual de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Rondônia, Porto Velho, RO

**José Nilton Medeiros Costa**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

**José Roberto Vieira Júnior**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

**Júlio César Freitas Santos**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia/Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Café, Brasília, DF

**Kleberson Worsley de Souza**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

**Leonardo Ventura de Araújo**

Economista, mestre em Economia, analista da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

**Luís César da Silva**

Engenheiro-agrícola, doutor em Engenharia Agrícola, professor associado da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES

**Luiz Alves dos Santos Neto**

Meteorologista, mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, analista em Ciência e Tecnologia do Sistema de Proteção da Amazônia, Porto Velho, RO

**Luís Felipe Vektorim Ferrão**

Biólogo, mestre em Genética e Melhoramento, doutorando da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP

**Marcelo Curitiba Espindula**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

**Marcelo José Gama da Silva**

Meteorologista, mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, analista em Ciência e Tecnologia do Sistema de Proteção da Amazônia, Porto Velho, RO

**Maria das Graças Rodrigues Ferreira**

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia/Produção Vegetal, pesquisadora da Embrapa Cocais, São Luiz, MA

**Maurício Reginaldo Alves dos Santos**

Biólogo, doutor em Agronomia/Fisiologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

**Ney Sussumu Sakiyama**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, professor da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

**Olzeno Trevisan**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, Ouro Preto do Oeste, RO

**Paulo César Corrêa**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola, professor associado da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

**Paulo Guilherme Salvador Wadt**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

**Pedro Casanova Treto**

Engenheiro-mecânico, Doutorando em Engenharia Agrícola, professor da Universidad de Costa Rica, San Pedro

**Ricardo Gomes de Araújo Pereira**

Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

**Rodrigo Barros Rocha**

Biólogo, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

**Rogério Sebastião Corrêa da Costa**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Biotecnologia/Microbiologia do Solo, pesquisador da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

**Samuel José de Magalhães Oliveira**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Economia Aplicada, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

**Samuel Rodrigues Fernandes**

Engenheiro-agrônomo, analista da Embrapa Rondônia, Porto Velho, RO

**Tito Nahun Mancilla Joaquin**

Engenheiro em Indústrias Alimentares, mestrando em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES

**Vanda Gorete Souza Rodrigues**

Engenheira-agrônoma, mestre em Agricultura Tropical, pesquisadora aposentada da Embrapa Rondônia

# Agradecimentos

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (Consórcio de Pesquisa Café), principal fonte de recursos para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas à cafeicultura na Amazônia, pelo apoio aos projetos de pesquisa.

Ao Governo do Estado de Rondônia, por meio de sua Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária, Desenvolvimento e Regularização Fundiária (Seagri), bem como da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado Rondônia (Emater-RO), pela disponibilização de seus técnicos para o auxílio no desenvolvimento de trabalhos de pesquisa em Rondônia.

Ao grupo de pesquisadores da Embrapa Rondônia que, ao longo destes 40 anos, vem se dedicando a fornecer conhecimento e tecnologias que garantam a sustentabilidade da cafeicultura na Amazônia.

A todos os funcionários da Embrapa Rondônia, especialmente aos assistentes e técnicos do campo experimental de Ouro Preto do Oeste, pelo apoio na execução das atividades de pesquisa e extensão realizadas pela Embrapa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Rondônia (Fapero), pela disponibilização de apoio financeiro para execução de projetos de pesquisa ligados à cafeicultura no Estado de Rondônia.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsas e de auxílio financeiro para o desenvolvimento de trabalhos de pesquisa.

Aos autores, das diversas instituições, que, juntamente com seus pares da Embrapa, se empenharam na construção dos textos, consistentes e informativos, que integram esta obra.

A todos os revisores técnicos que contribuíram, com seus apontamentos, para o aperfeiçoamento dos conteúdos dos capítulos.

Os Editores



# Apresentação

O café é planta que frequenta a Amazônia desde o início do século 18. Naquele momento histórico, o café era um dos produtos mais cobiçados pelas nações do mundo ocidental. Todavia, apenas a França e a Holanda detinham material genético e se esforçavam para mantê-lo à distância, seguro de potenciais competidores. Muito interessados na planta, em 1727, os portugueses enviaram o sargento-mor Francisco Melo de Palheta à Guiana Francesa com a missão de trazer o café para o Brasil. O sucesso dessa empreitada, com lances cinematográficos, resultou no primeiro plantio de café no solo amazônico de Belém do Pará. Porém, ainda não seria nesse momento que o café se estabeleceria. Nas décadas seguintes, o café seguiu em direção ao sudeste do país, ocupando, principalmente, áreas de mata atlântica até se estabelecer em grandes “plantations” no Vale do Paraíba.

As primeiras remessas de exportação de café brasileiro ocorreram ao fim do século 18. Com o progressivo interesse no consumo, nas primeiras décadas do império, o café passou a ser o principal produto da economia brasileira e o país, ainda no século 19, passou a ser o maior produtor e exportador mundial. O sucesso do café no Brasil levou à construção de ferrovias, estradas e portos. Tornou possível a migração, em larga escala, de europeus e asiáticos. Permitiu o surgimento e desenvolvimento de várias cidades e abriu espaço para o florescimento de diversas atividades paralelas no país. No século 19, os grandes centros produtores do café foram os estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e, o principal deles, São Paulo. Mais tarde, na primeira metade do século 20, após a crise de 1929, o Paraná surgiu como nova força na produção cafeeira.

Apesar de nos anos 1950, o café ainda ter sido responsável por quase 80% da receita do país, o processo de industrialização do Brasil, iniciado neste período, marca também a gradual diminuição da sua participação no PIB. A criação de indústrias, processo concentrado na região sudeste, possibilitou a expansão geográfica do café brasileiro. Como consequência, na segunda metade do século 20, novas e significativas áreas de café foram implantadas no Espírito Santo, Bahia e, também, Rondônia. Assim, dois séculos e meio depois da primeira experiência luso-brasileira, numa espécie de retorno, em meados dos anos 1970 o café voltou a ser cultivado na Amazônia. A nova experiência amazônica do “ouro negro” é resultado da ação empreendedora de pioneiros vindos, principalmente, do Paraná, Minas Gerais e Espírito Santo. Esses imigrantes fizeram parte da colonização das terras rondonienses, planejada e executada pelo governo federal.

Paranaenses e mineiros trouxeram o café arábica e os capixabas o café canéfora, especialmente os do grupo conilon, que cultivavam em seus estados. Uma vez em solo rondoniense, o café conilon apresentou vantagens competitivas que resultaram na preferência de cultivo pelos produtores. Uma delas se refere ao ciclo médio de maturação mais longo que o café arábica. Esta característica permite o “escape” da colheita em período chuvoso – desfavorável ao processamento dos frutos. Notadamente, em uma região de índices pluviométricos elevados, como Rondônia, a maturação fora do período das chuvas assegura condições favoráveis para a colheita dos frutos e para o transporte dos grãos. Outra vantagem para a preferência pelo conilon

foi a maior tolerância ao período de estresse hídrico que ocorre nos meses de maio a setembro nas condições amazônicas.

Considera-se que, no século 18, o café não se fixou na região Amazônica por falta de condições naturais adequadas. Mais, na sua “volta a essas terras”, depois de cultivado em grandes extensões do país, o café veio acompanhado de poderosos antagonistas. O mais importante deles é a broca-do-café, um pequeno besouro que destrói os frutos. Entretanto, apesar dos desafios interpostos, na sua reincursão Amazônica, Rondônia, rapidamente, se firmou como Estado produtor de café. Para isso, pelo menos, dois fatores foram decisivos para o sucesso dessa nova empreitada. Primeiro, e mais importante, registra-se o espírito empreendedor dos imigrantes que, sob condições adversas, ocuparam os assentamentos distribuídos ao longo da BR 364 e adotaram o café como alternativa de vida. Em paralelo, é notória a atuação governamental, por meio da ação de instituições estaduais – como a Seagri<sup>1</sup> e a Emater-RO<sup>2</sup> e federais – como a SFA-RO/Mapa<sup>3</sup> e a Embrapa<sup>4</sup>, buscando criar melhores condições de produção.

A Embrapa, desde a criação, em 1975, do seu Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia (Embrapa Rondônia) está comprometida com o cultivo do café na Amazônia e tem participado ativamente das iniciativas que promovem a cafeicultura regional. Tem, hoje, um significativo banco de germoplasma, que permitiu o lançamento da primeira variedade de café - desenvolvida na região - e de outras variedades que, brevemente, serão disponibilizadas. Atua no Amazonas, de Silves às margens do rio Amazonas, aos cultivos de Apuí na Transamazônica, no Acre, no Mato Grosso e em todo o Estado de Rondônia. Conta com um grupo de 12 doutores e 2 mestres trabalhando na criação e adaptação de tecnologias e na propagação do conhecimento dos mais diferentes temas relacionados ao café.

Ao longo dos seus, agora, 40 anos, a Embrapa Rondônia tem produzido um considerável número de publicações destinadas a diferentes públicos envolvidos com a cadeia produtiva do café. O conhecimento acumulado, desde então, está disperso em artigos técnicos, científicos e anais de congressos, nacionais e internacionais. Este material apresenta informações que permitem a tomada de decisões do agricultor, em sua plantação, ao agente financeiro, responsável pelo financiamento da produção. Do estudante, em sua formação, ao extensionista, na aplicação das técnicas indicadas. Faltava, porém, um veículo de comunicação que reunisse e atualizasse todo o conhecimento gerado nessas quatro décadas. Da compreensão desta demanda nasceu o *Café na Amazônia*. O livro, nos seus 21 capítulos, reúne informações necessárias a todos aqueles que pretendem cultivar ou participar dos esforços para o cultivo do café nesta vasta região brasileira.

Recomenda-se a sua leitura acompanhada, sempre que possível, de um bom cafezinho... da floresta.

César A. D. Teixeira  
Chefe-geral da Embrapa Rondônia

---

<sup>1</sup> Secretaria de Estado da Agricultura, Desenvolvimento e Regularização Fundiária.

<sup>2</sup> Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Rondônia.

<sup>3</sup> Superintendência Federal da Agricultura de Rondônia/Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.

<sup>4</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

# Prefácio

As pesquisas envolvendo a cafeicultura do Estado de Rondônia iniciaram-se após a criação da Embrapa em Rondônia, em meados da década de 1970.

Inicialmente, estas pesquisas restringiam-se à espécie *Coffea arabica* cultivada no Estado por cafeicultores oriundos, principalmente, dos estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais. Posteriormente, com a intensificação da migração de cafeicultores oriundos do Estado do Espírito Santo, a cafeicultura de Rondônia passou por intensa mudança, na qual os cafeeiros da espécie *Coffea arabica*, foram substituídos por lavouras formadas a partir de sementes de cafeeiros *Coffea canephora*, mais adaptados às condições edafoclimáticas da região Amazônica.

Essa mudança estimulou a Embrapa Rondônia a intensificar suas pesquisas com a espécie *Coffea canephora*, especialmente, a partir da década de 1980. Após mais de 30 anos do início dos trabalhos de pesquisa com cafeicultura na Amazônia, a Embrapa Rondônia publica esta compilação de resultados de pesquisa e experiências de pesquisadores, professores e técnicos que, de alguma forma, estiveram envolvidos com a cadeia produtiva de café e, em especial, com a espécie *Coffea canephora*.

Este livro aborda a cafeicultura na Amazônia, mas, o principal foco é a cafeicultura no Estado de Rondônia, uma vez que é o maior produtor de café da Amazônia, com 92% da produção, e também porque é em Rondônia que se concentra a atuação da Embrapa Rondônia, apesar das ações desenvolvidas nos estados do Acre, Amazonas e Mato Grosso. Além disso, a maioria dos resultados de pesquisa que subsidiaram esta publicação foi obtida de experimentos conduzidos no Estado.

Optou-se pela expressão “**canéfora**”, como nome vulgar da espécie *C. canephora*, para evitar dificuldades de entendimento ao se referir a genótipos dos grupos botânicos ‘Conilon’ e ‘Robusta’. Isto porque na Amazônia as lavouras são formadas por genótipos de ambos os grupos ou por híbridos naturais destes dois grupos. O termo não é neologismo, uma vez que já foi utilizado em outras publicações no Brasil.

Genótipos do grupo ‘Conilon’, foram introduzidos em Rondônia, inicialmente, por sementes trazidas por cafeicultores capixabas, e, posteriormente, pela Embrapa Rondônia com sementes trazidas do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (Emcapa). Os genótipos do grupo ‘Robusta’ foram introduzidos pela Embrapa Rondônia por meio de sementes oriundas principalmente do IAC. Por fim, os híbridos naturais surgiram por meio de cruzamentos entre plantas dos dois grupos tanto nos campos experimentais da Embrapa quanto em lavouras comerciais no Estado.

Esta obra abrange temas que interessam a diferentes públicos. Alguns capítulos são de cunho teórico tais como os que abordam a diversidade genética e o melhoramento de plantas, ou o que trata de propriedades químicas e físicas dos grãos, direcionados especialmente para instituição de ensino e pesquisa, outros, são de caráter técnico como os capítulos de condução e de nutrição de plantas. Há, ainda, capítulos voltados a contextualização da cafeicultura no espaço e no tempo, como é o caso do capítulo que

trata dos aspectos econômicos da cafeicultura, ou dos capítulos que demonstram características de solo e clima da região.

Espera-se que as informações contidas neste livro possam ser úteis para o desenvolvimento e fortalecimento da cafeicultura na Amazônia e, assim, garantir a competitividade do setor cafeeiro frente às demais regiões produtoras, quando o cenário econômico exige, cada vez mais, a profissionalização do setor agrário e a eficiência de utilização de recursos ambientais, econômicos e humanos.

Os Editores



# Sumário

## Capítulo 1

### Aspectos econômicos da cafeicultura

*Samuel José de Magalhães Oliveira; Leonardo Ventura de Araújo*

Introdução.....	27
O café na Amazônia.....	29
O café em Rondônia.....	30
Aspectos econômicos, ambientais e sociais da produção cafeeira em diferentes sistemas em Rondônia.....	32
Referências.....	37

## Capítulo 2

### Clima

*Marcelo José Gama da Silva; Fábio Adriano Monteiro Saraiva; Ana Alexandrina Gama da Silva; Luiz Alves dos Santos Neto; Carlos Alexandre Santos Querino*

Introdução.....	41
Principais sistemas meteorológicos que atuam no Estado de Rondônia.....	42
Comportamento anual e sazonal dos parâmetros meteorológicos no Estado de Rondônia.....	43
Caracterização climática.....	43
Comportamento das variáveis agrometeorológicas no Estado de Rondônia.....	44
Temperatura do ar.....	46
Precipitação pluviométrica.....	47
Umidade relativa do ar.....	49
Evapotranspiração potencial (ETP).....	49
Balanço hídrico.....	51
Intempéries climáticas.....	52
Considerações finais.....	53
Referências.....	54

## Capítulo 3

### Solos e zoneamento pedoclimático

*Angelo Mansur Mendes; Alaerto Luiz Marcolan*

Introdução.....	57
Aspectos gerais do meio físico.....	57
As classes gerais de solos.....	61
Descrição das principais classes de solo no Estado de Rondônia.....	62
Argissolos.....	62
Cambissolos.....	65
Gleissolos.....	66
Latosolos.....	68
Neossolos.....	72

Nitossolos .....	73
Planossolos .....	74
Plintossolos .....	75
<b>Zoneamento pedoclimático para a cultura do café .....</b>	<b>75</b>
Aptidão climática .....	76
Aptidão pedológica .....	77
Zoneamento pedoclimático – manejos A, B e C .....	78
Referências .....	80

## Capítulo 4

### Aspectos gerais da biologia e da diversidade genética de *Coffea canephora*

*Flávio de França Souza; Luís Felipe Ventorim Ferrão; Eveline Teixeira Caixeta; Ney Sussumu Sakiyama; Antônio Alves Pereira; Antonio Carlos Baião de Oliveira*

Introdução .....	85
<b>Espécies comerciais de café .....</b>	<b>86</b>
<i>Coffea liberica</i> Bull. ex Hiern .....	86
<i>Coffea arabica</i> L. ....	87
<i>Coffea canephora</i> Pierre ex A. Froehner .....	87
<b>Caracterização de genótipos da coleção ativa de germoplasma de café da Embrapa Rondônia .....</b>	<b>92</b>
Considerações finais .....	95
Referências .....	95

## Capítulo 5

### Melhoramento de *Coffea canephora* – considerações e metodologias

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

Introdução .....	101
<b>Objetivos e estratégias do melhoramento genético .....</b>	<b>102</b>
Critérios de seleção .....	105
Parâmetros genéticos .....	111
Hibridação controlada .....	113
Heterose e vigor híbrido .....	116
Conilon BRS Ouro Preto .....	117
Perspectivas futuras .....	121
Referências .....	122

## Capítulo 6

### Produção de mudas

*Marcelo Curitiba Espindula; Aldo Luiz Mauri; André Rostand Ramalho; Jairo Rafael Machado Dias; Maria das Graças Rodrigues Ferreira; Maurício Reginaldo Alves dos Santos; Alaerto Luiz Marcolan*

Introdução .....	129
<b>Viveiro para produção de mudas .....</b>	<b>129</b>
Localização do viveiro .....	130
Tipos de viveiros .....	130

Dimensões do viveiro .....	131
<b>Manejo das mudas no viveiro</b> .....	132
Recipientes e substratos .....	132
Controle de pragas, doenças e plantas daninhas .....	134
Adubação .....	135
Irrigação .....	136
Aclimação, seleção e transporte .....	137
<b>Propagação vegetativa (clonagem)</b> .....	138
Propagação por estaquia (convencional) .....	138
Micropropagação .....	144
<b>Mudas de sementes</b> .....	148
Preparo da semente .....	149
Semeadura e manejo das mudas em formação .....	150
<b>Enxertia</b> .....	152
<b>Legislação</b> .....	153
<b>Referências</b> .....	154

## Capítulo 7

### Implantação da lavoura

*Marcelo Curitiba Espindula; Alaerto Luiz Marcolan; Rogerio Sebastião Correa da Costa  
André Rostand Ramalho; João Maria Diocleciano; Júlio Cesar Freitas Santos*

<b>Introdução</b> .....	161
<b>Preparo da área para plantio</b> .....	161
Escolha da área .....	161
Preparo inicial do solo .....	162
Abertura de covas ou sulcos de plantio .....	164
Manejo conservacionista .....	165
<b>Plantio</b> .....	166
Época de plantio .....	166
Cuidados durante o plantio .....	167
Cuidados pós-plantio .....	168
<b>Culturas intercalares</b> .....	169
Culturas anuais .....	169
Adubação verde e cobertura morta .....	171
Manejo das plantas daninhas durante a fase de formação do cafezal .....	172
<b>Referências</b> .....	173

## Capítulo 8

### Manejo nutricional

*Alaerto Luiz Marcolan; Marcelo Curitiba Espindula; Angelo Mansur Mendes; Kleberston  
Worslley de Souza; Jairo André Schlindwein*

<b>Introdução</b> .....	177
<b>Calagem e adubação no plantio e na formação do cafezal</b> .....	178
Amostragem do solo .....	178
Calagem para o plantio .....	178
Adubação de plantio .....	180
Adubação de formação .....	181
<b>Calagem e adubação de produção</b> .....	182
Amostragem de solo no cafezal adulto .....	182

Amostragem e análise química foliar .....	183
Calagem .....	184
Adubação de produção .....	185
Diagnose visual do estado nutricional das plantas .....	187
Nitrogênio (N) .....	188
Fósforo (P) .....	189
Potássio (K) .....	189
Cálcio (Ca) .....	190
Magnésio .....	190
Enxofre (S) .....	191
Ferro (Fe) .....	191
Boro (B) .....	191
Cobre (Cu) .....	191
Zinco (Zn) .....	192
Manganês (Mn) .....	192
Considerações finais .....	193
Referências .....	193

## Capítulo 9

### Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) no manejo da adubação de cafeeiros

*Paulo Guilherme Salvador Wadt; Jairo Rafael Machado Dias; Alaerto Luiz Marcolan*

Introdução .....	197
Aplicação do DRIS na avaliação do estado nutricional em cafeeiros .....	198
Normas DRIS preliminares para café canéfora cultivado no Estado de Rondônia .....	202
Cálculo dos índices DRIS .....	204
Índice de balanço nutricional .....	207
Interpretando os índices DRIS .....	208
Recomendação de adubação a partir da avaliação do estado nutricional .....	209
Considerações finais .....	213
Referências .....	213

## Capítulo 10

### Condução de cafeeiros *Coffea canephora*

*Marcelo Curitiba Espindula; Fábio Luiz Partelli; Jairo Rafael Machado Dias; Alaerto Luiz Marcolan; Alessandro Lara Teixeira; Samuel Rodrigues Fernandes*

Introdução .....	219
Configuração espacial do cafezal – espaçamento e número de hastes .....	220
Espaçamento .....	221
Número de hastes .....	225
Poda de formação .....	226
Poda apical e vergamento pós-plantio .....	226
Desbrota .....	229
Podas de produção .....	229
Poda dos ramos plagiotrópicos .....	230
Poda das hastes ortotrópicas .....	230
Comparação entre tipos de podas .....	234
Referências .....	235

## Capítulo 11

### Manejo de plantas daninhas

Julio Cesar Freitas Santos; Rogério Sebastião Corrêa da Costa; Francisco das Chagas Leônidas; Ricardo Gomes de Araújo Pereira

Introdução .....	239
Plantas daninhas do cafezal .....	239
Manejo integrado das plantas daninhas .....	240
Controle Interventivo .....	241
Opções de manejo das plantas daninhas .....	249
Considerações finais .....	251
Referências .....	251

## Capítulo 12

### Pragas do cafeeiro

José Nilton Medeiros Costa; César Augusto Domingues Teixeira; Olzeno Trevisan

Introdução .....	257
Broca-do-café <i>Hypothenemus hampei</i> (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) .....	257
Características biológicas .....	258
Infestação .....	258
Controle biológico natural .....	259
Controle químico .....	260
Controle Cultural .....	260
Ácaro-vermelho <i>Oligonychus ilicis</i> (MacGregor, 1917) (Acari: Tetranychidae) ..	261
Características biológicas .....	261
Infestação .....	262
Controle biológico .....	262
Controle químico .....	262
Bicho-mineiro <i>Perileucoptera coffeella</i> (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) .....	263
Características biológicas .....	264
Infestação .....	265
Controle biológico natural .....	265
Controle químico .....	265
Lagarta-dos-cafezais <i>Eacles Imperialis</i> (Walker, 1856) (Lepidoptera: Saturniidae) .....	266
Características biológicas .....	267
Infestação .....	267
Controle da lagarta-dos-cafezais .....	268
Cochonilhas .....	269
Descrição das principais cochonilhas ocorrentes em cafezais de Rondônia .....	270
Referências .....	275

## Capítulo 13

### Doenças do cafeeiro

José Roberto Vieira Júnior; Cléber de Freitas Fernandes

Introdução .....	281
------------------	-----

Principais doenças de origem bióticas em parte aérea .....	282
Ferrugem do cafeeiro .....	282
Mancha-de-olho-pardo ou Cercosporiose .....	287
Seca-de-ponteiros .....	289
Mancha-manteigosa .....	291
Queima-do-fio ou Koleroga .....	292
Mancha-de-Corynespora .....	294
Principais doenças de origem biótica de caule e raízes .....	296
Fusariose .....	296
Roseliniose .....	299
O Nematóide-das-galhas .....	300
Referências .....	304

## Capítulo 14

### Irrigação em cafeeiros

*Denis Cesar Cararo; Antônio Ferreira de Souza Dias*

Introdução .....	311
Necessidade hídrica do cafeeiro .....	312
A escolha do sistema de irrigação .....	319
O projeto do sistema de irrigação .....	330
O manejo da irrigação .....	331
Considerações finais .....	342
Referências .....	342

## Capítulo 15

### Procedimentos de colheita do café

*Enrique Anastácio Alves; José Nilton Medeiros Costa; Júlio César Freitas Santos*

Introdução .....	347
Época de colheita .....	348
Métodos de colheita .....	350
Colheita manual de derrça seletiva e total .....	350
Colheita semimecanizada .....	352
Colheita mecanizada .....	355
Boas práticas na colheita .....	357
Referências .....	357

## Capítulo 16

### Café: preparo, secagem e armazenamento

*Luís César da Silva; Aldemar Polonini Moreli; Álvaro José Herzog Siqueira*

Introdução .....	361
Preparo do café para secagem .....	361
Cinética do processo de secagem .....	363
Equilíbrio higroscópico .....	364
Fundamentos do processo de secagem .....	365
Sistemas de geração de calor .....	366
Fornalhas para combustíveis sólidos .....	366
Trocadores de calor à base de vapor .....	369
Sistemas de movimentação de ar .....	369

Medidas associadas ao fluxo de ar.....	370
Secagem .....	371
Secagem em terreiros .....	372
Secagem em secadores .....	375
Classificação dos secadores quanto à forma de operação .....	377
Seca-aeração e secagem combinada .....	378
Avaliação de eficiência de sistemas de secagem .....	378
Influência da secagem sobre a qualidade do café .....	379
Armazenagem café em coco, pergaminho ou beneficiado .....	381
Referências .....	381

## Capítulo 17

### Café: beneficiamento e industrialização

*Luís César da Silva; Aldemar Polonini Moreli; Tito Nahun Mancilla Joaquin*

Introdução.....	385
Dimensões.....	385
Massa específica.....	386
Massa específica unitária .....	386
Velocidade terminal .....	387
Equipamentos para o beneficiamento .....	387
Máquinas de pré-limpeza e limpeza.....	387
Descascadores.....	387
Separador oscilante circular ( <i>sururuca</i> ) .....	388
Coluna de ventilação .....	388
O catador de pedras e mesa densimétrica .....	388
Classificadora por peneiras.....	389
Classificadora por imagem .....	389
Unidades de beneficiamento de café.....	391
Armazenagem de café beneficiado .....	392
Avaliação de qualidade .....	392
Industrialização do café .....	396
Torrefação e moagem .....	396
Café solúvel.....	397
Referências .....	398

## Capítulo 18

### Propriedades físicas e químicas interferentes na pós-colheita do café

*Paulo César Corrêa; Gabriel Henrique Horta de Oliveira; Fernando Mendes Botelho; Pedro Casanova Treto; Enrique Anastácio Alves*

Introdução.....	401
Legislação.....	402
Matéria-prima.....	403
Planta .....	403
Fruto.....	404
Desenvolvimento .....	405
Composição química .....	405
Propriedades físicas interferentes na pós-colheita do café.....	408
Massa específica aparente e real .....	409

Porosidade .....	411
Forma e tamanho .....	413
Ângulo de repouso .....	417
Propriedades aerodinâmicas .....	418
Considerações finais .....	420
Referências .....	421

## Capítulo 19

### **Café canéfora: em busca de qualidade e reconhecimento**

*Arthur Santos Fiorott; Gustavo Martins Sturm*

Introdução .....	427
Café canéfora: em busca de qualidade e reconhecimento .....	427
Protocolo de Degustação de Robustas Finos .....	429
Considerações finais .....	430
Referências .....	431

## Capítulo 20

### **Sistemas agroflorestais com cafeeiro**

*Vanda Gorete Souza Rodrigues; Rogério Sebastião Corrêa da Costa; Francisco das Chagas Leônidas; Angelo Mansur Mendes*

Introdução .....	435
Experiência de agricultores familiares com arborização de lavouras de café .....	436
Algumas avaliações biofísicas e ambientais dos sistemas agroflorestais com cafeeiro em Rondônia .....	438
Comportamento das espécies florestais .....	439
Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro em lavoura arborizada e em sistema a pleno sol .....	440
Aspectos produtivos .....	440
Formação de serrapilheira e estabelecimento de plantas daninhas em lavoura de café arborizado e em sistema a pleno sol .....	441
Micorrizas arbusculares em sistemas agroflorestais com cafeeiro ( <i>C.</i> <i>canephora</i> ) .....	442
Estoque de carbono em lavoura de café arborizado e em sistema a pleno sol .....	443
Considerações finais .....	444
Referências .....	445

## Capítulo 21

### **Aspectos de produção e comercialização da cadeia agroindustrial do café em Rondônia**

*Calixto Rosa Neto; Leonardo Ventura de Araújo; José Edny de Lima Ramos*

Introdução .....	449
Procedimentos metodológicos .....	449
Metodologia e natureza da pesquisa .....	449
Delimitação geográfica, universo e amostra do estudo .....	450
O setor de produção .....	541



<b>Características das propriedades e dos produtores de café em Rondônia e importância econômica da atividade .....</b>	<b>452</b>
<b>Caracterização dos sistemas de produção e uso de tecnologias no processo produtivo .....</b>	<b>458</b>
<b>Pragas e doenças e métodos de controle.....</b>	<b>460</b>
<b>Características do processo de comercialização pelo setor de produção ...</b>	<b>461</b>
<b>Administração do empreendimento rural e acesso aos meios de produção..</b>	<b>462</b>
<b>O setor de comercialização .....</b>	<b>467</b>
<b>Considerações finais .....</b>	<b>473</b>
<b>Referências .....</b>	<b>474</b>



Capítulo 1

---

# **Aspectos econômicos da cafeicultura**

*Samuel José de Magalhães Oliveira  
Leonardo Ventura de Araújo*





## Introdução

A cafeicultura foi a principal fonte de receita da balança comercial brasileira no início do século passado, segundo dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (2013). Em meados do século 20 o Brasil era responsável por aproximadamente 50% da produção mundial de café. A produção mundial de café em 2014/2015 foi de aproximadamente 150 milhões de sacas, concentrada nos países tropicais, onde o clima favorece a atividade cafeeira. Apesar de ter reduzido sua participação na produção mundial de café nas últimas décadas, o Brasil permanece como principal produtor e exportador do produto, com 51,2 milhões de sacas produzidas e 33,5 milhões de sacas exportadas em 2014/2015. Outros importantes produtores mundiais são Vietnã, Colômbia e Indonésia, que produziram, respectivamente, 29,4, 12,5 e 8,8 milhões de sacas beneficiadas. Essa produção, somada à brasileira, representa cerca de 68% do total de café produzido no mundo (ESTADOS UNIDOS, 2015) (Tabela 1).

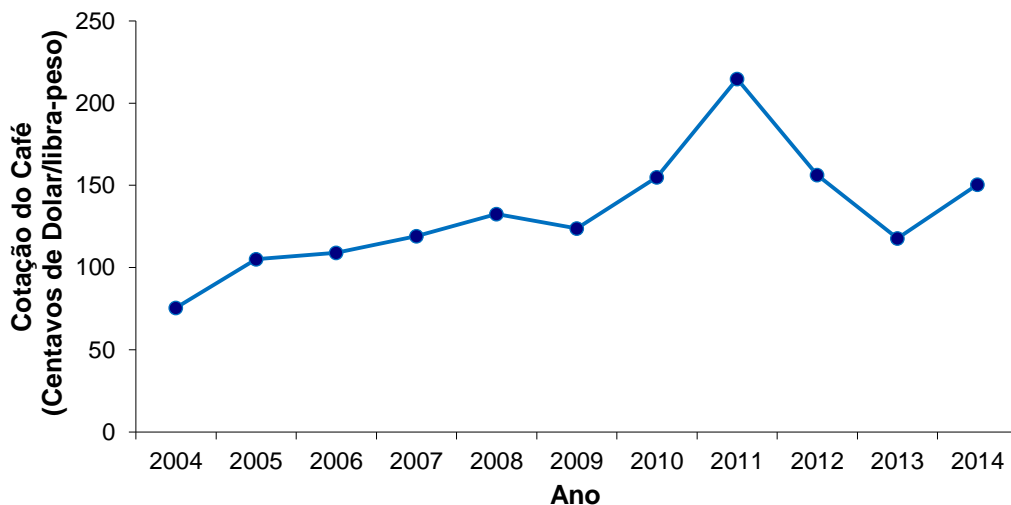
**Tabela 1.** Produção, exportação, importação e consumo de café nos principais países e regiões do mundo em milhares de sacas beneficiadas, 2014/2015.

País	Produção	Exportação	Importação	Consumo
UE-27	-	500	45.000	45.650
Estados Unidos	36	-	24.900	25.161
Brasil	51.200	33.530	-	20.100
Japão	-	-	7.550	7.850
Canadá	-	-	3.900	3.900
Etiópia	6.350	3.300	-	3.125
Indonésia	8.800	6.900	1.135	3.050
Vietnã	29.350	26.630	620	2.080
Colômbia	12.500	11.875	350	1.400
Índia	5.100	5.025	1.045	1.200

Fonte: Estados Unidos (2015).

Segundo dados do Departamento Norte Americano de Agricultura (2015), o maior consumidor mundial de café é a União Europeia, com um total de 45,6 milhões de sacas beneficiadas em 2014/2015. Os Estados Unidos aparecem na segunda posição, com 25,2 milhões de sacas, e o Brasil logo em seguida com 20,1 milhões. É interessante registrar que o Brasil, além de ser o maior produtor, é um grande consumidor de café. Os demais são apenas grandes consumidores e importadores de café (Tabela 1).

O mercado mundial de café é caracterizado por importantes variações temporais de preços. Alternam-se épocas de preços baixos e alta produção com aquelas de preços elevados e escassez de produto. A partir do ano 2000, a demanda crescente manteve os preços em constante alta até o ano de 2011, impulsionados pelo aumento do consumo nos principais mercados mundiais. Contudo, o aumento da produção e a desaceleração do consumo reverteram esta tendência em 2012, e a cotação do café atingiu valor de aproximadamente 117 centavos de dólar por libra-peso em 2013, com ligeira recuperação em 2014 (Figura 1).



**Figura 1.** Cotação do café no mercado internacional pelo índice composto<sup>(1)</sup> calculado pela ICO, em valores deflacionados para 2014.

<sup>(1)</sup> O indicador calculado pela ICO considera os preços do café nos principais mercados importadores: União Europeia e Estados Unidos.

Fonte: International Coffee Organization (2015).

O Brasil possuía, em 2014, área cultivada com o café de aproximadamente 1,95 milhões de hectares e uma produção de aproximadamente 45 milhões de sacas beneficiadas. O Estado de Minas Gerais foi neste mesmo ano, responsável por quase metade desta produção, principalmente com *Coffea arabica*. O Espírito Santo é o segundo produtor nacional, com quase 13 milhões de sacas produzidas em 2014, predominando o *Coffea canephora*. Outros importantes produtores de café no país são: São Paulo, Bahia, Rondônia e Paraná. A produtividade brasileira é de 23 sc/ha, valores próximos dos observados nas principais unidades da federação produtoras de café. O Estado de Rondônia, quinto produtor nacional de café, ocupa posição pouco confortável relativa à produtividade, apenas 17 sc/ha, reflexo do baixo padrão tecnológico predominante no Estado (Tabela 2).

**Tabela 2.** Área colhida, produção e produtividade dos principais estados produtores de café do Brasil, 2014.

Estado	Área colhida (ha)	Produção (mil sc beneficiadas)	Produtividade (sc beneficiadas/ha)
Minas Gerais	995.079	22.644	22,76
Espírito Santo	433.242	12.806	29,56
São Paulo	199.686	4.589	22,98
Bahia	143.939	2.371	16,47
Rondônia	86.004	1.477	17,18
Paraná	33.251	558,6	16,80
<b>Brasil</b>	<b>1.947.200</b>	<b>45.341</b>	<b>23,29</b>

Fonte: Conab (2015).

## O café na Amazônia<sup>1</sup>

Embora a cafeicultura tenha sido introduzida no Brasil pela Amazônia, a produção comercial nesta região só ganhou expressão econômica a partir de meados dos anos 1970 nos projetos de colonização, principalmente, no Estado de Rondônia. Colonos assentados, provenientes de regiões produtoras de café, trouxeram para a Amazônia esse cultivo. Este movimento se iniciou em Rondônia, que se tornou responsável pela produção de aproximadamente 90% do café na Amazônia.

A competição com atividades menos dependentes de mão de obra e o baixo padrão tecnológico estão contribuindo para a diminuição da produção do café na região. A área cultivada e a produção tiveram uma redução de 40% e 50%, respectivamente, entre 2005 e 2013, passando de 192 mil para 100 mil hectares, e de 2,2 milhões para 1,3 milhão de sacas de café beneficiado. Rondônia é principal produtor da região com área cultivada de 90 mil hectares e produção de 1,2 milhão de sacas em 2013. Outros produtores de café da região são Pará (99 mil sacas beneficiadas produzidas em 2013), Amazonas, 33 mil sacas, e Acre, 24 mil sacas (Tabela 3).

A produtividade baixa da cafeicultura regional, alcançou em 2013 apenas 13 sc/ha. O sistema de produção prevalecente na região condiciona este resultado. Há ausência de tratamentos culturais como desbrota, poda e adubação, assim como métodos inadequados de colheita e pós-colheita. Este patamar tecnológico torna a produção da Amazônia menos competitiva comparada à de outros estados (Tabela 3). Contudo, dados mais recentes demonstram que esta realidade aos poucos está mudando, já que o Estado, maior produtor Regional, está melhorando sua produtividade, alcançando no ano de 2014 mais de 17 sc/ha e com estimativa para o ano de 2015 de uma produtividade superior à 18 sc/ha beneficiadas de café (CONAB, 2015).

**Tabela 3.** Evolução da área colhida, produção e produtividade de café canéfora, nos estados da região Norte.

Estado	Área colhida (ha)			Produção (sc beneficiadas)			Produtividade (sc/ha)		
	2005	2009	2013	2005	2009	2013	2005	2009	2013
<b>Região Norte</b>	<b>192.523</b>	<b>171.894</b>	<b>100.043</b>	<b>2.216.300</b>	<b>1.856.183</b>	<b>1.330.850</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>13</b>
Rondônia	167.738	152.999	90.864	1.784.717	1.533.650	1.175.283	11	10	13
Pará	16.626	12.394	6.377	300.350	212.183	98.833	18	17	15
Amazonas	5.493	5.664	1.541	94.817	95.350	33.217	17	17	22
Acre	2.666	837	1.261	36.417	15.000	23.517	14	18	19
Roraima	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amapá	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tocantins	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: IBGE (2015).

Por ser característico da pequena produção familiar em muitas regiões da Amazônia, o café é cultivado em pequenas áreas: 77% das lavouras em Rondônia possuem menos de

<sup>1</sup> Para efeitos desta publicação considera-se Amazônia como a região Norte do Brasil, incluindo Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins. Ressalta-se que a definição de Amazônia Legal inclui, ainda, parte de Mato Grosso e Maranhão. Tal definição não foi adotada pela dificuldade de se conseguir informações desagregadas para estas unidades da federação. De qualquer modo a produção de café no Maranhão e em Mato Grosso é pouco significativa.

5 ha. Esse percentual alcança 95% no Estado do Amazonas, 92% no Pará e 93% no Acre. A cafeicultura na Amazônia é exercida principalmente pelos pequenos agricultores, o que lhe confere importância social (Tabela 4).

**Tabela 4.** Número de estabelecimentos por grupo de área colhida de café na região Norte, 2006.

Grupos de área (ha)	Rondônia		Pará		Acre		Amazonas	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
< 2	5.275	19	1.015	78	207	55	196	60
2 a 5	15.993	58	185	14	142	38	115	35
5 a 10	4.856	18	67	5	20	5	16	5
10 a 20	1.255	5	25	2	6	2	2	1
> 20	235	1	6	0	1	0	-	0
<b>Total</b>	<b>27.614</b>	<b>100</b>	<b>1.298</b>	<b>100</b>	<b>376</b>	<b>100</b>	<b>329</b>	<b>100</b>

Nota: Foram considerados apenas os estabelecimentos que declararam área no Censo Agropecuário 2006.

Fonte: IBGE (2013).

A cafeicultura na Amazônia utiliza pouco insumo, como se espera pelo baixo padrão tecnológico predominante na atividade. Esse quadro pouco está se modificando no tempo, o que é motivo de preocupação quanto à inovação tecnológica e competitividade da atividade. Em 1996 menos de 2% dos cafeicultores adubavam as suas lavouras no Pará e em Rondônia. Entre 1996 e 2006 houve o aumento da utilização da irrigação e no uso de agrotóxicos, mas isto não é garantia de uso correto de tecnologia, pois são conhecidos os problemas em sistemas irrigados e o uso de insumos químicos de maneira incorreta (Tabela 5).

**Tabela 5.** Nível tecnológico dos principais produtores de café da Amazônia, 1996-2006.

Estado	Aduba		Irriga		Uso agrotóxico	
	1996	2006	1996	2006	1996	2006
Rondônia	1,5%	1,9%	-	6,2%	34,9%	42,9%
Pará	1,1%	0,8%	-	1,4%	0,9%	2,7%

Fonte: IBGE (2013).

## O café em Rondônia

A produção de café em Rondônia concentra-se na região central e norte do Estado, onde se destacam os municípios de Cacoal, Alta Floresta d'Oeste, São Miguel do Guaporé, Machadinho d'Oeste, Ministro Andreazza e Nova Brasilândia D'Oeste. Cada um destes municípios produziu mais de 100 mil sacas em 2014. Esses seis municípios juntos representaram mais de 60% da produção total do Estado, mostrando que há uma tendência de concentração espacial da produção cafeeira em Rondônia. A produtividade estadual da lavoura não é elevada, no entanto, polos mais dinâmicos como Alto Alegre, Alta Floresta, Ministro Andreazza exibem produtividades acima de 20 sc/ha. Nestas regiões há um processo incipiente de inovação tecnológica, com a adoção de poda, adubação, plantio de clones e irrigação (Tabela 6).



**Tabela 6.** Área colhida, produção, produtividade e participação percentual na produção, dos dez municípios maiores produtores de café do Estado de Rondônia, em 2014.

Município	Área colhida (ha)	Produção (sc beneficiadas)	Produtividade (sc/ha)	Participação percentual <sup>(1)</sup> (%)
Cacoal	11.356	197.967	17	14,20
Alta Floresta D'Oeste	7.752	170.550	22	12,23
São Miguel do Guaporé	11.023	169.350	15	12,15
Machadinho D'Oeste	6.855	108.533	16	7,79
Ministro Andreazza	5.100	107.100	21	7,68
Nova Brasilândia D'Oeste	5.600	102.100	18	7,32
Alto Alegre dos Parecis	3.600	86.933	24	6,24
Buritis	2.900	43.500	15	3,12
Porto Velho	3.364	41.200	12	2,96
Alvorada D'Oeste	1.420	30.000	21	2,15
<b>Total dos dez municípios</b>	<b>58.970</b>	<b>1.057.233</b>	<b>18</b>	<b>75,84</b>

<sup>(1)</sup> Participação percentual do município na produção de café do Estado de Rondônia.  
Fonte: IBGE (2014).

As variações temporais de preço pago ao produtor, observadas em escala mundial, também acontecem em Rondônia. Entre 2001 e 2014 os preços médios anuais no Estado variaram entre R\$ 110,46 e R\$ 272,57 por saca beneficiada. O maior valor refere-se ao ano de 2007, imediatamente anterior à crise econômica que afetou principalmente as economias da América do Norte e Europa (maiores consumidores mundiais) e também o mercado do café, reduzindo o preço do produto no mercado local (Tabela 7).

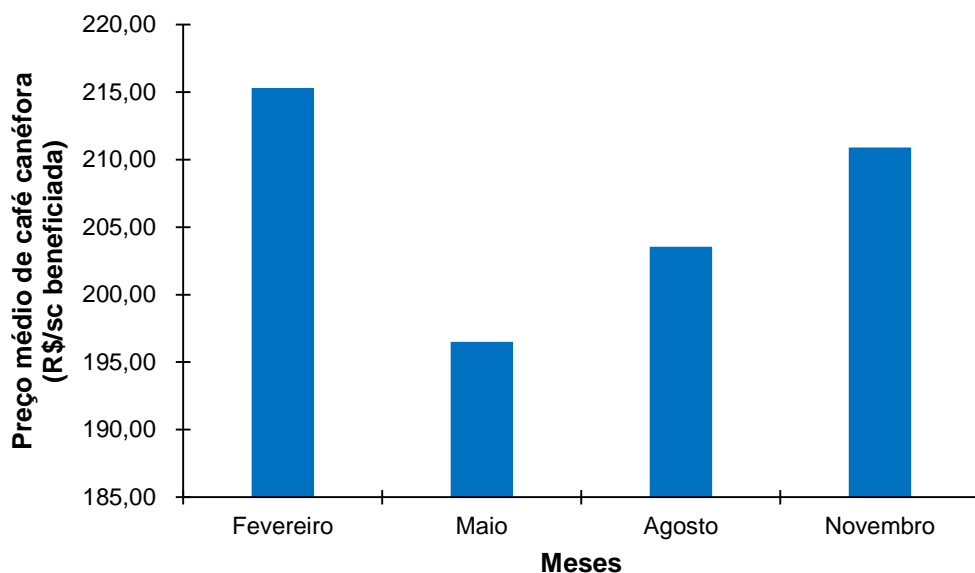
**Tabela 7.** Preço médio anual pago ao cafeicultor em Rondônia por saca beneficiada de café canéfora de 60 kg, em reais de 2014, período de 2001 a 2014.

Ano	Valor (R\$/sc beneficiada)	Ano	Valor (R\$/sc beneficiada)
2001	110,46	2008	246,27
2002	121,87	2009	223,43
2003	187,18	2010	166,88
2004	190,85	2011	210,36
2005	203,33	2012	241,47
2006	235,09	2013	212,10
2007	272,57	2014	195,83

Nota: Os preços foram atualizados segundo o IGP-DI de dezembro de 2014.

Fonte: Emater-RO (2015).

Também são observadas variações estacionais ou sazonais nos preços de café pago ao produtor no Estado de Rondônia. Os preços diminuem na safra ou próximo da mesma e aumentam na entressafra. O preço médio no mês de maio nos anos de 2001 e 2014 alcançou R\$ 196,50/sc, em contraste com R\$ 215,00 no mês de novembro. Esta variação poderia ser capitalizada pelo produtor se ele investisse no armazenamento do produto, passando a ter a possibilidade de escolher o melhor momento para comercializar a sua produção (Figura 2).



**Figura 2.** Média mensal dos preços da saca beneficiada de café canéfora em Rondônia, por meses selecionados, 2001-2014.

Nota: Os preços foram atualizados segundo o IGP-DI de dezembro de 2014.

Fonte: Emater-RO (2015).

### **Aspectos econômicos, ambientais e sociais da produção cafeeira em diferentes sistemas em Rondônia**

Estudou-se o desempenho econômico e o impacto social e ambiental de diferentes sistemas de produção no Estado de Rondônia. Para isto foram selecionados cinco sistemas de produção de café em três importantes municípios produtores: Cacoal, Nova Brasilândia e Alta Floresta d'Oeste (Figura 3).

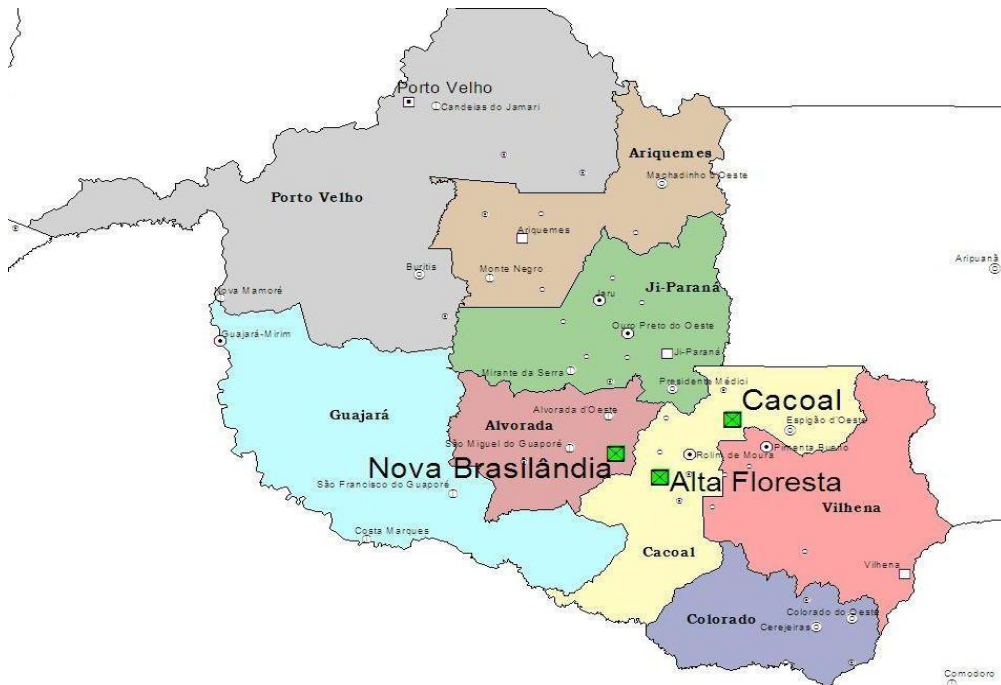
Dois destes sistemas avaliados encontram-se nos municípios de Cacoal e Alta Floresta d'Oeste e foram denominados como tradicionais, ou seja, são predominantes no Estado. Neles predominam o baixo padrão tecnológico, onde poda, desbrota, controle de pragas e doenças, correção do solo e adubação são pouco utilizados.

Os demais sistemas avaliados são emergentes no Estado: a cafeicultura irrigada em Cacoal, a cafeicultura clonal em Nova Brasilândia e o sistema melhorado por poda e adubação em Alta Floresta d'Oeste. Vale observar que os sistemas emergentes não são os predominantes em seus municípios, são importantes, mas ainda incipientes iniciativas de inovação tecnológica no espaço.

Em todos os sistemas não tradicionais o plantio é realizado em áreas alteradas, utilizam-se covas de 40 cm x 40 cm x 40 cm, sendo feitas a correção do solo e a adubação química e orgânica de cobertura.

O sistema irrigado de Cacoal se caracteriza pelo uso intensivo de insumos e alta produtividade. A poda e a desbrota são executadas para preservar a adequada arquitetura da planta, a irrigação suplementar ocorre no período seco no intuito de

uniformizar a floração, além de evitar perdas na produção em função de estiagem. A produtividade neste sistema atinge 75 sc/ha.



**Figura 3.** Localização dos municípios em que avaliou-se o desempenho econômico e o impacto social e ambiental de diferentes sistemas de produção no Estado de Rondônia.

O sistema clonal de Nova Brasilândia d'Oeste se caracteriza pelo uso da técnica da clonagem e da irrigação por canhão de alta pressão autopropelido. O uso de agroquímicos e a adubação seguem parcialmente a recomendação técnica. A desbrota e a poda são cuidadosamente executadas para garantir a perfeita arquitetura dos cafeeiros. A produtividade, de 70 sc/ha, é influenciada pela elevada fertilidade natural do solo.

O sistema melhorado de Alta Floresta d'Oeste é o predominante no município que desponta como polo de avanço tecnológico da cafeicultura rondoniense. As técnicas de desbrota, poda e adubação são incorporadas seguindo parcialmente as recomendações técnicas, e proporcionam o avanço da produtividade para 40 sc/ha.

A análise do desempenho econômico consiste no cálculo do custo de produção e da receita proporcionada pela atividade. Consideram-se todas as operações no cultivo do cafeeiro desde a sua implantação até o último trato cultural no último ano de produção. Os custos são divididos em variáveis e fixos. O primeiro inclui as despesas com mão de obra, insumos e manutenção de máquinas, equipamentos e instalações. O custo fixo inclui a recuperação do investimento na implantação da lavoura e a depreciação de máquinas, equipamentos e instalações. Ainda é incluído o custo de oportunidade do capital, que é a remuneração ao capital fixo investido na atividade como máquinas, equipamentos e terra.



Os custos foram contabilizados por saca de café beneficiado e por módulo de cinco hectares, que é a área típica de exploração de uma unidade familiar de produção no Estado de Rondônia. A receita foi calculada com base no preço pago ao produtor pela saca de café no primeiro trimestre de 2011. Os coeficientes técnicos foram coletados por meio de painéis realizados nos municípios estudados, onde se reuniram técnicos, especialistas e produtores rurais seguindo a metodologia preconizada por Matsunaga et al. (1976).

A avaliação de impacto ambiental, social e econômico seguiu a metodologia descrita por Rodrigues et al. (2006) onde a percepção do impacto das tecnologias empregadas em um sistema de produção é comparada com o sistema tradicional, predominante no Estado de Rondônia. A percepção do produtor rural é pontuada em função da intensidade e da extensão do impacto. São avaliados itens relacionados à sustentabilidade econômica, ambiental e social. Foram entrevistados três produtores no sistema podado e adubado de Alta Floresta e um produtor nos sistemas clonal e irrigado, que foram estudos de caso.

Os sistemas estudados apresentaram custo entre R\$ 107,02 e R\$ 135,12 por saca de 60 kg de café beneficiado. Os sistemas tradicionais exibem custos entre R\$ 119,20 e R\$ 129,33 por saca em Alta Floresta d'Oeste e Cacoal, respectivamente. O menor custo observado em Alta Floresta d'Oeste se refere a maior receita proporcionada pelo cultivo de grãos intercalados no primeiro ano e pela maior produção de café, possibilitados pela maior fertilidade natural do solo neste município (Tabela 8).

O sistema clonal, em Nova Brasilândia, apresenta o menor custo de produção. Isso é possível pela maior produtividade, que dilui os custos fixos e diminui o custo unitário de produção. O custo de implantação da lavoura também é reduzido pela precocidade da produção do café clonal, com colheita expressiva já no segundo ano. O custo de mão de obra também decresce com o aumento da produtividade da lavoura. São destaques o custo da colheita, R\$ 27,00/sc e poda, R\$ 2,00/sc, que estão entre os menores observados nos cinco sistemas estudados. Isso ocorre em virtude da maior produtividade que facilita a colheita, exigindo menor pagamento por quantidade colhida. Este sistema, no entanto, é que exibe maior custo de depreciação e manutenção em função do equipamento de irrigação utilizado, canhão de alta pressão (Tabela 8).

O custo de produção do café tradicional em Alta Floresta d'Oeste ilustra a situação de muitos produtores no Estado de Rondônia. Nesse sistema o custo de implantação é negativo, -R\$ 5,97/sc. Isso significa que o sistema gera receita líquida já no segundo ano, pois exige poucos insumos e gastos na implantação. A produção de grãos, que gera receita não muito expressiva, é suficiente para cobrir os reduzidos custos, decorrentes do baixo padrão tecnológico empregado. No entanto a baixa produtividade da cafeicultura reduz a receita gerada pelo sistema, tornando-o pouco interessante do ponto de vista econômico. Vale observar que o custo fixo negativo também observado nesse sistema é decorrente do método de contabilidade de custo empregado. No custo fixo de cada ano se inclui a depreciação anual da lavoura, cujo valor inicial corresponde ao seu custo de implantação. Como este custo é negativo, o valor a ser depreciado é negativo gerando receita ao invés de custo anual (Tabela 8).

O sistema melhorado de Alta Floresta d'Oeste possui o custo de produção mais elevado, R\$ 135,12/sc, valor superior ao verificado no café tradicional do mesmo município. Os custos dos insumos explicam essa diferença, com destaque os gastos com agroquímicos e adubos que são os maiores dentre os sistemas estudados. Isso sinaliza a necessidade de otimizar esse sistema, tornando mais racional o uso de insumos. A

produtividade desse sistema, 40 sc/ha, é muito acima da observada no Estado, mas ainda insuficiente para permitir a diminuição do elevado custo unitário de produção (Tabela 8).

**Tabela 8.** Custo de produção de café em sistemas alternativos, em reais por saca beneficiada, 2011.

Item	Alta Floresta d'Oeste		Cacoal		Nova Brasilândia
	Tradicional	Melhorado	Tradicional	Irrigado	Clonal
<b>Custo total (1+2+3)</b>	<b>119,20</b>	<b>135,12</b>	<b>129,33</b>	<b>110,79</b>	<b>107,02</b>
<b>Custo variável</b>	90,51	104,76	90,47	89,55	82,27
Mão de obra e serviço contratado	81,33	71,16	83,36	55,90	62,35
Poda	3,33	6,50	3,64	4,80	2,00
Desbrota	20,00	9,50	21,82	6,40	4,86
Colheita	36,00	30,60	36,00	27,00	27,00
Secagem e beneficiamento	12,00	11,00	11,00	11,90	18,20
Outros	10,00	13,56	10,91	5,80	10,30
Insumos	8,75	33,21	6,77	29,95	11,49
Adubos e corretivos	0,00	12,87	0,00	19,04	8,49
Agroquímicos	6,75	19,26	4,50	9,19	2,71
Outros	2,00	1,08	2,27	1,72	0,29
Manutenção de máquinas, equipamentos e instalações	0,43	0,39	0,33	3,70	8,43
<b>Custo fixo</b>	-5,12	16,06	5,00	13,29	14,12
Implantação da lavoura	-5,97	15,28	4,33	5,18	1,84
Depreciação de máquinas, equipamentos e instalações	0,85	0,78	0,67	8,11	12,28
<b>Custo de oportunidade</b>	33,81	14,30	33,86	7,94	10,63
Terra	35,12	10,54	32,73	4,80	5,14
Outros	-1,31	3,77	1,14	3,14	5,49
<b>Receita bruta</b>	<b>185,00</b>	<b>185,00</b>	<b>185,00</b>	<b>185,00</b>	<b>185,00</b>
<b>Lucro</b>	<b>65,80</b>	<b>49,88</b>	<b>55,67</b>	<b>74,21</b>	<b>77,98</b>

O sistema de produção irrigado de Cacoal apresenta o custo de R\$ 110,79/sc, desempenho mais satisfatório que o sistema tradicional do município, que apresenta custo de R\$ 129,33/sc. O nível tecnológico adotado e a produtividade alcançada permitem a redução do custo unitário (Tabela 8).

A avaliação do resultado econômico dos sistemas em módulos típicos de 5 ha revela o melhor desempenho dos sistemas não tradicionais. Nestes, a receita líquida anual oscila entre R\$ 9.975,60 e R\$ 27.828,30 demonstrando o efeito da inovação tecnológica e da maior produtividade alcançada por estes sistemas no aumento da renda do produtor rural. Os sistemas tradicionais proporcionam renda líquida anual inferior a R\$ 4.000,00 (Tabela 9).

Os resultados são informações esclarecedoras da competitividade da cafeicultura rondoniense, ao se investir na inovação tecnológica. No Espírito Santo, maior produtor de *Coffea canephora* do país, o custo de produção do café não irrigado é cerca de R\$ 130,00/sc. O custo de produção do café irrigado naquele Estado varia entre R\$ 117,00 e R\$ 173,00, conforme o nível de produtividade. Os valores observados em Rondônia se posicionam abaixo desse patamar ainda que esta comparação deva ser feita com cautela por haver quatro anos de diferença entre a avaliação realizada em Rondônia e no Espírito Santo (FERRÃO et al., 2007).

**Tabela 9.** Desempenho econômico de sistemas de produção de café alternativos em Rondônia, em reais, 2011.

Item	Alta Floresta d'Oeste		Cacoal		Nova Brasilândia
	Tradicional	Melhorado	Tradicional	Irrigado	Clonal
Custo total por saca beneficiada de 60 kg	119,20	135,12	129,33	110,79	107,02
Lucro por saca beneficiada de 60 kg	65,80	49,88	55,67	74,21	77,98
Receita líquida anual da atividade em 5 ha	3.947,80	9.975,60	3.061,90	27.828,30	27.291,70
Receita líquida mensal da atividade em 5 ha	328,98	831,30	255,16	2.319,03	2.274,31
Receita líquida mensal da atividade (5 ha) em salários-mínimos	0,60	1,53	0,47	4,26	4,17

A comparação dos sistemas melhorados, não tradicionais, com os tradicionais, mostra, em geral, o melhor desempenho econômico, social e ambiental dos sistemas melhorados. Os sistemas não tradicionais apresentaram índice de impacto positivo na análise de sustentabilidade. O melhor desempenho corresponde ao café irrigado de Cacoal. Esse sistema apresenta melhor desempenho nos indicadores geração de renda (nota 15,0) e aumento do valor da propriedade (nota 8,3). Isso é reflexo do aumento de renda derivado do aumento da produtividade e das práticas de conservação de solo que contribuem para a preservação do patrimônio natural da propriedade rural. As menores notas correspondem aos indicadores uso de energia (-12,0) e uso de insumos agrícolas e recursos (-8,3). Esses fatores estão relacionados à intensificação do uso de insumos no sistema irrigado (Tabela 10).

**Tabela 10.** Índices de sustentabilidade ambiental, econômica e social de sistemas de produção de café não-tradicionais. Rondônia, 2008.

Indicador	Peso	Coeficiente de desempenho por sistema		
		Cacoal (irrigado)	Alta Floresta (melhorado)	Nova Brasilândia (clonal)
Uso de insumos agrícolas e recursos	0,080	-8,3	-2,3	-7,8
Uso de insumos veterinários e matérias-primas	0,020	0,0	0,0	0,0
Uso de energia	0,050	-12,0	0,0	-9,0
Atmosfera	0,020	2,2	0,0	0,8
Qualidade do solo	0,050	5,0	3,8	2,5
Qualidade da água	0,050	-0,5	0,0	-0,5
Biodiversidade	0,050	2,1	0,0	0,7
Recuperação ambiental	0,050	0,8	0,0	0,0
Qualidade do produto	0,030	-3,8	-3,8	-1,3
Ética produtiva	0,020	7,5	2,5	7,5
Capacitação	0,050	1,3	0,0	3,8
Oportunidade de emprego local qualificado	0,020	2,5	0,7	0,8
Oferta e condição de trabalho	0,050	0,9	0,1	0,7
Qualidade do emprego	0,050	3,0	0,0	-3,0
Geração de renda	0,050	15,0	10,0	15,0
Diversidade das fontes de renda	0,025	6,0	0,0	2,3
Valor da propriedade	0,025	8,3	0,8	5,0
Saúde ambiental e pessoal	0,020	-1,4	0,0	-0,6
Segurança e saúde ocupacional	0,020	-3,0	0,0	-0,3
Segurança alimentar	0,050	2,6	0,6	1,8
Dedicação e perfil do responsável	0,050	6,0	4,8	5,3
Condição de comercialização	0,100	0,0	1,5	0,0
Disposição de resíduos	0,050	3,0	0,0	0,0
Relacionamento institucional	0,020	3,0	0,0	0,0
<b>Resultado final</b>	<b>1,000</b>	<b>1,2</b>	<b>0,9</b>	<b>0,5</b>

O sistema de produção melhorado em Alta Floresta apresenta índice de impacto positivo (0,9). Observa-se que o indicador “geração de renda” apresentou melhor desempenho,

coeficiente de impacto positivo (10,0), decorrente da maior produtividade alcançada. O indicador “dedicação e perfil do responsável” também apresentou valor positivo (3,8). Isso se relaciona à maior exigência de maior dedicação e capacitação do produtor para lidar com novas tecnologias como a adubação e a poda. Os aspectos de sustentabilidade menos favoráveis desse sistema se referem à qualidade do produto (-3,8) e ao uso de insumos agrícolas e recursos (-2,3), já que o uso de insumos e recursos é intensificado nesse sistema, em relação ao tradicional, causando impacto ambiental adicional. Vale ressaltar que o uso indiscriminado de agroquímicos, muitas vezes induzido por vendedores de insumos (o conhecido “kit” para controle de pragas, doenças e ou melhoria nutricional do cafeeiro) contribui para esse impacto, além de onerar o custo de produção.

Os sistemas não tradicionais, de uso mais intensivo de tecnologia, apresentaram desempenho superior aos tradicionais sob a ótica ambiental, social e econômica. Isso os torna mais sustentáveis, na medida em que aumentam a renda, melhoram as condições sociais e contribuem para a redução dos impactos ambientais da produção agrícola.

Há a necessidade de políticas que possam aumentar a renda do produtor e incentivar a adoção de sistemas sustentáveis do ponto de vista ambiental, social e econômico. A substituição de sistemas tradicionais por não tradicionais se apresenta como alternativa viável por ir ao encontro desse objetivo. Para isso é necessário estruturar uma competente rede de assistência técnica pública ou privada no interior do Estado. Além disso, a inovação tecnológica deve sempre buscar sustentabilidade ambiental, social e econômica. Como exemplo, o uso de insumos deve ser racionalizado para minimizar os impactos ambientais desses sistemas e melhorar o seu desempenho econômico. Nesse sentido, vale citar o uso da água de irrigação e o uso de adubos e corretivos, a maioria das lavouras irrigadas não possuem acompanhamento técnico para a execução desta atividade, o que onera custo e diminui a sustentabilidade ambiental. O uso de adubos e agroquímicos, principalmente no sistema melhorado de Alta Floresta carece da devida orientação técnica. O uso indiscriminado de “kits” de agroquímicos, tão em voga entre os cafeicultores do Estado, é uma ameaça ambiental que não pode ser ignorada, além de ser fator que compromete o desempenho econômico da atividade.

Outra preocupação relevante para a cafeicultura rondoniense se refere à crescente escassez de mão de obra rural. Isso impacta diretamente a cafeicultura, que muito demanda desse fator de produção. Os sistemas não tradicionais aumentam a renda do trabalhador rural, colaborando para maior remuneração desse fator de produção cada vez menos abundante.

A modernização da cafeicultura no Estado de Rondônia envolve providências estruturantes como a disponibilidade de insumos a preços mais acessíveis e de meios de transporte para a produção. A extensão da rede ferroviária ao Estado de Rondônia e a utilização da hidrovía do Rio Madeira para o agronegócio do café podem ser soluções para essas questões estruturais.

## Referências

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Safra 2015, Primeiro Levantamento, Brasília, Janeiro de 2015. v.1, n. 3. Brasília: Conab, 2015. 41p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 20 mai. 2015.

EMATER-RO. **Pesquisa Semanal de Preços**. Disponível em: <<http://www.emater-ro.com.br/servicos.php?get=3&pag=1&num=6>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<https://www.fao.org.br>>. Acesso em: 30 mar. 2013.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Ed.). **Café Conilon**. Vitória: INCAPER, 2007. 702 p.

IBGE. **Censo Agropecuário - Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 out. 2013.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

IBGE. Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - LSPA**. Porto Velho, dezembro de 2014.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Historical data**. Disponível em: <[http://www.ico.org/new\\_historical.asp](http://www.ico.org/new_historical.asp)>. Acesso em: 20 nov. 2015.

MATSUNAGA, M; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEROSO, I. A. A metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

RODRIGUES, G. S.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; RODRIGUES, I.; MONTEIRO, R. C.; VIGLIZZO, E. **Sistema base para avaliação e eco-certificação de atividades rurais**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 41 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 35).

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **Downloadable data sets**. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdDownload.aspx>>. Acesso em: 19 jan. 2015.



## Capítulo 2

---

# Clima

*Marcelo José Gama da Silva  
Fábio Adriano Monteiro Saraiva  
Ana Alexandrina Gama da Silva  
Luiz Alves dos Santos Neto  
Carlos Alexandre Santos Querino*





## Introdução

O clima de uma determinada região é caracterizado pela integração das condições do tempo meteorológico de um período de algumas décadas e pode ser entendido como as condições atmosféricas médias de um local, o que influencia grande parte das atividades humanas e a agricultura. No planeta Terra o clima não é homogêneo, este é definido, principalmente, por dois fluidos: o ar e a água, que têm dinâmica própria e interagem entre si e com os ecossistemas naturais aquáticos e terrestres. Fatores como latitude, relevo, distância até o mar, correntes marítimas e principalmente os mecanismos de circulação atmosférica influenciam no clima de uma região.

Todos os estudos climáticos são baseados em observações meteorológicas. Diversas regiões do globo não possuem série de dados meteorológicos uniformes, ao longo de 30 anos, de forma a caracterizar as Normais Climatológicas, a exemplo do que ocorre na Amazônia, onde a densidade de estações meteorológicas com série superior a mais de 30 anos de dados contínuos e consistentes é muito baixa. Para solucionar esse impasse foi recomendado, para essas regiões, o cálculo das normais climatológicas com série de 10 anos de dados, sendo denominadas de normais climatológicas provisórias, que são médias de curto período, baseadas em observações que se estendam sobre um período mínimo de 10 anos de dados (KRUSCHE et al., 2002).

A Amazônia possui uma área estimada de 4,2 milhões de quilômetros quadrados distribuída por nove estados (Amazonas, Pará, Mato Grosso, Acre, Rondônia, Roraima, Amapá e parte do Tocantins e do Maranhão).

O clima da região Amazônica é uma combinação de fatores meteorológicos, sendo o de maior importância a variabilidade temporal e espacial da energia solar, monitorada por meio do balanço de energia. O comportamento da temperatura do ar, que está relacionada à disponibilidade desta fonte de energia, mostra uma pequena variação ao longo do ano, com exceção dos estados mais ao sul (Rondônia, Acre e Mato Grosso) que sofrem influência de sistemas frontais, ocasionando o fenômeno localmente chamado de friagem. Os valores médios de temperatura do ar variam entre 24 °C e 27 °C, com amplitude térmica sazonal na ordem de 1-2 °C (FISCH et al., 1998).

A distribuição da precipitação na Amazônia apresenta heterogeneidade espacial e sazonal, podendo ser encontrado três núcleos de precipitação abundante. O primeiro localizado no noroeste da Amazônia, com chuvas acima de 3.000 mm/ano, com o máximo de precipitação ocorrendo no trimestre abril/maio/junho; o segundo na parte central da Amazônia, com precipitação em torno de 2.500 mm/ano, onde a estação chuvosa ocorre no trimestre março/abril/maio e o terceiro núcleo no sul da região amazônica, onde o máximo das chuvas ocorre no trimestre janeiro/fevereiro/março. Outro aspecto importante em relação às chuvas na Amazônia é a defasagem de seis meses que ocorre entre o máximo de precipitação observado na região oriental, nos meses de junho e julho e o observado na região ocidental, onde a estação chuvosa ganha maior intensidade a partir do mês de dezembro (MARENGO; NOBRE, 2009).

Na Amazônia brasileira a área cultivada com o café canéfora restringe-se basicamente ao Estado de Rondônia, que é o maior produtor da região, com aproximadamente 90% da produção, e o segundo na produção nacional (RONDÔNIA, 2013). Desta forma, o estudo da influência do clima na Amazônia sobre a cultura do café será restrito às análises das variáveis climáticas do Estado de Rondônia, que se encontra localizado na Amazônia

Ocidental e possui uma área de 238.512,80 km<sup>2</sup>, limitando-se ao norte com o Estado do Amazonas, a noroeste com o Estado do Acre, a oeste com a República da Bolívia e a leste e sul com o Estado do Mato Grosso (SILVA, 2010).

Em Rondônia, há apenas três localidades com estações meteorológicas com registros superiores a 30 anos. Desta forma, para caracterizar o clima do Estado utilizou-se séries históricas de dados da Rede de Estações Meteorológicas Automáticas de Rondônia (Remar), pertencente à Secretária de Estado do Desenvolvimento Ambiental (Sedam), instaladas nos municípios de Porto Velho, Guajará-Mirim, Ariquemes, Machadinho d'Oeste, Ji-Paraná, Cacoal, Costa Marques e Vilhena, correspondente ao período de 2001 a 2010, além de dados da estação meteorológica da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac), localizada no município de Ouro Preto do Oeste, referente ao mesmo período (Tabela 1).

**Tabela 1.** Estações meteorológicas selecionadas para o estudo no Estado de Rondônia.

Município	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Instituição	Período
Porto Velho	63°50'45" O	08°47'42" S	95	Sedam	2001 a 2010
Machadinho d'Oeste	62°01'10" O	09°23'49" S	198	Sedam	2001 a 2010
Ariquemes	62°57'42" O	09°50'05" S	219	Sedam	2001 a 2010
Guajará-Mirim	65°16'50" O	10°47'21" S	150	Sedam	2001 a 2010
Ji-Paraná	61°57'24" O	10°51'46" S	159	Sedam	2001 a 2010
Cacoal	61°22'46" O	11°29'01" S	186	Sedam	2001 a 2010
Costa Marques	64°13'55" O	12°25'52" S	145	Sedam	2001 a 2010
Vilhena	60°05'39" O	12°46'12" S	612	Sedam	2001 a 2010
Ouro Preto do Oeste	62°12'30" O	10°44'30" S	280	Ceplac	2001 a 2010

## Principais sistemas meteorológicos que atuam no Estado de Rondônia

No Estado de Rondônia, os principais sistemas meteorológicos ou mecanismos dinâmicos atmosféricos de grande escala, que atuam no clima da região estão associados principalmente a: Alta da Bolívia (AB); a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS); as Linhas de Instabilidade (Lis); a Convecção Tropical associada a Sistemas Frontais e as Convecções Locais.

O verão é o período mais chuvoso do Estado e, nesse período os principais mecanismos dinâmicos que atuam sobre a precipitação da região são essencialmente, os de larga escala: Alta da Bolívia (AB), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as Linhas de Instabilidade (LIs) (SILVA, 2010). Durante essa estação, observa-se uma grande atividade convectiva causada pela maior incidência de radiação solar, durante o ano. Nos meses secos (estação do inverno), devido à diminuição da influência da ZCIT e da AB, os principais mecanismos responsáveis pela chuva na região são a brisa fluvial da Bacia Amazônica, circulação local que ocorre nos baixos níveis da atmosfera e os aglomerados convectivos de meso e grande escala, associados com a penetração de sistemas frontais, advindos da região Sul e Sudeste do Brasil.

Neste período a atuação da face continentalizada do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) sobre o Brasil Central dificulta a atuação das LIs e das depressões tropicais e equatoriais, resultando em uma atmosfera mais seca, quente e estável (FRANCA, 2009).

O período chuvoso em Rondônia ocorre entre os meses de outubro e abril, enquanto que o período seco (com menor atividade convectiva) ocorre entre os meses de junho e agosto.

## **Comportamento anual e sazonal dos parâmetros meteorológicos no Estado de Rondônia**

A média anual da precipitação pluvial varia entre 1.340 mm e 2.340 mm, sendo a média dos meses de junho, julho e agosto inferior a 50 mm/mês e a média anual da temperatura do ar entre 23,2 °C e 26,0 °C.

É possível observar na região, durante alguns dias dos meses de junho, julho e agosto, fenômenos associados à influência de anticiclones, que se formam nas altas latitudes e atravessam a cordilheira dos Andes em direção ao sul do Chile. Alguns desses anticiclones são excepcionalmente intensos, condicionando a formação de aglomerados convectivos que intensificam a formação dos sistemas frontais na região Sul do país. Esses aglomerados se deslocam em direção à região sul da Amazônia, causando o fenômeno denominado “friagem”. Durante esses meses, as temperaturas mínimas absolutas do ar podem atingir valores inferiores a 10 °C, principalmente nas regiões sul e sudoeste de Rondônia. Devido a curta duração do fenômeno, este não influencia as médias climatológicas da temperatura mínima do ar, que variam entre 19,3 °C e 21,9 °C.

O clima de Rondônia caracteriza-se, ainda, por apresentar uma pequena variação espacial e temporal da temperatura média do ar no decorrer do ano. O mesmo não ocorre em relação à pluviosidade, que apresenta variações consideráveis durante o ano, em virtude dos diferentes fenômenos atmosféricos que atuam no ciclo anual da precipitação.

### **Caracterização climática**

O procedimento adotado para a caracterização do clima consistiu na análise estatística e na espacialização das informações disponíveis, em período diário. Para isso foram utilizados dados referentes às estações meteorológicas com mais de 10 anos de dados localizadas no Estado (Tabela 1).

Para a realização do balanço hídrico utilizou-se o método de Thornthwaite e Mather (1955) para uma capacidade de água disponível no solo de 125 mm, o qual considera a planta como um meio físico para transporte de água entre o solo e a atmosfera, não sendo visto como um instrumento de conexão dos elementos climáticos.

### **Comportamento das variáveis agrometeorológicas no Estado de Rondônia**

Para a identificação de regiões de clima homogêneo, o conhecimento do comportamento das variáveis meteorológicas ao longo do tempo é de fundamental importância, visto que cada cultivar possui limites ideais para atingir seu potencial produtivo. As variações temporais e espaciais da temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação

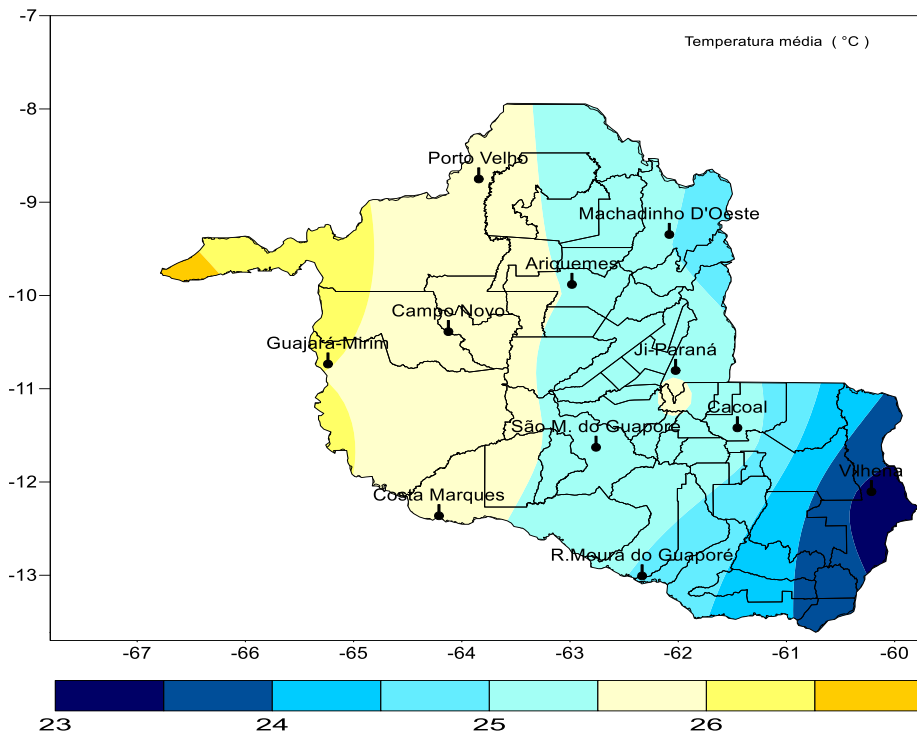
pluviométrica e vento apresentam peculiaridades e contribuição no processo produtivo da cultura do café, estabelecendo os indicadores do meio físico e biótico para a região.

No Estado de Rondônia onde se concentra a maior área cultivada com o café na região Amazônica há ainda carência de pesquisas relacionadas à influência do clima na fenologia e fisiologia da cultura. Segundo Meireles et al. (2009b), ainda é difícil obter valores de referência sobre a influência do comportamento das variáveis meteorológicas no crescimento, desenvolvimento e produtividade por causa dos poucos trabalhos de pesquisas com a cultura na Amazônia.

## Temperatura do ar

Em cultivos comerciais, a temperatura do ar é a variável climática mais importante para definir a aptidão climática do cafeeiro (CAMARGO, 1985). Segundo Matiello (1991), a temperatura média anual do ar superior a 22 °C e inferior a 26 °C é considerada apta ao cultivo do café. Temperaturas entre 21 °C e 22 °C são consideradas restritas ao cultivo e inferior a 21 °C inapta ao cultivo do café.

A temperatura do ar em Rondônia é normalmente elevada e uniforme ao longo do ano. A média anual da temperatura do ar no Estado varia entre 23,2 °C e 26,0 °C, com pequena oscilação ao longo do ano. O norte e o oeste do Estado apresentam temperaturas mais elevadas, com temperaturas médias superiores a 25,7 °C e 26,0 °C, respectivamente, enquanto que a região sul apresenta temperaturas mais amenas, com média de 23,2 °C (Figura 1). A temperatura máxima varia entre 29,0 °C e 31,8 °C e a mínima entre 19,3 °C e 21,9 °C durante todo o ano (Figuras 2 e 3).



**Figura 1.** Temperatura do ar média anual (°C) no Estado de Rondônia.

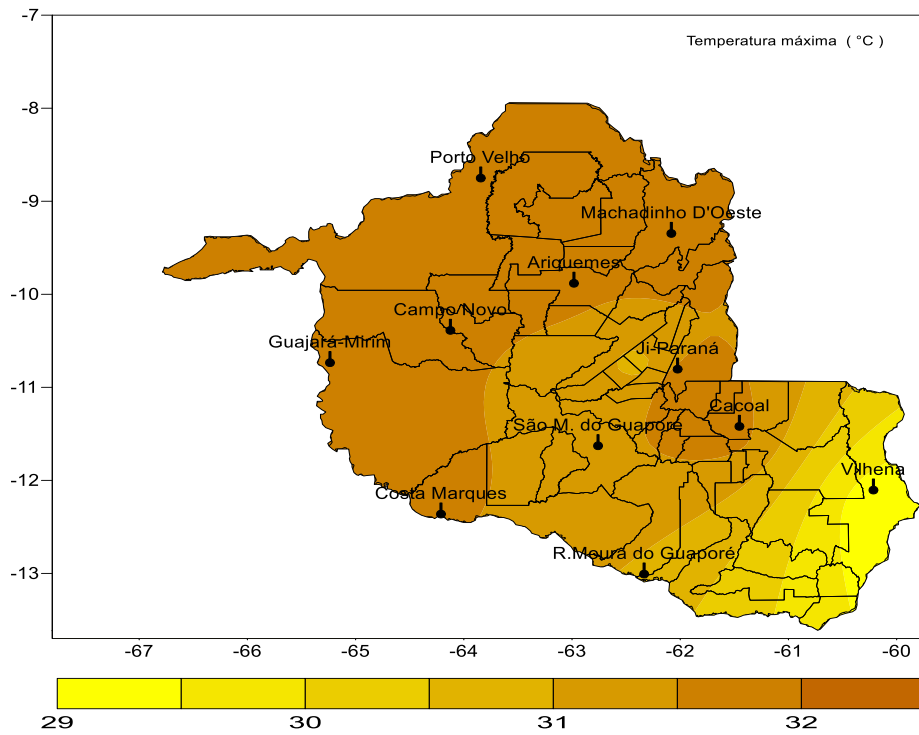


Figura 2. Temperatura média máxima anual (°C) no Estado de Rondônia.

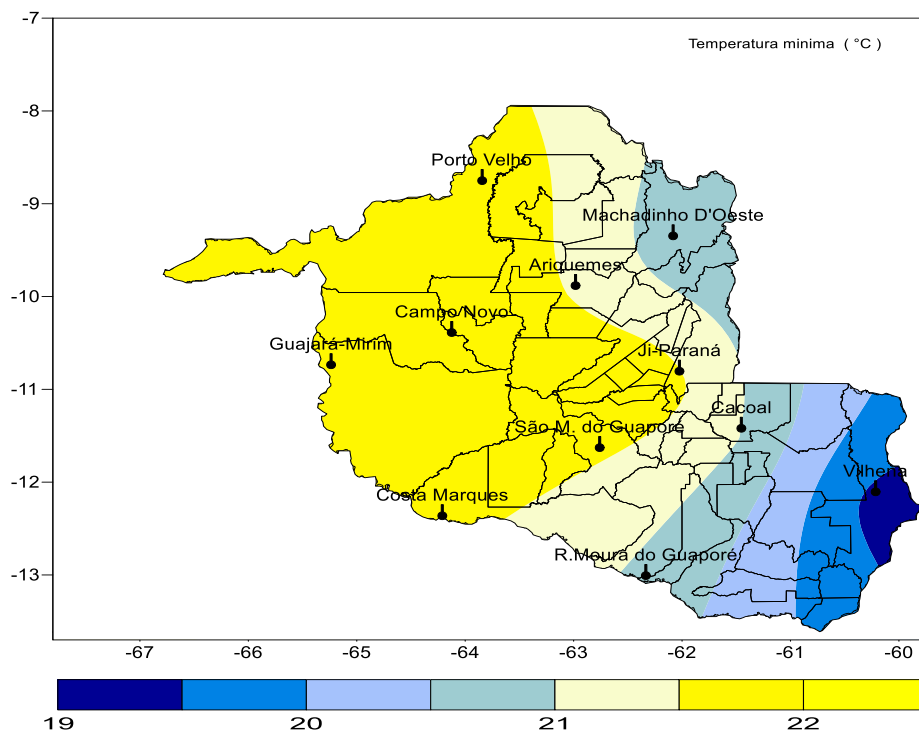


Figura 3. Temperatura média mínima anual (°C) no Estado de Rondônia.

O comportamento mensal da temperatura do ar apresenta pequena variação ao longo do ano. A média anual da temperatura do ar é de 25,2 °C, sendo os meses de setembro e outubro os mais quentes e julho o mais frio. A temperatura média máxima anual é de 31,3 °C, sendo agosto o mês com maior média, enquanto que a temperatura mínima média anual é de 21,2 °C, sendo julho o mês com os menores valores (Figura 4).

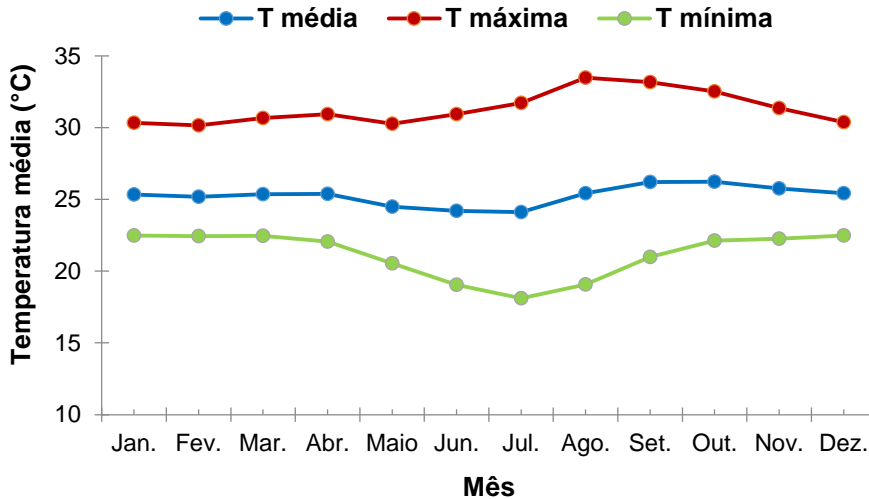


Figura 4. Variação anual da temperatura do ar para o Estado de Rondônia.

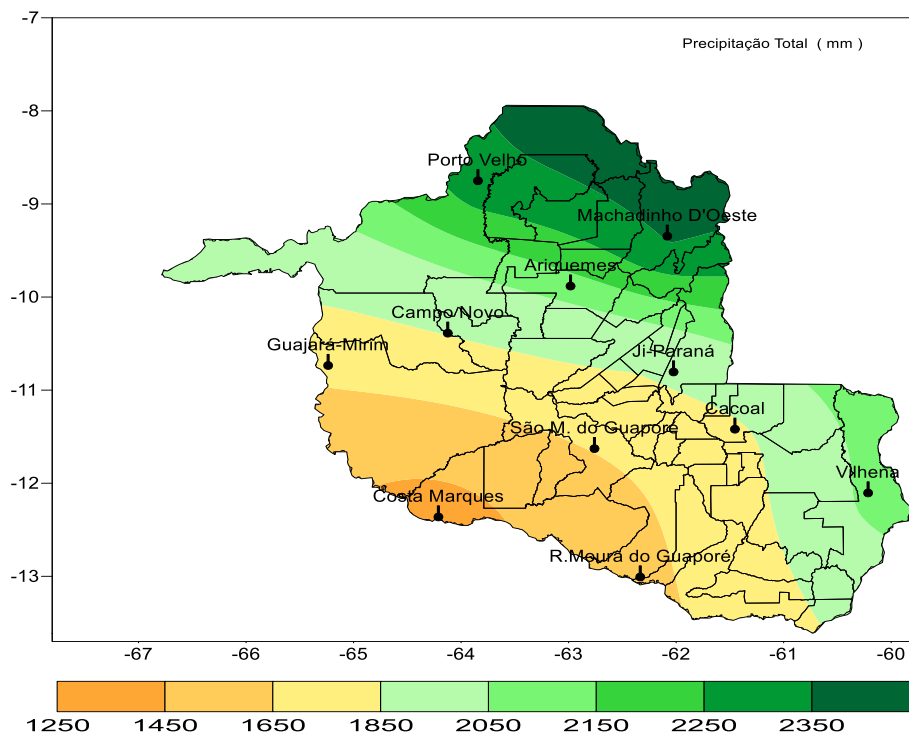
O Estado de Rondônia apresenta boa aptidão térmica para o cultivo de café canéfora. A temperatura média anual entre 23,2 °C e 26,0 °C encontra-se dentro da faixa apta. A alta temperatura média anual favorece o crescimento da cultura, pois a mesma tem origem em regiões quentes e úmidas, similares às regiões equatoriais. No decorrer do ano temperaturas superiores a 23 °C, não acarretam exuberância vegetativa e baixa diferenciação floral, o que levaria a baixa produtividade. Estes sintomas ocorrem em temperaturas médias anuais inferiores a 22 °C (SANTINATO; FERNANDES, 2005). Os períodos secos que ocorrem nos meses de junho a agosto são importantes para o crescimento das raízes e para a maturação dos ramos formados na estação chuvosa precedente e para a diferenciação floral.

## Precipitação pluviométrica

O regime de precipitação é a principal característica climática que determina a duração da estação de crescimento das plantas em regiões tropicais. Para o café arábica, a quantidade de chuva ideal está compreendida entre 1.200 mm e 1.800 mm anual. Este valor também pode ser aplicado ao café canéfora, embora esta variedade pareça adaptar-se melhor que a variedade arábica em localidades com precipitações superiores a 2.000 mm (ALÉGRE, 1959). A quantidade e a distribuição da precipitação são importantes, pois a demanda de água pela cultura deve ser considerada para que as plantas apresentem um bom desenvolvimento e uma boa produtividade.

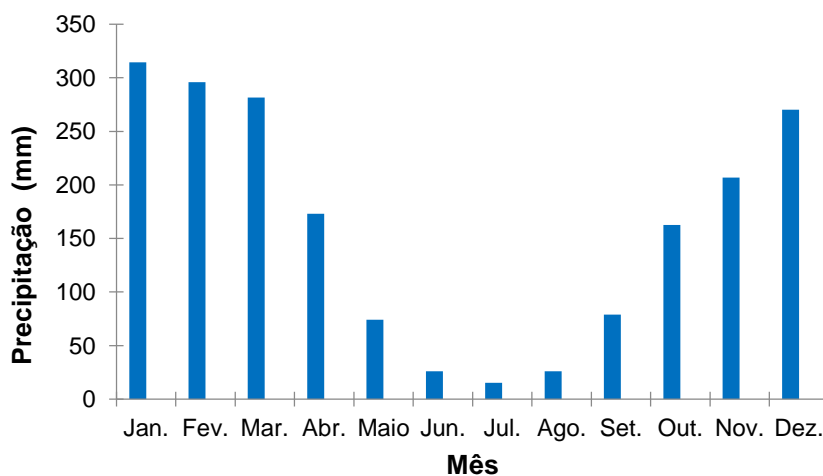
A precipitação média anual do Estado de Rondônia varia de 1.340 mm e 2.340 mm, com média de 1.906,5 mm anual, apresentando um gradiente crescente da precipitação do sudoeste para o nordeste (Figura 5). Além das considerações climáticas próprias da área geográfica do Estado, cabe observar que a Serra dos Pacaás Novos cria um divisor entre os setores norte e sul com precipitações respectivas mais elevadas e mais baixas.





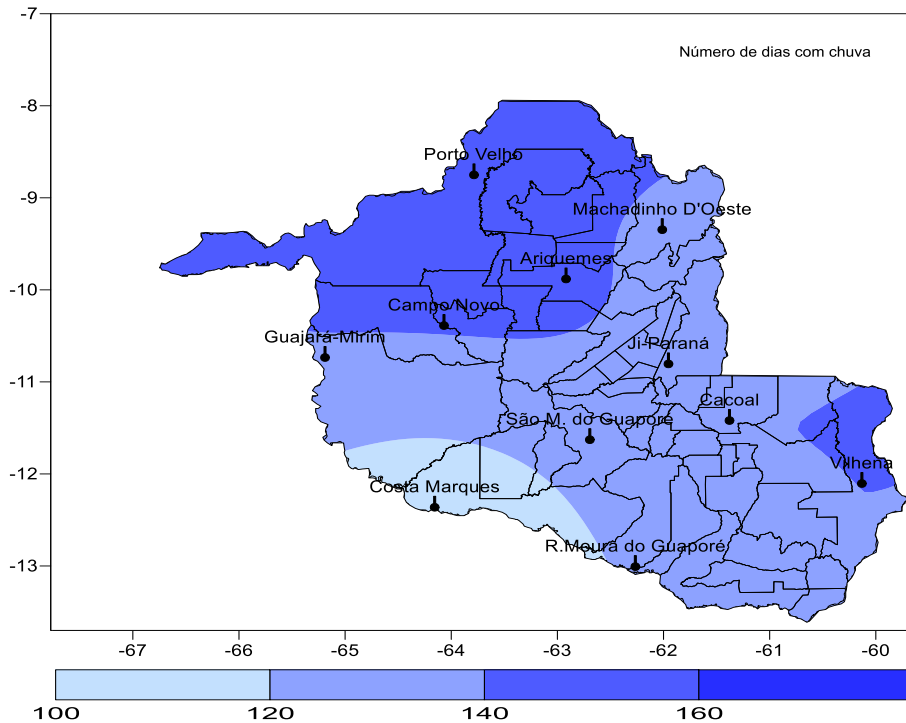
**Figura 5.** Precipitação total anual (mm) no Estado de Rondônia.

No decorrer do ano ocorrem duas estações bem definidas: a estação chuvosa, com sete meses de duração, outubro a abril, em que se concentra quase 90% da precipitação anual, para um total médio de 17 dias por mês com chuva, e a estação seca, com chuvas escassas, entre os meses de junho e agosto, quando a precipitação mensal é inferior a 50 mm, com média de dois dias por mês com chuva. Os meses de maio e setembro são os de transição entre um regime e outro. De novembro a março, a precipitação é elevada, em média, superior a 1.100 mm, o que corresponde a cerca de 60% do total anual, ocorrendo, em média, de 19 dias por mês com chuva. No trimestre junho/julho/agosto, as chuvas não somam 70 mm, com média de 22 mm mensais (Figura 6).

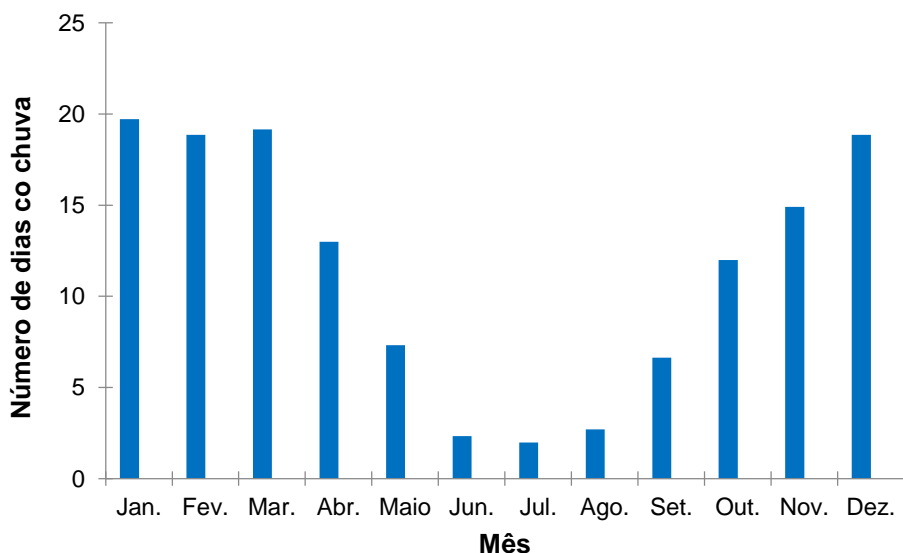


**Figura 6.** Média climatológica da precipitação mensal para o Estado de Rondônia.

A distribuição do total médio do número de dias com chuva, igual ou superior a 1,0 mm, mostra um comportamento semelhante ao da precipitação total anual, apresentando uma variação crescente do número de dias com chuva na direção norte do Estado (Figura 7). Durante o ano, o número de dias com chuva varia de 2 a 20 dias por mês. Na estação chuvosa a média é de 17 dias por mês com chuva, enquanto que na estação seca é de apenas dois dias por mês com chuva igual ou superior a 1,0 mm (Figura 8).



**Figura 7.** Número de dias com chuva no Estado de Rondônia.

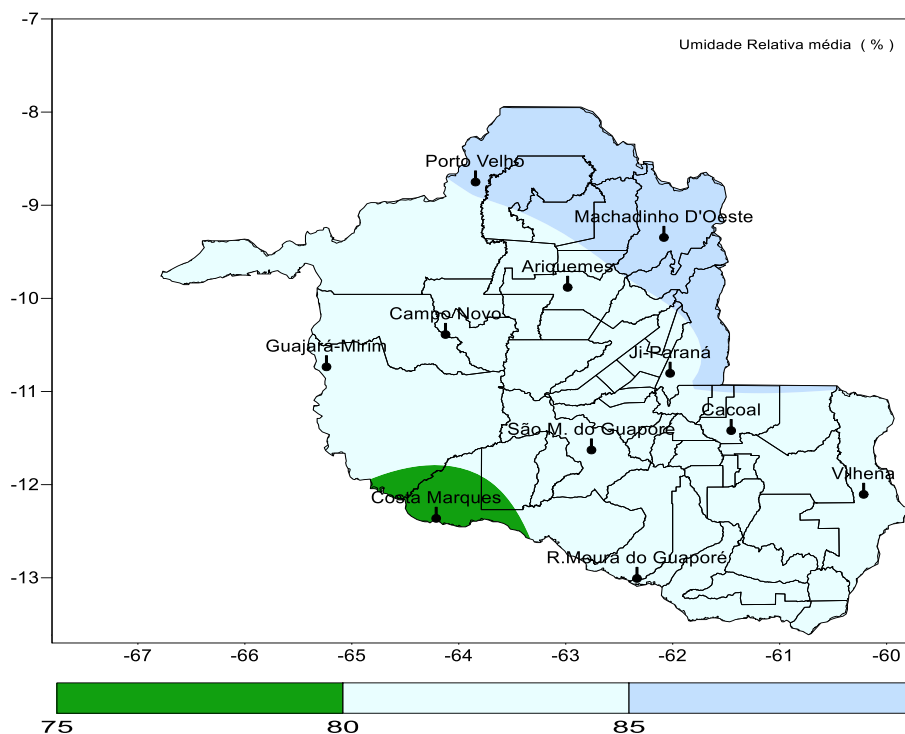


**Figura 8.** Variação anual do número de dias com chuva para o Estado de Rondônia.

## Umidade relativa do ar

A umidade do ar tem influência na ocorrência de pragas e doenças favorecendo, tanto o ataque de doenças fúngicas, como a fermentação dos frutos no período da colheita, o que resulta em produto de bebida inferior (MATIELLO, 1991). Segundo Santinato et al. (1996), a umidade relativa do ar adequada para o cafeeiro está na faixa de 70% a 80%, sendo satisfatória na faixa de 50% a 70%. Valores inferiores a 50% podem ocasionar murcha, mesmo com água disponível no solo.

Os valores médios anuais da umidade relativa do ar em Rondônia variam de 79% a 87%, com os menores valores registrados no setor sudoeste do Estado (Figura 9).



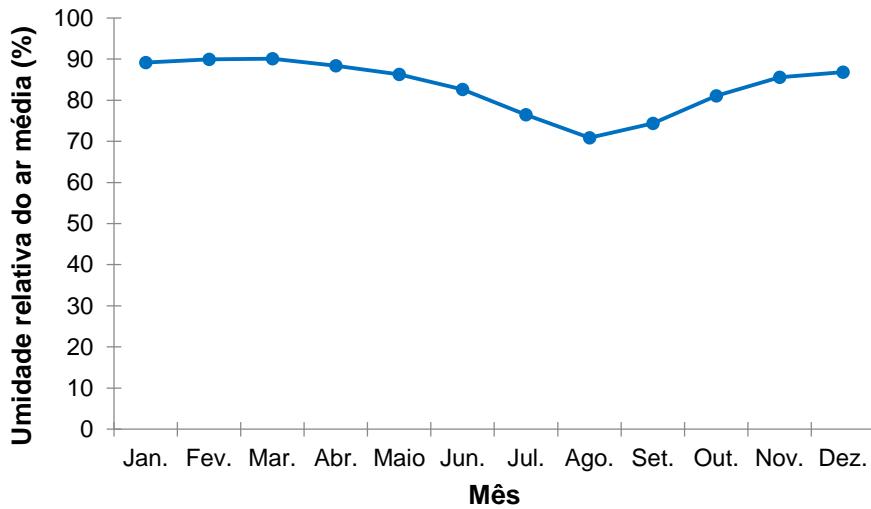
**Figura 9.** Umidade relativa do ar média anual (%) no Estado de Rondônia.  
Fonte: Sedam (2013).

Ao longo do ano, a umidade relativa média do ar é de aproximadamente 83%, apresentando pequena oscilação, com valores mais elevados nos meses de dezembro a março, meses em que ocorrem os maiores índices pluviométricos, e mínimos entre junho e setembro, quando se observa uma amplitude diária mais acentuada (Figura 10).

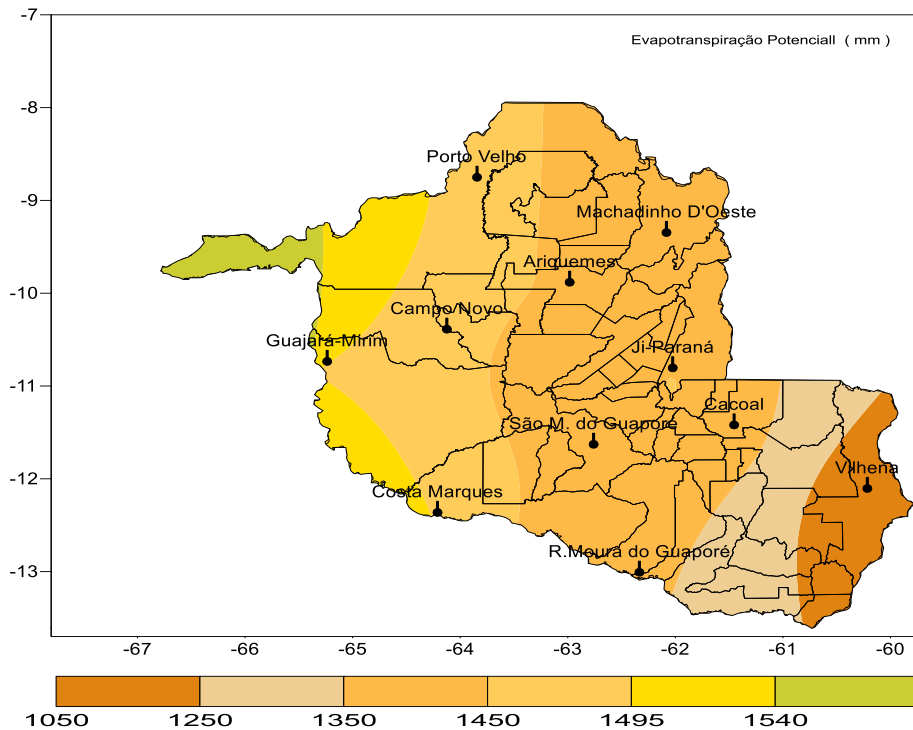
## Evapotranspiração potencial (ETP)

De forma sucinta a evapotranspiração potencial (ETP) é o transporte máximo possível de água em forma de vapor para atmosfera, proveniente de uma superfície vegetada em pleno desenvolvimento, por meio dos mecanismos combinados de transpiração das plantas e evaporação do solo. A sua importância deve-se ao fato de representar a quantidade de água necessária para atender as necessidades de água de uma cobertura vegetal. Em Rondônia, os valores médios anuais ETP variam de 1.155 mm a valores

maiores que 1.540 mm (Figura 11), com os menores valores observados no setor sul/leste e os maiores no extremo oeste do Estado.



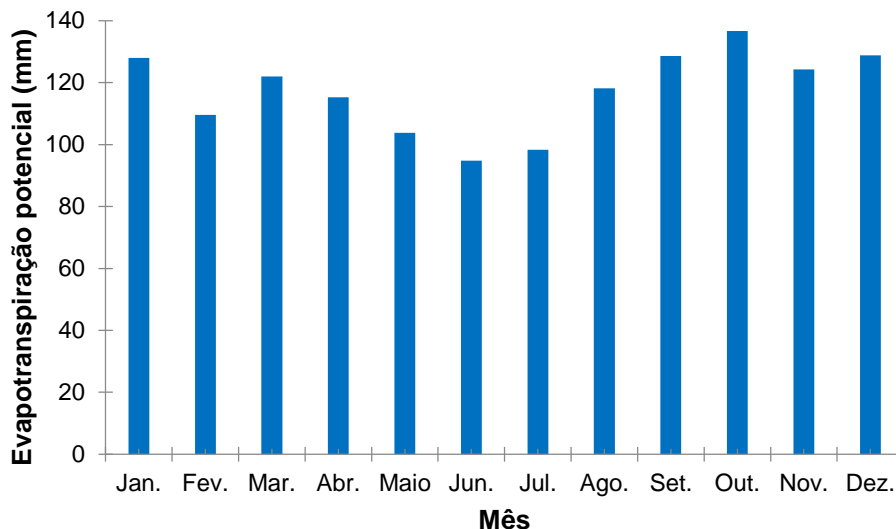
**Figura 10.** Variação anual da umidade relativa do ar para o Estado de Rondônia.



**Figura 11.** Evapotranspiração potencial no Estado de Rondônia.

A variação anual da evapotranspiração potencial (ETP) apresenta o mesmo ciclo da precipitação pluvial. Em Rondônia, embora não haja séries históricas de registro da ETP, pode-se assumir que, dadas as características do ecossistema, a ETP é alta durante todo o ano, com valores superiores a 95 mm/mês. Sazonalmente a ETP apresenta valores mais altos no trimestre mais quente. O total anual da ETP não excede o da

precipitação anual observada. No entanto, atinge valores superiores à precipitação mensal nos meses de maio, junho, julho e agosto (Figura 12).



**Figura 12.** Variação anual da evapotranspiração potencial para o Estado de Rondônia.

## Balanco hídrico

Conforme citado anteriormente, ainda são poucas as referências bibliográficas sobre a cultura do café canéfora na região Amazônica. Os estudos são mais amplos para a variedade arábica e principalmente para as regiões Centro-Sul do País. Segundo Camargo et al. (2007), para o café arábica é importante considerar algumas variáveis quando forem avaliadas as condições ideais de precipitação, tais como precipitação anual média, distribuição da precipitação durante o ano (número de meses secos), balanço hídrico, época e intensidade das deficiências e dos excedentes hídricos e características físicas do solo, tendo em vista que a exigência hídrica do cafeeiro arábica varia bastante, de acordo com suas fases fenológicas.

Analisando dados comparativos do balanço hídrico climatológico de várias regiões produtoras do Brasil, Camargo (1977) relatou que a cafeicultura pode suportar deficiências hídricas de até 150 mm por ano, principalmente se esse período não se prolongar até o mês de setembro, ficando restrito à fase de abotoamento e repouso, e se as condições de solo forem adequadas. Estudos apontam que o café canéfora é mais resistente a adversidades climática do que o café arábica. Matiello (1991) estabeleceu os parâmetros técnicos para o zoneamento climático da cultura do café canéfora, criando as classes conforme os limites de deficiência hídrica: < 200 (apta), 200 a 400 (restrita) e > 400 mm (inapta). Para Santinato et al. (1996) a aptidão hídrica do cafeeiro canéfora pode ser considerada como apta nas regiões onde o déficit anual varia entre 150 mm e 200 mm. Já as regiões com déficit hídrico anual entre 200 mm e 400 mm, também podem ser consideradas como aptas, desde que se utilize irrigação suplementar.

Analisando o balanço hídrico das localidades onde existem registros de pelo menos 10 anos de dados meteorológicos, observou-se que toda a área do Estado de Rondônia apresenta deficiência hídrica anual superior a 100 mm e que a maior área do Estado apresenta deficiência hídrica compreendida entre 200 mm e 300 mm (Figura 13).

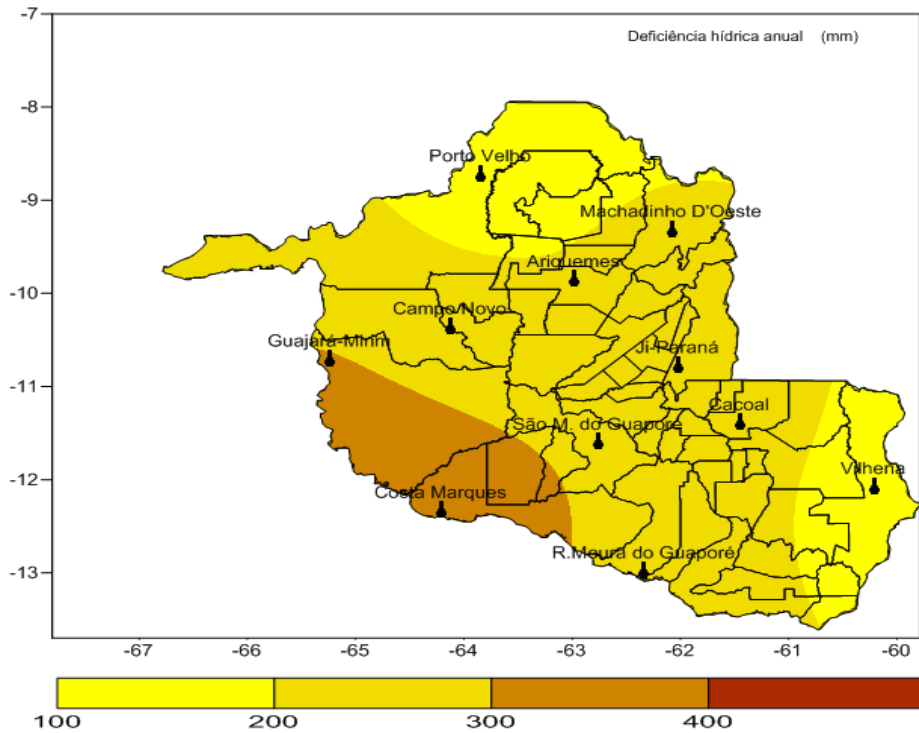


Figura 13. Deficiência hídrica anual no Estado de Rondônia.

## Intempéries climáticas

Durante todas as fases fenológicas do cafeeiro, o clima exerce grande influência, principalmente sobre a produtividade, qualidade da bebida, incidência de pragas e doenças. Segundo Meireles et al. (2009b) as adversidades climáticas podem resultar em redução de produtividade, embora estes efeitos dependam da duração e da intensidade dessas adversidades, e também do estágio fenológico da planta. Os principais fenômenos meteorológicos adversos à cultura do café são: granizo, veranico, vento de forte intensidade, geada, chuva excessiva e chuva no período da colheita. Na Amazônia, e em particular em Rondônia, fenômenos meteorológicos como a presença de geada e queda de granizo não afetam a cultura do café, pois não ocorrem na região.

### Secas/veranicos

Dentre os fatores climáticos que influenciam a produção e a produtividade do cafeeiro destacam-se as secas e veranicos, também conhecidos como estiagem agrícola. Estiagens prolongadas causam sérios prejuízos à agricultura, sendo um dos principais fatores na quebra das safras agrícolas (NOBRE et al., 2004).

Algumas cultivares de café canéfora têm se revelado mais tolerantes a curtos períodos de estiagens que as cultivares de café arábica, porém outras são mais exigentes em água e, portanto necessitam ser irrigadas (MEIRELES et al., 2009b). O aumento da temperatura, veranicos e eventos extremos (secas prolongadas) podem provocar perdas potenciais na cultura cafeeira. Segundo Meireles et al. (2009a), quando o déficit hídrico é acentuado, as plantas apresentam murchamento, desfolha, seca de ramos, deficiências nutricionais,

pragas e doenças induzidas ou favorecidas, além de prejuízos de perdas no desenvolvimento das plantas e na produção de frutos, no tamanho dos frutos, no tipo do café e no rendimento coco-beneficiado, sendo os dois últimos por falha na granação.

Dentre os fatores que afetam o ciclo anual da precipitação estão os fenômenos ENOS (El Niño Oscilação Sul). Para Rondônia existe pouca literatura a respeito dos impactos que os fenômenos ENOS provocam no ciclo anual da precipitação. Segundo Santos Neto e Nóbrega (2007), em estudo realizado para a região de Machadinho d'Oeste foi possível observar que a fase quente do ENOS (El Niño) contribui para o aumento de estiagem agrícola inferiores a 15 dias, principalmente no mês de novembro, enquanto que na fase fria do ENOS (La Niña) ocorre uma redução na ocorrência de estiagem com duração inferior a 15 dias. Para períodos de estiagem agrícola superiores a 15 dias, ambas as fases de ENOS contribuem para uma redução na ocorrência de eventos de estiagem, ou seja, quando não há ocorrência de El Niño ou de La Niña a chance de ocorrer estiagens superiores a 15 dias é maior do que em anos com a atuação de ENOS.

### **Vento**

A velocidade do vento é uma variável meteorológica que afeta indiretamente as culturas. De acordo com Pereira et al. (2002), velocidades baixas a moderadas do vento podem contribuir para a renovação do suprimento de CO<sub>2</sub> e para a manutenção da transpiração das plantas. Se o vento for constante e forte ocasiona aumento da transpiração das plantas, levando ao fechamento dos estômatos, à redução do número de folhas e da área foliar, resultando em queda brusca da fotossíntese, além de atrito entre os ramos, que podem produzir pequenas lesões, por onde entram fungos e bactérias causadores de enfermidades como a antracnose e a mancha aureolada (MATIELLO, 1991).

O vento e as altas temperaturas são os maiores agentes de desidratação do cafeeiro, pois aceleram a transpiração devido à sua ação na folhagem, intensificando o déficit de água nas plantas e no solo, agravando o efeito da seca. Segundo Meireles et al. (2009a) tanto as variedades de café canéfora como as de arábica são sensíveis à ação de ventos, sendo as variedades de café canéfora mais sensíveis aos ventos frios do que as variedades arábicas.

Para amenizar estes efeitos podem-se introduzir quebra-ventos naturais, que se trata do plantio de árvores cercando a lavoura no lado de predominância da ocorrência do vento.

Em Rondônia a velocidade média do vento é de baixa a moderada e a ocorrência de ventos intensos (vendavais) são eventos esporádicos, localizados e que atingem pequenas áreas cultivadas.

## **Considerações finais**

Neste capítulo, foi apresentado o comportamento das variáveis meteorológicas da região sul da Amazônia, em particular do Estado de Rondônia, que é responsável por aproximadamente 90% da produção do café canéfora da Amazônia. De acordo com os dados de temperatura e umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, vento e deficiência hídrica, Rondônia apresenta áreas aptas para o seu cultivo tanto no sistema de sequeiro quanto no irrigado. As regiões onde a deficiência hídrica está compreendida entre 200 mm e 400 mm por ano podem ser consideradas como aptas, desde que seja utilizada irrigação suplementar quando necessária.

## Referências

- ALÈGRE, C. Climats et caféiers d'Arabie. **Agronomie Tropicale**, Paris, v.14, p. 23-58, 1959.
- CAMARGO, A. P. de. Zoneamento de aptidão climática para a cafeicultura de arábica e de robusta no Brasil. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Recursos naturais, meio ambiente e poluição: contribuição de um ciclo de debates**. Rio de Janeiro: SUPREN, 1977. v. 1, p. 68-76.
- CAMARGO, A. P. O Clima e a cafeicultura no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 11, n. 126, p. 13-26, 1985.
- CAMARGO, M. B. P. de; ROLIM, G. de S.; SANTOS, M. A. dos. Modelagem agroclimatológica do café: estimativa e mapeamento das produtividades. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 241, p. 58-65, 2007.
- FISCH, G.; MARENGO, J. M.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 28, n. 2, p. 101-126, Jul. 1998.
- FRANCA, R. R. **Anticiclones e umidade relativa do ar: Um estudo sobre o clima de Belo Horizonte**. 2009. 109 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- KRUSCHE N.; SARAIVA J. M. B.; REBOITA, M. S. **Normais climatológicas provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande**, RS. Rio Grande: [s.n.], 2002. 104 p.
- MARENGO, J. M.; NOBRE, C. A. **Clima da Região Amazônica: tempo e clima no Brasil, Parte II: climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de texto, 2009. Cap. 13, p. 197-212.
- MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320 p. (Publicação Globo Rural).
- MEIRELES, E. J. L.; CAMARGO, M. B. P. de; PEZZOPANE, J. R. M.; THOMAZIELLO, R. A.; FAHL, J. I.; BARDIN, L.; SANTOS, J. C. F.; JAPIASSÚ, L. B. J.; GARCIA, A. W. R.; MIGUEL, A. E.; FERREIRA, R. A. **Fenologia do cafeeiro: condições agrometeorológicas e balanço hídrico do ano agrícola 2004-2005**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009a. 128 p (Embrapa Café. Documentos 5).
- MEIRELES, E. J. L.; VOLPATO, E. J. L.; CAMARGO, M. B. P.; CARAMORI, P. H.; FAHL, J. L.; BARTHOLO, G. F. **Café, agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: INMET, 2009b. Cap. 21, p. 351-372.
- NOBRE, P.; LACERDA, F. F.; AZEVEDO, F. G. B.; SIMÕES R. S. Um Estudo da variabilidade interanual de veranicos sobre o sertão de Pernambuco e suas relações com a temperatura da superfície do Mar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2004, Santa Maria. **Situação atual e perspectivas da agrometeorologia**. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia: UFSM: UNIFRA, 2004. 1 CD-ROM.
- PEREIRA, A. P; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Lavras, MG: Agropecuária, 2002. 478 p.
- RONDÔNIA (Estado). Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Social de Rondônia. **Indicadores de Agronegócio: 2012**. Porto Velho: IBGE: GCEA-RO, 2013.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado por gotejamento**. Belo Horizonte: O Lutador, 2005.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. Irrigação na cultura do café. Campinas: Arbore Agrícola, 1996. 146p. Divisão Stoller do Brasil.
- SANTOS NETO, L. A.; NOBREGA, R. S. Estiagem agrícola no município de Machadinho d'Oeste - RO - parte 1 e parte 2: Relação com o Fenômeno El Niño e La Niña. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Efeito das mudanças climáticas na agricultura: anais**. Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007.
- SILVA, M. J. G. **Uso e cobertura do solo e a variabilidade do clima de Porto Velho-RO**. 2010. 70 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Núcleo de Ciências e Tecnologia (NCT), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional (PGDR), Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance: publications in climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p.



Capítulo 3

---

# **Solos e zoneamento pedoclimático**

*Angelo Mansur Mendes  
Alaerto Luiz Marcolan*





## Introdução

O antigo Território Federal do Guaporé, criado pelo Decreto Lei n. 5.812, de 13 de setembro de 1943 e denominado atualmente como Estado de Rondônia está situado entre os paralelos 7° 58' e 13°43' de Latitude Sul e os meridianos 59°50' e 66°46' de Longitude Oeste. A área do Estado, correspondente a 23.757.616 ha, representa 6,79% da região Norte e 2,16% do território nacional (ANUÁRIO..., 2011).

De acordo com o censo agropecuário de 2006 (IBGE, 2009), no Estado de Rondônia existem 87.077 estabelecimentos agropecuários, que correspondem a 1,68% e 18% dos existentes no País e na região Norte, respectivamente. Esses estabelecimentos estão distribuídos em 8.329.133 ha, enquanto que as áreas de proteção correspondem a 4.315.396 ha e 3.229.775 ha, respectivamente para Terras Indígenas e Unidades de Conservações.

A condição do produtor como proprietário da terra é de, aproximadamente, 90% dos estabelecimentos agropecuários e 97% da área das propriedades. Sendo que em 49% das propriedades há lavouras permanentes em 2,9% da área. Portanto, a condição de proprietário de estabelecimentos utilizando terras com lavouras permanentes (café, cacau, cupuaçu, banana e coco) é baixa, inferior a 3% da área, enquanto que a pastagem plantada representa aproximadamente 56% da área (IBGE, 2009).

O cultivo de lavouras permanentes foi estimulado no início da colonização agrária de Rondônia que ocorreu na década de 1970. Esse estímulo ocorreu por meio do título de posse dado aos produtores assentados pelo Instituto Nacional da Colonização e Reforma Agrária (INCRA). E entre as lavouras perenes, a cafeicultura destacou-se colocando o Estado como o maior produtor de café na região Norte (MARCOLAN et al., 2009).

A diversidade de Rondônia no processo de desenvolvimento e estudos de variáveis sensíveis às mudanças, suas resiliências e degradação diante do uso do solo enfatizam a importância do meio físico, especialmente a caracterização do solo e sua interpretação para fins agrícola. O presente capítulo tem como objetivo a caracterização do meio físico de Rondônia, sucintamente, geologia, geomorfologia e vegetação, descrevendo as principais classes de solos e o zoneamento pedoclimático para a cultura do café canéfora.

## Aspectos gerais do meio físico

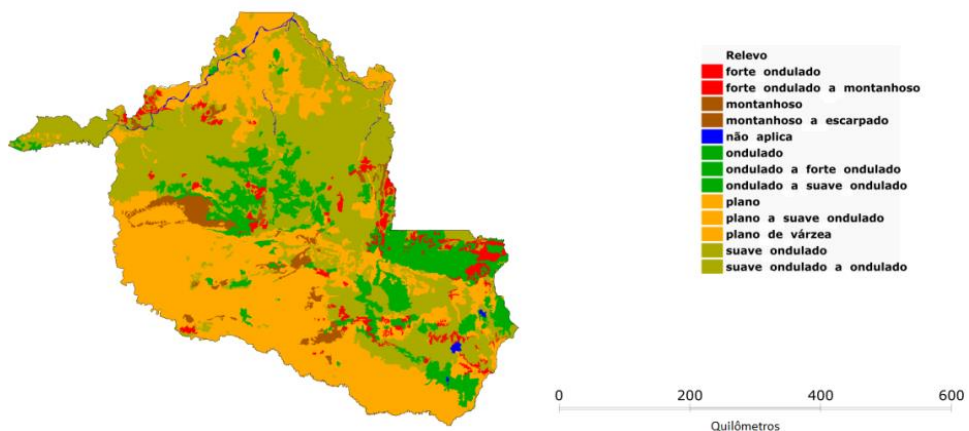
A Amazônia foi considerada como uma região uniforme e monótona, pouco compartimentada e desprovida de diversidade fisiográfica e ecológica, durante a década de 1960. Entretanto, esse conceito foi retificado como um bioma que apresenta a maior área de floresta tropical contínua do planeta, tornando-se um cinturão de máxima diversidade biológica. Trata-se de um gigantesco domínio de terras baixas florestadas, disposto em anfiteatro, enclausurado entre a grande barreira imposta pelas terras cisandinas e pelas bordas dos planaltos Brasileiro e Guianense (AB'SÁBER, 2003).

Rondônia representa um exemplo dessa diversidade da Amazônia, com sua rede hidrográfica e suas variações de ecossistemas em nível regional e de altitude. O Estado é constituído de planícies e planaltos baixos, variando de 90 m a 1.000 m de altitude. Embora sua maior extensão (94% do Estado) esteja situada entre 100 m e 600 m de altitude.

A amplitude da altitude permite o desenvolvimento de feições naturais como planícies, planaltos, e depressões. Essas macroformas de relevo permitem compartimentar em: planície, terraços, colinas, morrotes, morros, serras, escarpas e chapadas que podem ser representados pela caracterização do relevo, segundo sua declividade em plano (0%-2%), suave ondulado (2%-8%), ondulado (8%-20%), fortemente ondulado (20%- 45%), montanhoso (45%-75%) e escarpado (acima de 75%).

Essa forma de caracterização do relevo, conforme a declividade do terreno, fácil de ser aplicada e compreendida pelo público, permite uma associação com a compartimentação da macroforma do relevo: relevo plano – as planícies, terraços, tabuleiros e chapadas; relevo suave ondulado – as colinas; relevo ondulado - os morros e morrotes; relevo fortemente ondulado – os morros e serras; relevo montanhoso - as serras e montanhas; e relevo escarpado – as serras e escarpas (FLORENZANO, 2008).

Em Rondônia há predominância de relevo plano incluindo suas variações (plano; plano a suave ondulado; e plano de várzea) (Figura 1), com aproximadamente 42% da área, que possibilita relacionar essa forma com a classe de solo dominante na paisagem. Por exemplo, em relevos planos, geralmente, ocorrem os solos mais antigos, com elevado intemperismo como os Latossolos, enquanto que em planos de várzea, geralmente, ocorrem os Gleissolos.



**Figura 1.** Mapa da caracterização do relevo de Rondônia conforme a declividade do terreno. Fonte: adaptado de Embrapa (1983).

Outra forma que se destaca são os relevos suaves ondulados (suave ondulado e ondulado) que atingem 38% do território de Rondônia. Essa forma de relevo está relacionada com a ocorrência de Latossolos e Argissolos. Portanto, as formas de relevo, em considerando seus processos de formação, associada à classificação da compartimentação topográfica podem ser um bom indicativo para caracterizar as principais classes de solos. Entretanto, fatores de formação de solo como rocha matriz (geologia), clima, seres vivos e tempo também devem ser incluídos nessa integração de estudo (JENNY, 1941).

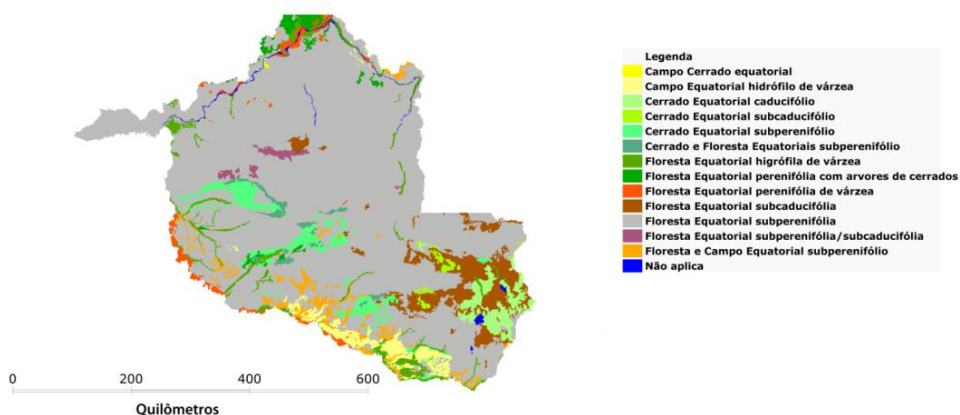
Segundo Quadros e Rizzoto (2007), a rocha matriz definida pela geologia e os recursos minerais do Estado de Rondônia contém 69 unidades litoestratigráficas hierarquizadas em complexo, suítes, grupos, formações, unidades e corpos. Essas unidades formaram-se durante os eventos geológicos que ocorreram no intervalo entre a era Paleoproterozoica e Cenozoica (Período Quaternário e Época Holoceno) que compreende em idade de mais de 1.770 a menos 0,01 milhões de anos, respectivamente.

A caracterização litoestratigráfica apresenta estruturas mais complexas e diversas como: monzogranito fino (mosaico de cristais poligonizados de quartzo e feldspato); magnetita microgranito; e granodioritos (biotita metamicrogranito, granada-biotita metamicrogranito) que compõem a Suite Intrusiva São Romão, Domínio Rossevelt-Juruena, Era Paleoproterozóica. Até depósitos arenosos, siltsos e argilosos com ou sem cascalho associado aos ambientes nos eventos geológicos recentes, períodos Terciário e Quaternário, Era Cenozoica.

A geodiversidade de Rondônia é indicadora dos ambientes geológicos que favorece o potencial do Estado para depósitos minerais como estanho, ouro, diamante, calcário, topázio, argila, areia, água mineral e rochas ornamentais.

A vegetação geralmente descrita nos mapeamentos de solo, como componente de unidade de mapeamento, tal qual relevo, profundidade do solo, pedregosidade e rochiosidade e drenagem, entre outras características são importantes para o uso e manejo do solo, portanto propósitos do mapeamento pedológico.

A caracterização da vegetação de Rondônia conforme a descrição da fase de vegetação nas unidades de mapeamento, da classe de solo dominante está representada na Figura 2. A fase de vegetação nas unidades da legenda reflete as condições climáticas de uma determinada área. Dessa maneira, os diferentes tipos de vegetações são usados para separar as unidades de solos, tentando suprir a escassez de dados climáticos em nível regional e nacional (EMBRAPA, 1983).



**Figura 2.** Mapa de caracterização da vegetação do Estado de Rondônia, conforme o sistema de classificação de vegetação natural adotada pela Embrapa (1983).

Fonte: adaptado de Embrapa (1983).

Existem diferentes sistemas de classificação de vegetação, sendo que o mais adotado no Brasil é o do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), empregado nos levantamentos do Projeto Radambrasil nas décadas de 1970 e 1980. A equivalência entre os sistemas torna-se necessária, especialmente para caracterização do meio físico, onde o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (SiBCS) utiliza classificação própria.

A equivalência entre os sistemas de classificação de vegetação adotados pelo SiBCS e pelo IBGE, para os tipos de vegetações existentes em Rondônia, considerando apenas a unidade de mapeamento do solo dominante no Levantamento de Média Intensidade

dos Solos do Estado de Rondônia, elaborado pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS) (EMBRAPA, 1983) está apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Equivalência aproximada da classificação adotada pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (SiBCS) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

SiBCS <sup>(1)</sup>		IBGE <sup>(2)</sup>	
Floresta equatorial	Perenifólia e Subperenifólia	Floresta Ombrófila Densa: - Submontana	Floresta Ombrófila Aberta: - Submontana
	Subcaducifólia	Floresta Estacional Semidecidual: - Submontana	
	Higrófila de várzea	Floresta Ombrófila Densa - Aluvial	Floresta Ombrófila Aberta - Aluvial
Cerrado equatorial	Subperenifólio, Subcaducifólio e Caducifólio	Savana - Florestada (Cerradão) - Arborizada	
Campo equatorial	Campo	Savana (cerrado) - Gramíneo-lenhosa	
	Campo hidrófilo de várzea	Formação Pioneira - Influência fluvial/lacustre	Campinaram - Arborizada - Gramíneo-lenhosa

Fonte: <sup>(1)</sup> Larach (1983) e <sup>(2)</sup> IBGE (MANUAL..., 1992).

O sistema de classificação de vegetação utilizado no SiBCS (SANTOS et al., 2006), permite inferir o regime térmico e o regime hídrico do solo (LARACH, 1983) onde:

- a) **Equatorial** apresenta as condições climáticas de altas temperaturas durante o ano todo e pequena amplitude térmica.
- b) **Tropical** relacionada às condições de alta temperatura com amplitude térmica maior.
- c) **Subtropical** como clima mesotérmico, geralmente indica a ocorrência de geada.
- d) **Perúmidas e perenifólia** indicam região sem período seco.
- e) **Subperenifólia** indica região com período seco curto (1 a 3 meses).
- f) **Subcaducifólia** com período seco definido (3 a 6 meses).
- g) **Caducifólio** com período seco marcante (3 a 6 meses).

O tipo de vegetação dominante é Floresta (87%), seguido pelo Cerrado (6,4%) e Campo (2,6%) (Figura 2). Portanto, a estrutura ou forma de vida predominante é floresta equatorial que caracteriza o regime térmico como temperaturas altas e pouca amplitude térmica. A floresta equatorial existente em Rondônia pode ser subdividida em perenifólia (com e sem várzea), subperenifólia, subcaducifólia e higrófila de várzea. Entre essas, a floresta equatorial subperenifólia destaca-se com quase 75% do território do Estado, caracterizando um período de seca que pode variar de 1 a 3 meses. Enquanto que floresta equatorial subcaducifólia atinge 5% do Estado, indicando que há região com período de seca superior a 3 meses.

O clima de Rondônia foi apresentado no capítulo 2 deste livro. E o tempo não será abordado diante da escassez de dados e ainda da dificuldade para estabelecer esse fator no meio físico.

Os fatores de formação de solo estão subdivididos em passivos (material de origem representado pela geologia, relevo pela geomorfologia e tempo) e dinâmicos (organismos representados pela vegetação e clima). Essa formação de solo representa um sistema aberto onde esses fatores exercem influências marcantes em suas características e propriedades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas. A diversidade de condições climáticas, relevos, materiais de origem, tipos de vegetação proporcionou uma diversidade de classes de solos.

## **As classes gerais de solos**

O Estado de Rondônia apresenta ampla diversidade de tipos de solos, consequência das interações dos tipos de relevo, climas, materiais de origem, cobertura vegetal, com seus respectivos organismos associados, que proporcionam a diversificação dos ecossistemas. Essa diversidade deve-se a natureza física dos solos, condicionando suas aptidões de uso considerando os padrões regionais de ocupação, desenvolvimento social, econômico e cultural.

A base dos dados de solos apresentada nesse capítulo refere-se ao levantamento realizado pelo SNLCS, atualmente denominado de Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS) ou simplesmente, Embrapa Solos. Esse levantamento foi elaborado no período de 1980 a 1982, e publicado em versão preliminar (mimeografado) em 1983. Entretanto, a classificação foi modificada conforme as definições das classes de solos do SiBCS (SANTOS et al., 2006).

Atualmente, o SiBCS está estruturado em seis níveis categóricos que são: ordem (primeiro nível); subordem (segundo nível); grande grupo (terceiro nível); subgrupo (quarto nível); família (quinto nível) e série (sexto nível). Esse sistema de classificação ainda está aberto, especialmente os dois últimos níveis categóricos (família e série) e inicia com 13 ordens que são: Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Espodossolos, Gleissolos, Latossolos, Luviossolos, Neossolos, Nitossolos, Organossolos, Planossolos, Plintossolos e Vertissolos.

Essas 13 ordens são estruturadas de acordo com suas características morfológicas e propriedades físicas, químicas e mineralógicas separando-as em unidades homogêneas, segundo a taxonomia sistematizada no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2006).

A diversidade de solo no território brasileiro, em áreas expressivas, indica 12 ordens, enquanto que a região Norte e o Estado de Rondônia apresentam, respectivamente, 11 e 8 ordens (Tabela 2). Considerando apenas as classes dominantes em cada unidade de legenda dos levantamentos de solos das respectivas áreas de estudo.

Os dados, da distribuição percentual entre as classes de solos no Brasil e na região Norte, foram extraídos do mapa de solos do Brasil, na escala pequena (1:5.000.000), enquanto que os de Rondônia foram na escala média (1:250.000). Portanto, não permitem fazer uma análise precisa da representatividade de cada classe nas diferentes delimitações espaciais. Entretanto, permitem identificar a diversidade das classes de solos e sua expressão em área nas respectivas formas de abrangência, em que se pode observar o predomínio das classes de Latossolos e Argissolos em todas as suas abrangências (esfera federal, regional e estadual).

Essa diferença em escala possibilita o desmembramento da unidade de mapeamento, variando de duas ou mais classes de solos, quando fizer o refinamento de escala passando de escala pequena para média. Esse processo de detalhamento para escala média proporcionará variação no percentual de área entre as diferentes classes de solo.

A correlação entre o sistema brasileiro de classificação e o sistema de classificação dos Estados Unidos, Soil Survey Staff (Soil Taxonomy) (Tabela 2), apresenta duas informações importantes. A primeira, a possibilidade de associar uma classe de solo entre os dois sistemas de classificação e a segunda, que pode haver discrepância entre os sistemas onde solos hidromórficos podem ser agrupados na mesma classe que os solos não hidromórficos. Por exemplo, Argissolo (não hidromórfico) e Plintossolo (hidromórfico) podem ser classificados como Ultisols.

**Tabela 2.** Área percentual das classes de solo no Brasil, na região Norte e em Rondônia e correlação dessas classes, do Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, com a classificação dos Estados Unidos (Soil Taxonomy, USDA-USA).

Classes de solo	Brasil <sup>(1)</sup>	Região Norte <sup>(1)</sup>	Rondônia <sup>(2)</sup>	USA (USDA) <sup>(3)</sup> Soil Taxonomy
	Área (%)			
Argissolos	24,4	33,1	31,6	Ultisols, Alfisols
Cambissolos	2,7	1,1	3,4	Inceptisols
Chernossolos	0,5	0,0	0,0	Molisols
Espodosolos	1,6	3,1	0,0	Spodosols
Gleissolos	3,7	6,4	4,2 <sup>(1)</sup>	Inceptisols, Ultisols, Mollisols, Alfisols, Entisols
Latosolos	38,7	33,9	45,2	Oxisols
Luvissolos	2,6	2,7	0,0	Alfisols
Neossolos	14,6	8,5	9,9	Entisols
Nitossolos	1,4	0,3	0,8	Ultisols, Alfisols
Planossolos	1,8	0,2	0,5	Alfisols, Ultisols, Molisols, Aridisols
Plintossolos	6,0	7,6	4,2	Oxisols, Ultisols, Inceptisols, Entisols, Alfisols
Vertissolos	2,0	3,2	0,0	Vertisols

<sup>(1)</sup> incluindo os hidromórficos indiscriminados.

Fonte: <sup>(1)</sup> Coelho et al. (2002); <sup>(2)</sup> Embrapa (1983) e <sup>(3)</sup> adaptado de Palmieri et al. (2003).

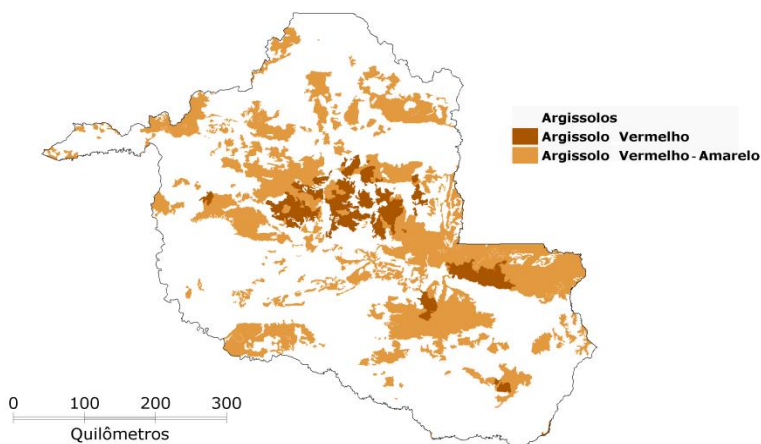
A predominância das classes de Latossolos e Argissolos no território brasileiro, na região Norte e em Rondônia, indica solos intemperizados e profundos. A ocorrência de solos hidromórficos (Gleissolos e Plintossolos, principalmente) indica a abundância de mananciais hídricos.

## Descrição das principais classes de solo no Estado de Rondônia

### Argissolos

Representam, geralmente, solos bem estruturados, profundos, coloração predominantemente avermelhada e amarelada e textura variada de arenosa a argilosa nos horizontes superficiais (horizonte A) e de média a muito argilosa nos subsuperficiais (horizonte B), indicando variação de textura entre os horizontes A e B, denominado horizonte B textural. Indicando o deslocamento da argila entre esses horizontes, que pode gerar cerosidade no horizonte B.





**Figura 3.** Distribuição espacial da ocorrência de Argissolos no Estado de Rondônia.  
Fonte: adaptado de Embrapa (1983).

Essa classe de solo (31,6% do Estado), conforme a coloração no horizonte B textural, pode ser subdividida em Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-Amarelos, representando 15% e 85% dos Argissolos, respectivamente (Figura 3).

### Argissolos Vermelhos

Compreendem solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural, e em sua maior parte vermelho-escuro, bruno-avermelhado, vermelho ou bruno-avermelhado escuro, equivale a matiz 10 R.

No horizonte A, predomina textura média, enquanto que no horizonte B, textura argilosa, evidenciando a presença do horizonte B textural. A sequência de horizontes é: A, B e C, embora nenhum perfil descrito apresente identificado o horizonte C. O tipo de horizonte A é moderado, porém pode ocorrer também horizonte A proeminente.

A fertilidade natural pode ser de média a alta, pois a saturação por bases (V%) é superior a 50 ( $V > 50\%$ ), eutrófico. A atividade da argila é baixa, indicando predomínio de caulinita e sesquióxidos de ferro e alumínio, refletindo na baixa capacidade de troca catiônica (CTC).

Os Argissolos Vermelhos ocorrem em relevo movimentado, ondulado a suave ondulado, declividade de 8% a 20%, podendo ocasionalmente ocorrer em relevo mais movimentado (declividade entre 20% e 45%) e raramente em relevo plano.

O tipo de vegetação que está associado a essa classe de solo é floresta equatorial. Embora a subperenifólia predomine, indicando três meses secos, as florestas subcaducifólias, onde o período seco é superior a três meses, também podem estar associadas, porém, com menor frequência.

As principais limitações desses solos são a declividade e a presença de cascalho ou a pedregosidade que permitem não apresentar aptidão agrícola (classe 6) e ainda apresentar limitações para mecanização, podendo restringir o rendimento do trator agrícola (classe 1aB(c)). Entretanto, a classe de aptidão predominante é ótima para

todos os sistemas de manejo (1ABC), portanto, indicando solos com as melhores aptidões agrícola da terra (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995).

### **Argissolos Vermelho-Amarelos**

Compreendem solos moderadamente profundos, que apresentam a sequência de horizontes A, B e C, podendo variar de eutrófico a distrófico e, entre os distróficos, podem apresentar solos com caráter álico (alta saturação por alumínio). Solos minerais não hidromórficos com horizonte B textural (horizonte A mais arenoso e o B mais argiloso), ocorre migração da argila do horizonte A para o B. A coloração do horizonte B varia de vermelho a amarelo, os teores de  $Fe_2O_3$  são normalmente menores de 11% e a maioria possui atividade baixa da argila. São moderadamente a bem drenados e ocasionalmente ocorre cascalho ou pedras.

As principais limitações são a baixa fertilidade natural, nos solos distróficos e alumínicos, e o relevo, declividade que favorece a erosão e inviabiliza o uso de mecanização, e, ainda, a presença de pedregosidade. Por isso, sua aptidão agrícola é ampla variando de grupo 1 (1ABC, 1aB(c), 1(a)bC) até grupo 6.

### **Cambissolos**

Esses solos são caracterizados como embriônicos, por apresentar poucas características diagnósticas. O SiBCS define como possuidores do horizonte B incipiente abaixo do horizonte A. Sendo que, em Rondônia, em sua ocorrência (3,4% da área do Estado) está sempre presente o horizonte A moderado.

Cambissolo de origem do latim, *Cambiare* significa mudança, referindo-se ao material em estágio de transformação, por isso, a presença de minerais primários representa um bom referencial para sua caracterização, embora dependa do tipo de rocha que deve ter esses minerais presentes.

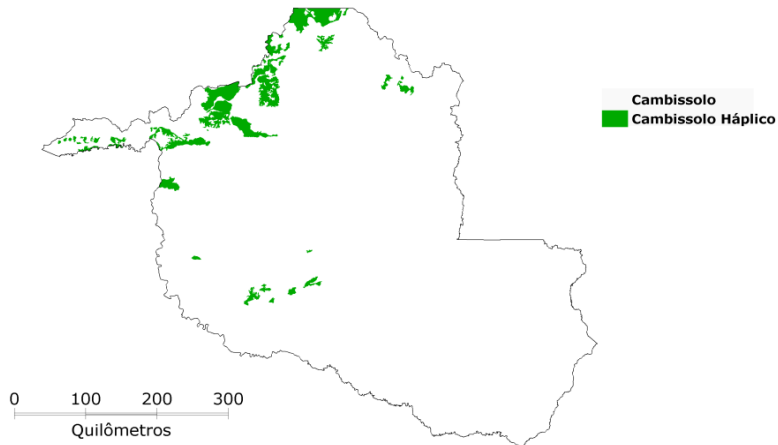
Além dessa caracterização, também se utiliza outra forma, que anteriormente foi denominada de Cambissolo Tropical nos levantamentos do RadamBrasil nas décadas de 1970 e 1980. Esses Cambissolos representam os solos que não poderiam ser classificados nas outras classes de solos existentes.

A fertilidade natural dos Cambissolos é baixa ou muito baixa, predomina o caráter álico, portanto representam solos ácidos (pH abaixo de 5,0) e com presença de alumínio tóxico. A saturação por alumínio é maior que 50%.

Essas características diferem os Cambissolos de Rondônia dos de outras regiões, onde a presença de minerais primários é expressiva e geralmente ocorrem em relevo acidentado e pouco profundo. Em Rondônia esses solos ocorrem em relevo plano, suave ondulado e ondulado a suave ondulado (Figura 4).

Essa classe de solo pode ter diferente tipo de vegetação como campo cerrado equatorial; floresta equatorial perenifólia e perenifólia com árvores de cerrado. Apresenta textura siltosa (1%), média (50,5%) e argilosa (48,5%).

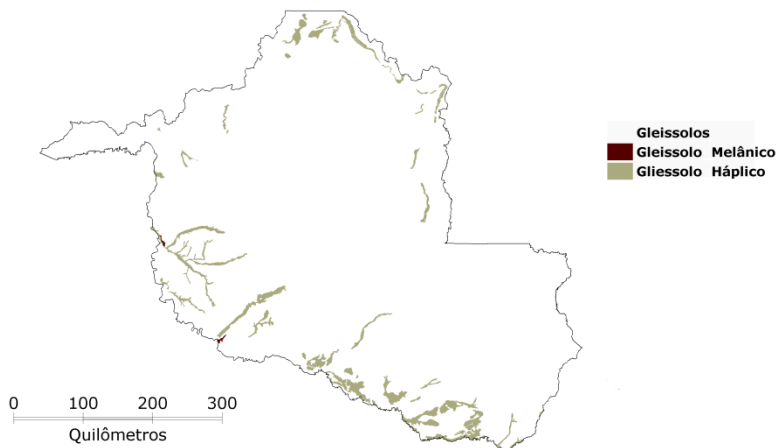
A aptidão agrícola dos Cambissolos é pastagem plantada, variando de ótima (1,8%), regular (97,2%) e até restritiva (1%). As principais limitações são: fertilidade natural baixa ou muito baixa, pedregosidade ou rochoso e solo pouco profundo.



**Figura 4.** Distribuição espacial dos Cambissolos no Estado de Rondônia.  
Fonte: adaptado de Embrapa (1983).

## Gleissolos

Representam a classe de solos influenciados pelo lençol freático, ou seja, frequentemente alagados, saturados por água. Essa condição reflete na sua coloração, com desenvolvimento de coloração cinza, no horizonte atingido pelo lençol freático. Desenvolvem-se em áreas próximas aos cursos d'água, terraços fluviais, lacustres ou marinhos e em depósitos colúvio-aluviais. A ocorrência dessa classe está associada aos mananciais hídricos e sua extensão no Estado (Figura 5) representa 4,2% da área (Tabela 2). A sua principal característica é a coloração cinza nos primeiros 50 cm de profundidade, podendo essa coloração variar para azulada ou esverdeada.



**Figura 5.** Distribuição espacial da ocorrência de Gleissolos no Estado de Rondônia.  
Fonte: adaptado de Embrapa (1983).

O SiBCS define Gleissolos como constituídos por material predominantemente mineral, com horizonte glei iniciando nos primeiros 150 cm da superfície e imediatamente abaixo

de um Horizonte A ou H pouco espesso. Os Gleissolos não possuem horizonte B textural como também mudança textural abrupta ou plintita nos 200 cm de profundidade (SANTOS et al., 2006).

Os Gleissolos se subdividem em quatro ordens, porém apenas duas foram identificadas em Rondônia que são os Gleissolos Melânicos e Háplicos (Figura 5). Os Gleissolos Melânicos apresentam horizonte superficial mais escuro que pode ser hístico, húmico, proeminente ou chernozêmico e, geralmente, estão próximos dos Organossolos. Enquanto que os Gleissolos Háplicos apresentam horizontes superficiais mais claros.

A ocorrência de Gleissolos Háplicos predomina em aproximadamente 99% dos Gleissolos. Essa subordem apresenta horizonte húmico, caráter álico, textura argilosa nos horizontes superficiais e subsuperficiais, sob a vegetação campo equatorial hidrófilo de várzea e relevo plano.

A subordem Gleissolos Melânicos ocorre em aproximadamente 1% dos Gleissolos, predomina horizonte superficial húmico, caráter álico, textura muito argilosa nos dois horizontes (superficial e subsuperficial), associado à floresta equatorial hidrófila de várzea e relevo plano de várzea.

Geralmente, os Gleissolos localizam-se em várzea onde permanecem encharcadas de água na maior parte do ano e têm o lençol freático elevado. Lepsch (2011) considera a necessidade de primeiramente drenar e também adotar manejo para evitar inundações. Os Gleissolos como componentes principais das unidades de legenda em Rondônia apresentam em ambas as subordens, baixa a muito baixa fertilidade natural e saturação por alumínio superior a 50%. Sendo avaliados como inaptos para agricultura (classe 6).

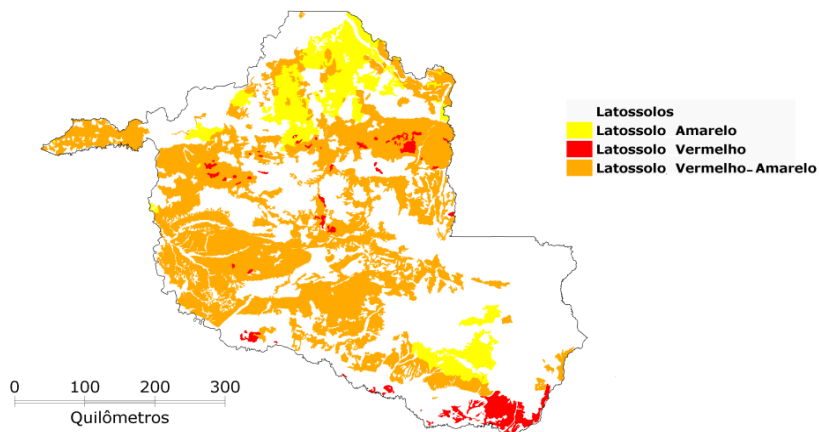
## **Latossolos**

Representam os solos altamente intemperizados (solos mais velhos) que apresentam alterações profundas do material de origem ou oriundos de sedimentos pré-intemperizados (OLIVEIRA et al., 1992). Portanto, apresentam fração argila dominada por sesquióxidos de ferro e alumínio (hematita, goethita e gibbsita), ou ainda, minerais de argila de baixa atividade, como a caulinita.

Os Latossolos apresentam quatro subordens no SiBCS (SANTOS et al., 2006), entretanto em Rondônia foram identificadas apenas três (Figura 6). Considerando o levantamento de reconhecimento de média intensidade elaborado pelo SNLCS e atualizado pelo SiBCS, e ainda apenas a classe dominante nas unidades de legenda, pois esse tipo de levantamento permite incluir uma associação de cinco classes de solo para compor uma unidade de legenda.

É a classe de solo predominante em Rondônia, com mais de 45% da área. Na região Norte e no Brasil, representa, aproximadamente, 34% e 39%, respectivamente (Tabela 2). Embora exista diferença de ocorrência na esfera nacional, regional e estadual, em todas os Latossolos representam a classe predominante.

Entre as subordens, os Latossolos Vermelho-Amarelos são os mais expressivos (77%), seguidos pelos Latossolos Amarelos (18%) e Latossolos Vermelhos (5%).



**Figura 6.** Distribuição espacial da ocorrência dos Latossolos (Latosolo Amarelo, Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo) no Estado de Rondônia.

Fonte: adaptado de Embrapa (1983).

### Latossolos Amarelos

Caracterizam-se por serem solos minerais, porosos, profundos (mais de 2 m), bem drenados e com estrutura fracamente desenvolvida. Morfologicamente, apresentam a sequência de horizontes A, B e C, com pouca variação de coloração entre os horizontes. Apresentam colorações amareladas que correspondem a matiz de 7,5 a 10 YR na carta de Munsell, com valores e cromas geralmente altos, exceto no horizonte A.

O Horizonte A é predominantemente moderado e a textura dos Horizontes B e C varia de média a muito argilosa, embora predomine a textura argilosa (54% dos Latossolos Amarelos).

A consistência varia conforme a umidade do solo, quando seco pode ser friável até moderadamente coeso, quando úmido variando de friável a firme e quando molhado de ligeiramente plástica a muito plástica e ligeiramente pegajosa a muito pegajosa. Estes solos são encontrados em áreas de relevo plano a ondulado, observando a erosão do tipo não aparente a laminar ligeira.

Apresenta baixa fertilidade natural, baixa capacidade de troca catiônica, alta saturação por alumínio (acima de 50%) e baixa saturação por bases ( $V < 50\%$ ). Sua mineralogia apresenta baixo teor de ferro (inferior a 5%) e Ki acima de 1,9. Conforme a natureza dos seus sedimentos apresenta teores de sesquióxidos de ferro e alumínio variado e predominância de caulinita.

Geralmente, estão sob floresta equatorial subperenifólia com babaçu e associados com relevo suave ondulado, suave ondulado a plano e plano com 56%, 42% e 2%, respectivamente, conforme o levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos de Rondônia (EMBRAPA, 1983). Apresenta unicamente o caráter álico que confirma sua fertilidade baixa a muito baixa.

A principal limitação é a fertilidade natural e apresenta apenas duas classes de aptidão 1(a)bc e 2(a)bc. Aptidão agrícola restritiva para o sistema de manejo A (produtores que não utilizam tecnologia) e aptidão regular ao manejo B. Para o manejo C há uma



variação de ótima para regular. A classe 1(a)bC abrange 94% das áreas de Latossolos Amarelos.

### **Latossolos Vermelhos**

Anteriormente, essa subordem era denominada de Latossolo Vermelho Escuro. Apresenta sequência de horizontes A, B e C, sendo que os dois primeiros horizontes (A+B) têm espessura superior a 3 m. Embora haja uma diferenciação entre os horizontes, a diferenciação é pouco nítida.

O horizonte A é predominantemente moderado, com cor geralmente bruno-avermelhado-escuro, com textura de argilosa a muito argilosa, e consistência ligeiramente dura a dura quando seco, friável quando úmido e plástico a pegajoso quando molhado.

O horizonte B pode apresentar espessura superior a 150 cm, cor, geralmente, vermelho-escuro a bruno-vermelho-escuro, a textura, como no horizonte A, varia de argilosa a muito argilosa. E apresenta 6,5% a 18% de óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

A fertilidade natural varia de alta a média, considerando o caráter eutrófico que predomina nessa subordem de Latossolos, em relação ao de baixa a média fertilidade natural. Estão sob vegetação floresta equatorial subperenifólia e em relevo plano a fortemente ondulado, onde pode ocorrer pedregosidade ou rochiosidade.

As limitações são declividade (relevo mais acidentado), presença de pedregosidade e ou rochiosidade, e, em alguns casos, a baixa fertilidade. Sua classe de aptidão agrícola é 1aBC, aptidão regular para o manejo A e ótima para os manejos B e C, indicada para cultivo de lavoura. Portanto, representa uma classe de solo com maior aptidão agrícola do que os demais Latossolos.

### **Latossolos Vermelho-Amarelos**

Os perfis são profundos, como as demais subordens dos Latossolos existentes em Rondônia, e representam a maior expressão dos Latossolos no Estado (Tabela 2). Essa subordem compreende solos de baixa a muito baixa fertilidade natural (caráter álico) e de média a baixa fertilidade natural (distrófico), com percentual de óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) geralmente menor do que 9%.

O horizonte A geralmente é o moderado e apresenta textura média a muito argilosa, com predomínio da textura média. A textura se repete no horizonte B que apresenta coloração variando de 7,5 YR a 5 YR (matiz), valor em torno de 5 e o croma podendo variar de 5 a 8.

A vegetação associada é floresta equatorial subperenifólia, ocorrendo em relevo plano a plano suavemente ondulado. Apresenta as seguintes classes de aptidão agrícola: 1(a)BC; 2(a)bc e 3(a)(b)(c), correspondendo a 81%, 17% e 2% dos Latossolos Vermelho-Amarelos, respectivamente.

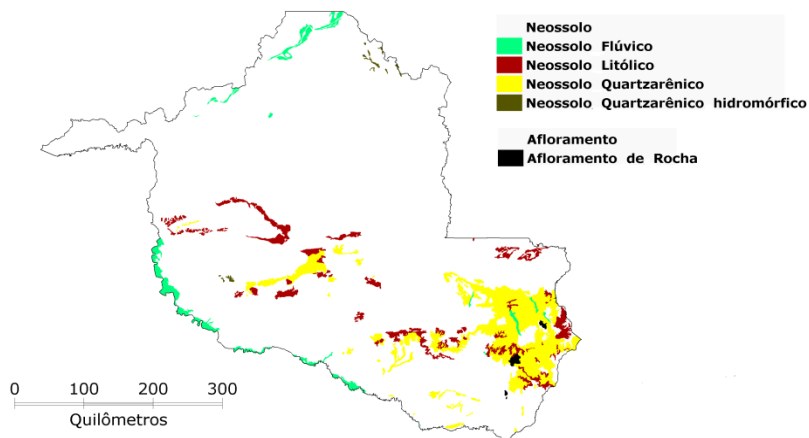
### **Neossolos**

Conforme a sua denominação, “neo” é prefixo grego que significa novo, portanto representa a classe de solos novos onde não existe o horizonte B, tendo apenas o

horizonte A. Como os Neossolos Litólicos (sequência de horizonte A - R), geralmente localizados em locais com relevo movimentado; Neossolos Flúvicos (sequência de horizonte A e várias camadas estratificadas) que ocorrem nas margens de rios, lagos e mar; Neossolos Quartzarênicos (sequência A - C), solos profundos de textura arenosa (menos de 15% de argila) e os Neossolos Regolíticos semelhantes aos Neossolos Quartzarênicos, entretanto com presença de minerais primários ou semi-intemperizados.

A distribuição geográfica dos Neossolos e suas subordens, com o afloramento de rocha incluso, estão ilustradas na Figura 7. Embora não represente uma classe de solo, o afloramento de rocha foi incluído em virtude da sua associação com os Neossolos, especialmente com os Neossolos Litólicos.

Anteriormente, essas subordens de Neossolos eram consideradas como classes individuais, como Solos Aluviais, Solos Litólicos, Areias Quartzosas e Areias Quartzosas Hidromórficas. Atualmente, Neossolo Flúvico, Neossolo Litólico e Neossolo Quartzarênico. Cada subordem será tratada separadamente para sua caracterização. A separação dos Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Quartzarênicos hidromórficos é para destacar os solos bem drenados dos mal drenados.



**Figura 7.** Distribuição geográfica dos Neossolos e suas subordens, e juntamente o afloramento de rocha no Estado de Rondônia.

Fonte: adaptado de Embrapa (1983).

### Neossolos Quartzarênicos

Essa subordem de Neossolo apresenta textura arenosa ao longo do perfil do solo, em uma profundidade superior a 2,0 metros, onde predomina quartzo como mineral primário de difícil alteração. Corresponde a principal subordem, com 63,4% da área de Neossolos de Rondônia e 6,2% dos solos do Estado.

Os Neossolos Quartzarênicos têm fertilidade natural baixa a muito baixa, caráter álico (saturação por alumínio igual ou superior a 50%), indicando limitação de fertilidade, solos ácidos e alumínio tóxico. Considerando sua textura, outra limitação é a capacidade muito baixa de armazenamento de água e a dificuldade de mecanização. Além disso, associado com relevo mais movimentado torna-se mais vulnerável a erosão.

A sua ocorrência está sob vegetação cerrado equatorial (56%) e floresta equatorial (44%), sendo que o primeiro tipo de vegetação pode variar de caducifólia a subperenifólia, com 62,5% e 37,5%, respectivamente, enquanto que a floresta equatorial é praticamente toda subcaducifólia. Isso indica que a ocorrência dessa subordem está associada às condições de umidade, com regiões onde o período de seca é superior a 3 meses.

O relevo varia de plano a suave ondulado, com a distribuição de 49%, 31% e 20% para suave ondulado, plano a suave ondulado e plano, respectivamente. Portanto, com sua textura e a declividade de 2% a 8%, representa um solo vulnerável a erosão.

Por causa das limitações de fertilidade, mecanização, erosão e deficiência hídrica apresenta as classes de aptidão agrícola, 5sn (aptidão regular para silvicultura e pastagem nativa) e 5(sn) (aptidão restritiva para silvicultura e pastagem nativa).

### *Neossolos Quartzarênicos hidromórficos*

Representam um grande grupo da subordem Neossolos Quartzarênicos, conforme a estrutura do SiBCS (SANTOS et al., 2006). Portanto são Neossolos Quartzarênicos, porém com drenagem diferenciada, solos imperfeitamente ou mal drenados. Apresentam condição de inundação por boa parte do ano, sendo o excesso de água mais uma limitação, além das já citadas para a subordem Neossolos Quartzarênicos.

A identificação desse grande grupo está associada ao relevo plano sujeito a alagamento. Por isso, o lençol freático tem influência na sua ocorrência e caracterização, como acúmulo de matéria orgânica no horizonte A e presença de cores acinzentadas nos horizontes subjacentes. Essas colorações indicam solos alagados, condições de oxirredução semelhantes às que ocorrem em solos de várzea alagados. Representa 1,4% das áreas de Neossolos Quartzarênicos e 0,1% dos solos de Rondônia, ou seja, uma área relativamente pequena.

A fertilidade natural é similar à do Neossolo Quartzarênico, baixa a muito baixa, pois o caráter é álico (presença de alumínio tóxico), entretanto conforme as condições do solo pode ocorrer elevação do pH e aumento da disponibilidade de nutrientes pela condição anaeróbica. Este solo está, praticamente, todo sob campo equatorial, embora também possa ser encontrado sob campo cerrado equatorial e floresta subperenifólia equatorial.

O horizonte A predominante é o proeminente, com textura arenosa, e também ao longo do perfil até 2 m de profundidade. Apresenta como classe de aptidão agrícola 5n (aptidão regular para pastagem nativa) por causa das limitações citadas (fertilidade, mecanização, excesso de água e deficiência hídrica durante o período que não está alagado).

### **Neossolos Flúvicos**

As características morfológicas destes solos variam muito de local para local e dentro do perfil, pois os solos dessa subordem são pouco desenvolvidos. Oriundos de deposições fluviais recentes, de natureza variada, apresentam horizontes A sobre camadas estratificadas (sem qualquer relação pedológica entre si).

Representam 12,7% dos Neossolos e 1,2% da área de Rondônia. Apresentam caráter álico e distrófico, 9% e 91% respectivamente, predominando fertilidade média a baixa,



embora existam outros Neossolos Flúvicos próximos do Rio Madeira e Rio Mamoré, que podem conter sedimentos que podem influenciar a fertilidade natural (esses não foram apresentados devido à escala do levantamento realizado).

O horizonte A predominante é o moderado. A textura varia de arenosa a indiscriminada, a coloração matiz 10 YR, valor entre 3 a 5 e croma 2 a 3, podendo apresentar mosqueado. As camadas estratificadas variam muito, principalmente a textura, por isso, predomina a indiscriminada, embora também ocorra textura arenosa tal como no horizonte A. Essa diferenciação de horizonte e camada está relacionada com os processos pedogenéticos que nos horizontes, esses processos, têm relações, enquanto que nas camadas isso não ocorre.

Essa subordem está sob uma vegetação floresta equatorial podendo ser perenifólia de várzea (predominante) ou higrófila de várzea. Evidenciando que nessas áreas a irrigação seria desnecessária, pois o período de déficit hídrico é inferior a 3 meses.

As limitações são fertilidade natural, mecanização e excesso de água durante o período chuvoso. Entretanto, a classe de aptidão agrícola predominante é 2abc que representa aptidão regular, para o manejo A, B e C, para o cultivo de lavoura.

### **Neossolos Litólicos**

Essa subordem dos Neossolos apresenta solos rasos (profundidade menor que 50 cm), com sequência de horizonte A-R (rocha) ou A-C-R, sendo esse horizonte C pouco espesso e com muito material primário. Geralmente, associado a relevo movimentado e próximo a afloramento de rocha.

A ocorrência de Neossolos Litólicos está associada a relevo variando de ondulado até montanhoso a escarpado (Figura 7). Os relevos ondulados fortemente a montanhoso e ondulado fortemente predominam, respectivamente, em 43% e 38% das áreas de Neossolos Litólicos. A declividade do solo é 20% ou superior, favorecendo a erosão com a retirada da cobertura vegetal.

Há uma variação de vegetação, cerrado equatorial caducifólio a floresta equatorial, subperenifólia, embora haja predomínio de floresta equatorial subperenifólia seguido da transição entre cerrado e florestal equatorial subperenifólia, 43% a 38% respectivamente, da área de Neossolos Litólicos. Isso indica uma variação também no regime hídrico que integrado à declividade, pode aumentar sua vulnerabilidade à perda de solo por erosão hídrica.

O horizonte A dessa subordem é 90% do tipo moderado e 10% fraco. A textura varia de arenosa a indiscriminada. A fertilidade natural predomina média a muito baixa, com alumínio frequente.

As limitações ao uso agrícola são pouca profundidade, presença de pedregosidade e rochosidade, declividade que compromete a mecanização e favorece a erosão, fertilidade natural baixa e presença de alumínio. Enfim, as classes de aptidão agrícola para este solo são a 5n (aptidão regular para pastagem nativa) e a 6 (sem aptidão agrícola, destinada a preservação ou recreação), em 10% e 90%, respectivamente.

O afloramento de rocha não é uma classe de solo, embora presente nos levantamentos de solo, nas unidades de mapeamento (Figura 7). Somente em levantamento mais detalhado é possível separá-lo dos demais componentes de uma associação de solos

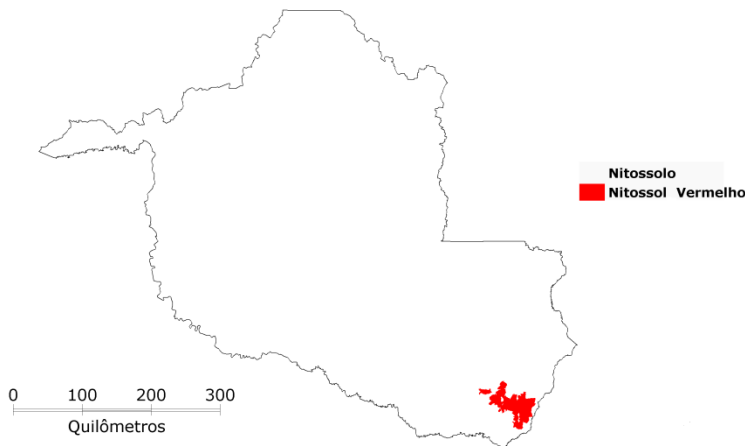
de uma unidade de mapeamento. Geralmente, o afloramento de rocha está associado aos Neossolos Litólicos, Neossolos Quartzarênicos e Argissolos Vermelho-Amarelos.

## Nitossolos

Esses solos geralmente apresentam textura argilosa ou muito argilosa, com pouco incremento de argila em profundidade, embora também apresentem boa estrutura e cerosidade como os Argissolos. Portanto, são solos profundos, bem drenados, coloração avermelhada ou brunada e fertilidade variada, mas com atividade de argila baixa.

Essa ordem equivale aos *Ultisols* e *Alfisols*, do sistema Soil Taxonomy dos EUA, também aos *Nitisols* (FAO/UNESCO) e antigamente foi denominada de Terra Roxa Estrutura, no SiBCS. Atualmente apresenta três subordens: Nitossolos Vermelhos, Nitossolos Brunos e Nitossolos Háplicos. Entretanto, em Rondônia, conforme o levantamento de reconhecimento de média intensidade, foi identificada como componente principal de legenda, apenas a subordem Nitossolos Vermelhos, correspondendo a 0,8% da área do Estado.

Nitossolos Vermelhos foram os solos preferidos dos agricultores e técnicos, especialmente para o plantio de café nos estados de São Paulo, Paraná e Minas Gerais. Em Rondônia os solos não diferem dos de outras regiões do Brasil, pois apresentam caráter eutrófico que significa fertilidade natural alta a média (Figura 8).



**Figura 8.** Distribuição espacial da ocorrência dos Nitossolos no Estado de Rondônia.  
Fonte: adaptado de Embrapa (1983).

O horizonte A é moderado e a textura predominante é a argilosa, apresentando a mesma classe textural no horizonte B, que representa o horizonte diagnóstico, horizonte B nítico (não incremento de argila em relação ao horizonte A, apresenta estrutura em bloco e com nítidas superfícies brilhantes-cerosidade em abundância).

Esses solos estão sob vegetação floresta equatorial subperenifólia e em relevo ondulado. Geralmente, intensivamente cultivados, incluindo também pastagem.

A sua principal limitação é a declividade que reduz ou inviabiliza o uso de mecanização e a fertilidade que necessita de complementação. Por isso a classe de aptidão agrícola

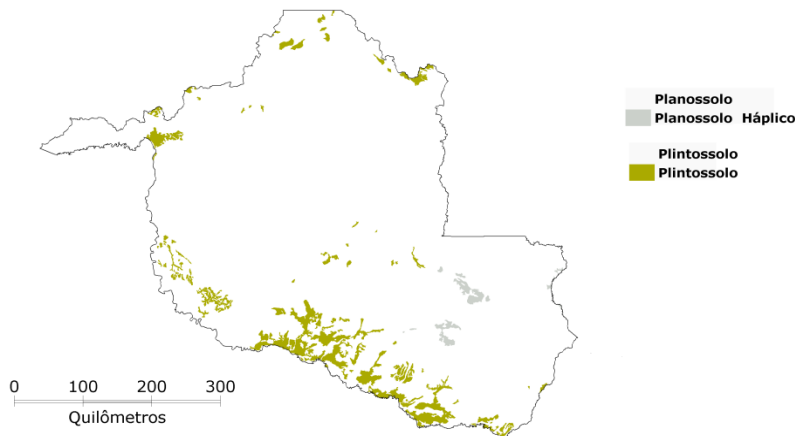
é 1aB(c), aptidão regular para o manejo A, ótima para o manejo B e restritivo para o manejo C.

## Planossolos

Os solos dessa classe apresentam problema de drenagem, normalmente, são mal drenados, com horizonte superficial de textura mais leve, arenosa. Os horizontes subsuperficiais são mais argilosos, com transição abrupta entre os horizontes superficiais e subsuperficiais, formando uma camada mais adensada que pode ser extremamente endurecida quando seca, dificultando a permeabilidade e permitindo o acúmulo de água na superfície em região plana.

Essa ordem de solo, equivale aos *Planosols* da FAO/UNESCO e aos *Alfisols*, *Ultisols*, *Mollisols* e *Aridisols* do Soil Taxonomy – EUA (Tabela 2). Geralmente, apresenta a sequência de horizonte A-E-B plânico (horizonte Bt especial, por apresentar adensamento com mudança de textura abrupta), entretanto os que ocorrem em Rondônia (Figura 9) não apresentam o horizonte E. Embora a mudança de textura entre os horizontes A e B plântico seja abrupta, variando de textura média a argilosa ou argilosa a muito argilosa.

No SiBCS, a ordem desse solo é subdividida em duas subordens: Nátricos e Háplicos. Em Rondônia ocorre apenas a subordem Háplicos (Figura 9).



**Figura 9.** Distribuição espacial da ocorrência de Planossolos e Plintossolos no Estado de Rondônia.  
Fonte: adaptado de Embrapa (1983).

O horizonte A é predominante moderado, com espessura próxima de 30 cm e cores brunadas (matiz de 7,5 YR a 10 YR, valor de 2,5 a 5 e croma de 2 a 4), enquanto que o horizonte B plântico com cores de matiz 2,5Y, valor de 2 a 6 e croma 3 a 6. Esta variação de cor está condicionada ao aparecimento de maior ou menor expressão da gleização.

A drenagem varia de moderada a imperfeitamente drenada, associada ao relevo plano a suave ondulado e sob vegetação de transição de cerrado a floresta equatorial subcaducifólio. Este fato evidencia a sua limitação de excesso de água durante a estação das chuvas e deficiência de água durante a estação de seca. Além da vulnerabilidade à erosão diante da transição entre os horizontes A e B, existe um

incremento de argila que pode comprometer a infiltração de água no solo e ainda limitar o desenvolvimento radicular das plantas.

Embora seu caráter seja eutrófico, que representa solos de média a alta fertilidade natural, sua aptidão agrícola está limitada a classe de 5n, aptidão regular para pastagem nativa.

## **Plintossolos**

A característica dessa classe é a presença da plintita no perfil do solo, indicando condições de restrição à percolação da água e sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, ou seja, imperfeitamente a mal drenados. A plintita é reconhecida pela segregação do ferro conforme a coloração avermelhada acompanhada de outras colorações amareladas ou esbranquiçadas sem predomínio de coloração, mosqueado avermelhado. Essas plintitas são misturas de argilas, predominantemente caulinita e sesquióxidos de ferro e alumínio, praticamente sem matéria orgânica.

Esses solos podem apresentar ou não camada continua e endurecida do material ferruginoso, nódulos ou concreções oriundas da plintita após ciclos sucessivos de umedecimento e secagem, proporcionados pelos períodos de chuvas e de seca, respectivamente. Ocorrem em grande extensão na região Amazônica e no Pantanal, enquanto que os plintossolos com camada contínua de nódulos e concreções (bancada laterítica, cangas lateríticas) denominados de Plintossolos Pétricos, estão presentes nas chapadas no Planalto Central e rupturas de declive na Amazônia.

Antigamente foi denominado de Laterita hidromórfica, solos concrecionários ou petroplínticos e equivalem aos *Plinthosols* da FAO/UNESCO e também *Oxisols*, *Ultisols*, *Inceptos*, *Entisols* e *Alfisols*. Essa ordem foi subdividida em três subordens no SiBCS (SANTOS et al., 2006) que são: Pétricos, Argilúvicos e Háplicos.

Os Plintossolos, que representam 4,2% do Estado de Rondônia (Figura 9), geralmente ocorrem em relevo plano ou plano de várzea e estão sujeitos a oscilações do lençol freático e periódicos alagamentos.

Os Plintossolos apresentam uma ordem heterogênea que têm a plintita e ou petroplintita como ponto em comum, podendo incluir outros solos intermediários a Latossolos (horizonte B latossólico) e Argissolos (horizonte B textural), especialmente nas condições de Rondônia como também em boa parte da região Amazônica, onde predomina clima quente e úmido.

A sua ocorrência não está associada a uma única vegetação e nem apresenta uma classe textural. Enfim, estão sob vegetação de campo à floresta equatorial, hidrófila de várzea a perenifólia de várzea e, em menor expressão, subperenifólia. A textura do solo no horizonte A varia de arenosa a argilosa e no horizonte B de média a muito argilosa.

O caráter predominante é álico. Portanto, são solos de baixa a muito baixa fertilidade natural e com presença de alumínio tóxico. A fertilidade não representa a principal limitação. O excesso de água, especialmente durante o período chuvoso, compromete o uso agrícola. Assim, esses solos apresentam as classes de aptidão 5sn e 6, respectivamente, aptidão regular para silvicultura e pastagem nativa e sem aptidão agrícola (preservação ou recreação).

## **Zoneamento pedoclimático para a cultura do café**

O aspecto ecológico é de fundamental importância para o processo de produção agropecuária, especialmente em uma região que proporciona distintas condições de solo e de clima, as quais proporcionam diversidades de aptidão para a produção agrícola conforme a demanda ecofisiológica de cada cultura.

Os sistemas de avaliação da potencialidade agrícola têm sido considerados úteis, como instrumentos básicos para adequação do uso racional dos recursos naturais, seja por metodologia para fins generalizados como é a classificação da capacidade de uso da terra, descrita por Lespch et al. (1991), como também os sistemas de avaliação para fins específicos (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995). Entretanto, esses sistemas não atendem a demanda para orientação na formulação de políticas de desenvolvimento agrícola. O zoneamento pedoclimático, edafoclimático e recentemente, denominado de agroecológico de uma espécie vegetal representa a ferramenta fundamental para essa demanda de política pública.

Esse zoneamento corresponde à identificação, caracterização e delineamento cartográfico de unidades ambientais reconhecidas na paisagem natural, classificadas em função de sua aptidão para o cultivo sustentável de tal espécie (RAMALHO FILHO; MOTTA, 2010). Ou seja, é o levantamento das necessidades de uma espécie vegetal quanto a solo e clima, relacionando as exigências ecofisiológicas da referida espécie com as condições ambientais da área onde se planeja cultivá-la.

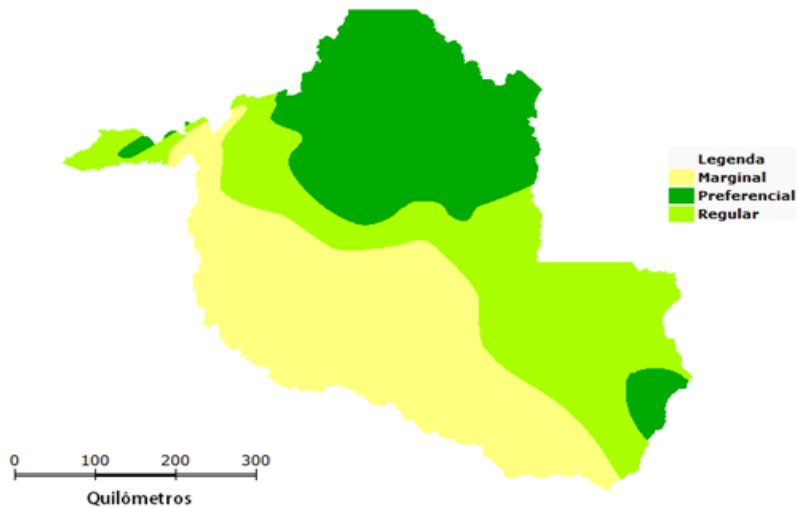
A importância da cultura do café canéfora em Rondônia e os dados de clima e solo, permitiram a elaboração do “Zoneamento Pedoclimático para a Cultura do Café no Estado de Rondônia” (MENDES et al., 2001). Esse trabalho é o referencial para a identificação das áreas promissoras à cultura do café canéfora em Rondônia.

Esse zoneamento está subdividido em avaliação da aptidão climática e da aptidão pedológica ou edáfica e, juntos, permitem identificar as áreas mais promissoras para o cultivo do café conforme o sistema de manejo adotado, em função das condições socioeconômicas do produtor.

### **Aptidão climática**

A avaliação da aptidão climática para o café foi realizada apenas com os dados de precipitação anual, pois a temperatura média no Estado de Rondônia não é limitante e se mantém na faixa de 22 °C a 26 °C. Os dados de precipitação pluviométrica utilizados são provenientes da Agência Nacional de Águas (ANA).

Esses dados foram interpolados, gerando um mapa de isolinhas onde foram reclassificados para expressar a aptidão climática (Figura 10). Foi considerado que as áreas onde ocorrem as menores precipitações anuais, também apresentam maior deficiência hídrica, identificada no balanço hídrico. Por isso, precipitações na faixa de 1.400 mm a 1.700 mm por ano foram consideradas marginais, indicando áreas que a utilização de irrigação é necessária, faixa de 1.800 a 2.000 mm por ano corresponde à aptidão regular e acima de 2.100 mm por ano, às áreas preferenciais.



**Figura 10.** Mapa da aptidão climática para a cultura do café canéfora no Estado de Rondônia.

## Aptidão pedológica

Essa avaliação incluiu os dados morfológicos, físicos e químicos do solo, contidos no levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do Estado de Rondônia (EMBRAPA, 1983), separado para cada sistema de manejo (Tabela 3).

Os parâmetros considerados foram: fertilidade natural do solo que considerou o caráter de saturação por bases (eutrófico e distrófico) e por alumínio (állico) e análise química do solo; textura, que considerou os horizontes superficiais e subjacentes (horizonte A e B ou, em alguns casos, A e C); relevo (local e regional); profundidade efetiva (profundidade do perfil); suscetibilidade à erosão (evidenciada no levantamento e conforme as características dos solos); drenagem (descrição morfológica e análise física); pedregosidade (inclui também a ocorrência de cascalho). Esses parâmetros foram analisados para cada sistema de manejo, conforme definidos no sistema de aptidão agrícola das terras (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995), embora, em todos os sistemas de manejo, foram consideradas também as exigências ecofisiológicas da cultura do café canéfora.

O manejo A, caracteriza o produtor que não investe na conservação e melhoria do solo e da água, não utiliza a mecanização e tecnologia ou processos tecnológicos na sua propriedade. Para Ramalho Filho et al. (2010), esse produtor praticamente não existe, ou seja, está em extinção.

O manejo B, representa o produtor que investe na conservação e melhoria do solo e água, adota práticas agrícolas características de produtor de nível tecnológico médio. As práticas agrícolas estão condicionadas à tração animal, embora utilizem a mecanização, geralmente, na fase de preparo inicial do solo.

O manejo C, que pode ser identificado como o empresário rural, utiliza práticas agrícolas de alto nível tecnológico com aplicação intensa de capital e tecnologia. A motomecanização está sempre presente nas práticas agrícolas, nas diversas fases da operação agrícola.

As classes de aptidão pedológica são: boa, regular, marginal, e inapta, onde prevalece a menor classe de aptidão entre os parâmetros analisados.

**Tabela 3.** Parâmetros morfológicos, físicos e químicos dos solos para avaliação da aptidão pedológica para a cultura do café canéfora no Estado de Rondônia, para cada sistema de manejo (A, B e C) conforme preconizados no sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995).

Classe de aptidão	Características do solo						
	Fertil.	Textura	Relevo	Profundidade efetiva	Suscetibilidade à erosão	Drenagem	Pedreg.
<b>Nível de manejo A</b>							
<b>Boa</b>	a	ar, arc, arc/ar, ar/arc, mc/ar, mc/arc, m/ar e m/arc	p, so e o	p e pp	n, n/l, l, l/m e m	b e m	as, p e m
<b>Regular</b>	m	m, mc e m/mc	fo	-	m/f	-	ab
<b>Marginal</b>	b	a/ar	-	-	f	-	-
<b>Inapta</b>	mb	a, ac/mc, a/m e a/mc	mt e es	r	mf	e, i, ma	-
<b>Nível de manejo B</b>							
<b>Boa</b>	a e m	ar, arc, arc/ar, ar/arc, mc/ar, mc/arc, m/ar e m/arc	p, so e o	p e pp	n, n/l, l, l/m e m	b e m	as e p
<b>Regular</b>	b	m, mc e m/mc	fo	-	m/f	-	m
<b>Marginal</b>	mb	a/ar	-	-	f	-	ab
<b>Inapta</b>	-	a, ac/mc, a/m e a/mc	mt e es	r	mf	e, i, ma	-
<b>Nível de manejo C</b>							
<b>Boa</b>	a, m e b	ar, ar/arc, m/ar e m/arc	p e so	p e pp	n, n/l, l, l/m e m	b e m	as e p
<b>Regular</b>	m e b	arc, arc/ar, mc/ar, mc/arc, m, e m/mc	o	-	m/f	-	m
<b>Marginal</b>	-	mc e a/ar	fo	-	f	-	-
<b>Inapta</b>	-	a, ac/mc, a/m e a/mc	mt e es	r	mf	e, i, ma	ab

Fertil. (fertilidade) que pode ser a (alta), m (média), b (baixa) e mb (muito baixa); textura – ar (argiloso), arc (argiloso com concreção), m (média), mc (média com concreção, a (arenosa) e ac (arenosa com concreção); relevo – p (plano), so (suave ondulado), o (ondulado), fo (fortemente ondulado), mt (montanhoso) e es (escarpado); prof. efetiva (profundidade efetiva) – p (profunda), pp (pouco profunda) e r (rasa); suscet. erosão (susceptibilidade à erosão) – n (nula), l (ligeira), m (média), f (forte) e mf (muito forte); drenagem – b (bem drenado), m (moderadamente drenado), e (excessivamente drenado), i (imperfeitamente drenado) e ma (mal drenado); e predreg (pedregosidade) – as (ausente), p (pouco), m (médio), ab (abundante).

Fonte: Mendes et al. (2001).

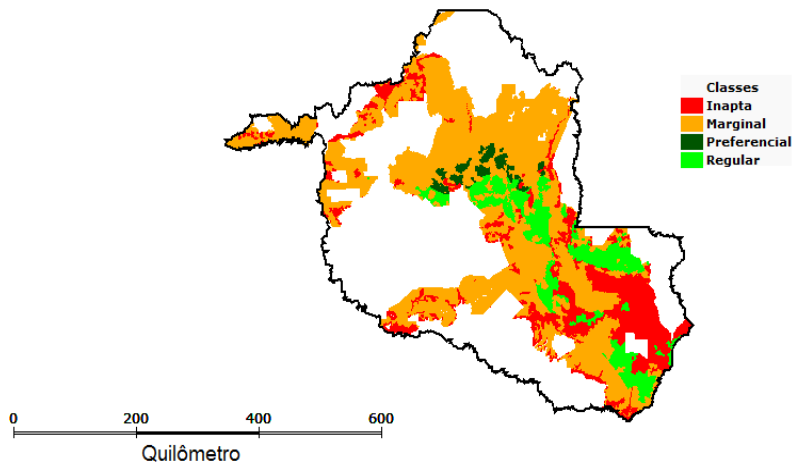
## Zoneamento pedoclimático – manejos A, B e C

O cruzamento da aptidão climática e aptidão pedológica proporciona o zoneamento pedoclimático, excluindo as áreas que não são disponíveis conforme o Zoneamento Socioeconômico e Ecológico do Estado de Rondônia, segunda aproximação. Para as classes de zoneamento, resultantes do cruzamento das classes de aptidão pedológica e de aptidão climática, considerou-se a pior aptidão (Tabela 4).

**Tabela 4.** Classes de Zoneamento Pedoclimático resultantes do cruzamento das classes de aptidões pedológica e climática para cultura do café canéfora no Estado de Rondônia.

Classe de zoneamento	Aptidão pedológica				
	Boa	Regular	Marginal	Inapta	
Aptidão climática	Preferencial	Preferencial	Regular	Marginal	Inapta
	Regular	Regular	Regular	Marginal	Inapta
	Marginal	Marginal	Marginal	Marginal	Inapta

O zoneamento pedoclimático para a cultura de café canéfora em Rondônia, considerando o manejo A, produtor que praticamente não utiliza tecnologia e nem utiliza práticas conservacionista e de melhoria do solo, possibilita verificar o predomínio da classe marginal, seguido das classes inapta, regular e preferencial, ordem decrescente (Figura 11).



**Figura 11.** Zoneamento pedoclimático para a cultura do café canéfora no Estado de Rondônia, considerando o manejo A.

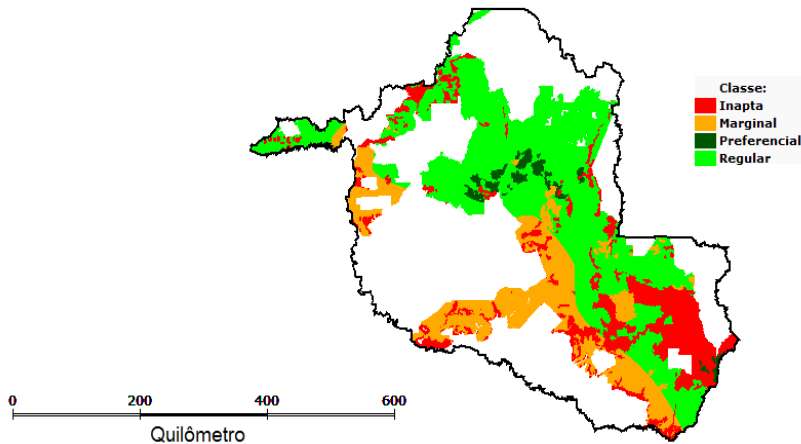
Importante enfatizar que as classes pedoclimáticas representam a intensidade de limitação solo e clima para a cultura do café canéfora como: a) preferencial (sem limitações significativas para a produção sustentável de café); b) regular (apresenta limitações moderadas para a produção sustentável de café); c) marginal (limitações fortes para a produção sustentável de café); d) inapta (limitações muito fortes ou clima desfavorável que impedem a produção sustentável do café).

O manejo A representa uma área percentual (área da classe de aptidão pedoclimática dividida pela área total da zona 1 do ZSEE) das classes consideradas para o cultivo do café no Estado, aproximadamente, 13% da área da zona 1 do ZSEE. Esse valor equivale à soma das áreas das classes de regular e preferencial, portanto, o sistema de manejo A é limitado, especialmente pela fertilidade natural do solo, em virtude desse sistema de produção não adotar práticas de melhoria do solo e nem uso de tecnologias como adubação orgânica, mineral, organomineral, correção do solo e práticas conservacionistas que inibem a degradação do solo.

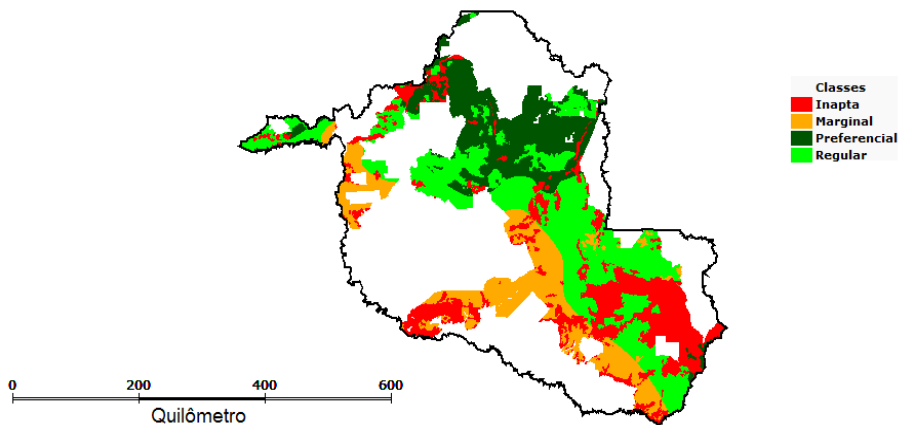
O zoneamento pedoclimático para a cultura do café em Rondônia para o manejo B apresenta predominância da classe regular, seguida das classes marginal, inapta e preferencial, ordem decrescente em função da área (Figura 12). Portanto, para o manejo B, as áreas da Zona 1 do ZSEE representam, aproximadamente, 64% que englobam as áreas das classes regular e preferencial para esse sistema de manejo.

A distribuição espacial das classes de aptidão pedoclimática para a cultura do café em Rondônia na ordem decrescente das classes para o manejo C é regular, preferencial, inapta e marginal (Figura 13).





**Figura 12.** Zoneamento pedoclimático para a cultura do café 'Conilon' no Estado de Rondônia, considerando o manejo B.

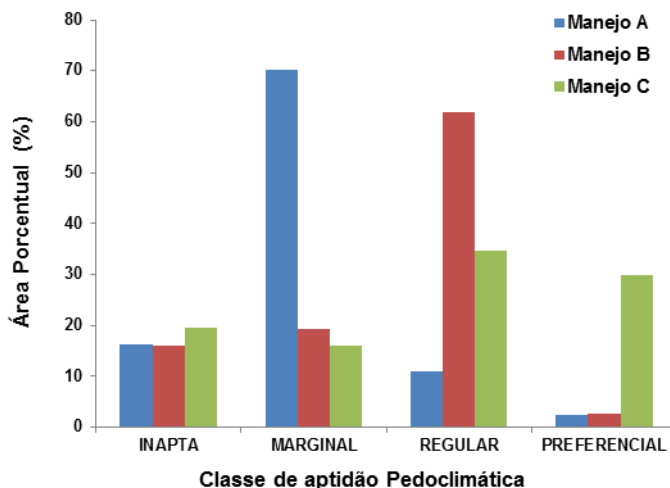


**Figura 13.** Zoneamento pedoclimático para a cultura do café 'Conilon' no Estado de Rondônia, considerando o manejo C.

O sistema de manejo C representa produtores como empresários rurais que utilizam tecnologias, como a melhoria e manutenção da fertilidade do solo, a correção do solo e a mecanização nos processos de manejo e colheita da cultura. A área considerada apta ao manejo C, classes regular e preferencial, é de aproximadamente 64%. Quantidade semelhante ao manejo B.

Na atualização do ZSEE, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA), por meio do site [siscom.ibama.gov.br/shapes/](http://siscom.ibama.gov.br/shapes/), houve alteração da área total da zona 1 que é 14.409.768,37 ha, diferente dos 12.031.047,79 ha apresentados quando foi aprovada a lei do ZSEE, Lei Complementar n. 312, de 06 de maio de 2000.

A distribuição das classes de aptidão pedoclimática em cada sistema de manejo (A, B e C) em função do percentual das áreas (divisão da área da classe pela área total da zona 1 do ZSEE, e multiplicada por 100) pode ser vista na Figura 14.



**Figura 14.** Distribuição das classes de aptidão pedoclimática em função da área percentual\* nos diferentes sistemas de manejo (A, B e C). \*Área percentual =  $100 \times (\text{área da classe} / \text{área total da zona 1 do ZSEE})$ .

Na classe inapta há pouca variação entre os sistemas de manejo, embora o manejo C apresente maior percentual de área (19,4%) e os demais, aproximadamente, 16%. Na classe marginal, o manejo A destaca-se com 70%, seguido do manejo B (19,4%) e C (16%). Portanto, o sistema de manejo A apresentou maior área inadequada para o cultivo do café canéfora, com 86% da zona 1 do ZSEE.

As classes apropriadas para a cultura do café canéfora, considerando solo e clima, são regular e preferencial. Na classe regular o manejo B apresenta o maior valor da área percentual (61,8%), seguido do manejo C (34,7%) e manejo A (11%). Enquanto que a classe preferencial foi o manejo C com maior destaque, 29,8%, e seguido pelos manejos B (2,7%) e A (2,4%). Portanto, os manejos B e C representaram 64,5% da área da zona 1 como adequado para cultura do café canéfora.

## Referências

- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159 p.
- COELHO, M. R.; SANTOS, H. G. dos; SILVA, E. F.; ÁGLIO, M. L. D. Recurso natural solo. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p 1-11.
- ANUÁRIO estatístico do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Estado de Rondônia**. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS, 1983. 2 v., 896 p.
- FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceito e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 318 p.
- IBGE. **Censo agropecuário 2006: Brasil, grandes regiões e unidades da Federação**. Rio de Janeiro, 2009. 777 p.
- JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: Mc-Grall Hill, 1941. Disponível em: <<http://netedu.xauat.edu.cn/sykc/hjx/content/ckzl/6/2.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2012.

LARACH, J. O. I. **Bases para leitura de mapas de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS, 1983. 91 p. il. (Embrapa-SNLCS. Série Miscelânea, 4).

LEPSCH, I. F. **19 Lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456p.

MANUAL técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 92 p. (Série manuais técnicos em geociências, n. 1).

MARCOLAN, A. L.; RAMALHO, A. R.; MENDES, A. M.; TEIXEIRA, C. A. D.; FERNANDES, C. de F.; RAMOS, J. E. de C.; COSTA, J. N. M.; VEIRA JUNIOR, J. R.; OLIVEIRA, S. J. de M.; FERNANDES, S. R.; VENEZIANO, W. **Cultivo dos cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia**. 3. ed. Rev. Atual. Porto Velho: Embrapa Rondônia: EMATER-RO, 2009. 61 p. (Embrapa Rondônia. Sistema de Produção, 33).

MENDES, A. M.; CHAGAS, C. S.; GAMA, M.; LONGO, A. E.; CARVALHO JUNIOR, W. Zoneamento pedoclimático para cultura do café no Estado de Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2001.

OLIVEIRA, J. B.; KLINGER, T. J.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**: guia auxiliar para seu reconhecimento. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 1992. 201 p.

PALMIERI, F.; SANTOS, H. G. dos; GOMES, I. A.; LUMBRERAS, J. F.; AGLIO, M. L. D. The Brazilian soil classification system. In: ESWARAN, H.; RICE, T.; AHRENS, R.; STEWART, B. A. (Ed.). **Soil classification**: a global desk reference. Boca Raton: CRC Press, 2003. p. 127-146.

QUADROS, M. L. do E. S.; RIZZOTO, G. J. (Org.). **Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia**: Sistema de Informações Geográficas - SIG. Porto Velho: CPRM, 2007. Escala 1:1.000.000. 1 CD-ROM. Programa Geologia do Brasil: integração, atualização e difusão de dados da Geologia do Brasil. Subprograma mapas geológicos estaduais.

RAMALHO FILHO, A. BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1995. 65 p. il.; color.

RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, P. E. F. da. Contexto e objetivos do Zoneamento Agroecológico para a cultura da palma de óleo nas áreas desmatadas da Amazônia Legal. In: RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, P. E. F. da; FREITAS, P. L. de; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). **Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 19-22.

RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, P. E. F. da; NAIME, U. J.; BACA, J. F. M. Procedimento metodológico da avaliação da aptidão agrícola das terras para a cultura da palma de óleo nas áreas desmatadas da Amazônia Legal. In: RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, P. E. F. da; FREITAS, P. L. de; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). **Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 23-46.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p. il. Inclui apêndices.



## Capítulo 4

---

# **Aspectos gerais da biologia e da diversidade genética de *Coffea canephora***

*Flávio de França Souza*  
*Luís Felipe Ventorim Ferrão*  
*Eveline Teixeira Caixeta*  
*Ney Susumu Sakiyama*  
*Antônio Alves Pereira*  
*Antonio Carlos Baião de Oliveira*





## Introdução

Os primeiros registros históricos sobre o café foram encontrados em um manuscrito no lêmén, em 575. As primeiras descrições científicas da planta foram apresentadas em 1591 e 1592, pelo botânico veneziano Prospero Alpino, em suas obras *De Medicina Aegyptiorum* e *De Plantis Aegyptii Liber*. No entanto, coube a Antoine Jussieu, em sua obra *Histoire Du Café*, publicada em 1716, a primeira classificação botânica do cafeeiro como *Jasminum arabicum*. Posteriormente, em 1737, Carl Von Linné (Lineu) reclassificou a espécie, dando-lhe o nome de *Coffea arabica* (MARTINS, 2008).

A nomenclatura da tribo Coffeae foi originalmente proposta por De Candolle, em 1807. Em sua classificação, esta tribo era bastante abrangente e incluía um grande número de gêneros, muitos dos quais foram posteriormente transferidos para outras tribos e subfamílias. Uma das compilações taxonômicas mais detalhadas do gênero *Coffea*, “*Les Cafés du Globe*”, foi elaborada por Auguste Chevalier, em três volumes, publicados nos anos de 1929, 1942 e 1947. Esta obra apresentou um conceito do gênero *Coffea* muito mais amplo que aquele atualmente aceito. Chevalier dividiu o gênero *Coffea* em quatro secções: *Paracoffea*, *Argocoffea*, *Mascarocoffea* e *Eucoffea*. Esta última agrupava as principais espécies produtoras de cafés e dividia-se em cinco subsecções: *Erythrocoffea* (que inclui, por exemplo, as espécies *C. arabica*, *C. canephora* e *C. congensis*), *Nanocoffea* (p.ex.: *C. humilis*, *C. brevipes*), *Pachycoffea* (p.ex.: *C. liberica*), *Melanocoffea* (p.ex.: *C. stenophylla*) e *Mozambicoffea* (p.ex.: *C. zanguebarie*, *C. racemosa*, *C. salvatrix*, *C. eugenioides*) (BERTHAUD; CHARRIER, 1985).

Trabalhos baseados no uso de caracteres morfológicos e marcadores moleculares possibilitaram a reformulação do arcabouço taxonômico do cafeeiro (DAVIS et al., 2005, 2006, 2011; MAURIN et al., 2007). Atualmente, pode-se enunciar que o cafeeiro pertence à família Rubiaceae, subfamília Ixoroideae, tribo Coffeae DC. e compreende os gêneros *Coffea* L. e *Psilanthus* Hook.f. Estes gêneros agrupam 124 espécies que ocorrem naturalmente na zona intertropical que cobre os continentes da África, Ásia e Oceania (DAVIS et al., 2011).

As plantas do gênero *Coffea* e *Psilanthus* são árvores e arbustos perenes, de madeira dura e densa, com ramificação plagiotrópica; inflorescências axilares pareadas; cálculo presente e geralmente visível; cálice truncado a ondulado, ou levemente lobado; flores hermafroditas, corolas brancas ou raramente róseas; botões florais com pétalas sobrepostas e contorcidas para a esquerda. O fruto drupáceo contém duas sementes plano-convexas, sulcadas longitudinalmente em sua face plana, que constituem os grãos característicos do “café” (DAVIS et al., 2006; MAURIN et al., 2007).

As diferenças entre *Coffea* e *Psilanthus* se restringem, basicamente, à morfologia floral. Em *Psilanthus*, a corola é tubular e longa; as anteras e o estigma são inclusos e não transpõem a corola. Em *Coffea*, as anteras e o estilo são proeminentes, ficando visíveis acima da corola. Os estudos taxonômicos mais recentes, baseados em marcadores moleculares têm indicado que a divisão entre *Coffea* e *Psilanthus* não é respaldada pela análise molecular e que as diferenças morfológicas entre elas não são suficientes para suportar a existência daqueles gêneros como entidades taxonômicas distintas (DAVIS et al., 2011, 2006; CROS et al., 1998; LASHERMES et al., 1997). Além disso, cruzamentos intergenéricos entre *Coffea* e *Psilanthus* têm produzido híbridos férteis (COUTURON et al., 1998), o que reforça a proximidade entre as espécies dos dois gêneros.



Novas alterações na taxonomia do café serão propostas em breve e as atuais espécies de *Psilanthus* deverão ser transferidas para o gênero *Coffea*. Nesse caso, o nome *Coffea* deverá prevalecer por ter sido objeto de publicação mais antiga. O gênero *Coffea* foi descrito em 1753 por Lineu, enquanto *Psilanthus* foi descrito em 1873 por J.D. Hooker. Os novos binômios necessários para a transferência das espécies de *Psilanthus* para *Coffea* já estão sendo providenciados pelos taxonomistas. Com a inclusão das espécies existentes e a descrição daquelas recém-descobertas na África e em Madagascar, estima-se que, o gênero *Coffea*, alcance a marca de 130 espécies (DAVIS et al., 2011).

Na ausência de frutos, plantas de algumas espécies do gênero *Coffea* se assemelham a outras da família Rubiaceae, sobretudo com os gêneros *Tricalysia*, *Calycosiphonia*, *Argocoffeopsis* e *Belanophora*, da tribo Coffeae; *Cremaspora* e *Polysphaeria*, das tribos Cremasporeae e Octotropideae, respectivamente. Uma característica simples que pode ser usada para diferenciar *Coffea* dos demais gêneros é a presença de um cálice reduzido, geralmente em formato de aro, que raramente excede o disco floral e não apresenta lobos (com exceção de *C. kapakata*). Nos outros gêneros, geralmente, os cálices são tubulares, bem desenvolvidos e apresentam lobos na parte superior (DAVIS et al., 2006).

## Espécies comerciais de café

Segundo Berthaud e Charrier (1985), embora muitas espécies tenham sido testadas para exploração comercial, apenas três apresentaram características favoráveis ao cultivo: *Coffea arabica* L., *Coffea canephora* Pierre ex Froehner e *Coffea liberica* Bull. ex Hiern. Atualmente, apenas as duas primeiras têm importância econômica em escala mundial, pois as plantações de *C. liberica* foram dizimadas por uma epidemia de traqueomicose, causada pelo fungo *Fusarium xylarioides*, entre as décadas de 1940 e 1950 (DORÉ; VAROQUAUX, 2006). As demais espécies do gênero *Coffea* e *Psilanthus* compõem um magnífico acervo de genes e alelos úteis ao melhoramento genético das espécies cultivadas.

### ***Coffea liberica* Bull. ex Hiern.**

Essa espécie foi inicialmente encontrada na África Ocidental, em 1792, no entanto, seus ecótipos centro-africanos só foram descobertos no início do século 20 (CHEVALIER, 1929). O seu cultivo teve início na África antes da chegada dos colonizadores europeus. O vigor do café libérica e sua aparente resistência à ferrugem promoveram sua expansão na Indonésia entre 1880 e 1905. Essa espécie teve grande importância econômica no período de 1930 a 1950, mas posteriormente, foi substituída por *C. canephora*. Atualmente, responde por menos de 1% do mercado mundial de cafés e é cultivado em pequena escala na Malásia e no ocidente da África. Juntamente com *C. canephora*, apresenta uma das distribuições naturais mais amplas do gênero, ocorrendo praticamente em toda extensão da floresta tropical africana. Além disso, apresenta grande variabilidade em nível molecular, morfológico e agrônômico (LEBRUN, 1941; BERTHAUD; CHARRIER, 1985; N'DIAYE et al., 2005; DAVIS et al., 2006). A espécie é geneticamente estruturada de modo que ocorrem duas populações altamente diferenciadas no oeste e na região central do continente africano (BERTHAUD; CHARRIER, 1985). O notável polimorfismo levou a sugestão de um grande número de espécies, subespécies e variedades, que foram organizadas sob a sinonímia de *Coffea liberica*, com duas variedades: *C. liberica* var. libérica e *C. liberica* var. dewevrei (LEBRUN, 1941). Assim, cabe esclarecer que os termos



“Café libérica” ou “liberiano” se referem a *C. liberica* var. libérica, enquanto o termo “Café excelsa”, corresponde a *C. liberica* var. *dewevrei* (DAVIS et al., 2006).

### ***Coffea arabica* L.**

Devido à qualidade de bebida, *C. arabica* responde por 64% do café consumido no mundo (INTERNATIONAL..., 2013). As plantas da espécie *C. arabica* são autógamas, alotetraploides verdadeiras ( $2n=4X=44$ ) e seus cultivares comerciais apresentam pequena variabilidade genética. O centro primário de diversidade genética da espécie são as terras altas do sudoeste da Etiópia e o Sudão. Durante o século 17, o consumo de café se espalhou rapidamente pelo continente europeu, produzindo grandes lucros para o Iêmen, único país produtor à época. Algumas sementes foram coletadas naquele país, por exploradores holandeses e foram plantadas na ilha de Java. Suas progênies foram levadas ao Suriname, que assim como Java, estava sob domínio da Holanda. Daí, uma sucessão de eventos possibilitou a introdução do café na Guiana Francesa e de lá para o Brasil (BERTHAUD; CHARRIER, 1985). O café arábica foi introduzido no Brasil em 1727, no Estado do Pará, por meio de sementes trazidas da Guiana Francesa, pelo sargento mor Francisco de Melo Palheta (MARTINS, 2008). No entanto, as primeiras plantações comerciais foram estabelecidas no Vale do Paraíba por volta de 1761. Nos anos de 1852 e 1896, ocorreram mais dois ciclos de introdução de genótipos provenientes da Ilha de Reunião (antigamente, conhecida como ilha Bourbon) e da Ilha de Sumatra, respectivamente (CARVALHO, 1993). Nessas ocasiões, foram introduzidas as cultivares ‘Bourbon’ e ‘Sumatra’ que tiveram grande importância para a cafeicultura brasileira, por serem as genitoras da cultivar Mundo Novo (ANTHONY et al., 2001), que por sua vez, foi a genitora masculina na síntese das cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo, obtidas pelo Instituto Agrônomo de Campinas, em 1949 (CARVALHO et al., 2008).

### ***Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner**

O café canéfora, ou café ‘Robusta’, é uma espécie diploide ( $2n=2x=22$ ), estritamente alógama, nativo das florestas baixas da África equatorial. É cultivado em países da África Central e Ocidental; no sudeste da Ásia e na América do Sul. Por possuir maior teor de sólidos solúveis que o café arábica e apresentar maior rendimento após o processo de torração, o café canéfora é componente essencial dos cafés solúveis, participando com mais de 80% na composição destes. Atualmente, o café canéfora responde por cerca de 36% das exportações mundiais de café (INTERNATIONAL..., 2013).

Desde o final do século 19, o termo “café robusta” tem sido empregado para designar a espécie *Coffea canephora*. Ocorre que no Brasil, as variedades de *C. canephora* que apresentam maior porte e vigor também são chamadas de ‘Robustas’, em contraste com as mais compactas, que são chamadas de ‘Conilon’. Desse modo, o uso da palavra ‘Robusta’ para designar, igualmente, a espécie e o grupo varietal dentro da espécie tem sido motivo de confusão. Nos textos escritos, a melhor forma que se tem encontrado para lidar com essa questão é manter o uso do nome científico para se referir à espécie. Uma alternativa interessante foi utilizada por Resende e Barbosa (2005), no livro “Melhoramento genético de plantas de propagação assexuada”. Naquela obra, os autores lançaram mão de uma versão aportuguesada do nome científico da espécie e desse modo atribuíram-lhe o nome vulgar de “café canéfora”, em um paralelo ao que ocorre com *Coffea arabica*, que é chamada de “café arábica”. Convém ressaltar que não se tem aí um neologismo, haja vista que o verbete ‘canéfora’ existe na língua portuguesa e denomina as esculturas comuns na Grécia antiga que representavam personagens femininas carregando cestos na cabeça. Desse modo,

para facilitar a leitura do presente texto, adotou-se a expressão “café canéfora” para referir-se à espécie, deixando-se o termo “café robusta” reservado ao grupo de variedades descritas anteriormente e não inclui os genótipos do tipo ‘Conilon’.

### **Autoincompatibilidade de *C. canephora***

A incompatibilidade pode ocorrer entre plantas diferentes, quando elas possuem alelos em comum do sistema de incompatibilidade. Nas angiospermas, dois tipos principais de incompatibilidade são conhecidos: a esporofítica e a gametofítica. No sistema esporofítico, a incompatibilidade é gerada pelo genótipo diploide da planta adulta (esporófito) que originou o grão de pólen (gametófito), ou seja, os grãos de pólen não germinam nos estigmas das plantas que possuem os mesmos alelos de incompatibilidade. Desse modo, todos os grãos de pólen apresentam a mesma reação, determinada pelo genótipo da planta fornecedora do pólen. No sistema gametofítico, a especificidade depende do alelo presente no genótipo haploide do grão de pólen. Nesse caso, os tubos polínicos só irão crescer e só ocorrerá fecundação se o alelo S do grão de pólen for diferente daqueles presentes no tecido diploide do estilete (SCHIFINO-WITTMANN; DALL’AGNOL, 2002).

A autoincompatibilidade consiste na habilidade de indivíduos férteis reconhecerem e rejeitarem seu próprio pólen, impedindo, desse modo, a autofecundação. É resultado do fracasso dos grãos de pólen de aderirem ou germinarem no estigma da própria planta, ou do fracasso dos tubos polínicos de penetrarem ou crescerem através do estigma da mesma (DE NETTANCOURT, 1997). Esse fenômeno é comum entre as angiospermas e funciona como um sistema eficaz de manutenção da variabilidade genética da espécie.

Com exceção de *C. anthonyi* Stoff. & F. Anthonyi e *C. heterocalix* Stoff., as demais espécies diploides do gênero *Coffea* apresentam autoincompatibilidade (DAVIS et al., 2006; STOFFELEN et al., 2009). No gênero *Psilanthus*, verificou-se que *P. ebracteolatus* Hiern. é autocompatível (ANTHONY et al., 2010). Essa autoincompatibilidade é do tipo gametofítica, monogênica e está associada a um loco gênico “S” com múltiplos alelos (BERTHAUD, 1980). Lashermes et al. (1996), utilizando linhagens duplo-haploides de *Coffea canephora*, identificaram um marcador molecular ligado ao loco “S”, no grupo de ligação nove. A disponibilidade de marcadores como esse auxilia e possibilita a identificação do loco “S” em diferentes espécies de *Coffea* e pode contribuir para aumentar o conhecimento sobre a evolução da autoincompatibilidade no gênero.

Os mecanismos de autoincompatibilidade geralmente inibem a germinação ou alongamento do tubo polínico no estilo. Essas reações são consequência de interações entre proteínas presentes no pólen e no estigma. Recentemente, trabalhos apresentaram evidências de que a autoincompatibilidade nas espécies diploides de *Coffea* deve-se à formação de RNAses nas células do pistilo, como produto do loco gênico “S” (ASQUINI et al., 2011; NOWAK et al., 2011). A ação dessas enzimas em mecanismos de autoincompatibilidade já foi caracterizada em espécies das famílias solanácea, rosácea e plantaginácea.

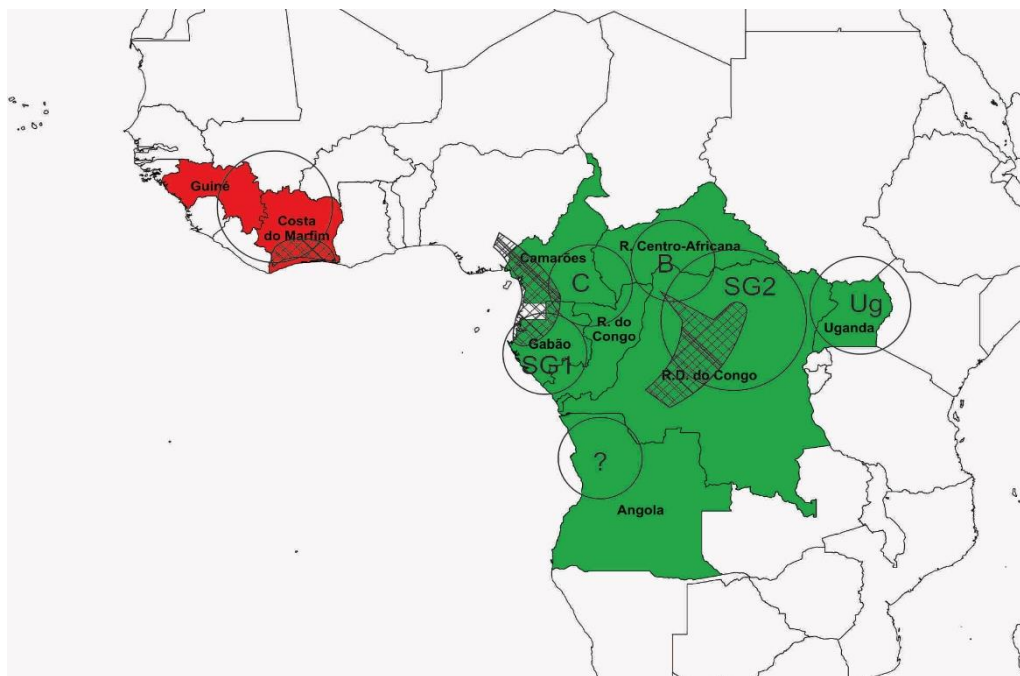
### **Distribuição natural e estrutura populacional de *C. canephora***

Em condições naturais, as subpopulações de *C. canephora* geralmente são formadas por um pequeno grupo de plantas matrizes, com poucas progênies espalhadas por áreas de tamanho limitado (cerca de 1,0 ha). O fluxo gênico interpopulacional é baixo, uma vez que a dispersão de pólen, embora possa alcançar um raio de alguns quilômetros, geralmente

ocorre dentro dos limites das subpopulações (MUSOLI et al., 2009; BERTHAUD, 1985). Entretanto, a disseminação das sementes, que é realizada pelas aves e mamíferos, pode atingir maiores distâncias (BERTHAUD, 1986).

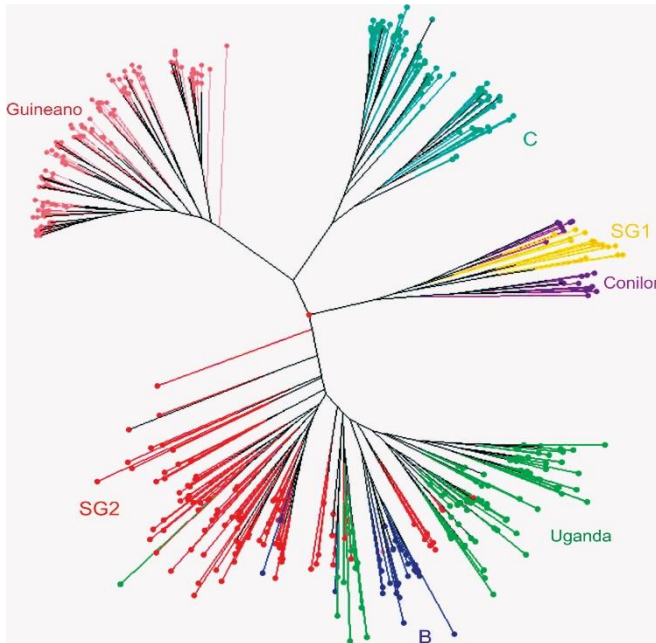
Avaliações fenotípicas, bioquímicas e moleculares têm sido empregadas para estudo da diversidade genética e da estrutura populacional de *C. canephora*, em populações naturais e nas coleções de germoplasma (CUBRY et al., 2013, SOUZA et al., 2013; MONTAGNON et al., 2012; FERRÃO et al., 2012; MUSOLI et al., 2009; GOMÉZ et al., 2009; DUSSERT et al., 1999; MONTAGNON et al., 1998a; BERTHAUD, 1986). Esses estudos convergem para a existência de dois grandes grupos (BERTHAUD, 1986): o Guineano, que compreende os genótipos do oeste africano (Guiné e Costa do Marfim), de folhas menores, menor vigor, menor porte, frutos pequenos, bebida de qualidade inferior, tolerantes à seca e suscetíveis à ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.); e o Congolês, composto por genótipos da região central da África, divididos em quatro subgrupos: Subgrupo 2 (SG2) e Subgrupo B, oriundos da Bacia do Congo; Subgrupo C, República Centro-africana e Camarões; Subgrupo 1 (SG1), da costa atlântica da região central da África (MONTAGNON et al., 1998b) (Figura 1). Recentemente, um novo subgrupo, composto por acessos selvagens de Uganda foi proposto (MUSOLI et al., 2009).

O SG1 reúne os genótipos chamados de Kouillou, que ocorrem, naturalmente, do Benin ao Gabão (Figura 1) e apresentam características adaptativas semelhantes, em parte, àquelas do grupo Guineano, sobretudo por serem tolerantes à seca (BOYER, 1965; BOYER, 1969; MONTAGNON; LEROY, 1993) e suscetíveis à ferrugem (MONTAGNON et al., 1998b). Com relação às características organolépticas, os grãos do SG1 produzem bebida de qualidade superior aos do grupo Guineano e equivalente à bebida do SG2 (MOSCHETTO et al., 1996).

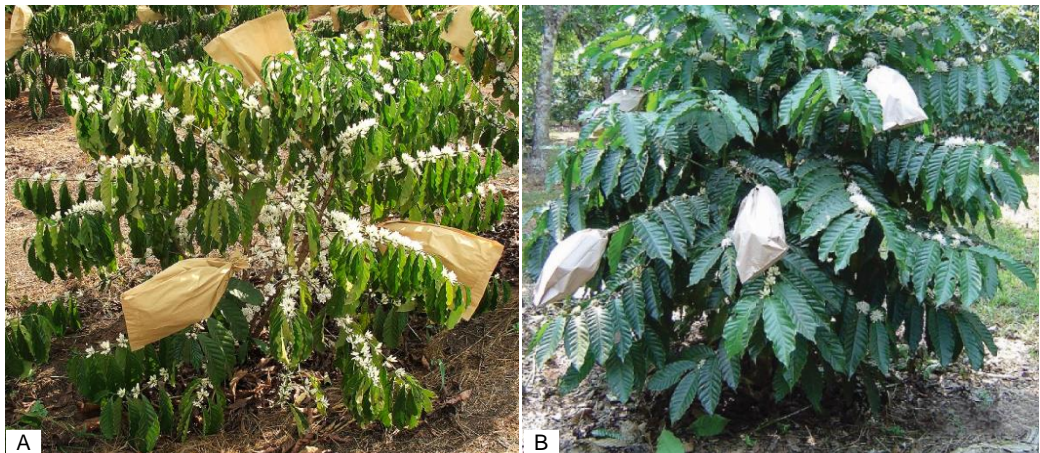


**Figura 1.** Origem geográfica dos principais grupos genéticos de *Coffea canephora*.  
Fonte: Montagnon et al. (2012).

No Brasil, o SG1 está representado pelos 'Conilons' (Figura 2), que são amplamente cultivados no Espírito Santo, Rondônia e extremo sul da Bahia. Os subgrupos SG2, B, C e Ugandense compreendem os genótipos do tipo 'Robusta', que são plantas mais altas, vigorosas, de folhas e frutos maiores, com melhor qualidade de bebida, maior resistência à ferrugem e maior sensibilidade à seca (MUSOLI et al., 2009). As características morfológicas dos genótipos do SG1 são distintas daquelas observadas nos genótipos dos demais subgrupos (Figura 3). No entanto, essas diferenças são menos evidentes nas populações resultantes do inter cruzamento de subgrupos, nas quais se observam indivíduos com fenótipos intermediários.



**Figura 2.** Estrutura populacional de *C. canephora* baseada na dissimilaridade genética entre os grupos e subgrupos da espécie, avaliada com marcadores microsatélites. As cores representam diferentes grupos e subgrupos (Guineano, Congolês: SG2, B, Ugandense e SG1).  
Fonte: Montagnon et al. (2012).



Fotos: Flávio de França Souza

**Figura 3.** Plantas típicas do grupo congolês: planta de café 'Conilon', representativa do Subgrupo 1 (A); planta do tipo varietal Robusta, representativa dos demais subgrupos (B).

No processo de melhoramento genético da espécie, o grupo Guineano ficou praticamente ausente, mantendo-se restrito a sua área de origem. De fato, até recentemente, Costa do

Marfim e Guiné eram os únicos países que possuíam populações cultivadas e selvagens do grupo Guineano (MONTAGNON et al., 1998b).

A estrutura populacional descrita anteriormente está fortemente relacionada com o isolamento geográfico e aos eventos históricos que remetem às últimas glaciações, ocorridas há 18 mil anos. Na natureza, os grupos Congolês e Guineano encontram-se separados pelo intervalo Dahomey, que compreende uma estreita faixa de terras áridas (cerca de 300 km de largura), localizada no Benin e situada entre os blocos de floresta do centro e do oeste africano (MAURIN et al., 2007).

Um padrão semelhante àquele verificado na diferenciação das populações de *C. canephora* é observado na espécie *C. liberica*, na qual se verifica, inclusive, redução da fertilidade dos híbridos obtidos entre os genótipos do oeste (*C. liberica* var. *liberica*) e do centro da África (*C. liberica* var. *dewevrei*). Outras espécies de plantas e animais também apresentam um curso evolucionário similar (GÓMEZ et al., 2009). Essa coincidência levou a formulação da “Teoria do Refúgio”, na qual se postula que, em determinados períodos geológicos, a distribuição da floresta africana não foi estável, ocorrendo sucessivos eventos de expansão e retração da sua área. Durante a fase de expansão, a recolonização ocorreria a partir de áreas propícias, chamadas de ‘refúgios’ onde a floresta conseguiu sobreviver durante as fases desfavoráveis. Uma vez isoladas em seus refúgios, essas populações deixaram de compartilhar novos eventos de mutação e recombinação (BERTHAUD; CHARRIER, 1985). A influência de forças evolutivas que atuam sob condições ambientais distintas promove a fixação de combinações alélicas particulares, que conferem vantagens adaptativas aos indivíduos de cada população levando-as à diferenciação (GÓMEZ et al., 2009).

### **Recursos genéticos de *C. canephora***

A grande variabilidade entre e dentro das populações naturais de *C. canephora* faz desta espécie uma magnífica fonte de alelos para o desenvolvimento de novas cultivares, bem como, para o melhoramento de *C. arabica*. Além das populações naturais, deve-se ressaltar o importante papel das lavouras primitivas realizadas no continente africano, haja vista que, inicialmente, muitas populações selvagens de *C. canephora* foram submetidas diretamente ao cultivo e o intercâmbio de material genético entre as regiões produtoras era intenso (BERTHAUD; CHARRIER, 1985). Desse modo, essas lavouras tornaram-se locais favoráveis ao intercruzamento de diferentes tipos varietais, propiciando a recombinação e o surgimento de genótipos que não ocorreriam espontaneamente na natureza, em função do isolamento geográfico.

A diversidade genética de *C. canephora* ainda é subutilizada nos programas de melhoramento genético da espécie que são conduzidos no Brasil. Por exemplo, o grupo Guineano, que possui alelos de tolerância à seca, ficou restrito a sua área de origem (Guiné e Costa do Marfim), não havendo registro de sua introdução nos programas de melhoramento de outros países (MONTAGNON et al., 1998b). Além disso, até recentemente, acessos representativos desse grupo se encontravam preservados apenas na Costa do Marfim. Por sua vez, o grupo Congolês, apresenta maior variabilidade e foi bastante difundido entre os países produtores. No entanto, a maioria das introduções, provavelmente, foi feita a partir de sementes e mudas oriundas de um número limitado de plantas. Acredita-se que o estoque de ‘Robusta’ introduzido em Java em 1901, foi proveniente de plantas cultivadas na República Democrática do Congo (antigo Zaire). O acervo de Java foi, posteriormente, incrementado com acessos do Gabão (kouillou) e Uganda (CHARRIER; BERTHAUD, 1985). O material selecionado em Java foi então,



reintroduzido na África de modo que a base genética da cafeicultura de muitos países africanos era muito similar (DUSSERT et al., 1999).

No caso do Brasil, onde a espécie foi introduzida no início do século passado (FERRÃO et al., 2007a; FAZUOLI et al., 2009), houve maior expansão do SG1, representado pelo tipo varietal 'Conilon' (adaptação do termo 'Kouillou', com o "u" sendo trocado pelo "n") (MONTAGNON et al., 2012). O SG2, que reúne as progêneses do tipo varietal 'Robusta', apresenta-se ainda precariamente representado nas lavouras brasileiras, embora seja portador de inúmeros alelos de interesse, sobretudo com relação à resistência à ferrugem, fusariose (*Fusarium xylarioides*), CBD (*Colletotrichum kahawae*), nematoides e bichomineiro; maior tamanho de grãos e menor teor de cafeína. Ademais, os acessos mantidos nas coleções nacionais de germoplasma são progêneses de um número relativamente pequeno de indivíduos e advêm de outras coleções estabelecidas, sobretudo, na Indonésia e na Costa Rica (FAZUOLI et al., 2009).

O germoplasma de *C. canephora* encontra-se conservado em coleções *ex situ* em diferentes países, como: Costa do Marfim, Camarões, Uganda, Índia, Indonésia e Brasil (BERTHAUD; CHARRIER, 1985). No Brasil, as principais coleções *ex situ* de café canéfora são mantidas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) e pela Embrapa Rondônia.

## **Caracterização de genótipos da coleção ativa de germoplasma de café da Embrapa Rondônia**

A Coleção Ativa de Germoplasma de Café da Embrapa Rondônia merece destaque, uma vez que apresenta a particularidade de conter, além do germoplasma coletado no próprio Estado, expressivo número de subamostras resultantes de intercâmbios com outras instituições, compondo desse modo, uma variabilidade representativa do germoplasma de *C. canephora* cultivado e conservado no Brasil (SOUZA et al., 2003).

A coleção foi instalada no campo experimental da Embrapa Rondônia, no Município de Ouro Preto do Oeste. Os primeiros intercâmbios de acessos de café foram feitos na década de 1970, por meio de sementes oriundas do IAC, em São Paulo. Posteriormente, outros acessos foram obtidos no Incaper, no Espírito Santo e Epamig, em Minas Gerais. Por fim, durante a década de 1990, foi realizado intenso trabalho de coleta de *Coffea canephora* nas áreas tradicionais de cultivo de café em Rondônia (SOUZA et al., 2003).

As primeiras caracterizações foram realizadas exclusivamente com o objetivo de verificar o desempenho agrônomo dos acessos. Avaliações mais detalhadas, utilizando os principais descritores botânicos do gênero *Coffea* foram realizadas em 153 acessos (SOUZA et al., 2003), dos quais 127 também foram avaliados com base em marcadores moleculares (SOUZA et al., 2013) (Tabela 1).

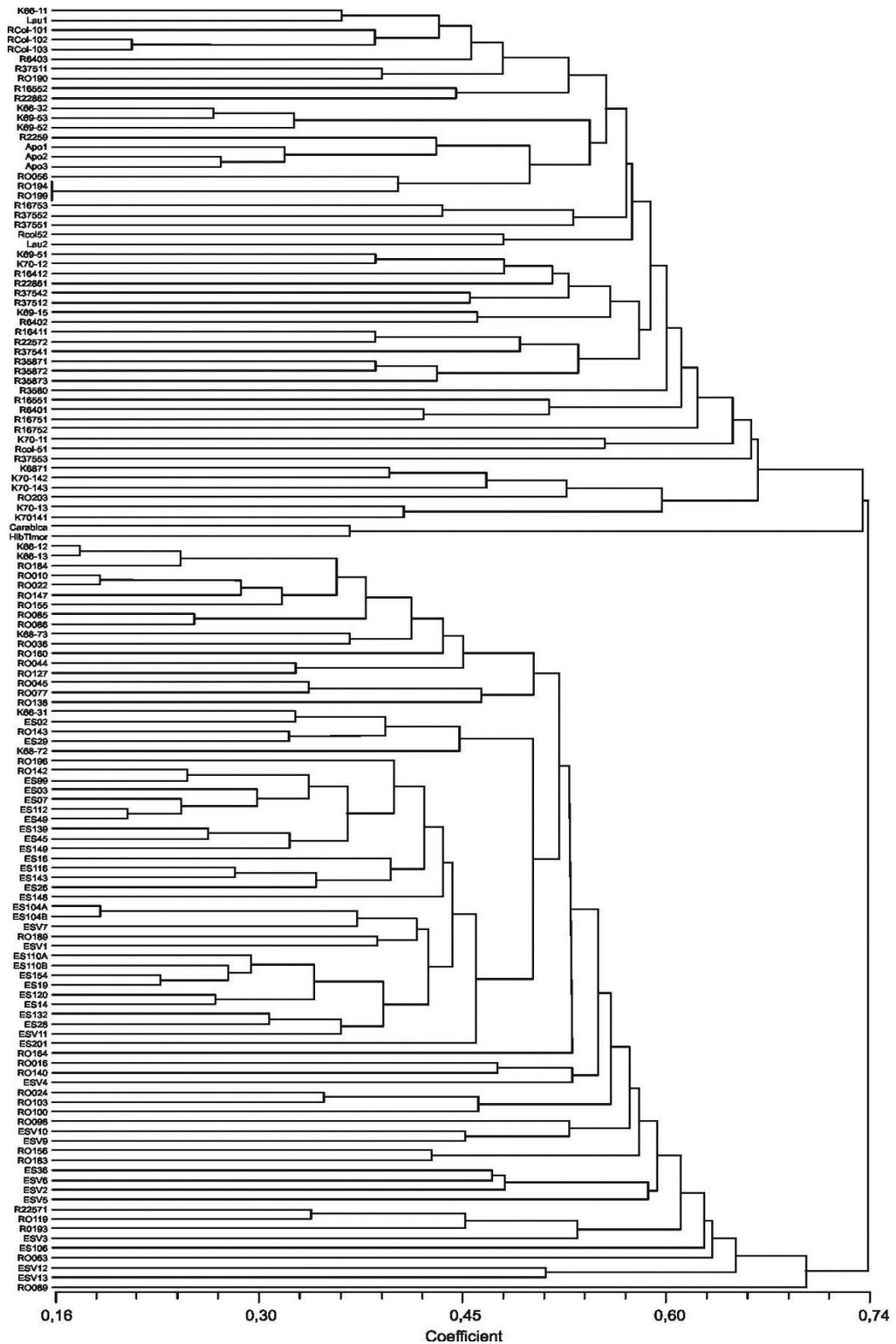
Com base na análise molecular, verificou-se que os acessos de canéfora da Coleção Ativa de Germoplasma da Embrapa Rondônia estão divididos em dois grandes grupos (Figura 3). O primeiro composto pelos acessos do tipo 'Conilon', oriundos de coletas em Rondônia e introduzidos a partir dos BAGs do Incaper, no Espírito Santo e do IAC, em São Paulo. No entanto, os 'Conilons' oriundos do Incaper apresentaram padrão molecular diferenciado, o que possibilitou a sua distinção em relação aos demais. O segundo grupo

é composto, predominantemente, por acessos do tipo 'Robusta', dos BAGs do IAC e da Epamig. No grupo dos 'Robustas', foi observada ampla diversidade, não havendo distinção entre os acessos oriundos do IAC e da Epamig. Notadamente, os acessos Cpafró 190, Cpafró 056, Cpafró 193, Cpafró 194 e Cpafró 199, (Rondônia) e Emcapa V.3 (Espírito Santo) foram identificados como híbridos naturais entre 'Conilons' e 'Robustas'.

**Tabela 1.** Acessos de *Coffea* da Coleção de Germoplasma da Embrapa Rondônia avaliados com marcadores microsatélites.

Acesso	OA	Acesso	OA	Acesso	OA
Kouillou IAC66-1.1	1	Robusta UFV 3587.1	2	Cpafró 199	3
Kouillou IAC 66-1.2	1	Robusta UFV 3587.2	2	Cpafró 203	3
Kouillou IAC 66-1.3	1	Robusta UFV 3587.3	2	Emcapa 02	4
Kouillou IAC 66-3.1	1	Robusta UFV 3751.1	2	Emcapa 03	4
Kouillou IAC 66-3.2	1	Robusta UFV 3751.2	2	Emcapa 07	4
Kouillou IAC 68-7.1	1	Robusta UFV 3754.1	2	Emcapa 14	4
Kouillou IAC 68-7.2	1	Robusta UFV 3754.2	2	Emcapa 16	4
Kouillou IAC 68-7.3	1	Robusta UFV 3755.1	2	Emcapa 19	4
Kouillou IAC 69-15	1	Robusta UFV 3755.2	2	Emcapa 28	4
Kouillou IAC 69-5.1	1	Robusta UFV 3755.3	2	Emcapa 104A	4
Kouillou IAC 69-5.2	1	Cpafró 010	3	Emcapa 104B	4
Kouillou IAC 69-5.3	1	Cpafró 016	3	Emcapa 106	4
Kouillou IAC 70-1.1	1	Cpafró 022	3	Emcapa 110A	4
Kouillou IAC 70-1.2	1	Cpafró 024	3	Emcapa 110B	4
Kouillou IAC 70-1.3	1	Cpafró 036	3	Emcapa 112	4
Kouillou IAC 70-14.1	1	Cpafró 044	3	Emcapa 116	4
Kouillou IAC 70-14.2	1	Cpafró 045	3	Emcapa 120	4
Kouillou IAC 70-14.3	1	Cpafró 056	3	Emcapa 132	4
Laurenti.1	1	Cpafró 063	3	Emcapa 139	4
Laurenti.2	1	Cpafró 077	3	Emcapa 143	4
Apoatã IAC 2258.1	1	Cpafró 085	3	Emcapa 148	4
Apoatã IAC 2258.2	1	Cpafró 086	3	Emcapa 149	4
Apoatã IAC 2258.3	1	Cpafró 089	3	Emcapa 154	4
Robusta IAC 640.1	1	Cpafró 098	3	Emcapa 201	4
Robusta IAC 640.2	1	Cpafró 100	3	Emcapa 26	4
Robusta IAC 640.3	1	Cpafró 103	3	Emcapa 29	4
Robusta IAC 1641.1	1	Cpafró 119	3	Emcapa 36	4
Robusta IAC 1641.2	1	Cpafró 127	3	Emcapa 45	4
Robusta IAC 1655.1	1	Cpafró 138	3	Emcapa 49	4
Robusta IAC 1655.2	1	Cpafró 140	3	Emcapa 99	4
Robusta IAC 1675.1	1	Cpafró 142	3	Emcapa V.1	4
Robusta IAC 1675.2	1	Cpafró 143	3	Emcapa V.2	4
Robusta IAC 1675.3	1	Cpafró 147	3	Emcapa V.3	4
Robusta IAC 2257.1	1	Cpafró 155	3	Emcapa V.4	4
Robusta IAC 2257.2	1	Cpafró 156	3	Emcapa V.5	4
Robusta IAC 2259.1	1	Cpafró 160	3	Emcapa V.6	4
Robusta IAC 2286.1	1	Cpafró 164	3	Emcapa V.7	4
Robusta IAC 2286.2	1	Cpafró 183	3	Emcapa V.9	4
Robusta Col - 10.1	1	Cpafró 184	3	Emcapa V.10	4
Robusta Col - 10.2	1	Cpafró 189	3	Emcapa V.11	4
Robusta Col - 10.3	1	Cpafró 190	3	Emcapa V.12	4
Robusta Col - 5.1	1	Cpafró 193	3	Emcapa V.13	4
Robusta Col - 5.2	1	Cpafró 194	3	<i>C. arabica</i> var. Typica UFV 2945	2
Robusta UFV 3580	2	Cpafró 196	3	Híbrido de Timor CIFC 1343/269	2

OA: Origem dos acessos: 1) Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), São Paulo; 2) Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig); 3) Acessos coletados em plantios comerciais em Rondônia (Embrapa Rondônia) e 4) Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural Incaper, Espírito Santo.  
Fonte: Souza et al. (2013).



**Figura 3.** Diversidade genética dos acessos da coleção de germoplasma de café canéfora da Embrapa Rondônia, com base em marcadores microssatélites.

Fonte: Souza et al. (2013).



O conhecimento sobre a diversidade genética e o nível de diferenciação genética entre populações das espécies auxilia na definição dos estoques genéticos e no estabelecimento de estratégias de uso e manejo desses recursos (CRUZ, 2005). No caso de *C. canephora*, os estudos de diversidade podem facilitar a orientação dos programas de melhoramento na escolha de genitores para cruzamentos ou de genótipos para composição de variedades clonais (SOUZA et al., 2003). Ademais, esses estudos podem minimizar o risco de erosão genética causada pelo desenvolvimento de cultivares superiores, de base genética estreita como é o caso dos clones. Além disso, o conhecimento da diversidade genética poderá auxiliar no manejo do banco de germoplasma, oferecendo parâmetros para estabelecimento de tamanho de populações a serem conservadas e eliminação de duplicatas, entre outras aplicações (CRUZ, 2005).

## Considerações finais

No Brasil, tem-se observado predominância do cultivo de genótipos de *C. canephora* do tipo varietal 'Conilon', em detrimento do tipo varietal 'Robusta'. Isso ocorre apesar das plantas do tipo 'Robusta' apresentarem algumas características comparativamente superiores às do tipo 'Conilon', sobretudo, com relação à qualidade dos grãos e à resistência à ferrugem e a nematoides. Entretanto, as plantas do tipo 'Robusta' são mais vigorosas e, portanto, mais demandantes de água. Na Amazônia, o emprego de cultivares do tipo 'Robusta' pode ser interessante, pois nesta região, as chuvas são abundantes e bem distribuídas ao longo do ano, o que reduz a ocorrência de déficits hídricos acentuados.

Para viabilizar o aumento da participação do germoplasma de 'Robusta' na cafeicultura amazônica é necessário intensificar as iniciativas em pesquisas com o melhoramento genético da espécie na região, focando na obtenção e disponibilização de cultivares daquele tipo varietal ou de tipos resultantes de cruzamentos intervarietais, que apresentem simultaneamente as vantagens de 'Conilon' e 'Robusta'. Desse modo, será possível atender demandas atuais e futuras, relacionadas ao melhor desempenho produtivo das lavouras, à melhoria da qualidade dos grãos, à facilitação do manejo e à redução do uso de defensivos químicos potencialmente danosos ao equilíbrio do ambiente e à saúde do homem.

## Referências

- ANTHONY, F.; BERTRAND, B.; QUIROS, O.; WILCHES, A.; LASHERMES, P.; BERTHAUD, J.; CHARRIER, A. Genetic diversity of wild coffee (*Coffea arabica* L.) using molecular markers. **Euphytica**, Holanda, v. 118, n.1, p. 53-65. 2001.
- ANTHONY, F.; DINIZ, L.E.C.; COMBES, M.; LASHERMES, P. Adaptive radiation in *Coffea* subgenus *Coffea* L. (Rubiaceae) in African and Madagascar. **Plant Systematic Evolution**, New York, v. 285, n. 1-2, p. 51-64. 2010.
- ASQUINI, E.; GERDOL, M.; GASPERINI, D.; IGIC, B.; GRAZIOSI, G.; PALLAVICINI, A. SR-Nase sequences in styles of *Coffea* (Rubiaceae). Evidence for S-RNase based gametophytic self-incompatibility? **Tropical Plant Biology**, v. 4, p.237-249, 2011.
- BERTHAUD, J. Gene flow and population structure in *Coffea canephora* coffee populations in Africa. In.: JACQUART, P.; HEIM, G.; ANTONOVICS, J. (Ed.). **Genetic differentiation and dispersal in plants**. [New York]: Springer, 1985. p. 355-366. (N.A.T.O. Advanced Study Institute. Series G. Ecological Sciences, v.5).
- BERTHAUD, J. L'incompatibilité chez *Coffea canephora*: méthode de test et déterminisme génétique. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 24, n.1, p. 167-174. 1980.

BERTHAUD, J. **Les ressources génétiques pour l'amélioration des caféiers africains diploïdes. Evaluation de la richesse génétique des populations sylvestres et de ses mécanismes organisateurs. Conséquences pour l'application.** 1986. 379f. Tese (Doutorado em Agronomia) – ORSTOM, Paris.

BERTHAUD, J.; CHARRIER, A. Genetic resources of *Coffea*. In: CLARCK, R. J.; MACRAE, R. (Ed). **Coffee – Agronomy.** London: Elsevier Applied Science, 1985. p.1-40.

BOYER, J. Comportement hydrique des deux grands groupes de *Coffea canephora* de Côte d'Ivoire. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 9, n. 4, p. 263-282. 1965.

BOYER, J. Étude expérimentale des effets du régime d'humidité du sol sur la croissance végétative, la floraison et la fructification du caféier Robusta. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 13, n. 3, p. 187-200, 1969.

CARVALHO, A. **Histórico do desenvolvimento do cultivo do café no Brasil.** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1993. 7p. (Documentos IAC, 34).

CARVALHO, C. H. S.; FAZUOLI, L. C.; CARVALHO, G. R.; GUERREIRO-FILHO, O.; PEREIRA, A. A.; ALMEIDA, S. R.; MATIELLO, J. B.; BARTHOLO, G. F.; SERA, T.; MOURA, W. M.; MENDES, A. N. G.; RESENDE, J. C.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; NACIF, A. P.; SILVAROLLA, M. B.; BRAGHINI, M. T. Cultivares de café arábica de porte baixo. In: CARVALHO, C. H. S. (Ed.) **Cultivares de café: origem, características e recomendações.** Brasília: Embrapa Café, 2008. 334 p.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Principles and methods of coffee plant breeding: *Coffea canephora*. In: CLARCK, R.J.; MACRAE, R. (Ed.). **Coffee: Agronomy.** London, **Elsevier Applied Science**, 1985. p. 167-198.

CHEVALIER, A. **Les caféiers du globe. I. Généralités sur les caféiers.** Paris: Paul Lechevalier, 1929. (Encyclopédie biologique, 5).

COUTURON, E.; LASHERMES, P.; CHARRIER, A. First intergeneric hybrids (*Psilanthus ebracteolatus* Hiern *Coffea arabica* L.) in coffee trees. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 76, p. 542-546. 1998.

CROS, J.; COMBES, M.C.; TROUSLOT, P.; ANTHONY, F.; HAMON, S.; CHARRIER, A.; LASHERMES, P. Phylogenetic analysis of chloroplast DNA variation in *Coffea* L. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, San Diego, v. 9, n. 1, p. 109-117, 1998.

CRUZ C. D. **Princípios de genética quantitativa.** Viçosa, MG: UFV, 2005. 394p.

CUBRY, P.; DE BELLIS, F.; POT, D.; MUSOLI, P.; LEROY, T. Global analysis of *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (Rubiaceae) from the Guineo-Congolese region reveals impacts from climatic refuges and migration effects. **Genetic Resource and Crop Evolution**, v. 60, n. 2, p. 483-501.

DAVIS, A. P.; BRIDSON, D. M.; RAKOTNASOLO, F. A reexamination of *Coffea* subgenus *Baracoffea* and comments on the morphology and classification of *Coffea* and *Psilanthus* (Rubiaceae-Coffeae). In: KEATING, R.C.; HOLLOWELL, V.C.; CROAT, T. (Ed.). **Festschrift for William G. D'Arcy: the legacy of a taxonomist.** Missouri: MBG Press, 2005. p. 398-420. (Monograph in Systematic Botany 104).

DAVIS, A. P.; GOVAERTS, R.; BRIDSON, D. M.; STOFFELEN, P. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v. 152, n. 4, p. 465-512, 2006.

DAVIS, A. P.; TOSH, J.; RUCH, N.; FAY, M. F. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v. 167, n. 4, p. 357-377. 2011.

DE NETTANCOURT, D. Incompatibility in angiosperms. **Sexual Plant Reproduction**, New York, v.10, p.185-199, 1997.

DORÉ, C.; VAROQUAUX, F. **Histoire et amelioration des cinquante plantes cultivées.** Paris: Inra, 2006. p.163-182. (Savoir Faire).

DUSSERT, S.; LASHERMES, P.; ANTHONY, F.; MONTAGNON, C.; TROUSLOT, P.; COMBES, M.C.; BERTHAUD, J.; NOIROT, M.; HAMON, S. Le caféier, *Coffea canephora*. In: HAMON, P.; SEGUIN, M.; PERRIER, X.; GLASZMANN, J-C. (Ed.) **Diversité génétique des plantes tropicales cultivées.** Montpellier, France: Cirad, 1999. p. 175-794.

FAZUOLI, L. C.; MISTRO, J. C.; BRAGHINI, M. T. Melhoramento do café robusta no Instituto Agrônomo de Campinas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed). **Tecnologias para produção do café conilon.** Viçosa, MG: UFV, 2009. p. 201-247.

FERRÃO, L. F. V.; CAIXETA, E. T.; SOUZA, F. F.; ZAMBOLIM, E. M.; CRUZ, C. D.; ZAMBOLIM, L.; SAKIYAMA, N. S. Comparative study of different molecular markers for classifying and establishing genetic relationships in *Coffea canephora*. **Plant systematics and evolution**, New York, v. 229, n. 1, p. 225-238, 2013.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; BRAGANÇA, S. M.; VERDIN-FILHO, A. C.; VOLPI, P. S. Cultivares de café conilon. In: FERRÃO R. G., FONSECA A. F. A.; BRAGANÇA S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Ed.) **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 203-225.

GOMÉZ, C.; DUSSERT, S.; HAMON, P.; HAMON, S.; de KOCHKO, A.; PONCET, V. Current genetic differentiation of *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner in the Guineo-Congolian African zone: cumulative impact of ancient climatic changes and recent human activities. **BMC Evolutionary Biology**, v. 9, p.167, 2009.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. Exports by exporting countries to all destinations. Disponível em: <<http://www.ico.org/prices/m1.htm>>. Acesso em: 12 Dez. 2013.

LASHERMES, P.; COMBES, M.C.; TROUSLOT, P.; CHARRIER, A. Phylogenetic relationships of coffee-tree species (*Coffea* L.) as inferred from ITS sequences of nuclear ribosomal DNA. **Theoretical Applied Genetics**, New York, v. 94, n. 6-7, p. 947-955. 1997.

LASHERMES, P.; COUTURON, E.; MOREAU, N.; PAILLARD, M.; LOUARN, J. Inheritance and genetic mapping of self-incompatibility in *Coffea canephora* Pierre. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 93, n. 3, p. 458-462. 1996.

LEBRUN J. **Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers du Congo**. [Bruxelles]: [s. n.], 1941. 184p. Section des sciences naturelles et médicales. Mémoires in - 8. Tome 11. Fasc. 3.

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

MARTINS, A. L. **História do café**. São Paulo: Contexto, 2008. 316p.

MAURIN, O.; DAVIS, P.A.; CHESTER, M.; MVUNG, E.F.; JAUFERALLY-FAKIM, Y.; FAY, M.F. Towards a phylogeny for *Coffea* (Rubiaceae): Identifying well-supported lineages based on nuclear and plastid DNA sequences. **Annals of Botany**, Londres, v. 100, n. 7, p.1565-1583, 2007.

MONTAGNON, C.; CUBRY, P.; LEROY, T. Amélioration génétique du caféier *Coffea canephora* Pierre: connaissances acquises, stratégies et perspectives. **Cahiers Agriculture**, [Paris], v. 21, n. 2-3, p. 143-153. 2012.

MONTAGNON, C.; LEROY, T. Réaction à la sécheresse de jeunes caféiers *Coffea canephora* de Côte-d'Ivoire appartenant à différents groupes génétiques. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 37, n. 3, p.179-189. 1993.

MONTAGNON, C.; LEROY, T.; ESKES, A. B. Amélioration variétale de *Coffea canephora*. I. Critères et méthodes de sélection. **Plantations, Recherche, Développement**, Paris, v. 5, n. 1, p.18-33, 1998a.

MONTAGNON, C.; LEROY, T.; ESKES, A.B. Amélioration variétale de *Coffea canephora*. II. Les programmes de sélection et leurs résultats. **Plantations, Recherche, Développement**, Paris, v. 5, n. 1, p. 89-98, 1998b.

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

MUSOLI, C. P.; CUBRY, P.; ALUKA, P.; BILLOT, C.; DUFOUR, M.; DE BELLIS, F.; POT D.; BIEYSSE, D.; CHARRIER, A.; LEROY, T. Genetic differentiation of wild and cultivated populations: Diversity of *Coffea canephora* Pierre in Uganda. **Genome**, Ottawa, v. 52, n.7, p.634-646, 2009.

N'DIAYE, A.; PONCET, V.; LOUARN, J.; HAMON, S.; NOIROT, M. Genetic differentiation between *Coffea liberica* var. *liberica* and var. *Dewevrei* and comparison with *C. canephora*. **Plant System Evolution**, New York, v. 253, n. 1-4, p. 95-104, 2005.

NOWAK, M. D.; DAVIS, A. P.; ANTHONY, F.; YODER, A. D. Expression and trans-specific polymorphism of self-incompatibility RNases in *Coffea* (Rubiaceae). **PLoS ONE**, v. 6, n. 6, p.e21019, 2011.

RESENDE, M. D. V.; BARBOSA, M. H. P. **Melhoramento genético de plantas de propagação assexuada**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 130p.

SCHIFINO-WITTEMAN, M. T.; DALL'AGNOL, M. Autoincompatibilidade em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 1083-1090, 2002.



SOUZA, F. de F.; CAIXETA, E. T.; FERRÃO, L. F. V.; PENA, G. F.; SAKIYAMA, N. S.; ZAMBOLIM, E. M.; ZAMBOLIM, L.; CRUZ, C. D. Molecular diversity in *Coffea canephora* germplasm conserved and cultivated in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 13, p. 221-227, 2013.

SOUZA, F. F.; SANTOS, M. M.; VENEZIANO, W. Manejo de recursos genéticos de café em Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro, BA. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003. p. 238.

STOFFELEN P., NOIROT, M.; COUTURON, E.; BONTEMS, S.; DE BLOCK, P.; ANTHONY, F. *Coffea anthonyi*, a new self compatible Central African coffee species, closely related to an ancestor of *Coffea arabica*. **Taxon**, Utrecht, v. 58, n. 1, p.133-140. 2009.

## Capítulo 5

---

# **Melhoramento de *Coffea canephora* – considerações e metodologias**

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





## Introdução

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **Objetivos e estratégias do melhoramento genético**

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

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



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

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

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

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

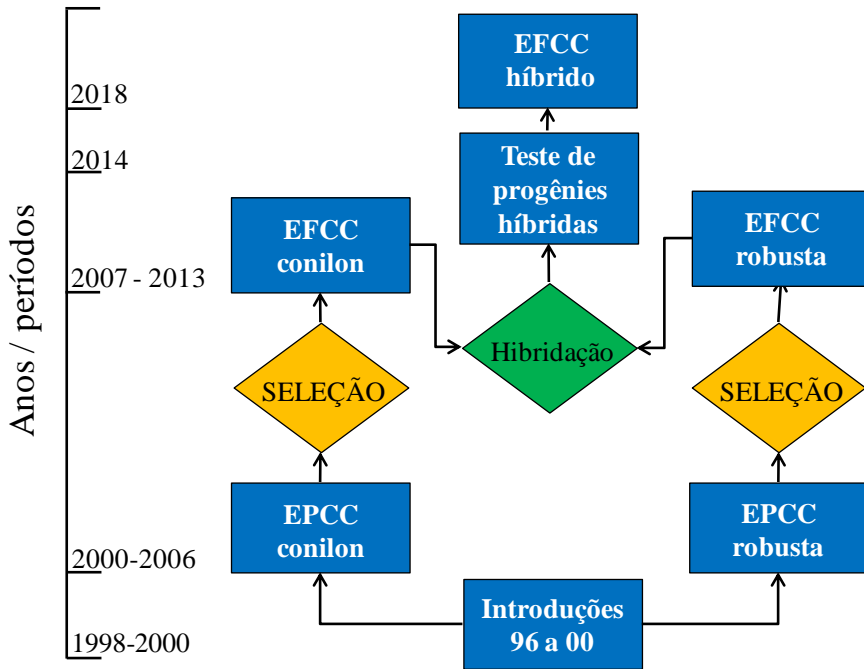
Nesse período foram clonadas 1.158 plantas em diferentes condições edafoclimáticas. Após a seleção final em viveiro 644 clones foram utilizados para instalar três Ensaios Preliminares de Competição Clonal (EPCC), divididos em: 153 acessos em 1998 (EPCC-98), 213 acessos em 2000 (EPCC-2000) e 278 acessos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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **Critérios de seleção**

### **Rendimento de grãos**

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

### **Vigor vegetativo**

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

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

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

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

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

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

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

### Maturação dos frutos

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

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



Foto: Rafael Alves da Rocha

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

## Resistência/tolerância

### *Ferrugem-alaranjada*

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

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

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

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

### *Nematoide-das-galhas*

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

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

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

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

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

### *Insetos-praga*

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

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

### *Estresses abióticos*

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

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



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

## Qualidade de bebida

### *Características do grão*

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

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

### *Atributos sensoriais*

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

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

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



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

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

## Parâmetros genéticos

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Hibridação controlada

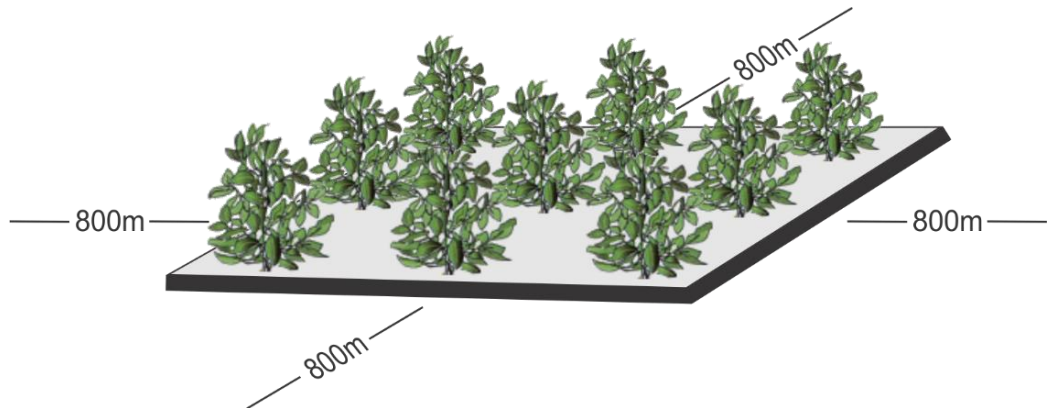
Cruzamentos direcionados vêm sendo realizados, recentemente, de maneira sistemática para a obtenção de híbridos. Naturalmente, a espécie *C. canephora* apresenta alogamia, ou seja, seu sistema reprodutivo ocorre por fecundação cruzada. Esse sistema é favorecido pela ocorrência de autoincompatibilidade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

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

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

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

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



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

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

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



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

Fonte: Teixeira et al. (2011).



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

## Heterose e vigor híbrido

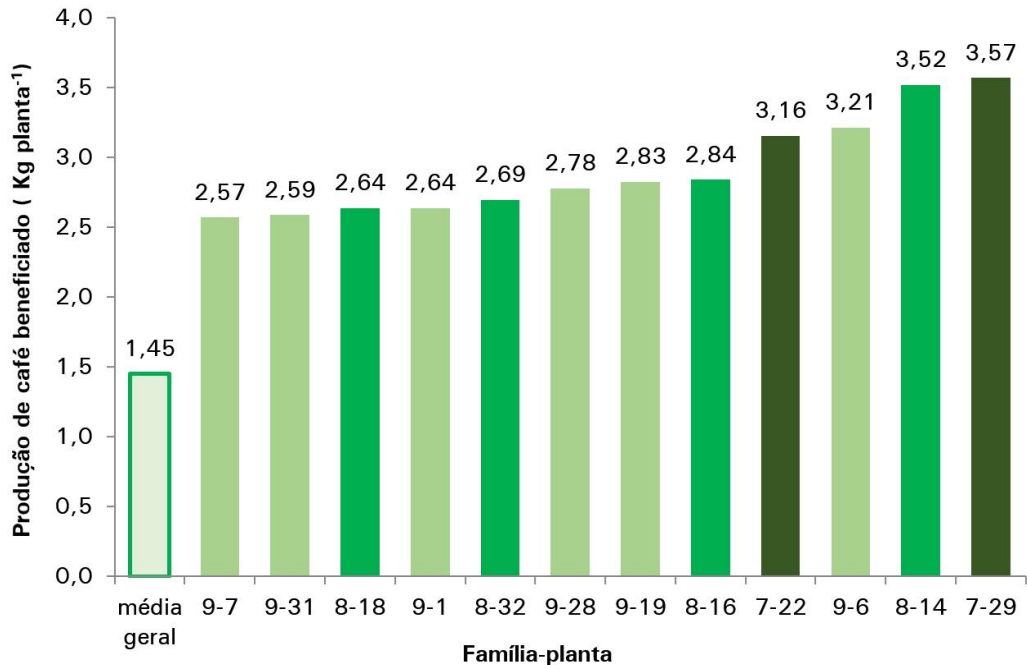
Estudos sobre heterose, definida também como vigor híbrido, tiveram início no final do século 19, quando Darwin conduziu experimentos comparando plantas autofecundadas com plantas cruzadas em milho. Posteriormente, com o advento do milho híbrido, desenvolvido a partir das descobertas de Shull (1909)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

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

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

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

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



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

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

## Conilon BRS Ouro Preto

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



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

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

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

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

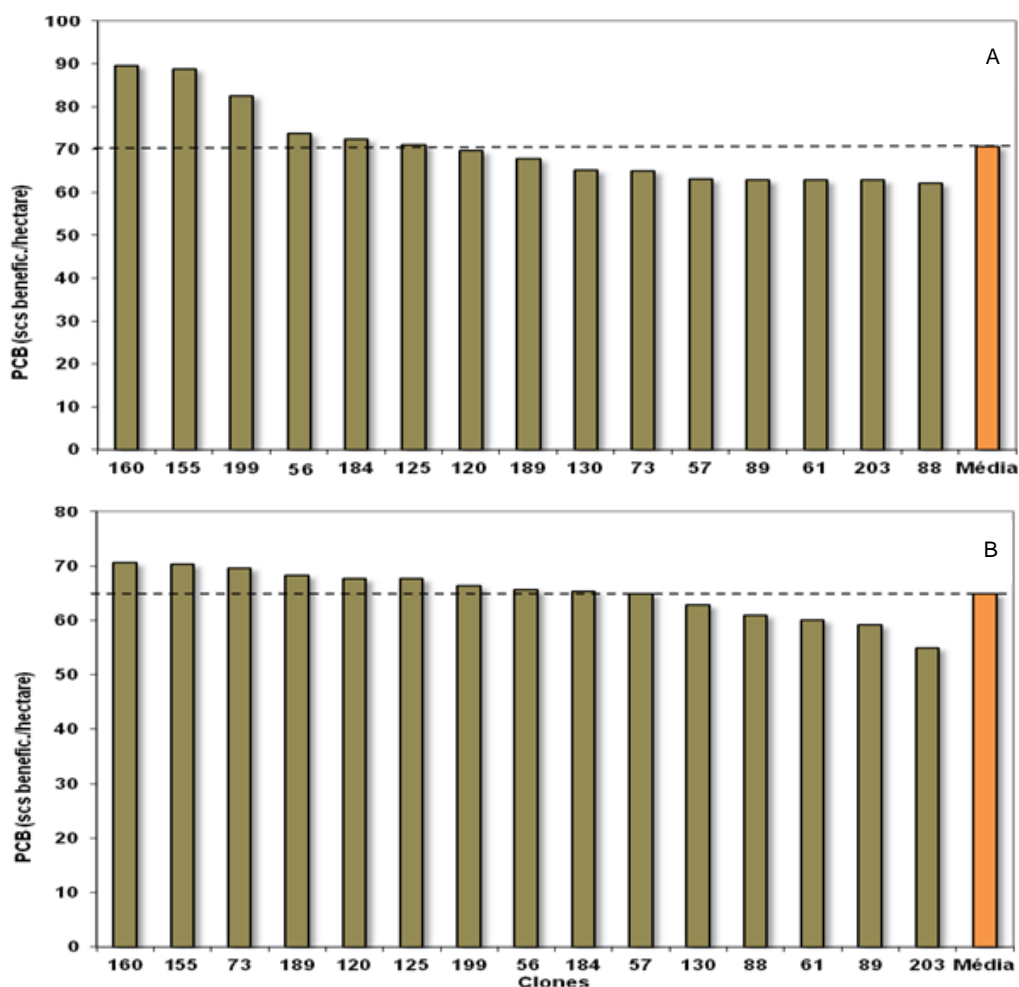
Neste ensaio, as avaliações agrônômicas foram realizadas ao longo de quatro anos agrícolas, no período de 2000 a 2004 (RAMALHO et al., 2011; SOUZA et al., 2007; VENEZIANO et al., 2003; SOUZA, 2003; VENEZIANO; FAZUOLI, 2000). Os valores genéticos do rendimento de café beneficiado foram obtidos utilizando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

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



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

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



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



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

**Tabela 3.** Principais características da cultivar multiclonal ‘Conilon BRS Ouro Preto’.

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

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

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

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

## Perspectivas futuras

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

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

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

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

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

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

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

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

## Referências

AGUIAR, A. T. E.; FAZUOLI, L. C.; SALVA, T. J. G.; FAVARIN, J. L. Diversidade química do cafeeiro da espécie *Coffea canephora*. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 577-582, 2005.

ALFONSI, E. L.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C.; FAZUOLI, L. C. Crescimento, fotossíntese e composição mineral em genótipos de *Coffea* com potencial para utilização como porta enxerto. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1-13, 2005.

BERTHAUD, J. **Les ressources génétiques pour l'amélioration des caféiers africains diploïdes. Evaluation de la recherche génétique des populations sylvestres et ses mécanismes organisateurs.** Consequences pour l'application, Montpellier, France: ORSTOM, 1986. 379 p.

BERTHAUD, J. L'incompatibilité chez *Coffea canephora*: méthode de test et déterminisme génétique. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 24, n. 1, p. 167-174, 1980.

BERTHAUD, J. Propositions pour une nouvelle stratégie d'amélioration des caféiers de l'espèce *C. canephora*, basée sur les résultats de l'analyse des populations sylvestres. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE, 11., 1985, Paris. **Annals...** Paris: ASIC, 1985. p. 445-452.

BITTENCOURT, A. J.; CARVALHO, A. Melhoramento visando a resistência do cafeeiro à ferrugem. **Bragantia**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 35-68, 1968.

BOUHARMONT, P. Selection de la variété Java et son utilisation pour la regeneration de la cafeiere Arabica au Cameroun. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 36, p. 247-262, 1992.

BOUHARMONT, P.; LOTODÉ, R.; AWEMO, J.; CASTAING, X. La sélection generative du caféier robusta au Cameroun. Analyse des résultats d'un essai d'hybrides dialléle partiel implanté en 1973. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 30, n. 2, p. 93-112, 1986.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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



## Capítulo 6

---

# Produção de mudas

*Marcelo Curitiba Espindula*

*Aldo Luiz Mauri*

*André Rostand Ramalho*

*Jairo Rafael Machado Dias*

*Maria das Graças Rodrigues Ferreira*

*Maurício Reginaldo Alves dos Santos*

*Alaerto Luiz Marcolan*





## Introdução

A cafeicultura é uma atividade agrícola de grande expressão na Amazônia Ocidental, principalmente no Estado de Rondônia, onde é a segunda maior atividade, depois da pecuária de corte. Com produção superior a 1,5 milhão de sacas beneficiadas na safra de 2014, Rondônia é o quinto maior produtor de café do Brasil e o segundo maior produtor de café da espécie *Coffea canephora* (CONAB, 2015), conhecida popularmente como 'Conilon' ou 'Robusta' e que, neste capítulo, será chamada de canéfora com a finalidade de englobar genótipos de ambos os grupos botânicos, 'Conilon' e 'Robusta'.

As lavouras de cafeeiros na Amazônia Ocidental são formadas por mudas oriundas de sementes (seminíferas) ou estacas (clonais), dependendo, principalmente, do nível tecnológico adotado pelos produtores. Em Rondônia, no ano de 2011, aproximadamente 95% das lavouras eram formadas por mudas oriundas de sementes e somente 5% era formado por mudas propagadas vegetativamente. No entanto, as lavouras oriundas de sementes vêm gradativamente sendo substituídas por lavouras clonais<sup>1</sup>. Estima-se que a renovação anual seja de aproximadamente 10% do parque cafeeiro.

Para ambas as formas de propagação, bem como, para as demais formas que serão tratadas neste capítulo, a produção de mudas sadias e bem desenvolvidas constitui um dos principais fatores de sucesso das novas lavouras. Mudas deformadas, especialmente com problemas radiculares, limitam o desempenho das plantas adultas, e os efeitos negativos somente ficarão evidentes alguns anos após o plantio, não havendo maneira prática de corrigi-los com baixo custo (MARTINEZ et al., 2007).

Geralmente, as mudas utilizadas nos cafezais da região Amazônica são produzidas no próprio estabelecimento rural do agricultor, adquiridas de viveiristas particulares ou de órgãos públicos, tais como secretarias de agricultura municipais ou estaduais. Independentemente da forma de obtenção das mudas, deve-se atentar para a qualidade das mesmas, cuja produção está fundamentada na aplicação correta de procedimentos técnicos regulados oficialmente pela legislação pertinente, sobretudo a instrução normativa nº 35 de 29 de novembro de 2012 (BRASIL, 2012).

Neste capítulo serão abordados aspectos relacionados às etapas de produção de mudas de café canéfora mais usuais na Amazônia Ocidental brasileira, bem como a micropropagação e a enxertia, como técnicas alternativas para situações específicas que se fizerem necessárias.

## Viveiro para produção de mudas

Os viveiros para produção de mudas de café podem ser de pequeno, médio e grande porte, tendo como objetivo atender a demanda interna da propriedade ou para comercialização de mudas. Além disso, o viveiro de mudas pode ser comunitário ou público gerido por órgãos governamentais. Por essa razão, os viveiros de produção de mudas comumente apresentam grande variedade de estrutura física, capacidade de produção, tanto em quantidade quanto em qualidade.

---

<sup>1</sup> Capítulo 21 deste livro: "Aspectos de produção e comercialização da cadeia agroindustrial do café em Rondônia", de Rosa Neto et al.



## Localização do viveiro

Para escolha do local de instalação do viveiro devem ser observadas as características da área, atentando-se para a topografia do terreno, acesso de veículos e pessoas, disponibilidade de água de qualidade, incidência de radiação, intensidade de ventos, infestação de plantas daninhas, proximidade do jardim clonal e do mercado consumidor.

A topografia do terreno deve ter de 1% a 5% de declividade e ser de fácil drenagem. Deve ser de fácil acesso durante todo ano, possibilitando a chegada de insumos e a expedição das mudas, entretanto, deve-se evitar o trânsito de animais e de pessoas, o que facilita a disseminação de pragas e doenças, principalmente nematoides.

A área deve ser próxima à fonte de água de boa qualidade para irrigação, durante todo o período de desenvolvimento das mudas. Entretanto, deve-se evitar as baixadas úmidas que favorecem o desenvolvimento de patógenos e doenças fúngicas.

O local deve receber incidência de radiação solar durante todo o dia e o viveiro deve ser construído no sentido leste-oeste para melhor aproveitamento da radiação solar. É importante também que a área seja ventilada, porém, livre da incidência direta de ventos fortes. O solo deve ser livre da infestação de plantas daninhas, principalmente grama-seda (*Cynodom dactylon*) e tiririca (*Cyperus rotundus*) (MARTINEZ et al., 2007; FONSECA et al., 2007).

Quando o objetivo for produção de mudas clonais, o viveiro deve ser instalado próximo ao jardim clonal, área destinada à produção de estacas, que será descrita posteriormente. No caso de viveiros comerciais, deve-se analisar a proximidade dos mesmos em relação ao mercado consumidor, para facilitar e reduzir os custos com transporte e entrega das mudas.

## Tipos de viveiro

Os viveiros podem ser provisórios ou permanentes, conforme a capacidade e o objetivo da produção e as características dos materiais empregados na estrutura. Os viveiros provisórios são cobertos com folhas de palmáceas ou bambu e construídos com mourões de eucalipto ou outras madeiras disponíveis na propriedade. Geralmente, são utilizados por agricultores para produção de mudas em pequena escala.

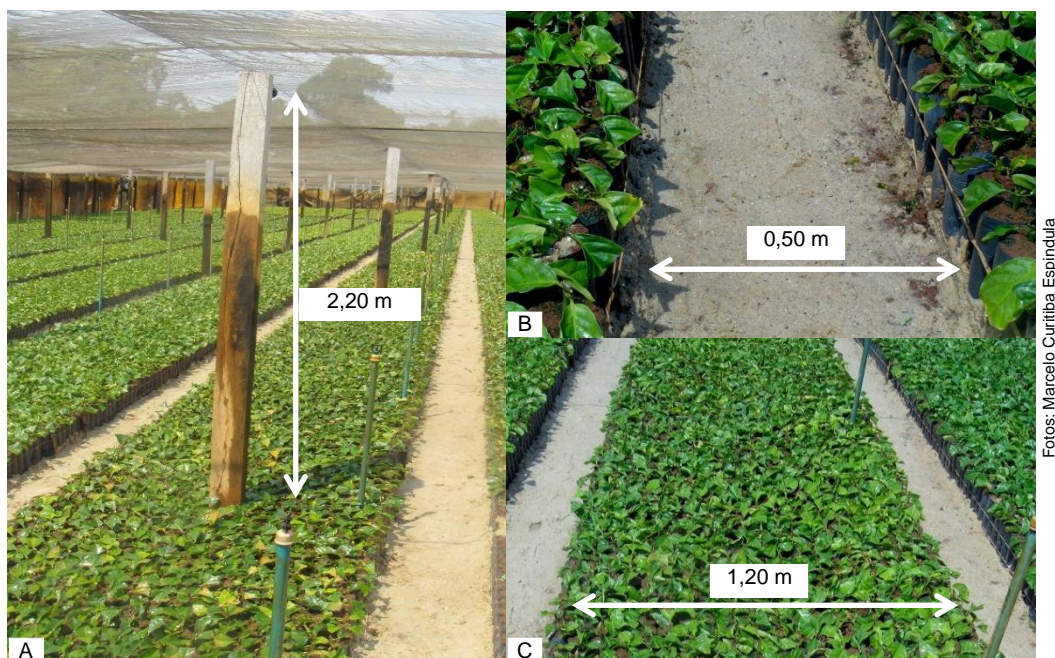
Os viveiros permanentes rústicos também podem ser construídos com materiais encontrados na propriedade como mourões de eucalipto ou similar. No entanto, a cobertura é geralmente feita com material permanente de baixo custo, como tela de sombreamento. Estes viveiros geralmente são destinados à produção de mudas para uso próprio e comercialização do excedente.

Os viveiros permanentes que utilizam material durável e de alto custo, são geralmente utilizados por produtores de mudas especializados. Esses viveiros são, na maioria, destinados à produção de mudas clonais e são construídos em estrutura metálica, alvenaria ou madeira, com tela de sombreamento para redução de 50% da insolação, e são equipados com sistema de irrigação automatizado, proteção lateral móvel ou fixa, pedilúvio de entrada e geradores de energia.

## Dimensões do viveiro

A área do viveiro será proporcional ao total de mudas de café a serem produzidas e do tamanho da sacola a ser utilizada. Estima-se que  $1,0 \text{ m}^2$  de canteiro possa acomodar de 196 a 256 sacolas de polietileno de dimensões  $11 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 0,006 \text{ cm}$  (MARCOLAN et al., 2009).

O viveiro deve ter altura mínima de pé direito de  $2,20 \text{ m}$ . Os canteiros devem possuir  $1,20 \text{ m}$  a  $1,40 \text{ m}$  de largura para facilitar os tratos culturais e o manejo das mudas. O comprimento dos canteiros dependerá da infraestrutura e demanda de mudas, normalmente entre  $20 \text{ m}$  a  $30 \text{ m}$  de comprimento, e os corredores devem apresentar de  $0,50 \text{ m}$  a  $0,60 \text{ m}$  de largura (Figura 1).



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 1.** Dimensões de viveiro tradicional para produção de mudas de café. Altura do pé direito (A). Largura do corredor (B). Largura do canteiro (C).

Para o cálculo da área total do viveiro, considera-se a somatória da área, a qual é ocupada pelas sacolas formando os canteiros e pela área de circulação correspondente a 40% da área (GUIMARÃES et al., 1989). Portanto, considerando  $200 \text{ sacolas m}^{-2}$  de canteiro e 40% de áreas de corredores obtêm-se a área total do viveiro (Tabela 1).

**Tabela 1.** Dimensão do viveiro de mudas em função da capacidade de acondicionamento de mudas de café.

Mudas	Canteiros	Corredores	Área total do viveiro
	m <sup>2</sup>		
1.000	5	3	8
50.000	250	150	400
100.000	500	300	800
500.000	2.500	1.500	4.000
1.000.000	5.000	3.000	8.000

## Manejo das mudas no viveiro

### Recipientes e substratos

A propagação vegetativa de materiais geneticamente melhorados de café canéfora constitui-se em uma das tecnologias que possibilitaram maior incremento à produtividade da cultura. Essa técnica que tem sido recomendada no país desde meados da década de 1980 (PAULINO et al., 1985), foi ajustada por Silveira e Fonseca (1995), mas pouco evoluiu em relação aos recipientes e substrato utilizados. Na produção comercial de mudas clonais de café canéfora, sacos plásticos são usualmente utilizados como recipientes e, como substrato, é utilizado solo de horizontes subsuperficiais que pode ser retirado em barranco ou abaixo dos primeiros 10 cm. As dimensões recomendadas para os sacos são 11 cm de largura x 20 cm de altura (Figura 2) (RICCI et al., 2002; MARCOLAN et al., 2009).



Foto: Flávio de França Souza

**Figura 2.** Sacos de polietileno preenchidos com substrato e prontos para receber material propagativo (sementes ou estacas).

O solo coletado deve ser submetido à análise para determinação da fertilidade e necessidade de correção da mesma, bem como à análise física para determinação da textura e necessidade de adição de material orgânico ou areia para sua modificação.

Em geral os substratos são preparados utilizando-se solos acrescidos de material orgânico e fertilizantes minerais. Para obtenção de 1.000 litros (1,0 m<sup>3</sup>) de substrato, devem ser utilizados de 700 a 800 litros de solo peneirado, mais 200 a 300 litros de esterco bovino ou palha de café curtidos; deve-se adicionar 1,5 kg a 2,0 kg de calcário dolomítico, 5,0 kg de superfosfato simples, 0,5 kg de cloreto de potássio e 0,2 kg de micronutrientes, na forma de FTE-BR12 ou FTE-Cerrado (MARCOLAN et al., 2009). Na escolha do solo, devem ser evitados aqueles com alto teor de argila e, quando necessário, adicionar areia de tamanho médio. Cada metro cúbico de substrato é suficiente para o preenchimento de aproximadamente 1.400 sacos de polietileno (11 cm x 20 cm) (FONSECA et al., 2005).

Para evitar o uso de substrato contaminado com nematoides, deve-se evitar a coleta de solo em áreas cultivadas com lavouras de café, hortas e já utilizadas com viveiros de mudas de quaisquer espécies. Além disso, devem ser retiradas amostras do solo a ser utilizado e enviar para análises de nematoides.

Apesar de ser uma técnica usual, a utilização do binômio sacos plásticos + “terra de barranco” aumenta o custo de produção das mudas por elevar os custos com transportes e mão de obra e, ainda, aumenta a possibilidade de disseminação de patógenos de solo, principalmente nematoides (MELO, 1999), além de causar prejuízos ambientais pela grande movimentação de solo.

Como alternativa à utilização dos tradicionais sacos plásticos tem-se a possibilidade do uso de tubetes como recipientes para produção de mudas. Estes recipientes têm se mostrado eficientes para produção de mudas seminíferas de cafeeiros (MELO et al., 2003; MARANA et al., 2008). Entretanto, são escassos os estudos científicos com a utilização desses recursos na produção de mudas a partir de estacas.

O confinamento do sistema radicular das plantas formadas em tubetes pode causar reduções em seu crescimento, além de modificar a estrutura e arquitetura do sistema radicular da planta (SCHIAVO; MARTINS, 2003). Se houver restrições ao crescimento do sistema radicular, a má formação das raízes pode persistir após o plantio, prejudicando o desempenho das plantas no campo.

No lançamento das primeiras variedades clonais de café canéfora no Estado do Espírito Santo as mudas propagadas por estaquia e formadas em tubetes de 50 cm<sup>3</sup> foram mantidas por longo período nesses recipientes, e ao serem transplantadas no campo, apresentaram problemas no sistema radicular por volta do terceiro ou quarto ano de produção. Com isso, a utilização de tubetes na produção de mudas de café no Espírito Santo foi estigmatizada como um provável insucesso, sendo pouco difundida e recomendada pelos técnicos extensionistas capixabas (DARDENGO, 2012). Para desmitificar tal premissa, Amaral et al. (2007) avaliaram cinco tempos de permanência de mudas do cafeeiro propagadas por estaca em tubetes, e concluíram que o crescimento vegetativo e a produtividade não foram afetados pela formação de mudas em tubetes por um período inferior a 60 dias.

O uso de tubetes com maiores capacidades de armazenamento de substrato está sendo avaliado e os resultados têm demonstrado mudas com sistema radicular bem desenvolvido (Figura 3). Apesar do sucesso, a utilização de tubetes para produção de mudas clonais de cafeeiros canéfora ainda requer estudos para o correto uso da técnica.

A utilização de tubetes vem acompanhada do uso de substratos alternativos à tradicional mistura que usa como base a “terra de barranco”. Os substratos podem ser formados por diferentes matérias-primas ou pela combinação destes materiais, que geralmente são de origem orgânica ou mineral. Dentre os materiais orgânicos citam-se a casca de pinus, a casca de arroz, a turfa e a fibra de coco dentre outras fibras vegetais. A casca de café pode ser uma alternativa de substrato para produção de mudas clonais na região amazônica, no entanto, este material ainda não tem sua efetividade comprovada. Como mineral, a vermiculita se destaca como o substrato mais utilizado em misturas com outros materiais, especialmente os de origem vegetal. Assim, o desafio da pesquisa é desenvolver substratos alternativos com baixo custo e alta eficiência para produção de mudas de cafeeiros clonais.

Ao se utilizar substratos alternativos para a produção de mudas, especial atenção deverá ser dispensada à nutrição das mesmas, pois há necessidade de aplicações frequentes de nutrientes, principalmente por causa de sua lixiviação. Assim, a utilização de adubos de liberação controlada dos nutrientes torna-se uma das alternativas para aumentar a eficiência das adubações (SERRANO et al., 2010).



Fotos: Marcelo Curitiba Espíndula

**Figura 3.** Mudas *C. canephora* produzidas em tubetes. Em tubetes de diferentes volumes aos 120 dias após o plantio das estacas (A e B). “Torrão” de muda produzida em tubete de 300 cm<sup>3</sup> (C). Sistema radicular de planta aos 12 meses após o transplântio no campo (D). Mudanças em fase de aclimatação em bandejas com pé (E). Mudanças em canteiros suspensos (F).

## Controle de pragas, doenças e plantas daninhas

As mudas devem ser monitoradas periodicamente para verificar a ocorrência de plantas daninhas e problemas fitossanitários. Como forma de prevenção de pragas e doenças de solo, bem como, de plantas daninhas recomenda-se a utilização de lona de polietileno ou material durável e impermeável sobre a superfície do solo de toda a área do viveiro. Este material deve ser inserido sob a camada de areia e brita que formará o piso do viveiro, formando o “capeamento” do solo, o que evita o contato do solo com o fundo dos sacos.



As pragas de viveiro de café, principalmente, pulgões, lesmas, paquinhãs, grilos e formigas cortadeiras, devem ser controlados com inseticidas na dose e frequência de aplicação recomendadas pelos fabricantes dos produtos. A utilização de lona de polietileno sob uma camada de brita no piso do viveiro, sob os canteiros, permite o controle de minhocas que danificam o substrato dos recipientes.

Dentre as principais doenças que ocorrem em viveiro destacam-se a cercosporiose ou mancha-de-olho-pardo (*Cercospora coffeicola* Berk et Cook) (Figura 4), a fusariose (*F. solani*, *F. oxysporum*, *F. moliniforme*, *F. semitectum* e *F. equiseti*) e ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk et Br). A ocorrência nesse ambiente é por causa das condições de alta temperatura e umidade, típicas de viveiro de mudas, que são ideais para o desenvolvimento de fungos. A ocorrência de doenças também está associada ao desequilíbrio nutricional das plantas (VENTURA et al., 2007). Para o controle preventivo recomenda-se evitar a instalação de viveiros em locais úmidos e sombreados.



Foto: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 4.** Cercosporiose em mudas de cafeeiros canéfora.

Para o controle de plantas daninhas nas sacolas recomenda-se a aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência, tal como o oxyfluorfen (RONCHI; SILVA, 2003; PIVA, 2008; YAMASHITA et al., 2009). Em viveiros com baixa capacidade produtiva, periodicamente realizar catações manuais das plantas daninhas nas sacolas.

O controle fitossanitário deve ser realizado sob a supervisão do engenheiro agrônomo registrado como responsável técnico pelo viveiro.

## Adubação

O estado nutricional das mudas deve ser monitorado por meio de análise foliar. Havendo necessidade de aplicação complementar de nutrientes, a mesma pode ser feita via foliar. No entanto, na prática, os produtores de mudas observam visualmente o crescimento das mudas e iniciam as adubações nitrogenadas a partir da emissão completa do primeiro par de folhas. Recomenda-se aplicação de 10 g a 15 g de nitrogênio (22 g a 33 g de ureia) dissolvido em 10 litros de água em intervalos de 30 a 45 dias. Cada volume de 10 litros deve cobrir cerca de 4,0 m<sup>2</sup> de canteiro ou,

aproximadamente, 800 mudas. Após a adubação deve ser realizada a irrigação para evitar a queima das folhas imaturas do cafeeiro.

Além das adubações nitrogenadas pode ser necessária a aplicação foliar de micronutrientes. Neste caso, a dose recomendada é de um terço da dose recomendada para lavoura adulta (BRAGANÇA et al., 2001b). Atenção especial deve ser tomada para a aplicação de fungicidas que contêm cobre em sua constituição. O excesso de cobre oriundo da aplicação de micronutrientes contendo cobre e de fungicidas cúpricos pode causar toxidez nas mudas.

Como mencionado no tópico anterior, a utilização de fertilizantes de liberação controlada também pode ser uma alternativa para adubação de mudas de café. Estes fertilizantes devem ser misturados ao substrato antes do enchimento dos recipientes. Porém, estes fertilizantes podem aumentar o custo de produção, em virtude do seu elevado valor.

## Irrigação

A irrigação pode ser realizada manualmente, com auxílio de mangueiras ou regadores, quando as mudas são produzidas por sementes em viveiros rústicos, procedendo-se duas ou três regas diárias, desde que não haja excesso ou falta de umidade no substrato. No entanto, para produção de mudas clonais há necessidade de controle mais rigoroso da água aplicada. Para isso utilizam-se sistemas de irrigação por microaspersão utilizando nebulizadores associados a temporizadores que controlam a irrigação por decréscimo da umidade ou em tempo definido (Figura 5). Nesta fase é de suma importância manter a umidade com pequenas gotículas nas folhas, este fato é o que vai determinar o tempo de acionamento e de espera do sistema de irrigação.



**Figura 5.** Sistema de irrigação automatizado para viveiro de produção de mudas clonais de *C. canephora*. Microaspersão com tubulação subterrânea (A). Microaspersão invertida com tubulação suspensa (B). Sistema de automação (C).

Os sistemas de microaspersão permitem a manutenção de alta umidade no viveiro, evitando a desidratação das estacas e aumentando o índice de pegamento das mesmas. A manutenção de alta umidade do ar é importante, principalmente na fase inicial de enraizamento das estacas e emissão das brotações.

Para produção comercial de mudas clonais de cafeeiros em regiões onde o fornecimento de energia elétrica é instável, recomenda-se manter grupo gerador de energia para evitar que eventuais interrupções no fornecimento de energia elétrica promovam morte das mudas ou comprometam a sua qualidade. Também é importante o conhecimento da procedência da água de irrigação para evitar a contaminação por patógenos indesejáveis como nematoides. Por isso deve-se dar preferência para água de subsolo (poço semiartesiano ou artesiano) ou água tratada.

## Aclimação, seleção e transporte

Em virtude das características intrínsecas do material propagativo, as mudas se desenvolvem de forma diferenciada, sendo necessário o manejo das mesmas por meio de seleção e agrupamento das mudas com crescimento semelhante. A seleção deve ser iniciada a partir do segundo par de folhas das mudas, separando as mudas em classes de tamanho conforme o número de pares de folhas existentes (Figura 6).



Foto: João Maria Diocleciano

**Figura 6.** Mudanças clonais com aproximadamente dois pares de folhas, fase que deve ser iniciada a separação por classes de tamanho.

Quando as mudas apresentarem de três a quatro pares de folhas deve-se iniciar o processo de aclimação, que consiste na retirada gradual da cobertura, com consequente aumento da incidência de raios solares, e a supressão, também gradual, da irrigação. O objetivo da aclimação é preparar as mudas para suportarem os estresses edafoclimáticos durante a fase inicial após o plantio no campo.

As mudas devem ser plantadas no campo quando apresentarem de quatro a seis pares de folhas completamente expandidas, 110 a 180 dias após o plantio das estacas ou sementes. A aclimação deve ser iniciada pelo menos 30 dias antes do plantio no campo.

Por ocasião da expedição das mudas, deve ser feita nova seleção para eliminação daquelas com características indesejáveis. Devem ser eliminadas as mudas menos desenvolvidas e com caules estiolados, com sintomas de deficiência nutricional, com infestações de doenças e pragas, com problemas visuais no sistema radicular e com problemas no substrato, como falha no preenchimento do recipiente. Também devem ser descartadas as “mudas passadas”, pois possuem maior probabilidade de apresentarem problemas no sistema radicular durante o crescimento em campo.

No transporte das mudas do viveiro para o campo, poderão ser utilizadas caixas rasas de madeira ou engradados de plástico. Para o transporte a longa distância, recomenda-se a utilização de caminhão com carroceria tipo baú ou utilizar adaptações em carrocerias abertas que possibilitem a proteção das mudas contra ação de ventos e raios solares.

## **Propagação vegetativa (clonagem)**

O café canéfora é uma planta de fecundação cruzada, portanto suas plantas são altamente heterozigotas e apresentam grande variabilidade. Assim, a forma natural de reprodução da espécie, via propagação sexuada, leva à formação de lavouras heterogêneas, com plantas expressando grandes variações nas características: altura, vigor, época e uniformidade de maturação dos frutos, formato, tamanho e peso dos grãos, susceptibilidade às pragas e doenças, tolerância à seca e, especialmente, potencial produtivo (VAN DER VOSSSEN, 1985; CARVALHO et al., 1991; FERRÃO et al., 2007).

Como alternativa para superar a desuniformidade apresentada por lavouras oriundas de sementes pode-se utilizar mudas produzidas por propagação vegetativa (clonagem). A propagação vegetativa de café canéfora mantém as características genéticas da planta matriz, o que garante a homogeneidade da lavoura. Com isso, é possível obter precocidade de produção (BRAGANÇA et al., 2001a), altas produtividades, maior tamanho dos frutos, maior uniformidade de maturação dos frutos e melhor qualidade dos grãos. A técnica permite ainda realizar o escalonamento da colheita, pela utilização de genótipos clonais com diferentes épocas de maturação (precoce, médio e tardio) (FONSECA et al., 2008). Além disso, nas lavouras clonais, principalmente as plantadas em linha, a realização dos tratamentos culturais tais como adubação, poda e aplicação de defensivos agrícolas, é bastante facilitada.

## **Propagação por estaquia (convencional)**

A estaquia é o método de propagação vegetativa mais difundido entre os produtores de mudas de café canéfora. Na Amazônia ocidental brasileira, principalmente no Estado de Rondônia, a utilização de mudas clonais tem se expandido e ganhado cada vez mais importância.

Para produção de mudas clonais, em escala, é necessário que se tenha, primeiramente, um campo com as variedades clonais recomendadas para a região. Esse campo é denominado jardim clonal.

## Jardim clonal

Jardins clonais são campos de plantas matrizes conduzidas com a finalidade de produzir material vegetal propagativo destinado à produção de mudas. Esses jardins estão normalmente associados a viveiros e são conduzidos exclusivamente com a finalidade de produção de estacas, que se constituem as estruturas vegetativas usadas para a propagação assexuada da espécie (FONSECA et al., 2005).

Os jardins clonais devem ser implantados com materiais genéticos de valor agrônômico comprovado, após avaliação do desempenho dos mesmos em condições de cultivo. Como se trata de plantio de café para produção de estacas e não de frutos, deve-se implantar talhões ou linhas com apenas um único clone, para evitar a mistura de materiais diferentes durante o preparo e plantio das estacas no viveiro. No plantio, recomendam-se os espaçamentos de 2,0 m x 1,0 m. As plantas devem ser conduzidas com três a seis hastes ortotrópicas (hastes de sustentação, das quais brotam os ramos laterais ou plagiotrópicos).

Durante a implantação de lavoura destinada a formação de jardim clonal deve-se efetuar o vergamento da haste principal da planta entre 90 e 150 dias. Esse procedimento estimula o surgimento de brotações ortotrópicas que serão utilizadas para produção de mudas e para formação da copa da planta, após o desbaste. Em plantas adultas devem-se envergar as hastes ortotrópicas lignificadas das plantas matrizes (Figura 7).



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 7.** Envergamento das hastes ortotrópicas para estimular a emissão de novos brotos ortotrópicos. (A) Planta jovem recém-vergada, (B) planta adulta recém-vergada e (C) plantas adultas com brotos prontos para serem colhidos.



O vergamento de plantas adultas consiste na fixação das extremidades das hastes ortotrópicas para que as mesmas permaneçam arqueadas, de modo que a planta fique com aspecto de uma taça. Durante o crescimento das brotações pode-se promover desbaste do excesso de brotos, eliminando os menos vigorosos, para evitar que ocorra estiolamento dos mesmos.

As plantas adultas devem ser vergadas nos meses de fevereiro/março para que a coleta de ramos seja feita nos meses de junho e início de julho, correspondendo a quatro ou cinco meses após o preparo das matrizes. O plantio das estacas em junho ou início de julho reduz a probabilidade das gemas florais já estarem induzidas e, ainda, permite que as mudas estejam prontas para plantio, no campo, entre outubro e dezembro, época recomendada de plantio na Amazônia Sul Ocidental. Cada planta matriz pode produzir até 200 estacas viáveis por corte.

A percentagem do pegamento das estacas está relacionada a alguns fatores referentes ao jardim clonal, tais como: nutrição equilibrada, irrigação e controle fitossanitário adequado.

Como há ausência de informações específicas para jardim clonal, tem-se recomendado a realização de tratamentos culturais como adubação, controle fitossanitário e irrigação conforme recomendação para a produção de frutos de Fonseca et al. (2007).

### **Preparo e plantio das estacas**

Durante a colheita das hastes ortotrópicas para preparo das estacas, devem ser selecionadas hastes com quatro a seis nós contendo pares de folhas saudáveis e com a presença de ramos plagiotrópicos. Após a coleta, deve-se levar imediatamente ao viveiro para preparo e plantio das estacas. Se não for possível o plantio imediato das estacas, deve-se irrigar e acondicionar o material em caixas térmicas até o momento do preparo para plantio. O tempo entre a retirada e o plantio das estacas é um dos fatores que mais influenciam o pegamento das estacas.

O preparo das estacas deve ser feito com tesoura de poda iniciando-se pela eliminação a parte basal e apical dos ramos. Em seguida são eliminados todos os ramos plagiotrópicos e 2/3 do limbo de cada folha. A partir de então, as estacas são individualizadas com dois cortes: um imediatamente acima da inserção dos ramos plagiotrópicos (aproximadamente 1,0 cm acima da inserção do par de folhas), e outro cerca de 4 cm a 5 cm abaixo da inserção do par de folhas. Assim, cada estaca terá um par de folhas e comprimento de aproximadamente 5 cm a 7 cm (Figura 8).

O corte do limbo foliar de ambas as extremidades da haste ortotrópica, deve ser feito com tesoura de poda. Antes de serem inseridas nas sacolas contendo substrato, as estacas devem ser imersas em solução contendo fungicida tal como Cuprozeb (200 g a 300g/100 litros de água), Mancozebe (1,2 kg/100 litros de água), Penicium (100 g a 300g/100 litros de água) (Figura 9). A estaca deve ser inserida no substrato a uma profundidade de 2 cm a 3 cm evitando-se o aprofundamento excessivo, pressionando-se levemente o substrato para aumentar o contato do mesmo com a estaca.



Fotos: Marcelo Curitiba Espíndula

**Figura 8.** Preparo das estacas. Haste ortotrópica com quatro nós (A). Haste ortotrópica em fase de preparo (B). Haste ortotrópica após a eliminação dos ramos plagiotrópicos e 2/3 dos limbos foliares (C). Estacas prontas para serem plantadas (D). Detalhe da estaca pronta para o plantio (E).



Fotos: Marcelo Curitiba Espíndula

**Figura 9.** Tratamento fitossanitário (A) e plantio (B) de estacas para produção de mudas clonais de café canéfora.

A coleta de estaca para formação de mudas durante os meses de julho e agosto pode promover o florescimento das estacas no viveiro, se as plantas já estiverem induzidas ao florescimento (Figura 10). Este florescimento pode exaurir as reservas da estaca e comprometer a emissão de raízes e de brotações e, conseqüentemente, a formação da muda.

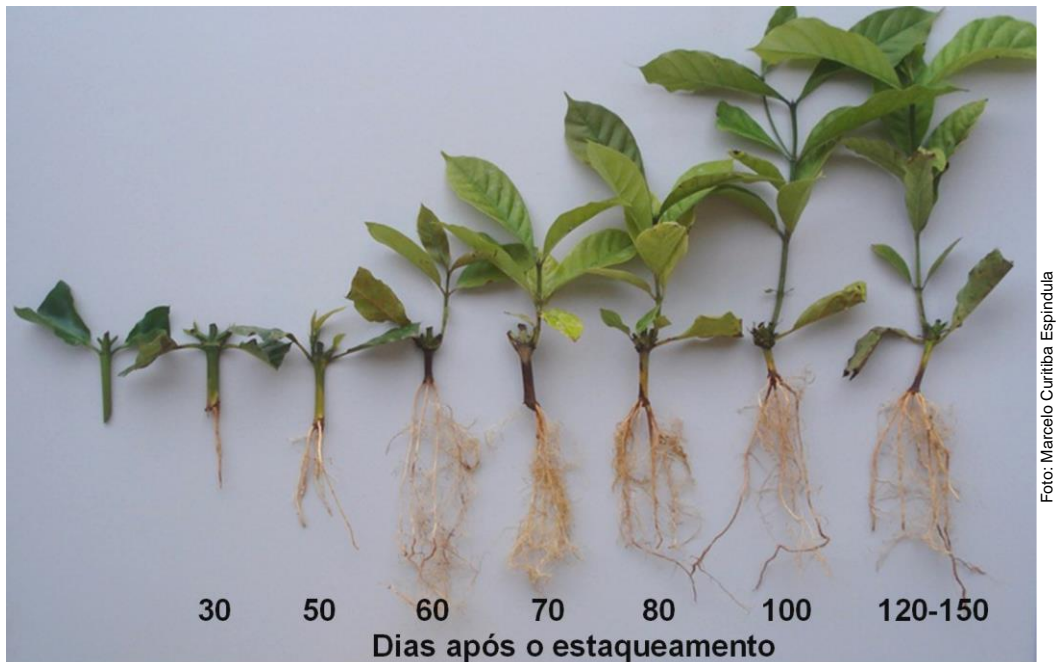
Em caso de coleta de estacas durante os referidos meses, recomenda-se a eliminação das gemas florais das estacas. Tal procedimento pode ser realizado manualmente para evitar possíveis lesões às gemas vegetativas.

A formação de calos, que antecedem a emissão de raízes, ocorre geralmente entre 15 e 30 dias, dependendo do genótipo e do substrato. A emissão de raízes entre 30 e 45 dias e as brotações entre 35 e 40 dias. As mudas estarão prontas para o plantio entre 110 e 180 dias, mas o período de maior expedição de mudas está compreendido entre 120 e 150 dias (Figura 11).

A variação de dias para o início de cada fase ocorre em virtude de efeitos ambientais e, principalmente, por causa de fatores genéticos, uma vez que os diferentes genótipos a serem clonados apresentam comportamentos distintos na emissão de raízes e brotos.



**Figura 10.** Florescimento de estacas durante as fases de enraizamento e brotação.



**Figura 11.** Crescimento de mudas clonais de café canéfora (de estaca até mudas com seis pares de folhas).

### **Cuidados especiais na produção de mudas clonais**

As plantas matrizes das quais serão retiradas as estacas para produção de mudas deverão estar bem nutridas, sadias e livres de doenças e pragas.



Durante o preparo das estacas atenção especial deve ser dada àquelas que tenham apenas um ou nenhum dos dois ramos plagiotrópicos. Estas estacas devem ser eliminadas evitando assim a formação de mudas oriundas de ramos plagiotrópicos, conhecidas como mudas rasteiras. Além disso, deve ser feita vistoria no momento da seleção e expedição das mudas para eliminação de mudas que possam ter sido formadas a partir de ramos plagiotrópicos. Estas mudas originam plantas deformadas e improdutivas, com ausência de crescimento vertical satisfatório e emissão de ramos plagiotrópicos com características de ortotrópicos e vice-versa (Figura 12).



Foto: Marcelo Curitiba Espíndola

**Figura 12.** Mudas de café canéfora com 20 meses de idade. A seta indica uma planta que foi produzida a partir de um ramo plagiotrópico.

As mudas formadas por brotos plagiotrópicos são facilmente identificadas no viveiro observando-se a angulação formada entre o broto emitido e a estaca (<45 graus para ortotrópicos e  $\geq 45$  graus para plagiotrópicos), bem como, pela inserção das folhas ao ramo, semelhante às folhas de ramos plagiotrópicos de plantas adultas. Além disso, as hastes ortotrópicas emitem ramos plagiotrópicos durante o crescimento da muda, ainda no viveiro, enquanto os ramos plagiotrópicos raramente o fazem (Figura 13).

Para assegurar a emissão de hastes ortotrópicas, deve-se utilizar estacas que apresentem dois ramos plagiotrópicos, um para cada folha da estaca. Esses ramos serão eliminados no momento da limpeza e preparo das estacas.

Mudas clonais são plantadas atualmente no sistema de “clone em linha”, onde cada genótipo forma uma linha de plantio. Por isso, deve-se atentar para o manejo das mudas no viveiro, para que não ocorra mistura de materiais genéticos. No momento da expedição atentar para que as mudas sejam acondicionadas em caixas e lotes separados e devidamente identificados.



Fotos: Marcelo Curitiba Espíndula

**Figura 13.** Mudanças de café canéfora com hastes ortotrópicas e ramos plagiotrópicos (A). Detalhe da inserção dos ramos nas estacas: hastes ortotrópicas (B e C) e ramos plagiotrópicos (D).

## Micropropagação

O melhoramento genético de cafeeiros da espécie canéfora é um processo moroso, visto que as plantas são perenes, requerendo o mínimo de cinco anos, quando é necessária apenas a validação de cultivo e uso (VCU) de materiais genéticos promissores, ou até mais de 10 anos, quando é necessária a hibridação controlada entre genitores selecionados.

Novos métodos biotecnológicos têm sido introduzidos para auxiliar os programas de melhoramento genético, os quais têm se mostrado bastante promissores para culturas perenes, como o cafeeiro. Técnicas de cultura de tecidos, como a embriogênese somática, podem auxiliar a propagação acelerada de clones, a manutenção de híbridos e a difusão de novas cultivares aos agricultores em pequeno espaço de tempo (TORRES et al., 1998). Esta técnica oferece inúmeras vantagens, dentre elas a redução do espaço e do tempo necessários para a produção de mudas, bem como a geração de plantas livres de bactérias, fungos, vírus e nematoides (SCARANARI, 2006).

A embriogênese somática (ES), que consiste no desenvolvimento de embrioides a partir de células haploides ou somáticas diploides, sem que haja a fusão de gametas, foi primeiro reportada para *C. canephora* por Staritsky (1970) e para *C. arabica* por Söndahl e Sharp (1977), que descreveram a indução de embrioides a partir de tecidos de calo. Posteriormente, Hatanaka et al. (1991) obtiveram ES diretamente a partir de explantes de folha.

A capacidade de regeneração de *Coffea* spp. por ES é extremamente variável e depende da espécie (PRIYONO, 2004), genótipo (MICHAUX-FERRIÈRE et al., 1989), reguladores de crescimento da planta (YASUDA et al., 1985), densidade celular e

frequência de renovação do meio (ZAMARRIPA et al., 1991), concentração de CO<sub>2</sub> (UNO et al., 2003) e concentração de O<sub>2</sub> dissolvido no meio de propagação (FERIA et al., 2003).

Estudos conduzidos no campo, empregando clones de canéfora têm mostrado que técnicas de ES resultam em plantas que são idênticas à planta matriz (DUCOS et al., 2003). Recentemente, a ES tem sido aplicada para produção em larga escala de clones elite de *C. canephora* (DUCOS et al., 2007).

### Seleção e desinfestação de explantes

Para obtenção dos explantes, as folhas devem ser saudáveis e completamente expandidas, retiradas no segundo nó a partir do ápice das hastas ortotrópicas (Figura 14). Devido às condições amazônicas de alta umidade e temperatura, recomenda-se a utilização do protocolo descrito por Teixeira et al. (2004) adaptado, imergindo as folhas em solução de álcool 70% seguida de hipoclorito de sódio 1,25%, por um período de 30 minutos (SANTOS et al., 2009). Os explantes, segmentos foliares com 1,0 cm x 1,0 cm, devem ser retirados da região mediana e central das folhas.



Foto: Marcelo Curitiba Espíndula

**Figura 14.** Folhas de café canéfora adequadas para obtenção de explantes para micropropagação.

### Obtenção de plântulas

A indução de calo é uma das técnicas mais utilizadas no resgate de populações inteiras de mutantes induzidos, derivados de variação somaclonal ou produção transgênica.

Os segmentos foliares, previamente desinfestados, devem ser inoculados individualmente em tubos de ensaio com a face adaxial em contato com meio de cultura MS (Figura 15), 5 mg dm<sup>-3</sup> de tiamina, 0,5 mg dm<sup>-3</sup> de piridoxina, 0,5 mg dm<sup>-3</sup> de ácido nicotínico, 0,5 mg dm<sup>-3</sup>

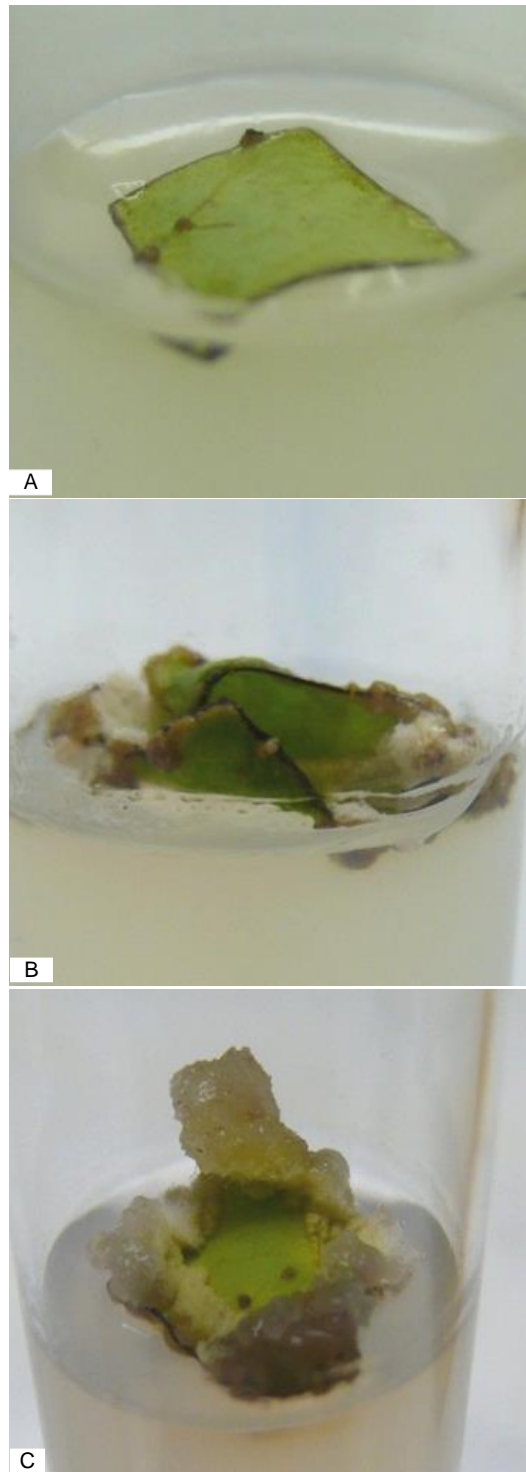


<sup>3</sup> de glicina, 50 mg dm<sup>-3</sup> de inositol, 50 mg dm<sup>-3</sup> de caseína hidrolisada, 200 mg dm<sup>-3</sup> de extrato de malte, 20 g dm<sup>-3</sup> de sacarose, 6 g dm<sup>-3</sup> de ágar e acrescido de AIB (10 µM), 2,4-D (20 µM) e 2iP (10 µM) (SANTOS et al., 2010). Os recipientes devem ser mantidos em câmara de crescimento, sob fotoperíodo de 14 horas diárias (luz fluorescente com uma intensidade luminosa de 30 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e temperatura de 27 °C (HATANAKA et al., 1991; TEIXEIRA et al., 2004).

Curvas de crescimento de calos são importantes para identificar os estádios dos processos fundamentais de crescimento, permitindo saber o momento exato para subcultivar os calos no meio novo (SANTOS et al., 1997). Esses estádios são: a) fase lag: sem multiplicação celular, começando da mobilização metabólica, síntese de proteínas e metabólitos específicos; b) fase exponencial: divisão celular alcança o máximo; c) fase linear: redução da velocidade de divisão celular; d) fase de desaceleração: divisão celular decresce e a expansão celular ocorre; e) fase estacionária: nenhuma divisão celular ou aumento de peso (CASTRO et al., 2008). Cafeeiros canéfora apresentam padrão sigmoide de crescimento de calos, com as cinco fases distintas, e devem ser subcultivados no 53º dia, visando à regeneração de plantas (SANTOS et al., 2010).

### Aclimatização de mudas micropropagadas

Para o estabelecimento de mudas micropropagadas em condições de campo, as mesmas devem passar por um processo adaptativo, chamado de aclimatização (Figura 16). Esta fase intermediária compreende um conjunto de técnicas e procedimentos que têm por objetivo reduzir o estresse devido à passagem de condições heterotróficas



Fotos: Carla Liegi L. G. de Oliveira

**Figura 15.** Explante foliar de *C. canephora* sem presença de intumescimento e calos (A). Explante foliar intumescido no início de indução de calo (B). Calo de explante foliar (C).

para autotróficas, sendo realizada em viveiro coberto ou casa de vegetação, utilizando-se recipientes contendo substratos (GUERRA; NODARI, 2006).

Imediatamente após a obtenção das plântulas em laboratório, inicia-se a fase de adaptação em viveiro ou casa de vegetação, cujo período de permanência é variável até que as plântulas deixem a fase heterotrófica e passem a ser autotrófica. O estresse ocorrido nessas plântulas se deve ao fato dos estômatos não operarem eficientemente e haver debilitada condução de solução dos tecidos vasculares das raízes e parte aérea (SILVA et al., 1994). Hoffmann et al. (2001) cita a perda excessiva de água como um dos principais fatores que podem concorrer para o insucesso na aclimatização de mudas micropropagadas. Essa perda é devida a pequenas quantidades de cera epicuticular e ao lento mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos.

Segundo Lima (2011), o período de aclimatização de mudas de cafeeiros canéfora micropropagadas deve ser de 30 dias. O material propagativo deve estar no estágio vegetativo de plântula (Figura 16A) e deve ser acondicionado em bandejas de poliestireno expandido contendo substrato comercial que devem ser mantidas sob sombreamento de 50% utilizando telas de sombreamento.



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 16.** Muda micropropagada de cafeeiro canéfora, pronta para ser aclimatizada em viveiro (A). Muda em fase de aclimação para ser levada ao campo (B).

Após o período de aclimatização as mudas devem ser transferidas para sacolas idênticas às utilizadas para produção de mudas por sementes ou por estaquia. O manejo das mudas a partir desta etapa deve ser realizado conforme descrito no tópico manejo das mudas no viveiro. As mudas estarão prontas para serem levadas ao campo de seis a oito meses após o transplântio das plântulas para as sacolas (Figura 16B e 17).



Foto: Kadajah Suleiman Jaghub

**Figura 17.** Mudras de cafeeiro canéfora produzidas a partir de embriogênese somática.

## Mudas de sementes

Apesar da superioridade das variedades clonais em produtividade e qualidade final da produção em relação às cultivares propagadas por sementes (BRAGANÇA et al., 2001a), a utilização de mudas oriundas de sementes pode ser justificada, principalmente para pequenos agricultores, por apresentarem maior estabilidade de produção (FONSECA et al., 2008). Acredita-se também que as mudas semíferas apresentem menor perda por morte no plantio e menor susceptibilidade ao déficit hídrico por causa da conformação do sistema radicular (Figura 18).

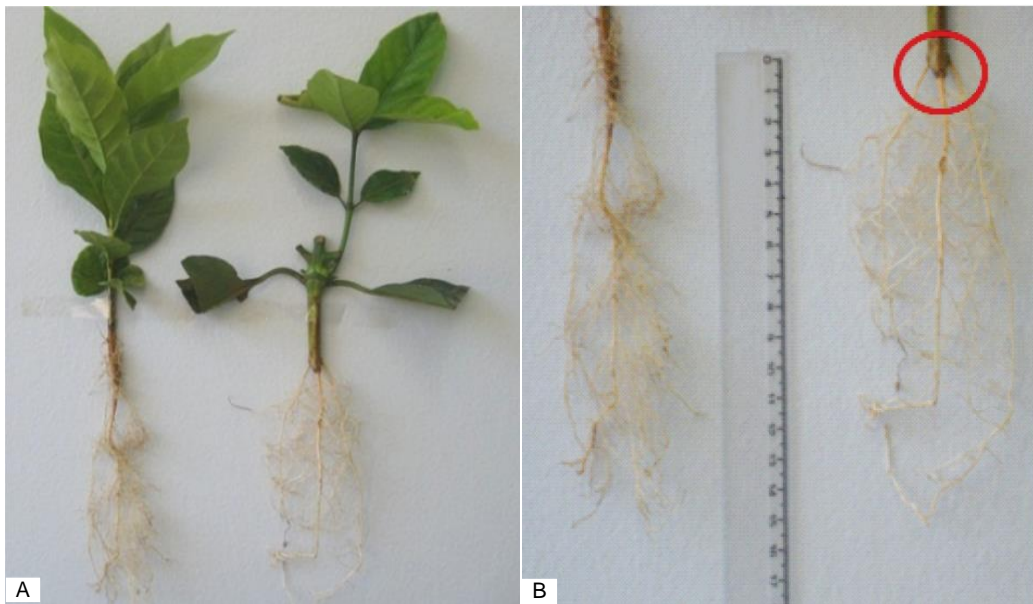


Foto: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 18.** Mudanças de café canéfora oriundas de semente (à esquerda) e estaca (à direita), com 90 dias de idade (A). Detalhe do sistema radicular mostrando os diferentes números de raízes principais das mudas semíníferas à esquerda e clonais à direita (B).

## Preparo da semente

Os talhões destinados à colheita de sementes devem ser compostos de plantas originárias de clones fornecidos por órgãos oficiais de pesquisa, quando se objetiva produzir mudas para comercialização.

Preferencialmente, as plantas devem ser colhidas e beneficiadas separadamente, uma vez que, por ser uma espécie alógama, cada indivíduo representa um genótipo distinto dos demais. Esta distinção implica em diferentes tamanhos de sementes, forma e tamanho de frutos dentre outras características que podem influenciar na eficiência de processamento e, conseqüentemente, na qualidade fisiológica das sementes.

A máxima qualidade das sementes ocorre na maturidade fisiológica, ponto que coincide com o máximo acúmulo de matéria seca, viabilidade e vigor dessas sementes. Este estágio é facilmente determinado (Figura 19A), pois está correlacionado com a maturação dos frutos, coincidindo com a mudança de cor de “verde-cana” para “cereja” (PADILHA et al., 2008).



Foto: João Maria Diocleciano

Foto: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 19.** Frutos de café no ponto de “cereja” (A). Sementes de café com e sem pergamimho (B).

Os frutos devem ser colhidos manualmente e submetidos ao despulpamento e à degomagem para que, em seguida, as sementes sejam secas e armazenadas. O despulpamento consiste na retirada da casca (exocarpo ou epicarpo) do fruto e é realizado por processo mecânico, com equipamento apropriado. A degomagem, por sua vez, consiste na retirada da mucilagem (mesocarpo), que é uma substância gelatinosa presente entre a casca e a semente.

O processo de degomagem se faz necessário, pois resíduos de mucilagem são ricos em carboidratos e se constituem em substrato adequado para o desenvolvimento de microrganismos (PADILHA et al., 2008). O processo de degomagem pode ser realizado pela fermentação natural em água ou por meio de processos mecânicos com o auxílio de equipamentos denominados desmuciladores.

A degomagem natural em água é realizada em tanques de alvenaria ou similares, nos quais as sementes ficam submersas em água por período de 12 a 24 horas (ALVES, 2008) para que ocorra hidrólise das substâncias que compõem a mucilagem durante o processo de fermentação. Após o processo, as sementes são lavadas para retirada completa da mucilagem (PADILHA et al., 2008).

Após os processos de extração e limpeza das sementes, as mesmas devem ser secas à sombra. Por se tratar de uma semente recalcitrante, recomenda-se que, de maneira geral, as mesmas não sejam secas à umidade abaixo de 20% e sejam utilizadas em menos de um mês após a colheita. No entanto, Rosa et al. (2005) sugerem que as sementes podem ser armazenadas por até quatro meses em temperatura de 10 °C se o teor de água for de 15%.

Sementes de cafeeiros apresentam germinação lenta e desuniforme (GUIMARÃES; MENDES, 1998), provavelmente, pela presença do endocarpo, envoltório duro e coriáceo conhecido por pergaminho, embora o mecanismo responsável por tal inibição ainda não esteja completamente definido.

Para acelerar a germinação pode-se remover o pergaminho das sementes (Figura 19B). Este procedimento promoveu germinação de 88,7% aos 15 dias e 94,3% aos 30 dias sob condições de laboratório, enquanto as sementes com pergaminho apresentaram 0% e 3,8% de germinação nos mesmos períodos (RUBIM et al., 2010). Os autores sugerem realizar a retirada do pergaminho de forma manual ou química pela imersão das sementes em hipoclorito de sódio na concentração de 6% de cloro ativo, por um período de 3 horas.

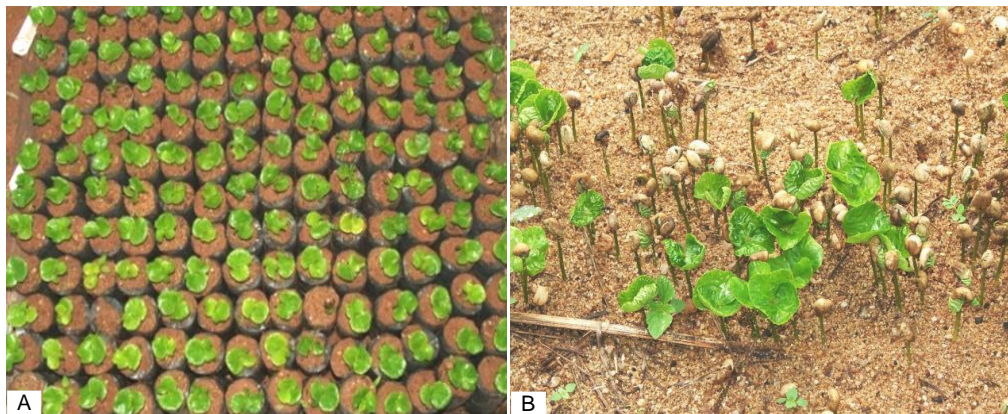
## **Semeadura e manejo das mudas em formação**

A semeadura deverá ser realizada diretamente nas sacolas utilizando-se uma, duas ou três sementes por sacola, dependendo da disponibilidade e viabilidade do lote de sementes (Figura 20). A semeadura em sementeira para posterior transplante não é permitida a partir da lei nº 10.711 de 05 de agosto de 2003 (BRASIL, 2003), pois, durante o processo de transplante pode ocorrer encurvamento da raiz principal o que comprometerá o desenvolvimento da muda no campo.

A semeadura deve ser realizada nos meses de abril, maio, junho e julho, logo após a colheita, uma vez que a semente perde viabilidade rapidamente durante o armazenamento. Se o poder germinativo das sementes estiver satisfatório (acima de



75%), a semeadura deve ser realizada colocando-se uma ou duas sementes diretamente no centro de cada sacola a uma profundidade de 0,5 cm e cobertas com areia fina. Após a semeadura, as sacolas encanteiradas devem ser cobertas com folhas de capim seco ou sacos de juta para manter a umidade do substrato e proteger as sementes até a emergência das plântulas que se inicia a partir do vigésimo dia (Figura 21). Quando as plântulas emergidas apresentarem duas folhas definitivas, deve ser realizado o desbaste deixando apenas uma plântula por sacola. A plântula menos vigorosa ou defeituosa deve ser eliminada.



Fotos: Flávio de França Souza

**Figura 20.** Plântulas de cafeeiro canéfora no estágio de “orelha de onça”. Semeadura direta, em sacolas (A) e semeadura indireta, em sementeiras (proibido por lei) (B).



Foto: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 21.** Germinação de sementes de cafeeiros *C. canephora*.

Os tratos culturais durante a condução e o desenvolvimento das mudas devem ser realizados de acordo com as recomendações descritas no tópico manejo das mudas no viveiro. Em média, as mudas permanecem no viveiro durante cinco meses e são plantadas no campo nos meses de outubro, novembro e dezembro (Figura 22).



Foto: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 22.** Desenvolvimento de mudas seminíferas de café canéfora (do estágio palito de fósforo até mudas com cinco pares de folhas).

## Enxertia

Sob condições de alto nível tecnológico, lavouras formadas a partir de variedades clonais geneticamente melhoradas, geralmente apresentam produtividade superior a aquelas oriundas de variedades propagadas por sementes. No entanto, acredita-se que as mudas seminíferas sejam mais eficientes na absorção de água e de nutrientes devido à conformação do sistema radicular.

Dessa forma, a enxertia de estacas, provenientes de variedades clonais geneticamente melhoradas sobre porta-enxertos oriundos de mudas de propagação seminífera pode ser uma alternativa para a agregação da produtividade e de outros caracteres agrônômicos

favoráveis advindos da propagação clonal aos caracteres de tolerância a fatores bióticos e abióticos, encontrados nas mudas propagadas por sementes. Andrade Júnior et al. (2013) enxertaram estacas de clones da variedade Vitória Incaper 8142 (conhecida popularmente como Conilon Vitória) em porta enxertos oriundos de sementes e obtiveram, para alguns clones, mudas mais vigorosas que aquelas produzidas por estaquia.

A enxertia (tipo garfagem – fenda cheia) deve ser realizada quando as mudas oriundas de sementes apresentarem diâmetro compatível com as estacas oriundas do jardim clonal. O porta-enxerto deve ser cortado abaixo da última gema, de modo a evitar brotações (Figura 23).



**Figura 23.** Muda enxertada de café canéfora, grupo Conilon. (A) muda em formação apresentando duas hastes ortotrópicas. (B) detalhe do ponto de enxertia e da estaca com hastes ortotrópicas.

Havendo disponibilidade de estacas e porta-enxertos, mudas enxertadas podem ser produzidas em qualquer época do ano, sendo que, o tempo de desenvolvimento da muda após a enxertia é semelhante ao da muda de estaquia, levando de 4 a 6 meses até seu plantio no campo. Embora não se tenham estudos específicos, acredita-se que na produção do porta-enxerto (muda seminífera) seja necessária a utilização de recipientes maiores que as dimensões mínimas recomendadas pelo Mapa e usualmente utilizadas, para evitar que suas raízes tenham crescimento limitado pelo recipiente, em função do maior período de permanência da muda no mesmo, quando comparado a mudas produzidas por estaquia.

Esta técnica está em fase de desenvolvimento e ainda requer maiores estudos agrônômicos e econômicos para determinação da viabilidade de utilização da mesma para produção comercial de mudas de *C. canephora*.

## Legislação

O produtor que queira adquirir mudas de clonais, seminíferas ou sementes para formação de novos cafezais, deverá se atentar para que estas estejam de acordo com Lei 10.711 de 5 de agosto de 2003, regulamentada pelo Decreto nº 5.153, de 2004, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças – SNSM, juntamente com a Instrução Normativa 24 de 16 de dezembro de 2005 (BRASIL, 2005), bem como a instrução normativa nº 35 de 29 de novembro de 2012 (BRASIL, 2012).

Os produtores de mudas devem se atentar para as normas de comercialização de cultivares protegidas por lei pelo Serviço Nacional de proteção de Cultivares (SNPC)/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

## Referências

- ALVES J. D. Morfologia do cafeeiro. In: CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 35-57.
- AMARAL, J. A. T.; LOPES, J. C.; AMARAL, J. F. T.; SARAIVA, S. H.; JUNIOR, W. C. de J. Crescimento vegetativo e produtividade de cafeeiros Conilon propagados por estacas em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1624-1629, 2007.
- ANDRADE JÚNIOR, S.; ALEXANDRE, R. S.; SCHMILDT, E. R.; PARTELLI, F. L.; GAVA-FERRÃO, M. A.; MAURI, A. L. Comparison between grafting and cutting as vegetative propagation methods for conilon coffee plants. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 35, n. 4, p. 461-469, 2013.
- BRAGANÇA, S. M.; CARVALHO, C. H. S.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G. 'Emcapa 8111', 'Emcapa 8121' 'Emcapa 8131': variedades clonais de café conilon lançadas para o Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 765-770, 2001a.
- BRAGANÇA, S. M.; LANI, J. A.; DE MUNER, L. H. **Café Conilon: adubação e calagem**. Vitória, ES: Incaper, 2001b. 31 p. (Circular Técnica, 1).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 24, de 16 de dezembro de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 243, Seção 1, 20 dez. 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 35 de 29 de novembro de 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 232, 03 dez. 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Lei Nº 10.711. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, Ago. 2003. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/vegetal/Importacao/10711.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/Importacao/10711.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2013.
- CARVALHO, A.; MEDINA FILHO, H. P.; FAZUOLI, L. C.; GUERREIRO FILHO, O. LIMA, M. N. A. Aspectos genéticos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 1, p. 135-183, 1991.
- CASTRO, A. H. F.; LIMA, M. M.; PAIVA, R.; ALVARENGA, A. A. de; SÓTER, M. O. Curva de crescimento, atividade da fenilalanina amônia-liase e teores de fenóis e taninos totais em calos de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Fabaceae-Mimosoideae). **Plant Cell Culture & Micropropagation**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 99-104, 2008.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Safra 2015, Primeiro Levantamento, Brasília, Janeiro de 2015. v.1, n. 3. Brasília: Conab, 2015. 41p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 20 mai. 2015.
- DARDENGO, M. C. J. D. **Crescimento, produtividade e consumo de água do cafeeiro conilon sob manejo irrigado e de sequeiro**. 2012. 97f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- DUCOS, J. P.; ALENTON, R.; REANO, J. F.; KANCHANOMAI, C.; DESHAYES, A.; PÉTIARD, V. Agronomic performance of *Coffea canephora* P. trees derived from large-scale somatic embryo production in liquid medium. **Euphytica**, Wageningen, v. 131, p. 215-223, 2003.
- DUCOS, J. P.; LAMBOT, C.; PÉTIARD, V. Bioreactors for coffee mass propagation by somatic embryogenesis. **International Journal of Plant Developmental Biology**, Kagawa, v. 1, p. 1-12, 2007.
- FERIA, M.; JIMÉNEZ, E.; BARBÓN, R.; CAPOTE, A.; CHÁVEZ, M.; QUIALA, E. Effect of dissolved oxygen concentration on differentiation of somatic embryos of *Coffea arabica* cv Catimor 9722. **Plant Cell Tissue Organ Culture**, Dordrecht, v. 72, n. 1, p. 1-6, 2003.
- FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; BRAGANÇA, S. M.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S. Cultivares de café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Org.). **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. p. 203-225.

- FONSECA, A. F. A.; FERRÃO R. G.; FERRÃO, M. A. G.; SILVA, A. E. S.; DE MUNER, L. H.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S. **Jardins clonais de café Conilon**: técnicas para formação e condução. 2. Ed. Vitória, ES: Incaper, 2005. 56p. (Incaper: Circular Técnica, 04-I).
- FONSECA, A. F. A.; FERRÃO R. G.; FERRÃO, M. A. G.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; BITTENCOURT, M. L. C. Jardins clonais, produção de sementes e mudas. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Org.). **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 229-255.
- FONSECA, A. F. A.; FERRÃO R. G.; FERRÃO, M. A. G.; VOLPI, P. S.; VERDIN FILHO, A. C.; FAZUOLI, L. C. Cultivares de café robusta. In: CARVALHO, C. H. (Ed.). **Cultivares de café**: origem, características e recomendações. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 255-279.
- GUERRA, M. P.; NODARI, R. O. **Material didático de apoio à disciplina de Biotecnologia**. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006. Disponível em <<http://www.cca.ufsc.br/lf/dgv/Apostila.htm>>. Acesso em: 20 Out. 2011.
- GUIMARÃES, P. T. G.; CARVALHO, M. M.; MENDES, A. N. G.; BARTHOLO, G. F. Produção de mudas de café: coeficientes técnicos da fase de viveiro. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 162, p. 5-10, 1989.
- GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G. **Morfologia/Fisiologia do cafeeiro**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 1998. 28p.
- HATANAKA, T.; ARAKAWA, O.; YASUDA, T.; UCHIDA, N.; YAMAGUCHI, T. Effect of plant growth regulators on somatic embryogenesis in leaf cultures of *Coffea canephora*. **Plant Cell Reports**, Berlin, v. 10, n. 4, p. 179-182, 1991.
- HOFFMANN, A.; CHALFUN, N. N. J.; ANTUNES, L. E. C.; RAMOS, J. D.; PASQUAL, M.; SILVA, C. R. de R. e. **Fruticultura comercial**: propagação de plantas frutíferas. Lavras: UFLA/FAEPE, 1996. 319 p.
- LIMA, R. A. **Aclimatização de mudas micropropagadas de café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex. Froehner)**. 2011. 47 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho.
- MARANA, J. P. MIGLIORANZA, É.; FONSECA, E. P.; KAINUMA, R. H. Índices de qualidade e crescimento em mudas de café, produzidas em tubetes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 39-45, 2008.
- MARCOLAN, A. L.; RAMALHO, A. R.; MENDES, A. M.; TEIXEIRA, C. A. D.; FERNANDES, C. de F.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; OLIVEIRA, S. J. de M.; FERNANDES, S. R.; VENEZIANO, W. **Cultivo dos cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia**. 3. ed. rev. atual. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2009. 67 p. (Embrapa Rondônia. Sistema de produção, 33).
- MARTINEZ, H. E. P.; TOMAZ, M. A.; SAKIYAMA, N. S. **Guia de acompanhamento das aulas de cafeicultura**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2007. 152 p.
- MELO, B. **Estudos sobre produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes**. 1999. 119 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- MELO, B.; MENDES, A. N. G.; GUIMARAES, P. T. G. Tipos de fertilizações e diferentes substratos na produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 33-42, 2003.
- MICHAUX-FERRIÈRE, N.; BIEYSSE, D.; ALVARD, D.; DUBLIN, P. Étude histologique de l'embryogenèse somatique chez *Coffea arabica*, induite par culture sur milieux uniques de fragments foliaires de génotypes différents. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 33, n. 4, p. 207-217, 1989.
- PADILHA, L.; CARVALHO, G. R.; EIRA, M. T. S. Colheita, preparo e armazenamento de sementes de café. In: CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 35-57.
- PAULINO, A. J.; MATIELLO, J. B.; PAULINI, A. E. **Produção de mudas de café "conilon" por estacas**: instruções técnicas sobre a cultura de café no Brasil. Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1985. 12 p.
- PIVA, W. A. **Avaliação do efeito de concentrações do herbicida oxyfluorfen no controle de plantas daninhas em mudas de cafeeiro**. 2008. 37 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Tecnologia em Cafeicultura) - Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, Muzambinho, MG.
- PRİYONO. In vitro culture of coffee leaves for evaluating the capability of somatic embryogenesis of several coffee species. **Pelita Perkebunan**, Jember, Indonesia, v. 20, p. 110-122, 2004.
- RICCI, M. S. F.; ARAÚJO, M. C. F.; FRANCH, C. M. C. **Cultivo orgânico do café**: Recomendações técnicas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 101 p.



RONCHI, C. P.; DAMATA, F. M. Aspectos fisiológicos do café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Org.). **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. Cap. 4., p. 95-119.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Tolerância de mudas de café a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 421-426, 2003.

ROSA, S. D. F.; BRANDÃO JÚNIOR, D. S.; VON PINHO, E. V. R.; VEIGA, A. D.; SILVA, L. H. C. Effects of different drying rates on the physiological quality of *Coffea canephora* Pierre seeds. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 17, n. 2, p. 199-205, 2005.

RUBIM, R. F.; VIEIRA, H. D.; ARAÚJO, E. F.; VIANA, A. P.; COELHO, F. C. Tratamento com hipoclorito de sódio para remoção do pergaminho e aceleração da germinação de sementes de café conilon. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.32, n.4, p.088-098, 2010.

SANTOS, M. R. A. dos; FERREIRA, M. das G. R.; SARUBO, V. Desinfestação de explantes foliares de café conilon (*Coffea canephora* PIERRE) para estabelecimento in vitro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Inovação científica, competitividade e mudanças climáticas: anais**. Vitória: Consórcio Pesquisa Café, 2009.

SANTOS, M. R. A.; FERREIRA, M. G. R.; SARUBO, V. Determination of callus growth curve in conilon coffee. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 133-136, 2010.

SANTOS, M. R. A.; PAIVA, R.; BENDADIS, A. K. Cultura de tecidos de *Smilax japecanga* Grisebach: indução e crescimento de calos. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.28, n.1/2, p.37-43, 1997.

SCARANARI, C.; LEAL, P. A. M.; MAZZAFERA, P. Sombreamento e períodos de aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira cv. Grande Naine. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 66, n. 3, p. 331-337, 2006.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A. Produção de mudas de acácia com micorrizas e rizóbio em diferentes recipientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 173-178, 2003.

SERRANO, L. A. L.; CATTANEO, L. F.; FERREGUETTI, G. A. Adubo de liberação lenta na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 874-883, 2010.

SILVA, A. T.; PASQUAL, M.; ANTUNES, L. E. C.; CARVALHO, G. R. C. Influência da espécie, desfolha e ambiente na aclimatização de plântulas produzidas "in vitro". **Ciência e Prática**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 280-285, 1994.

SILVEIRA, J. S. M.; FONSECA, A. F. A. **Produção de mudas clonais de café conilon em câmara úmida sob cobertura de folhas de palmeira**. Vitória, ES: EMCAPA, 1995. 15p. (EMCAPA. Documentos, 85).

SÖNDAHL, M. R.; SHARP, W. R. High frequency induction of somatic embryos in cultured leaf explants of *Coffea arabica* L. **Zeitschrift für Pflanzenphysiologie**, Stuttgart, v. 81, p. 395-408, 1977.

STARITSKY, G. Embryoid formation in callus tissues of coffee. **Acta Botanica Neerlandica**, Netherlands, v. 19, n. 4, p. 509-514, 1970.

TEIXEIRA, J. B.; JUNQUEIRA, C. S.; PEREIRA, A. J. P. da C.; MELLO, R. I. S. de; SILVA, A. P. D. da; MUNDIM, D. A. **Multiplicação clonal de café (Coffea arabica L.) via embriogênese somática**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004. 39 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 121).

TORRES, C. A.; CALDAS, S. C.; BUSO, A. B. Meios nutritivos. In: CALDAS, L. S.; HARIDASAN, P.; FERREIRA, M. E. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília, MG: Embrapa-CNPq/Embrapa-SPI, 1998. p. 102-106.

UNO, A.; OHYAMA, K.; KOZAI, T.; KUBOTA, C. Photoautotrophic culture with CO<sub>2</sub> enrichment for improving micropropagation of *Coffea arabica* using somatic embryos. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 625, p. 271-277, 2003.

VAN DER VOSSSEN, H. A. M. Coffe selection and breeding. In: CLIFFORD, M. N.; WILSON, K. C. (Ed.) **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**. London: Croom Helm Westport, 1985. p. 48-96.

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; SANTANA, E. N.; MARTINS, M. V. V. Diagnóstico e manejo das doenças do cafeeiro conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Org.). **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. p. 453-497.

YAMASHITA, O. M.; ORSI, J. V. N.; CAMPOS, O. R.; MENDONÇA, F. S.; RESENDE, D. D.; KAPPES, C.; GUIMARÃES, S. C. Tolerância de mudas de café conilon (*Coffea canephora*) a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Scientia Agraria**, Cascavel, v. 10, n. 2, p. 169-174, 2009.

YASUDA, T.; FUJI, Y.; YAMAGUCHI, T. Embryogenic callus induction from *Coffea arabica* leaf explants by benzyladenine. **Plant Cell Physiology**, Oxford, v. 26, p. 595-597, 1985.

ZAMARRIPA, A.; DUCOS, J. P.; BOLLON, H.; DUFOUR, M.; PÉTIARD, V. Production d'embryons somatiques de caféier en milieu liquide: effets densité d'inoculation et renouvellement du milieu. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 35, n. 4, p. 233-244, 1991.





## Capítulo 7

---

# Implantação da lavoura

*Marcelo Curitiba Espindula  
Alaerto Luiz Marcolan  
Rogerio Sebastião Correa da Costa  
André Rostand Ramalho  
João Maria Diocleciano  
Júlio Cesar Freitas Santos*





## Introdução

**A** definição da área, bem como, o preparo do solo, a implantação e o manejo inicial da lavoura são primordiais para o sucesso da cafeicultura. A escolha do local de plantio deve ser criteriosa, uma vez que o café é uma cultura perene, e erros cometidos em sua implantação poderão comprometer o sucesso da lavoura. O plantio em locais inadequados, além de dificultar a formação e condução do cafezal, diminui a rentabilidade do produtor, por comprometer os níveis de produtividade, elevar o custo de produção e afetar a longevidade da lavoura (FERRÃO et al., 2004).

O solo é um dos fatores de produção mais importantes, devendo ser manejado de forma a preservar as suas características físicas, químicas e biológicas, com o objetivo de garantir sua exploração econômica ao longo dos anos (LANI et al., 2007). Assim, o preparo do solo deve ser realizado de forma a proporcionar o bom desenvolvimento das plantas assegurando a conservação do mesmo.

Durante e após o plantio, algumas práticas podem promover maior sobrevivência e desenvolvimento das plantas, bem como, assegurar retorno econômico ao agricultor durante a fase de desenvolvimento inicial do cafezal. Estas práticas incluem desde a proteção das plantas da excessiva radiação solar até a cobertura do solo com manejo de plantas daninhas ou plantio de culturas intercalares.

Neste capítulo serão abordados fatores relacionados à escolha da área, preparo do solo, plantio das mudas e manejo inicial dos cafezais na Amazônia Ocidental, com ênfase para as pesquisas realizadas no Estado de Rondônia.

## Preparo da área para plantio

### Escolha da área

Inicialmente, o produtor deve observar as características de clima e solo da área em que se pretende instalar o cafezal. Esta área deve ser considerada apta segundo o zoneamento edafoclimático da região onde se pretende implantar a lavoura.

De modo geral, recomenda-se o plantio do cafezal em solos profundos (acima de 100 cm de profundidade) e com facilidade de drenagem (FERRÃO et al., 2004). A textura do solo deve ser de média a argilosa (15% a 35% de argila), evitando-se solos arenosos ou muito argilosos (BOTELHO et al., 2010). O solo também deve ser livre de camadas compactadas, pedregulhos, plantas daninhas de difícil controle, pragas e doenças.

Os relevos planos, suavemente ondulados e ondulados são mais aptos ao cultivo do cafeeiro, por serem mais adequados à mecanização e menos sujeitos à erosão. Áreas com declividade superior a 20% inviabilizam a mecanização (BOTELHO et al., 2010), mas podem ser utilizadas se forem cultivadas manualmente ou com auxílio de tração animal. O plantio não deve ser efetuado em áreas com declividade superior a 45°.

Na escolha do local, devem ser evitadas as áreas que tenham sido cultivadas com café há menos de dois anos, porque essa condição poderá favorecer o surgimento de pragas e de doenças no novo plantio. Neste caso, é recomendável o cultivo de culturas anuais por pelo menos um ano a fim de eliminar ou reduzir a população destas pragas ou doenças (BOTELHO et al., 2010).

## Preparo inicial do solo

Para a escolha do tipo de preparo de solo deve-se levar em consideração o tipo de vegetação presente na área, os atributos químicos e físicos do solo, o relevo do terreno e a disponibilidade de máquinas e equipamentos apropriados para o preparo desejado.

O Estado de Rondônia apresenta históricos diferenciados de manejo dos solos para implantação de lavouras cafeeiras. Nas décadas de 1970, 1980 e 1990 o plantio dos cafezais foi efetuado, em áreas recém desmatadas e de capoeiras, aproveitando a fertilidade natural dos solos, em áreas de pastagens e em áreas já ocupadas com a cultura (MARCOLAN et al., 2009). Atualmente, o plantio está sendo feito em áreas de capoeiras, em áreas de pastagens e, principalmente, em áreas já ocupadas com a cultura.

O plantio em áreas recém desmatadas foi utilizado por muito tempo durante a colonização da região Amazônica, no entanto, tem sido cada vez menos utilizado devido à proibição do desmatamento e ao aumento da fiscalização ambiental. Além disso, a presença de troncos e raízes dificulta a realização de práticas de manejo (Figura 1).



Foto: Flávio de França Souza

**Figura 1.** Plantio de cafezal em área recém-desmatada. Prática em desuso por questões ambientais e técnicas.

Considerando o histórico da área, se a mesma foi submetida a atividades com alta probabilidade de compactação do solo, tais como cultivo de culturas anuais por longo

período, com intenso tráfego de máquinas, ou com pastagem com densidade elevada de animais, recomenda-se efetuar o preparo em área total (Figura 2A), com aração e gradagem ou subsolagem. Nestes casos recomenda-se fazer sondagem do solo com penetrômetro para identificar camadas compactadas e, sendo detectadas, deve-se efetuar a subsolagem para eliminação das mesmas.



Fotos: Marcelo Curitiba Espíndula

**Figura 2.** Covas abertas em solo após aração e gradagem da área total (A). Abertura de covas após o dessecamento de pastagem de braquiária (B).

O preparo em área total também deve ser feito em situações que requeiram a incorporação de corretivos e adubos. Solos com maiores teores de argila, baixa saturação por bases e com elevado teor de alumínio devem ser preparados em maiores profundidades. Recomenda-se aplicar calcário, conforme recomendação pela análise de solo, arar e gradear toda a área antes do preparo das covas ou dos sulcos.

Em situações que não exijam descompactação ou incorporação de fertilizantes e corretivos, o preparo do solo pode ser feito em faixas ou localizado. O preparo em faixas corresponde ao preparo da área em uma faixa na linha de plantio, principalmente por meio da subsolagem. O preparo localizado refere-se à abertura de covas ou de sulcos de plantio permanecendo o restante da área sem preparo (Figura 2B). Esses procedimentos permitem a manutenção da estrutura atual do solo e da cobertura vegetal nas entrelinhas dos cafeeiros aumentando a conservação do solo.

Em caso de cobertura vegetal abundante como capoeiras ou culturas perenes decadentes, o preparo inicial requer destoca da área e enleiramento do excesso de material, principalmente troncos e galhos. As leiras podem ser dispostas em forma de curva de nível aproveitando-se o próprio material para confecção das mesmas. A prática de queima deve ser evitada, sendo tolerada apenas em caso de extrema necessidade (RICCI et al., 2002). Nestes casos, deve-se obter licença ambiental junto aos órgãos responsáveis e seguir os procedimentos técnicos para realização da mesma.

O relevo do solo, além de fator para escolha da área, também implica na escolha do tipo de preparo do solo. Em área declivosa, onde não é recomendado o uso de máquinas, a limpeza do terreno deve ser feita em faixas, com roçadas, capina, ou uso de herbicida. Posteriormente, abrem-se as covas com equipamento motorizado ou com enxada.

A escolha do tipo de preparo do solo também é influenciada pela disponibilidade de máquinas e equipamentos, associada ao nível tecnológico do agricultor, ao tipo de mão



de obra empregada e ao tamanho da área de cultivo. Para o preparo de áreas acima de cinco hectares de cultivo o preparo da área com ferramentas manuais é pouco viável, requerendo o emprego de máquinas e implementos agrícolas, que também permitem o preparo de área total e a abertura de sulcos profundos. Entretanto, em áreas de agricultores que cultivam menos de cinco hectares e utilizam mão de obra familiar, a limpeza de faixas de cultivo com herbicida ou ferramenta manual são alternativas viáveis.

## **Abertura de covas ou sulcos de plantio**

Nos primeiros cultivos de café realizados na Amazônia muitos agricultores plantavam as mudas dos cafeeiros com raízes nuas em pequenas covas feitas com enxadão. Atualmente, as mudas são produzidas em viveiros e plantadas em covas ou em sulcos de plantio abertos manualmente ou com o auxílio de máquinas agrícolas.

O plantio em covas abertas manualmente é realizado, principalmente, por agricultores que cultivam pequenas áreas, um a cinco hectares, utilizando mão de obra familiar e sem disponibilidade de máquinas e implementos agrícolas. Nestes casos, as covas devem ser realizadas manualmente, com auxílio de enxadão e cavadeira, e devem ter dimensões mínimas de 40 cm x 40 cm x 40 cm de comprimento, largura e profundidade, respectivamente (Figura 3A).

Outra opção para abertura de covas é a utilização de perfuradora motorizada. A maior dificuldade está na operação do equipamento, que exige dois operadores e grande esforço físico (MATIELLO et al., 2005). O equipamento de perfuração pode ser adquirido separadamente para ser acoplado a motores portáteis.

As covas também podem ser abertas com auxílio de broca acoplada a trator agrícola (Figura 3B). Neste caso recomenda-se fazer o acabamento da cova com cavadeira, de maneira que fique com formato quadrado, evitando o enovelamento do sistema radicular, principalmente se houver ocorrência de espelhamento das laterais da cova. Utilizando este equipamento é possível atingir maior profundidade o que permite preparo do solo na camada subsuperficial, procedimento que auxilia o aprofundamento do sistema radicular e propicia maior tolerância das plantas ao estresse hídrico.

O plantio de mudas de cafeeiros em sulcos é uma prática relativamente nova entre os agricultores da Amazônia Ocidental, mas que tem ganhado importância em virtude de maior praticidade, maior volume de solo preparado e maior homogeneização dos corretivos e adubos, em relação ao plantio em covas. Os sulcos de plantio são abertos com sulcadores acoplados em tratores agrícolas a profundidade variável em função do equipamento utilizado. Tradicionalmente os sulcos medem de 40 cm a 50 cm de profundidade e apresentam até 80 cm de largura na parte superior (Figura 3C).

No preparo das covas ou dos sulcos deve-se efetuar a homogeneização adequada do solo com os corretivos e fertilizantes. No caso do sulco, os corretivos e fertilizantes podem ser aplicados em toda a sua extensão. A mistura dos corretivos e fertilizantes no sulco pode ser realizada com “batedor de covas (LANI et al., 2007) ou escarificador.



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 3.** Covas abertas manualmente com auxílio de enxada e cavadeira (A). Covas abertas com “broca” acoplada a trator agrícola (B). Sulco aberto com sulcador acoplado a trator agrícola (C).

## Manejo conservacionista

O manejo conservacionista consiste na aplicação de práticas que reduzem a erosão, aumentam a infiltração de água no solo e propiciam a manutenção da fertilidade dos solos. Este manejo pode ser de caráter vegetativo, edáfico e mecânico (BOTELHO et al., 2010).

A principal prática de caráter vegetativo é a manutenção da cobertura do solo nas estrelinhas dos cafeeiros. Quando o preparo do solo é feito em faixas, a cobertura do solo deve ser preservada desde o período de pré-plantio, com o cultivo de plantas de cobertura ou com a vegetação nativa, caso contrário, as precipitações intensas do período das águas podem promover perdas consideráveis de solo e nutrientes (Figura 4A).



No preparo total da área, este deve ser realizado no período de estiagem e, após o mesmo, devem ser semeadas plantas de cobertura para proteção do solo até o momento do plantio (Figura 4B). Áreas com elevadas declividades podem ser preparadas em faixas, mantendo-se as entrelinhas cobertas com vegetação nativa ou implantada.

Após o plantio, o solo também deve ser mantido coberto, principalmente durante a fase de crescimento da lavoura, período em que os cafeeiros proporcionam pouca cobertura. Esta cobertura pode ser alcançada com a implantação de culturas anuais ou plantas de cobertura, ou com o manejo das plantas daninhas (Figura 4C).

As práticas de caráter edáfico são aquelas feitas por alterações no manejo do solo que, além de controlar a erosão, mantêm ou melhoram a sua fertilidade. São exemplos: a calagem e a fertilização química ou orgânica feitas corretamente (BOTELHO et al., 2010).

Como prática de carácter mecânico recomenda-se a sistematização do terreno com terraceamento (Figura 5A), plantio em curva de nível (Figura 5B), cordões de contenção entre outros (RICCI et al., 2002).

No manejo conservacionista os carregadores devem ser dispostos de maneira a prevenir enxurradas, sendo confeccionados no sentido transversal à declividade do terreno e com desnível voltado para a sua parte interna.



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 4.** Solo “lavado” após precipitação intensa (A). Preparo do solo em faixas em área cultivada com milho, como planta de cobertura (B). Cobertura do solo durante o crescimento inicial dos cafeeiros (C).

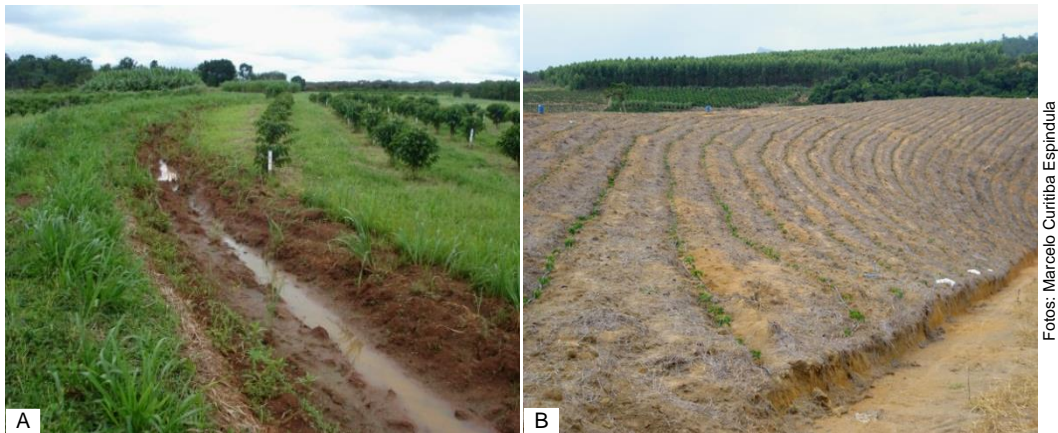
## Plantio

### Época de plantio

Para as condições de Rondônia, na Amazônia Ocidental, em cultivo de sequeiro, recomenda-se efetuar o plantio no período compreendido entre o dia 1 de outubro e o dia 31 de dezembro (MARCOLAN et al., 2009), levando-se em consideração a estabilização das chuvas em cada localidade. Plantios antecipados podem acarretar baixa sobrevivência das mudas por causa da falta de chuvas no período subsequente ao plantio. Entretanto, plantios tardios (janeiro ou fevereiro) podem proporcionar perdas durante a



estação seca subsequente (junho a setembro), em virtude do curto período de crescimento do sistema radicular durante o período das águas.



**Figura 5.** Terraço para contenção de água e controle da erosão (A). Plantio em nível (B).

## Cuidados durante o plantio

O plantio das mudas no campo é uma etapa importante da implantação da lavoura. Tal procedimento interfere na sobrevivência das plantas durante a fase inicial, bem como, na sobrevivência e no bom desenvolvimento das mesmas durante a fase adulta.

O plantio das mudas deve ser realizado, preferencialmente, em condições com baixa temperatura e baixa intensidade luminosa, como dia nublado ou após a chuva quando existe alta umidade no ar e no solo. Mesmo quando se dispõe de sistema de irrigação, devem-se preferir dias com menor insolação.

As mudas devem ser retiradas de seus recipientes atentando-se para a eliminação de aproximadamente 2 cm da porção inferior do mesmo (Figura 6). Tal procedimento é necessário para prevenir a ocorrência de “pião-torto” e “enovelamento” do sistema radicular durante o desenvolvimento da planta (ALVES, 2008).

As covas ou os sulcos devem ser preenchidos com o solo retirado durante a abertura dos mesmos (acrescido dos corretivos e fertilizantes requeridos conforme análise do solo). Por ocasião do plantio devem ser abertas “pequenas covas”, nas covas ou nos sulcos preenchidos com solo, de tamanho suficiente para receber a muda (Figura 7A).

As mudas devem ser plantadas ligeiramente acima do nível do solo, para que não haja acúmulo de água e, conseqüentemente, ocorrência de doenças na base do caule das mudas. Com o assentamento das partículas do solo e a reestruturação do mesmo ocorre adensamento natural e redução do volume de solo que pode gerar depressão no local (Figura 7B e C).

Durante o acondicionamento da muda nas covas deve-se promover leve pressão no solo ao lado do torrão da muda. No entanto, deve-se evitar pressionar a parte superior do bloco no sentido vertical, pois, segundo Alves (2008), pode provocar dobramento da(s) raiz(es) principal(is) ocasionando pião torto ou enovelamento do sistema radicular.



Fotos: Marcelo Curitiba Espíndula

**Figura 6.** Preparo da muda para plantio. Corte do fundo da sacola (A); retirada do plástico lateral (B); muda pronta para o plantio (C).



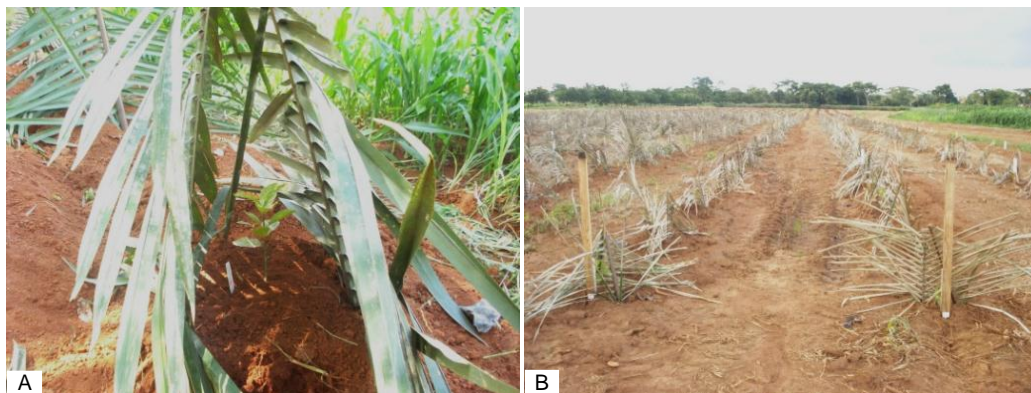
Fotos: Marcelo Curitiba Espíndula

**Figura 7.** Abertura de covas de tamanho suficiente para o acondicionamento da muda (A). Plantio pouco acima do nível do solo para evitar o afogamento das mudas após a compactação do solo (B e C).

Após o plantio, realizar vistorias a cada 30 dias para substituição das mudas mortas, procedimento conhecido como replanta. Plantas que estiverem com desenvolvimento muito aquém do esperado também devem ser substituídas.

## Cuidados pós-plantio

Após o plantio, as mudas podem ser protegidas da incidência de radiação solar, por meio de abrigo formado com partes de folhas de palmáceas (Figura 8).



Fotos: Marcelo Curitiba Espíndula

**Figura 8.** Detalhe da muda protegida, no momento do plantio (A). Visão geral da área após a desidratação das folhas de palmáceas (B).

O solo das entrelinhas do cafezal deve ser mantido com cobertura para evitar a erosão e permitir a manutenção da umidade do mesmo. A cobertura do solo pode ser realizada com vegetação natural ou implantada, sendo esta última com finalidade comercial ou não. As culturas de cobertura serão abordadas a seguir no tópico “culturas intercalares”.

Cerca de 20 dias após o plantio deve ser iniciada a retirada da cobertura de folhas de palmáceas. Recomenda-se utilizar cobertura morta sob a copa das plantas, o que contribui para a manutenção da umidade do solo e diminui o estresse das plantas durante o período de seca, aumentando, inclusive, a sobrevivência durante este período.

## **Culturas intercalares**

De um modo geral os espaçamentos tradicionalmente utilizados nas lavouras cafeeiras da Amazônia Ocidental não otimizam o espaço, o que favorece o desenvolvimento das plantas daninhas, dificultando e onerando o seu controle. Ao mesmo tempo estes espaçamentos oferecem uma oportunidade para o cultivo intercalar com espécies de interesse econômico ou de proteção ao solo.

A possibilidade de utilização de cultivos intercalares representa importante contribuição para a sustentabilidade da propriedade agrícola, seja pela geração de recursos advindos da comercialização dos produtos ou contribuição para a segurança alimentar dos agricultores, pelo fornecimento de alimentos para consumo próprio.

Os cultivos intercalares são prioritários nas áreas montanhosas, sem mecanização e nas propriedades familiares (MATIELLO, 2011) devendo ser utilizados em lavouras em formação, durante os dois primeiros anos, e em áreas podadas, principalmente por recepa, por apresentarem maiores espaços livres nas entrelinhas do cafezal.

Os cultivos intercalares podem promover retorno econômico em curto, médio e longo prazo. Para retorno em curto prazo são utilizadas culturas que além dos benefícios ecológicos, como conservação do solo, também permitem a comercialização de sua produção, como as culturas anuais. Os cultivos que permitem retorno em médio e longo prazo são aqueles que não geram produtos agrícolas comerciais, mas têm a finalidade de promover a conservação do solo, visando a sustentabilidade do sistema como a adubação verde e a formação de cobertura morta. Neste caso as culturas intercalares são plantadas com o objetivo de proteger o solo e não visam retorno econômico em curto prazo. Ambos os sistemas podem promover retorno econômico, embora em diferentes graus e em curto ou longo prazo.

### **Culturas anuais**

As principais características desejáveis das culturas intercalares são: porte baixo e ciclo curto. Tais características resultam em menor competição por luz e nutrientes (MATIELLO, 2011). Assim, as culturas anuais são as mais indicadas, principalmente as gramíneas e leguminosas. No entanto, alguns agricultores optam por culturas perenes como fruteiras ou árvores para produção de madeira dentro de um contexto de cultivo consorciado.

A densidade de plantio das culturas anuais intercalares varia em função do espaçamento do cafezal, da cultura intercalar empregada, da idade do cafezal em formação (ou recuperação), e do nível tecnológico empregado pelo agricultor. De forma geral,

recomenda-se deixar um espaço de pelo menos 0,5 metros entre a linha de cafeeiros e a primeira linha do cultivo intercalar, se a cultura intercalar for anual e de porte baixo.

Para os espaçamentos usuais (2,80 m a 3,50 m entre linhas) recomenda-se, no primeiro ano de cultivo do cafezal, o emprego de uma a duas linhas de milho, três a quatro de arroz, quatro de feijão ou outra leguminosa de baixo porte (Figura 9). No segundo ano, poderá ser plantada uma linha de milho ou de arroz ou três de leguminosa, não sendo recomendado o cultivo intercalar a partir do terceiro ano se o espaçamento entre linhas for menor ou igual a 3 m. O cultivo deve ser feito no período chuvoso, com adubação adequada também na cultura intercalar e manutenção de sua palhada no interior do cafezal. O cultivo de feijão não é indicado para áreas com histórico de ocorrência de nematoides, uma vez que a espécie é hospedeira do patógeno.



**Figura 9.** Culturas intercalares. Culturas graníferas: feijão (A) e arroz (B). Frutíferas de ciclo curto: abacaxi (C) e melancia (D). Frutíferas perenes em cultivo consorciado: banana (E) e mamão (F).

No caso de fruteiras perenes, o cultivo intercalar deixa de ser apenas uma cultura temporária e o sistema passa a ser o de consorciação de culturas. Assim, o plantio deve ser planejado antecipadamente, considerando os aspectos de ambas as culturas (Figura 9E e F).

## Adubação verde e cobertura morta

As principais espécies utilizadas como adubação verde pertencem à família das gramíneas e leguminosas (Figura 10). O plantio destas espécies nas entrelinhas dos cafezais traz benefícios para o solo e para as plantas, por meio da fixação de nitrogênio (leguminosas), fornecimento de cobertura morta, retenção da umidade e inibição do crescimento das plantas daninhas. Entretanto, devem ser manejadas adequadamente para não causar prejuízos ao cafezal pela competição por água, nutrientes e luz.



Foto: Marcelo Curitiba Espíndula

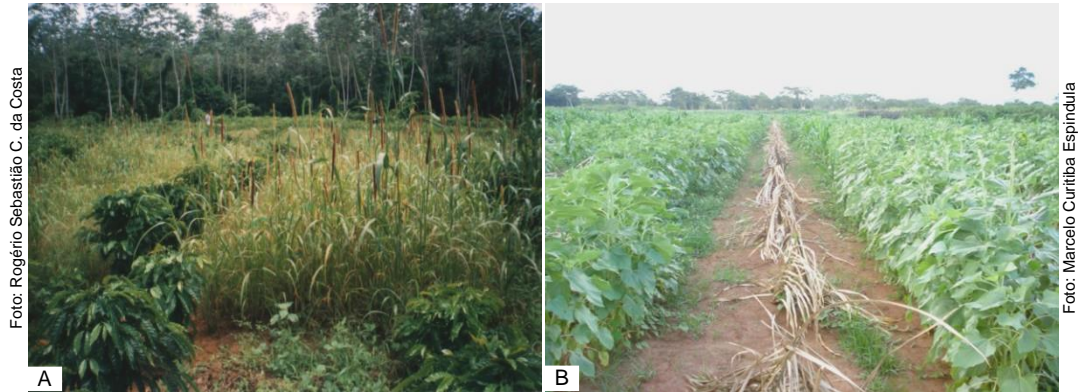
**Figura 10.** Cultivo intercalar com a leguminosa *Stylosanthes* sp. em Ouro Preto do Oeste, RO.

Estudos com leguminosas realizados por pesquisadores da Embrapa Rondônia indicam alguns cuidados com as características das espécies e do solo e com o manejo utilizado pelo agricultor. O uso de *Arachis pintoi* como cultura intercalar não foi benéfico aos cafeeiros, pela competição por recursos do meio, quando esta leguminosa foi cultivada nas entrelinhas de um cafezal recepado, em solo de média a baixa fertilidade no Município de Presidente Médici, RO (COSTA et al., 2002a). Entretanto, em solo de média a alta fertilidade, no Município de Ouro Preto do Oeste, RO, a mesma leguminosa apresentou resultados de convivência benéfica com cafeeiros (COSTA et al., 2002b).

Espécies da família das gramíneas também são muito utilizadas para cultivos intercalares, principalmente pela formação de cobertura morta persistente (Figura 11A). As principais espécies utilizadas são o milheto (*Pennisetum glaucum*), o sorgo (*Sorghum bicolor*) e a braquiária (*Brachiaria* sp.). O milheto, utilizado durante a formação do cafezal, se adapta bem a vários tipos de solos, tendo boa persistência em solo de baixa fertilidade e déficit hídrico. Esta espécie apresenta baixa exigência hídrica, baixa demanda de insumos, alta capacidade de ciclagem de nutrientes; crescimento rápido e elevada produção de biomassa e, ainda, resistência às principais pragas, reduzindo a



população de nematoides como o *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*, *Pratylenchus brachyurus* e *Rotylenchulus reniformis*. Plantas de outras famílias também podem ser utilizadas desde que não haja competição entre as mesmas e os cafeeiros (Figura 11B).



**Figura 11.** Plantas de cobertura na entrelinha do cafezal: Milheto em Machadinho d'Oeste, RO (A). Girassol em Ouro preto do Oeste, RO (B).

A utilização de braquiária ou outra gramínea perene é recomendada para cultura adulta, pois a presença destas espécies evita a infestação da área por plantas daninhas. As gramíneas servem como cobertura de solo nas entrelinhas e a massa vegetal oriunda dos cortes pode ser direcionada para linhas do cafezal servindo como cobertura morta.

A cobertura morta também pode ser obtida por meio do aporte de materiais externos, como palhadas de outras culturas agrícolas ou casca de café (Figura 12A e B). Costa et al. (2002a) avaliaram palha de café (70 t/ha) como cobertura morta na recuperação das lavouras recépedas e obtiveram aumento da produtividade de até 80%.



**Figura 12.** Cobertura morta com milheto (A) e palha de café (B).

## Manejo das plantas daninhas durante a fase de formação do cafezal

Dentre as limitações da exploração cafeeira, destaca-se a intensidade da competição das plantas daninhas. Essas competem por recursos do meio, como: água, luz, CO<sub>2</sub> e nutrientes e, além disso, algumas exercem inibição química sobre o desenvolvimento de outras plantas, fenômeno conhecido como alelopatia. O estabelecimento de

“sementeiras” e a dificuldade de mão de obra são pontos cruciais que devem nortear a definição de um sistema de manejo eficaz para o controle das plantas daninhas no cultivo do café. Sabe-se que o manejo adequado das plantas daninhas pode propiciar benefícios ao solo e à lavoura, com a formação de uma cobertura vegetal, evitando a erosão, conservando a umidade, fornecendo matéria orgânica e contribuindo para melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo.

Recomenda-se manter a linha de plantio livre de plantas daninhas, por meio de capinas ou aplicação de herbicidas. A entrelinha pode ser conduzida com roço periódico, mantendo o solo sempre coberto (Figura 13A). A aplicação de herbicida em área total deve ser efetuada com critério evitando que o solo fique exposto em função de sucessivas aplicações de herbicidas (Figura 13B). No manejo com herbicidas é importante evitar o contato do produto com os cafeeiros, principalmente, na fase inicial de crescimento das plantas. Para isso, recomenda-se utilizar o “chapéu de napoleão” na ponta da barra de aplicação e ou proteger as mudas utilizando recipientes como garrafas PET, canos de PVC ou baldes (Figura 13C).

O controle deve ser feito antes do início do florescimento ou quando as plantas daninhas atingem em média de 15 cm a 20 cm (COSTA et al., 2000). O manejo das plantas daninhas favorece a formação de cobertura morta, com efeitos sobre a manutenção da umidade e conservação do solo. Maiores informações sobre o manejo das plantas daninhas serão fornecidas no capítulo 11 dessa publicação.



Foto: Flávio de França Souza



Foto: Flávio de França Souza



Foto: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 13.** Manejo das plantas daninhas na entrelinha do cafezal. Controle com herbicida (A). Roço mecânico (B). Proteção das mudas para aplicação de herbicidas, utilizando baldes plásticos invertidos (C).

## Referências

ALVES J. D. Morfologia do cafeeiro. In: CARVALHO, C. H. S. de. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2008. p. 35-57.

BOTELHO, C. L.; REZENDE, J. C.; CARVALHO, G. R.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARENGA, A. P.; RIBEIRO, M. F. Preparo do solo e plantio: Instalação do cafezal. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. **Café Arábica: do plantio à colheita**. Lavras, MG: Epamig, 2010. p. 283-341.



COSTA, R. S. C. da; SANTOS, J. C. F.; LEÔNIDAS, F. C.; RODRIGUES, V. G. S. Recepa e diferentes manejos na recuperação de cafezal decadente em Presidente Médici, Rondônia, Brasil. In: SIMPOSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Palestras**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2002. 374 p. v. 2. p. 1049-1052.

COSTA, R. S. C. da; SANTOS, J. C. F.; LEÔNIDAS, F. C. Manejo e controle de plantas daninhas no cafezal em Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 26.; ENCONTRO DE CAFEICULTORES DE MARÍLIA, 6., 2000, Marília, SP. **Trabalhos apresentados**. Rio de Janeiro: PROCAFÉ, 2000. p. 250-251.

COSTA, R. S. C. da; LEÔNIDAS, F. das C.; RODRIGUES, V. G. S.; SANTOS, J. C. F. Utilização da casca de café para proteção do solo e aumento da produtividade do cafezal em Rondônia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá, MT. **Os (des) caminhos do uso da água na agricultura brasileira: resumos**. Cuiabá: SBCS: UFMT, 2002a. 177 p.

COSTA, R. S. C. da; LEÔNIDAS, F. das C.; SANTOS, J. C. F. Influência do manejo de plantas daninhas na concentração de nutrientes nas folhas do café conilon em Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002b. p. 263.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; MARQUES, E. M. G.; ZUCATELI, F. **Café Conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas**. Vitória: Incaper, 2004, 60 p. (Circular Técnica, 03-1).

LANI, J. A.; BRAGANÇA, S. M.; PREZOTTI, L. C.; MARTINS, A. G.; DADALTO, G. G. Preparo, manejo e conservação do solo. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Org.). **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. p. 281-295.

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

MATIELLO, J. B.; SANTIANATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de Café no Brasil: Novo Manual de Recomendações**. Varginha, MG: Bom Pastor, 2005. 438 p.

MATIELLO, J. B. **Café com milho**. 2011. Disponível em: <<http://www.fundacaoprocafe.com.br/sites/default/files/publicacoes/pdf/folhas/Folha97Caf%C3%A9comMilho.pdf>>. Acesso: 26 jan. 2012. (Clube de Tecnologia Cafeeira. Procafé online. FT, 097).

RICCI, M. S. F.; ARAÚJO, M. C. F.; FRANCH, C. M. C. **Cultivo orgânico do café: Recomendações técnicas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 101 p.



## Capítulo 8

---

# Manejo nutricional

*Alaerto Luiz Marcolan  
Marcelo Curitiba Espindula  
Angelo Mansur Mendes  
Kleberson Worslley de Souza  
Jairo André Schlindwein*





## Introdução

A cafeicultura da região Amazônica está concentrada no Estado de Rondônia, onde há o predomínio de cultivo de cafeeiros da espécie *Coffea canephora*. Rondônia se destaca como o segundo maior produtor de café desta espécie, com 11,33% da produção, e como quinto maior produtor de café (*Coffea arabica* e *Coffea canephora*) do Brasil, com 3,26% da produção (CONAB, 2015).

Embora o Estado se destaque como importante produtor de café, a produtividade da cultura é baixa, 17,18 sacas ha<sup>-1</sup>, quando comparada com a do Espírito Santo, que também cultiva café canéfora, porém apresenta produtividade de 35,14 sacas ha<sup>-1</sup>, e com a média nacional, 29,54 sacas ha<sup>-1</sup>. Mesmo quando a comparação não leva em consideração a diferenciação das espécies (*Coffea canephora* e *Coffea arabica*), a produtividade é inferior à média nacional que é de 23,29 sacas ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2015).

A produtividade dos cafezais em Rondônia sempre foi baixa. Entretanto, atualmente, está ocorrendo um processo de modernização da cafeicultura no qual estão sendo empregadas novas tecnologias para o aumento da produtividade. Estas tecnologias incluem o uso de genótipos (clones) selecionados, plantio no sistema “clone em linha” e manejo cultural compatível com o cultivo clonal. Dentre os fatores inerentes ao manejo, que contribuem para altas produtividades, destaca-se o manejo adequado dos fatores edáficos, especialmente aqueles relacionados com a nutrição e adubação do cafeeiro (MARCOLAN et al., 2009).

As adubações de correção e de manutenção da fertilidade de solos utilizando insumos minerais feitas por produtores em Rondônia ainda são aquém do ideal. Alguns produtores aplicam os resíduos do beneficiamento do café (cascas, também conhecidas como palha) nas linhas de cultivo. Ressalta-se que, atualmente, muitas áreas das regiões produtoras de café do Estado de Rondônia, estão situadas sobre solos de média fertilidade, geralmente Latossolos, Argissolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos eutróficos e suas associações. Esses solos, até podem suprir as necessidades nutricionais no início, mas para a manutenção da produtividade dos cafezais, será necessário repor os nutrientes exportados da lavoura, por meio dos frutos, e aqueles demandados para atender as necessidades fisiológicas das plantas.

A nutrição do cafeeiro é analisada principalmente sob o ponto de vista da produtividade, porém a recomendação de adubação não deve se basear apenas na quantidade de nutrientes exportados pelos grãos. Deve considerar também as necessidades fisiológicas da planta para sua manutenção e produção de novos ramos, folhas e raízes, as quais demandam elevadas quantidades de nutrientes, além das perdas do sistema e da quantidade de nutrientes a ser suprida pelo solo. A utilização de nutrientes pelas plantas envolve a absorção do nutriente pelas raízes, a translocação para caules, ramos, folhas, flores e frutos, e a exportação, retirada na colheita dos frutos. Para produzir uma saca de café beneficiado (60 kg) são exportados 2.952 g de nitrogênio, 3.024 g de potássio, 932 g de cálcio, 258 g de magnésio, 168 g de enxofre e 156 g de fósforo (BRAGANÇA et al., 2000).

Neste capítulo serão abordados os aspectos gerais do manejo nutricional de lavouras de *Coffea canephora* (cafeeiro canéfora), com ênfase em calagem e adubação de plantio, formação e produção, e na diagnose visual de deficiências nutricionais.

## Calagem e adubação no plantio e na formação do cafezal

Para a recomendação de calagem e de adubação é necessária a análise química do solo. Para tanto, anteriormente é necessário efetuar a amostragem do solo, considerando duas situações: a formação inicial do cafezal (implantação) e a manutenção do cafezal durante a fase de produção. Ressalta-se que em ambos os casos, para se obter dados analíticos que realmente representem os atributos químicos e físicos do solo, a amostragem deve ser criteriosa e seguir as recomendações necessárias.

### Amostragem do solo

A amostragem de solo para a formação do cafezal deve ser feita, preferencialmente, de três a seis meses antes do preparo do solo para o plantio. Inicialmente, é feita a seleção de áreas homogêneas quanto ao relevo (espigão ou chapada, encosta e baixada), à textura do solo (argilosa, média e arenosa), à coloração do solo (avermelhado, amarelado etc.) e ao histórico da área (tipo e tempo de cultivo) (Figura 1). Posteriormente, procede-se a coleta de 15 a 20 amostras simples em cada área homogênea que se pretende avaliar a fertilidade do solo, nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm, retirando-se o mesmo volume para cada amostra simples e colocando o solo em recipiente limpo, como por exemplo, um balde de plástico.



Foto: Renata Kelly da Silva

**Figura 1.** Exemplo de separação de glebas homogêneas para coleta de amostras de solo. Região de Alta Floresta do Oeste, RO.

As amostras simples devem ser retiradas ao acaso, percorrendo a área em ziguezague. Evitar locais próximos de estradas, cercas, caminhos, formigueiros e resíduos sólidos. As amostras simples de 0-20 cm não devem ser misturadas no mesmo recipiente que contiver as de 20-40 cm. Após coletar e misturar separadamente, as amostras de solo das duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm), retirar aproximadamente 500 gramas de cada profundidade, que representa a amostra composta, embalar (saco plástico), identificar (data, localização e profundidade) e enviar ao laboratório para análise.

### Calagem para o plantio

A acidez do solo promove aumento da atividade de íons alumínio ( $Al^{3+}$ ) e também sua disponibilidade no complexo de troca do solo. Além do  $Al^{3+}$  ser absorvido pelas raízes

das plantas, o que provoca toxidez, evita que as bases trocáveis como íons  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  ocupem o complexo de troca, provocando lixiviação e perda desses nutrientes por ocasião de adubações.

Ressalta-se a existência de trabalhos que relatam menor tolerância do cafeeiro canéfora ao  $\text{Al}^{3+}$  quando comparado ao cafeeiro arábica (MAURI et al., 2004; MATTIELLO et al., 2008; GUARÇONI; PREZOTTI, 2009), principalmente onde ocorrem níveis elevados de  $\text{Al}^{3+}$  nas camadas subsuperficiais do solo, como comumente observado nos solos na região Amazônica, evitando o aprofundamento do sistema radicular do cafeeiro.

Outro problema em solos com baixo pH é que pode haver aumento na disponibilidade de manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ ), que também é tóxico em doses elevadas, sendo requerido pelos vegetais apenas em pequenas quantidades. A toxidez que pode ser provocada por alumínio e manganês influencia negativamente o crescimento, o desenvolvimento e, conseqüentemente, a produtividade dos cafezais. Portanto, a elevação do pH de solos ácidos pela prática da calagem é fundamental para se obter índices de produtividade satisfatórios. A quantidade de calcário a ser aplicada ao solo é determinada com base nos resultados da análise do solo.

A necessidade de calcário é calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{NC} = \frac{\text{CTC} \times (\text{V}_2 - \text{V}_1)}{\text{PRNT}}$$

Em que:

NC = necessidade de calcário ( $\text{t ha}^{-1}$ ).

CTC = capacidade de troca catiônica do solo ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ).

$\text{V}_2$  = saturação por bases desejada (50% a 60%).

$\text{V}_1$  = saturação por bases do solo (%), fornecida pelo laudo de análise.

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário a ser utilizado.

A aplicação de calcário deve ser realizada em área total onde será implantado o cafezal. O calcário deve ser distribuído uniformemente na superfície do terreno e incorporado na camada de 0-20 cm do solo, preferencialmente dois meses antes do plantio, conforme determinado pela necessidade de calcário (NC).

É importante destacar que devido aos solos do Estado, de maneira geral, apresentarem baixos teores de magnésio, recomenda-se a utilização de calcário dolomítico, pois além de elevar o pH e fornecer cálcio, também é fonte de magnésio para as plantas.

Quando a necessidade de calcário for superior a  $5,0 \text{ t ha}^{-1}$  recomenda-se aplicar a metade da dose antes da primeira aração ou gradagem e a outra metade antes da segunda gradagem. Este procedimento é feito para uniformizar a distribuição do calcário na camada arada do solo (0-20 cm), o que permite um crescimento mais abundante e melhor distribuído das raízes das plantas. Para quantidades menores que  $5,0 \text{ t ha}^{-1}$  pode ser realizada uma única aplicação, seguida da incorporação com arado ou grade aradora.

Além da calagem em área total, pode ser realizada também a calagem na cova de plantio. A quantidade de calcário a ser aplicada na cova deve ser calculada considerando o volume de solo da cova. Essa aplicação pode ser feita para complementar a calagem em área total, uma vez que o calcário é distribuído na camada de 0-20 cm e a cova é

aberta com 40 cm a 60 cm de profundidade. A calagem na cova de plantio permite maior crescimento radicular em profundidade. Porém, conforme já mencionado é complementar e não deve substituir a calagem em área total, pois quando a calagem é realizada apenas na cova ocorre restrição ao crescimento do sistema radicular.

## Adubação de plantio

A adubação de plantio é de fundamental importância para o cafeeiro canéfora, pois a exigência por nutrientes é alta, em virtude do reduzido sistema radicular da muda, no estágio inicial de desenvolvimento. As quantidades de fósforo, potássio e micronutrientes, como zinco e boro, recomendadas para o plantio da cultura do café variam conforme o resultado da análise de solo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Quantidades de fósforo ( $P_2O_5$ ), potássio ( $K_2O$ ), boro (B) e zinco (Zn) recomendadas na implantação da cultura do café, em função dos teores de nutrientes no solo.

Nutriente/Método	Teor de fósforo no solo ( $mg\ dm^{-3}$ )		
	< 10	10 – 20	> 20
P (Mehlich-1)	----- g de $P_2O_5$ por cova -----		
	40	30	20
	<b>Teor de potássio no solo (<math>mmol_c\ dm^{-3}</math>)</b>		
K (Mehlich-1)	< 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0
	----- g de $K_2O$ por cova -----		
	20	10	0
B (Água quente)	<b>Teor de boro no solo (<math>mg\ dm^{-3}</math>)</b>		
	0 – 0,2	0,21 – 0,60	> 0,60
	----- g de B por cova -----		
Zn (Mehlich-1)	1	0,5	0
	<b>Teor de zinco no solo (<math>mg\ dm^{-3}</math>)</b>		
	0 – 0,5	0,6 -1,2	> 1,2
	----- g de Zn por cova -----		
	2	1	0

Fonte: Veneziano (2000).

O fósforo é um nutriente que merece destaque na fase de implantação, especialmente quando se trata de solos amazônicos e de outros solos tropicais, onde esse nutriente é um dos principais entraves para a produção vegetal (NOVAIS; SMITH, 1999), como também demonstrado em Veloso et al. (2003) avaliando o estágio nutricional de lavouras cafeeiras na região da Transamazônica. Além de apresentarem baixos teores de fósforo na forma disponível, os solos de regiões tropicais, em geral, apresentam alta capacidade de adsorção de fósforo pelos óxidos e oxihidróxidos de ferro e alumínio. Sendo assim, a dose de fósforo aplicada ao solo não deve ser o único fator a ser levado em consideração, deve-se considerar também o volume de solo a ser fertilizado, a reatividade do fertilizante em função do tempo e a capacidade de adsorção de fósforo pelo solo (GUARÇONI; PREZOTTI, 2009).

Para o suprimento de micronutrientes tem-se a possibilidade de utilização de fertilizantes conhecidos como FTE do inglês “frited trace elements” que significa “elementos traços fritados” devido à forma como são produzidos sob altas temperaturas. Esses fertilizantes são compostos por uma mistura de nutrientes que geralmente incluem nutrientes como Boro, Cobre, Manganês, Molibdênio e Zinco dentre outros.

No enchimento das covas para o plantio, além da adubação química, pode-se utilizar adubação orgânica. A quantidade é recomendada considerando-se o teor de matéria orgânica do solo (Tabela 2).

**Tabela 2.** Quantidade de adubo orgânico (curtido) recomendado na implantação da cultura do café em função do teor de matéria orgânica no solo.

Adubo orgânico	Teor de matéria orgânica no solo (g kg <sup>-1</sup> )		
	< 20	20 a 30	> 30
	----- kg cova <sup>-1</sup> -----		
Esterco de bovinos	10,0	6,0	2,0
Palha de café	3,0	2,0	1,0
Esterco de galinhas (cama)	3,0	2,0	1,0
Esterco de galinhas (gaiola)	2,5	1,5	0,5
Esterco de suínos	10,0	6,0	2,0

Fonte: Marcolan et al. (2009).

A adubação orgânica é importante em virtude das funções que a matéria orgânica desempenha no solo, especialmente naqueles que se encontram em algum nível de degradação. Contudo, é difícil suprir as necessidades nutricionais de um cafezal apenas com adubos orgânicos, especialmente em áreas maiores por causa da grande quantidade de adubo necessária, uma vez que estes adubos apresentam baixa concentração de nutrientes, quando comparada a dos adubos minerais.

A maneira mais fácil de adotar a prática da adubação orgânica é quando se produz o adubo na propriedade agrícola, ou quando é possível aproveitar os materiais existentes nas proximidades da lavoura, como esterco de curral (bovino), cama de frango ou esterco de aves, esterco de suínos e palha de café. A composição de nutrientes varia conforme o tipo de adubo orgânico a ser utilizado (Tabela 3).

**Tabela 3.** Composição média de nutrientes presentes em adubos orgânicos.

Fontes	Teor de nutrientes (g kg <sup>-1</sup> )		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Esterco de bovinos (curtido)	6	3	6
Palha de café	17	1	32
Esterco de galinhas (cama)	15	10	7
Esterco de galinhas (gaiola)	20	20	10
Esterco de suínos	5	3	4

Fonte: adaptado de Matiello (1991) e Malavolta (1993).

## Adubação de formação

No primeiro ano, considerando o plantio na época recomendada, outubro a dezembro, após o “pegamento” das mudas no campo, deve ser feita a adubação de cobertura que consiste na aplicação de doses de nitrogênio e potássio ao redor das plantas, na distância de 10 cm do caule. Recomendam-se dividir as doses (Tabela 4), em quatro aplicações, espaçadas em 45 dias. Após esse período a adubação pode ser suspensa por coincidir com o período de estiagem.

No segundo ano, recomenda-se fazer mais quatro aplicações a partir do início do período chuvoso (outubro), com o intervalo de 45 dias entre cada aplicação (Tabela 4).

**Tabela 4.** Doses de nitrogênio e de potássio recomendadas no primeiro e segundo anos na formação do cafezal.

Idade	Dose de N <sup>(1)</sup>	Dose K <sub>2</sub> O <sup>(1)</sup>
	----- g planta <sup>-1</sup> -----	
1º Ano	32	16
2º Ano	60	60

<sup>(1)</sup> Parcelar as doses em quatro aplicações, em intervalos de 45 dias, durante o período chuvoso.

## Calagem e adubação de produção

Considerando o plantio na época recomendada, outubro a dezembro, aproximadamente 18 meses após o plantio das mudas deve-se verificar a necessidade da calagem e, também, da adubação de produção. Para isso, se faz necessária a amostragem do solo para análise química e, se possível, a análise foliar para auxiliar na tomada de decisão.

A aplicação de calcário e de adubação são práticas, em geral, necessárias para garantir níveis adequados de produtividade. A recomendação de calagem em cafeeiros adultos deve ser realizada com base nos resultados da análise de solo. Já a recomendação de adubação deve ser baseada na análise de solo e na produtividade esperada.

## Amostragem de solo no cafezal adulto

Em áreas já implantadas (cafezal estabelecido), inicia-se o processo de amostragem com a separação de talhões (cafezal com mesma idade, manejo e variedade) dentro de uma mesma área homogênea. Segue-se com retirada de 15 a 20 amostras simples por talhão, em ziguezague, sob a projeção da copa dos cafeeiros, local onde serão aplicados os adubos (Figura 2), nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm, tomando os mesmos cuidados descritos anteriormente neste capítulo.



Fotos: Marcelo Curitiba Espindola

**Figura 2.** Local de coleta de amostras de solo para análise química.



A amostragem do solo na profundidade de 0-20 cm deve ser realizada anualmente, e na profundidade de 20-40 cm deve ser realizada a cada dois anos, após a colheita e pelo menos dois meses após a última adubação.

## Amostragem e análise química foliar

A análise química foliar avalia a concentração dos nutrientes nos tecidos foliares. A interpretação desses resultados (concentrações nutricionais) por diferentes métodos (faixa de suficiência, nível crítico e DRIS) é utilizada para o diagnóstico do estado nutricional das plantas.

A adequada avaliação do estado nutricional das plantas depende da correta aplicação das práticas de coleta e análise dos tecidos que se pretende avaliar, que no caso do café são as folhas. Para tal, inicialmente deve-se proceder a amostragem de forma representativa, dividindo a área em talhões uniformes. A divisão pode ser feita pelos atributos do solo, diferenças de fertilidade previamente conhecidas, e relevo, como também pela idade das plantas, genótipos, espaçamentos, número de hastes e produtividade esperada.

A amostragem foliar normalmente é feita no início do desenvolvimento dos frutos, aproximadamente 30 a 60 dias após a florada geral, com a cultura na fase fenológica do “grão chumbinho” (MALAVOLTA et al., 1997).

Para maior representatividade as coletas devem ser padronizadas, coletando-se folhas, completamente expandidas, situadas no terceiro ou quarto par de folhas a partir do ápice do ramo plagiotrópico (ramo em produção). Devem ser coletadas quatro folhas por planta amostrada, sendo uma em cada ponto cardeal. Os ramos plagiotrópicos devem estar situados no terço médio da planta (Figura 3).



Foto: Marcelo Curitiba Espindula e Rafael Alves da Rocha

Figura 3. Local de coleta de amostra foliar na planta.

Para cada talhão deverão ser coletadas 25 plantas ao acaso, totalizando 100 folhas por talhão homogêneo (BRAGANÇA et al., 2001), caminhando-se em ziguezague e evitando-se aquelas com danos mecânicos causados por atrito, doenças e pragas.

Para a interpretação dos resultados da análise foliar utiliza-se o método da faixa de suficiência ou nível crítico foliar previamente estabelecido pela literatura. Estes teores de nutrientes foliares considerados adequados (Tabela 5), também conhecidos por “nível crítico”, limite inferior da faixa “Alto”, em que normalmente obtêm-se rendimentos próximos à máxima eficiência econômica da cultura e, em geral, esse rendimento situa-se próximo a 90% do rendimento relativo máximo.

**Tabela 5.** Teores de nutrientes nas folhas considerados adequados ao desenvolvimento de café canéfora.

Nutriente	Teor adequado
Nitrogênio	30 g kg <sup>-1</sup>
Fósforo	1,2 g kg <sup>-1</sup>
Potássio	21 g kg <sup>-1</sup>
Cálcio	14 g kg <sup>-1</sup>
Magnésio	3,2 g kg <sup>-1</sup>
Enxofre	2,4 g kg <sup>-1</sup>
Boro	48 mg kg <sup>-1</sup>
Zinco	12 mg kg <sup>-1</sup>
Manganês	69 mg kg <sup>-1</sup>
Cobre	11 mg kg <sup>-1</sup>
Ferro	131 mg kg <sup>-1</sup>

Fonte: Costa e Bragança (1996).

De posse dos resultados da análise da composição química foliar e da análise do solo, é possível estabelecer relação entre a disponibilidade de nutrientes no solo e a absorção de nutrientes pela planta, o que pode resultar em maior eficiência do manejo nutricional dos cafeeiros.

## Calagem

A aplicação de calcário pode ser realizada de forma manual ou mecanizada (Figura 4), preferencialmente em área total. A aplicação manual é usual em pequenas propriedades, onde não se dispõe de mecanização e se utiliza mão de obra familiar para os tratamentos culturais. Já, a aplicação mecanizada é utilizada em lavouras maiores onde a aplicação manual se torna inviável por causa da dificuldade de contratação de mão de obra externa, demasiadamente onerosa.

Para as áreas em produção, recomenda-se a aplicação superficial de calcário, sem a incorporação ao solo. Neste caso, considera-se que o calcário reagirá de forma mais efetiva apenas na camada de 0-10 cm. Recomenda-se aplicar a metade da quantidade indicada pela NC (NC x 0,5), pois a fórmula considera uma quantidade de calcário para ser distribuída na camada de 0-20 cm de solo, evitando assim a supercalagem, ou seja, a elevação excessiva do pH na camada superficial do solo, que prejudica a absorção de alguns nutrientes, e gastos desnecessários.



Foto: Marcelo Curitiba Espíndula

**Figura 4.** Calagem em lavoura de *C. canephora* 'Conilon' plantado com espaçamento de 3 m entre linhas e com três anos de idade.

## Adubação

A adubação de produção deve ser efetuada com base na análise do solo (teores de nutrientes no solo) e na produtividade esperada (Tabela 6). A produtividade esperada deve considerar o potencial genético da cultura (mudas clonadas ou provenientes de sementes); o manejo (espaçamento, número de plantas por hectare, poda, controle fitossanitário, irrigação); solo (textura, profundidade); idade das plantas e o clima da região.

**Tabela 6.** Quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) recomendadas para a cultura do café em função da produtividade esperada e do teor de P e K no solo.

Produtividade esperada	N <sup>(1)</sup>	P Melich-1 (mg dm <sup>-3</sup> )			K trocável (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )		
		<10	10-20	>20	<1,5	1,5-3,0	>3,0
- sacas ha <sup>-1</sup> -	N (kg ha <sup>-1</sup> )	----- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ) -----			----- K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> ) -----		
20 – 30	150	40	20	0	120	80	40
30 – 40	180	50	30	0	150	100	50
40 – 50	210	60	40	20	180	120	60
50 – 60	240	70	50	30	210	140	70
60 – 70	270	80	60	40	240	160	80
70 – 80	300	90	70	50	270	180	90
80 – 90	330	100	80	60	300	200	100
90 – 100	360	110	90	70	330	220	110
100 – 110	390	120	100	80	360	240	120
110 – 120	420	130	110	90	390	260	130
120 – 130	450	140	120	100	420	280	140
130 – 140	480	150	130	110	450	300	150
140 – 150	510	160	140	120	480	320	160

<sup>(1)</sup> As doses de N e K<sub>2</sub>O devem ser divididas em quatro aplicações durante o período chuvoso.

Fonte: adaptado de Veneziano (2000).

A Tabela 7 apresenta a recomendação de adubação para os micronutrientes boro e zinco, conforme o resultado da análise do solo.

**Tabela 7.** Quantidades de boro e zinco recomendadas para a cultura do café em função dos teores no solo.

Nutrientes	Teor no solo	Recomendação
	----- mg dm <sup>-3</sup> -----	----- kg ha <sup>-1</sup> -----
Boro (B)	< 0,20	2
	0,21 – 0,60	1
	> 0,60	0
Zinco (Zn)	< 0,5	2
	0,6 - 1,2	1
	> 1,5	0

Fonte: adaptado de Veneziano (2000).

A aplicação dos adubos deve ser feita sob a projeção da copa dos cafeeiros, pois é onde se encontra a maior parte das raízes com maior potencial de absorção dos nutrientes. Recomenda-se parcelar a quantidade de nitrogênio e potássio em quatro vezes (outubro, dezembro, janeiro e março/abril), durante o período chuvoso, enquanto que os demais (fósforo e micronutrientes, boro e zinco) devem ser aplicados em uma só vez, durante o primeiro parcelamento da adubação nitrogenada e potássica.

Durante o início da estação de crescimento, é comum verificar deficiência visual de boro e zinco, pois neste período ocorre simultaneamente o crescimento vegetativo e reprodutivo, atividades altamente dependentes destes nutrientes. Assim, com base nas análises de solo e folhas deve ser dada atenção especial a estes nutrientes durante o início da estação chuvosa.

### **Adubação quando se dispõe de irrigação**

A área com café irrigado vem crescendo significativamente em Rondônia. Ainda não existem dados oficiais, que informem com precisão a área total de café que já utiliza irrigação, seja por aspersão, microaspersão ou gotejamento. A irrigação localizada é a mais apropriada para a cultura do café, por ser mais eficiente no uso da água e por possibilitar fazer fertirrigação. Apesar do alto investimento em equipamentos, o produtor economizará em mão de obra para realizar as adubações, além da maior produtividade esperada por causa da maior eficiência nutricional do sistema envolvido, especialmente quando for utilizado o gotejamento.

É importante ressaltar que existem fertilizantes apropriados para a fertirrigação, os quais são mais solúveis em água, além de serem livres de impurezas. A quantidade de nutrientes fornecida às plantas pode ser calculada da mesma maneira como se faz para as adubações convencionais (baseadas nas análises de solo e de tecido foliar). A diferença é que a fertirrigação fornece os nutrientes de forma mais parcelada e em quantidades menores a cada aplicação. Dessa maneira, em menor quantidade e maior periodicidade, a eficiência no uso de insumos tende a ser maior, principalmente pela diminuição das perdas, o que se reflete em ganhos de produtividade na lavoura.

O produtor que optar por um sistema de irrigação ou fertirrigação tem maior flexibilidade para mudar o manejo da lavoura. Com estas tecnologias é possível fazer adubação de crescimento por um período maior durante o ano, pois, na região Amazônica, não há restrição de crescimento por baixas temperaturas. A adubação de produção em sistemas irrigados pode ter o seu início antecipado para o final de agosto ou início de setembro e poderá ser parcelada até pouco antes da fase de maturação dos frutos (março/abril).

Atenção especial deve ser dada para o ciclo de maturação dos genótipos que estão sendo cultivados. Genótipos com menor duração do ciclo de maturação dos frutos apresentam maior velocidade de acúmulo de massa de matéria seca e nutrientes (PARTELLI et al., 2014) e, por isso, devem receber a adubação de produção dentro de um período menor que genótipos tardios. Entretanto, os genótipos tardios (maturação em junho ou julho) podem ter suas adubações parceladas até o final de maio, dependendo do genótipo.

Em sistemas irrigados ou fertirrigados, por não depender de precipitações, é possível fazer o plantio antecipado do cafezal, o que permite aumentar a produtividade na primeira safra comercial, sendo para isso necessário aumentar a quantidade de adubação de crescimento.

A desvantagem da fertirrigação, além do custo inicial elevado, está relacionada ao manejo inadequado que pode promover a salinização ou a acidificação do solo, a lixiviação de nutrientes e a eutrofização ou contaminação dos mananciais. Sendo assim, para implantar um sistema de fertirrigação, deve-se ter o acompanhamento técnico, por causa do alto risco de danos ambientais e de prejuízos financeiros que podem ocorrer para produtor.

## **Diagnose visual do estado nutricional das plantas**

Além do procedimento padrão que envolve análise do solo e de tecido foliar, a diagnose visual é prática que auxilia o manejo nutricional de lavouras cafeeiras. No entanto, a utilização desta prática como ferramenta para o manejo nutricional é desaconselhável, pois, a detecção de deficiência visual de nutrientes nas plantas exige conhecimento, experiência e indica que o manejo não foi adequado e que as plantas já entraram em estresse nutricional severo.

Quando a planta apresenta o sintoma, seu metabolismo já foi comprometido e a correção da deficiência nem sempre trará benefícios como incremento de produção ou produtos de melhor qualidade (MARSCHNER, 1995). Além disso, os sintomas normalmente ocorrem de forma complexa, onde a deficiência nutricional não é apenas de um elemento e depende ainda, do efeito do manejo dado à cultura, além da integração desta com o ambiente de cultivo (fatores bióticos e abióticos).

A prevenção, por meio de adubações embasadas em análises químicas, é a melhor solução para garantir produtividade adequada e com qualidade. Por isso, as análises de solo e de tecido foliar representam as mais importantes ferramentas para avaliar a fertilidade do solo e o estado nutricional da planta, respectivamente. Salienta-se que uma análise não substitui a outra, sendo complementares. Pode-se ter um solo com elevada fertilidade, porém com plantas em estado nutricional desequilibrado.

A diagnose visual consiste na comparação visual do aspecto (coloração, tamanho e forma) da amostra (planta, ramos e folhas) com uma planta ou amostra padrão, cujo aspecto visual condiz com o equilíbrio nutricional da espécie. A folha é, na maioria das vezes, o órgão de comparação, pois é o que melhor reflete o estado nutricional da planta, pois os principais processos metabólicos do vegetal ocorrem nas folhas, que são os órgãos da planta mais sensíveis às variações nutricionais.

Havendo falta ou excesso de nutriente, a planta manifestará sintomas visíveis, os quais são típicos para cada elemento. Isso se deve ao fato de que um dado nutriente exerce sempre as mesmas funções em qualquer espécie de planta. Os sintomas foliares podem ser divididos em cinco classes (BENNETT, 1993): a) clorose, uniforme ou internervural; b) necrose, nas pontas, margens ou entre as nervuras das folhas; c) perda da dominância apical, com morte da gema apical e ou, superbrotamento; d) acúmulo de antocianina e desenvolvimento de coloração avermelhada; e) deformação, com coloração normal ou amarelecimento.

A ocorrência do sintoma em folhas velhas ou novas depende da mobilidade do elemento no floema. Elementos móveis, como N, P, K e Mg, manifestam a deficiência primeiramente em folhas velhas, de onde são translocados para suprir as regiões de dreno metabólico, enquanto que as folhas novas irão demonstrar sintomas de deficiência de elementos pouco móveis, como Ca, Mn, Cu, Zn, Fe e B (MALAVOLTA, 2006).

Apesar de parecer complexa e às vezes de difícil diagnóstico, a diagnose visual é uma opção que pode auxiliar no manejo da adubação para a cultura cafeeira, pois os sintomas foliares são facilmente visualizados a campo. Sendo assim, é importante conhecer os sintomas das principais deficiências nutricionais, para que seja possível diagnosticar com maior precisão esses sintomas.

## Nitrogênio (N)

É um nutriente requerido em grande quantidade por todas as culturas. A deficiência de nitrogênio no cafeeiro causa inicialmente clorose (perda da coloração verde típica) uniforme nas folhas. Por causa da mobilidade do nitrogênio na planta, o sintoma ocorre inicialmente nas folhas velhas, podendo atingir as outras folhas, conforme a gravidade da deficiência (Figura 5A e B). Além da clorose, pela menor quantidade de cloroplastos que tende a mudar a cor verde para amarela e, se continuar a deficiência, pode chegar à necrose (cor escura indicando tecido morto) que proporcionará a queda dessas folhas, observa-se a redução do tamanho das folhas novas e em alguns casos de deficiência aguda pode ocorrer a seca dos ramos conhecida como *die-back*.



**Figura 5.** Sintomas de deficiência de nitrogênio em *C. canephora*. Planta com deficiência generalizada de N (A). Folha deficiente à esquerda e sadia à direita (B).

Fotos: Marcelo Curitiba Espíndula

O período seco aumenta a severidade da deficiência de nitrogênio, pois a redução da umidade afeta a mineralização da matéria orgânica que é a principal fonte desse nutriente, além da baixa umidade no solo reduzir a sua mobilidade.

## Fósforo (P)

Assim como ocorre com o nitrogênio, os primeiros sintomas de deficiência de fósforo ocorrem nas folhas velhas, pois o nutriente apresenta rápida mobilidade na planta. Nem sempre o primeiro sintoma de deficiência é percebido, pois a perda de brilho das folhas velhas evolui para manchas amareladas que passam para amarelo-bronzeada e, em seguida, para a cor pardo-vermelhada. Tornam-se marrom-arroxeadas, conforme a severidade da deficiência, por causa do acúmulo de antocianinas (Figura 6A e B).

Em casos extremos observam-se ainda manchas necróticas no limbo, distribuídas irregularmente. Associado a esses sintomas tem-se a morte prematura das folhas mais velhas. É comum a ocorrência de deficiência de fósforo em plantas de café durante o período de estiagem, mesmo havendo disponibilidade do nutriente no solo, em virtude da sua baixa mobilidade no solo.



Fotos: Marcelo Curitiba Espíndula

**Figura 6.** Sintomas de deficiência de fósforo em *C. canephora*. Ramo plagiotrópico apresentando deficiência de P na parte basal (A). Folha sadia à esquerda e deficiente à direita (B)

## Potássio (K)

Inicia-se com clorose nas margens das folhas mais velhas que, com severidade da deficiência, transforma-se em necrose (Figuras 7A e B). A parte central das folhas é pouco afetada, entretanto essas folhas são facilmente destacadas, podendo provocar desfolhamento do cafeeiro que contribui para a má formação dos frutos (frutos menores e chochos) que proporciona perda de qualidade e redução na produtividade. Em certos casos, observa-se a morte descendente dos ramos.



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 7.** Sintomas de deficiência de potássio em *C. canephora*. Ramo plagiotrópico apresentando deficiência de K (A). Clorose e necrose das extremidades da folha causadas por deficiência de K (B).

## Cálcio (Ca)

O sintoma de deficiência de cálcio inicia com a clorose nas folhas mais novas, nas margens e evoluindo para o centro, podendo atingir a folha toda. Pode ainda apresentar pequenas áreas necróticas. Conforme a severidade da deficiência pode ocorrer a morte da gema terminal e a deformação de folhas recém-lançadas (Figuras 8A e B).



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 8.** Sintomas de deficiência de cálcio em *C. canephora*. Clorose das extremidades (A). Deformação das folhas jovens (B).

## Magnésio (Mg)

Apresenta clorose amarelo-claro no tecido internervural (parte que fica entre as nervuras da folha), passando de amarelo-claro para amarelo-avermelhado, embora as nervuras se mantenham verdes (Figura 9). Em caso de deficiência acentuada observa-se necrose nas pontas das folhas. Esse sintoma é iniciado nas folhas mais velhas e com o agravamento da deficiência pode atingir nas folhas mais novas.



Foto: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 9.** Sintomas de deficiência de magnésio em *C. canephora*.



## Enxofre (S)

Os sintomas iniciais são clorose nas folhas mais novas, na forma de uma faixa larga que compreende a nervura principal e se estende até o meio da lâmina foliar, sintoma que reflete a falta de clorofila nos cloroplastos (Figura 10).



Foto: Francisco Felner

**Figura 10.** Sintomas de deficiência de enxofre em *C. canephora*.

Fonte: Bragança et al. (2007)

## Ferro (Fe)

Os sintomas iniciais ocorrem nas folhas mais jovens, pela baixa mobilidade deste nutriente na planta. As folhas deficientes em Fe apresentam clorose internervural onde somente os vasos permanecem verdes contrastando com a cor amarelada do limbo foliar e formando um reticulado característico (Figura 11). A deficiência pode aparecer de forma mais acentuada quando a planta está em rápido crescimento.



Foto: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 11.** Sintomas de deficiência de ferro em *C. canephora*.

## Boro (B)

Os sintomas de deficiência são mais comuns em solos ácidos e pobres em matéria orgânica. Os sintomas mais típicos são: paralisação do crescimento dos ramos; morte de gemas terminais na ponta dos ramos e excessiva brotação nos ápices das plantas, formando um aspecto de leque; folhas deformadas, pequenas e retorcidas com bordas irregulares (Figura 12); abortamento de flores e morte das pontas das raízes.



Foto: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 12.** Sintomas de deficiência de boro em *C. canephora*.

## Cobre (Cu)

O sintoma típico de deficiências de cobre é a deformação das folhas jovens que se tornam onduladas na parte superior, com nervuras salientes, encurvando-se para baixo (Figuras 13A e B). Na evolução dos sintomas, a deficiência passa para as folhas mais velhas, que além de encurvadas para baixo, apresentam a nervura central e a faixa próxima mais clara, um pouco esbranquiçada.



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 13.** Sintomas de deficiência de cobre em *C. canephora*. Deformação de folhas jovens (A). Detalhe do encurvamento da folha (B).

## Zinco (Zn)

Os sintomas de deficiência são redução dos internódios (Figura 14A), roseta de folhas nas pontas dos ramos (Figura 14B), folhas pequenas, estreitas, de aspecto coriáceo e quebradiças (Figura 14C); frutos menores e redução na produção.



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 14.** Sintomas de deficiência de zinco em *C. canephora*. Encurtamento dos entrenós (A). Estreitamento de folhas em brotações (B). Folhas maduras pequenas e estreitas após expansão sob condições de deficiência de zinco (C).

## Manganês (Mn)

As plantas com deficiência de manganês apresentam clorose internervural nas folhas jovens e velhas (Figura 15A, B e C). Este sintoma é facilmente confundível com os

sintomas de toxidez de manganês e/ou deficiência de ferro. Em estágio avançado as folhas apresentam clorose generalizada e aspecto amarelo-esbranquiçado (Figura 15A). Ocorre em solos onde foi aplicada dose excessiva de calcário. Além dos sintomas citados anteriormente, as folhas mais velhas caem com facilidade como também os frutos na fase cereja. A adubação de zinco em excesso pode proporcionar deficiência de manganês, assim como a adubação em excesso de manganês pode provocar deficiência de ferro.



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 15.** Ramo plagiotrópico deficiente em manganês apresentando sintomas em folhas novas e folhas velhas (A). Sintomas iniciais em folhas velhas (B). Detalhe de deficiência severa em folhas novas (C).

## Considerações finais

A Amazônia Sul Ocidental, especialmente o Estado de Rondônia, apresenta grande potencial para a ampliação da cafeicultura. Entretanto, é necessário aplicar no campo os conhecimentos já obtidos e desenvolver ainda mais os conhecimentos a respeito das técnicas de cultivo, especialmente aquelas voltadas para a nutrição do cafeeiro. O parcelamento e as doses de adubações quando se dispõe de irrigação (fertirrigação), refinar os dados para recomendação de doses de fertilizantes, analisar criteriosamente a viabilidade ou não do uso de gesso agrícola na região, são desafios atuais a fim de proporcionar ao cafeicultor a máxima eficiência técnica e econômica da cultura.

## Referências

- BENNETT, W. F. Plant nutrient utilization and diagnostic plant symptoms. In: W.F. BENNETT, W. F. (Ed.). **Nutrient deficiencies and toxicities in plants**. St. Paul, Minn.: APS Press, 1993. p. 1-7.
- BRAGANÇA, S. M.; COSTA, A. N.; LANI, J. A. Absorção de nutrientes pelo cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froenher) aos 3,6 anos de idade: Macronutrientes. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Paletstras...** Brasília: Embrapa Café, 2002. p. 1350-1351.
- BRAGANÇA, S. M.; LANI, J. A.; DE MUNER, L. H. **Café Conilon: adubação e calagem**. Vitória: Incaper, 2001. 31 p. (Circular Técnica, 1).
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Safra 2015, Primeiro Levantamento, Brasília, Janeiro de 2015. v.1, n. 3. Brasília: Conab, 2015. 41p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 20 mai. 2015.



COSTA, A. N.; BRAGANÇA, S. M. Normas de referência para o uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do café conilon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22., 1996, Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1996. p. 103-104.

GUARÇONI M. A.; PREZOTTI, L.C. Fertilização do café conilon. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologias para produção do café conilon**. Viçosa, MG: UFV, 2009. p. 249-293.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro-colheitas econômicas máximas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210 p.

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. Amsterdam: Academic Press, 2005. 889 p.

MATIELLO, E. M.; PEREIRA, M. G.; ZONTA, E.; MAURI, J.; MATIELLO J. D.; MEIRELES, P. G.; SILVA, I. R. da. Produção de matéria seca, crescimento radicular e absorção de cálcio, fósforo e alumínio por *Coffea canephora* e *Coffea arabica* sob influência da atividade do alumínio em solução. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32. n. 1, p. 425-434, 2008.

MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320 p.

MAURI, J.; MATIELO, J. B.; MEIRELES, P. G.; MATIELLO, E. M.; ZONTA, E.; PEREIRA, M. G. Efeito do alumínio no desenvolvimento de *Coffea canephora* e *Coffea arabica* cultivados em solução nutritiva. In: REUNIÃO BRASILEIRA DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., 2004, Lages. **Fertbio 2004**: anais. Lages: SBSC; UDESC Lages, Departamento de Solos, 2004. 1 CD-ROM.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV: DPS, 1999. 399 p.

VELOSO, C. A. C.; SOUZA, F. R. S. de; CORREA, J. R. V.; RIBEIRO, S. I.; OLIVEIRA, M. C. M. de; CARVALHO, E. J. M. Avaliação do estado nutricional do cafeeiro (*Coffea canephora*) na região da Transamazônica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFES DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro, BA. **Workshop Internacional de Café e Saúde**: anais. Brasília, DF: Embrapa Café, 2003. p. 397-398.

PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C.; MARRÉ, W. B.; VIEIRA, H. D. Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of conilon coffee with different ripening cycles. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 38, n. 1, p. 214-222, 2014.

VENEZIANO, W. **Recomendação técnica de adubação e calagem para cafeeiros conilon (*Coffea canephora*) em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2000. 7 p. (Embrapa Rondônia. Circular Técnica, 62)

## Capítulo 9

---

# **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) no manejo da adubação de cafeeiros**

*Paulo Guilherme Salvador Wadt  
Jairo Rafael Machado Dias  
Alaerto Luiz Marcolan*





## Introdução

A moderna cafeicultura depende para o alcance de produtividades elevadas e economicamente competitivas de fatores como material genético de elevado potencial produtivo, do correto manejo fitossanitário e fitotécnico das lavouras e, também, de condições adequadas para a nutrição mineral das lavouras, o que se traduz na necessidade de introduzir alternativas tecnológicas de produção que conduzam a uma maior sustentabilidade econômica, social e ambiental (KHALAJABADI, 2008).

Neste aspecto, tem sido constante a preocupação com a renovação do parque cafeeiro, buscando alternativas, principalmente para redução de custos de produção e aumento da produtividade, onde o manejo da adubação tem um papel destacado neste desafio, como se observa na Colômbia (ARBOLEDA et al., 1988; ARIZALETA et al., 2002) e no Brasil, com destaque para o Estado de São Paulo (BATAGLIA et al., 2004) e de Minas Gerais (BARBOSA et al., 2006).

A importância do manejo da adubação decorre do cafeeiro apresentar elevadas taxas de exportação de nutrientes do solo, necessitando de uma adequada aplicação de nutrientes para alcançar produtividades elevadas (FARNEZI et al., 2009). Outro aspecto refere-se aos elevados preços dos fertilizantes que torna a avaliação do estado nutricional das lavouras uma prática essencial para prover recomendações de adubação mais balanceadas e de maior eficácia econômica (SILVA et al., 2011).

A principal ferramenta para o manejo das adubações consiste na determinação da capacidade do solo em fornecer os nutrientes à cultura o que é obtida pela análise química da fertilidade dos solos (PREZOTTI et al., 2007).

De 17 nutrientes essenciais (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Mo, Cl e B), excluindo-se os não minerais (C, H, O), a interpretação dos resultados de análises de solos para fins de recomendação de adubação está disponível em rotina laboratorial para dois nutrientes (P e K), uma vez que N e S apresentam dificuldades quanto à precisão dos valores indicados nos testes laboratoriais. Por sua vez, Ca e Mg são determinados principalmente para orientar na correção da acidez do solo e não para o fornecimento de nutrientes. Quanto aos micronutrientes, a interpretação dos resultados analíticos ainda é insipiente dada a falta de ensaios de calibração para a interpretação de seus teores (KHALAJABADI, 2008).

Outro fator é que o processo de absorção e extração de nutrientes no solo pela planta também está associado a fatores como luminosidade, umidade do solo, temperatura ou interações simbióticas com microrganismos, que podem afetar seu aproveitamento pela planta, e, portanto, reduzir a correlação entre a quantidade indicada como disponível no solo e aquela efetivamente absorvida pela lavoura.

Uma das alternativas eficientes tem sido a análise química das folhas de cafeeiros, uma ferramenta que vem sendo usada e aperfeiçoada para a determinação da necessidade de adubação (LANA et al., 2010). A escolha das folhas decorre do fato de ser neste órgão que ocorre a maior produção de fotossintatos e para onde é transportada a maior parte dos nutrientes absorvidos pelas plantas (MALAVOLTA et al., 1999).

A informação sobre o teor dos nutrientes nas folhas, em um determinado estágio fenológico da lavoura, possibilita que sejam utilizados diferentes procedimentos para a

interpretação do estado nutricional das plantas, sendo os mais utilizados: Nível Crítico, Faixas de Suficiência e o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (MARTINEZ et al., 2004; PARTELLI et al., 2007; PREZOTTI et al., 2007; KHALAJABADI, 2008).

Dentre estes métodos, o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), desenvolvido por Beaufls (1973), tem se mostrado adequado na avaliação do estado nutricional de cafeeiros arábica e canéfora (ARBOLEDA et al., 1988; ARIZALETA et al., 2002; BARBOSA et al., 2006; PARTELLI et al., 2005, 2007; SILVA et al., 2011). O DRIS incorpora o conceito de balanço nutricional ou de equilíbrio entre os nutrientes no tecido vegetal, possibilitando o diagnóstico de uma lavoura com base em índices para cada nutriente (RODRIGUEZ; RODRIGUEZ, 2000).

Dado que este sistema possibilita a definição dos padrões nutricionais com base exclusivamente no monitoramento de lavouras comerciais, não requerendo necessariamente a utilização de ensaios de calibração, pode ser adotado como alternativa no processo de manejo das adubações, evitando-se a necessidade de ensaios por vários anos e assim encurtando o tempo necessário para a difusão da tecnologia. Isto é particularmente importante na adubação para novas lavouras cafeeiras da Amazônia, em especial, para o Estado de Rondônia que se destaca como segundo maior polo produtor de café canéfora do Brasil.

Este capítulo tem por objetivo apresentar o estado da arte da aplicação do DRIS em cafeeiros das espécies *Coffea arabica* (café arábica) e *C. canephora* (café canéfora), bem como disponibilizar normas DRIS para cafeeiros canéfora para o Estado de Rondônia, ilustrando sua utilização no manejo das adubações.

## **Aplicação do DRIS na avaliação do estado nutricional em cafeeiros**

Dada a existência de textos teóricos sobre a metodologia DRIS (WADT; NOVAIS, 1999; WADT, 2008; WADT; LEMOS, 2010; WADT et al., 2011), além de inúmeras dissertações de mestrado e teses de doutorado, como também uma página na Wikipédia dedicada a explicar o método DRIS (WIKIPEDIA, 2012), será enfatizado apenas os aspectos mais práticos do DRIS em cafeeiros, sem fazer referência aos aspectos de obtenção de normas DRIS, seleção de funções ou de fórmulas DRIS e outros detalhes teóricos acerca desta técnica.

A aplicação do DRIS em cafeeiros tem sido feita com diferentes propósitos, dentre os quais incluem a avaliação do estado nutricional das lavouras cafeeiras, a comparação do DRIS com outras ferramentas de avaliação do estado nutricional, o uso do DRIS para a obtenção de padrões nutricionais próprios ou para os métodos convencionais (ARBOLEDA et al., 1988; PARTELLI et al., 2006a, 2006b; FARNEZI et al., 2009; LANA et al., 2010).

Os primeiros trabalhos com aplicação do DRIS em cafeeiros ocorreram na Colômbia, com café arábica (ARBOLEDA et al., 1988) e no Brasil, com cafeeiros canéfora cultivados no Espírito Santo (BRAGANÇA; ALVAREZ, 1990; LEITE, 1993).

Arboleda et al. (1988) testaram a aplicação do DRIS na avaliação do estado nutricional de experimentos com aplicação de NPK, em arranjo fatorial, conduzidos durante os anos



de 1966 a 1976 e concluíram que o DRIS foi sensível a alteração nos teores dos nutrientes nos cafeeiros e no aumento da produtividade. Neste trabalho, além de publicarem as primeiras normas DRIS para cafeeiros, os autores fizeram uma longa explanação sobre a utilização do método DRIS, em especial, quanto à interpretação dos resultados da análise foliar pelo DRIS.

Por sua vez, Bragança e Alvarez (1990) não chegaram a aplicar o DRIS em cafeeiros, mas elaboraram um detalhado levantamento nutricional de lavouras cafeeiras em duas regiões geológicas do Espírito Santo (Barreiras e Cristalino) e apresentam os teores nutricionais foliares e dados de produtividade durante três anos. Estes dados foram utilizados por Leite (1993), que testou a utilização do DRIS em cafeeiros, comparando o diagnóstico das lavouras pelo DRIS com outros métodos, como Nível Crítico, Alimentação Global, Equilíbrio Fisiológico e Índices Balanceados de Kenworthy.

Embora a pesquisa com o uso do DRIS já tivesse iniciado em 1986 no Instituto Agrônomo de Campinas sob a liderança do Dr. Ondino Cleante Bataglia, o trabalho de Leite (1993) consolidou os primeiros resultados científicos sobre DRIS em cafeeiros, o qual conclui pela viabilidade da técnica para avaliação nutricional de lavouras.

Trabalhando com cafeeiros podados, Nick (1998) realizou importante contribuição para o desenvolvimento da aplicação do DRIS ao propor, avaliar e recomendar o critério do valor "r" para a seleção de funções DRIS entre sua forma de expressão direta e inversa. Este critério consiste no cálculo dos coeficientes de correlação (r) entre os valores de produtividade e a relação entre os pares de nutrientes, tanto na relação direta e inversa, sendo que a aquela relação que resultar no mais alto valor absoluto do coeficiente de correlação (r) deve ser selecionada (NICK, 1998). Essa técnica, embora não seja largamente utilizada para cafeeiros, tem sido adotada em diversas culturas, como pastagens e espécies frutíferas (MOURÃO FILHO et al., 2002; SILVEIRA et al., 2005; NACHTIGALL; DECHEN, 2007).

As lavouras cafeeiras monitoradas por Bragança e Alvarez (1990) foram avaliadas por diferentes fórmulas DRIS e com a utilização do teste F para a seleção das funções bivariadas. O diagnóstico do estado nutricional das lavouras foi consistente entre os métodos utilizados e, de forma geral, nas lavouras de baixa produtividade, P, K e Ca foram os nutrientes mais limitantes, nesta ordem (WADT et al., 1999). Nas lavouras de média produtividade, P, B e Ca foram os mais importantes, enquanto que, nas lavouras de alta produtividade, Mn, pelo método de Jones (1981) e Elwali e Gascho (1984), e S e P, pelo método de Rathfon e Burger (1991) foram os nutrientes que se apresentaram em um maior número de casos como os mais limitantes (WADT et al., 1999).

Esta tendência de maior frequência de deficiência de macronutrientes em lavouras de baixa produtividade e de micronutrientes nas lavouras de alta produtividade também tem sido observada para outras espécies frutíferas, como mangueiras (RAJ; RAO, 2005). Nestas lavouras, o DRIS também apontou que o manejo da adubação nitrogenada foi adequado, independentemente da produtividade das lavouras (WADT et al., 1999).

Barbosa et al. (2006) apontaram como mais limitantes por deficiência, em lavouras cafeeiras no norte fluminense, Ca, B, Zn e K, sem fazer referência à classe de produtividade em que estes nutrientes foram mais limitantes. Na região de Manhuaçu, Minas Gerais, Cu, S, K e Zn, foram os nutrientes que apresentaram maior limitação no período do verão ao utilizar o DRIS como método de diagnóstico (PARTELLI et al., 2007).



Na região do Alto Paranaíba, em Minas Gerais, os nutrientes P e Fe, seguidos pelo K e Mn, obtiveram maior ocorrência como mais limitantes por deficiência; todavia, o P, B, Fe, K e Mn foram os nutrientes com maior frequência apontados com alta probabilidade de resposta a adubação, pelo método do Potencial de Resposta a Adubação (LANA et al., 2010). Em lavouras de café arábica da região do Vale do Jequitinhonha, os nutrientes P, K, S, B, Cu, Mn e Zn foram encontrados com maior frequência como deficientes (FARNEZI et al., 2009).

Em cafeeiros canéfora cultivados sob sistemas orgânicos e convencionais foi observado que, nas lavouras em sistema orgânico, a principal causa da baixa produtividade pode estar relacionada ao desequilíbrio entre os nutrientes (PARTELLI et al., 2005), enquanto que nas lavouras convencionais outros fatores podem também ser responsáveis pela baixa produtividade.

Em relação aos nutrientes mais limitantes por deficiência, nas lavouras cultivadas em sistema orgânico, Mn, P, Fe e Cu foram os que ocorreram em maior frequência, enquanto nas lavouras comerciais, Mn, N e P foram os que ocorreram como mais limitantes por deficiência no maior número de lavouras (PARTELLI et al., 2005).

Comparando o estado nutricional de lavouras de duas variedades de café arábica (Catuai e Catucaí), foi constatado que os cafeeiros da variedade Catucaí apresentavam maior tendência de serem nutricionalmente desbalanceados, principalmente por excesso de Fe e Mn (SILVA et al., 2011).

Uma contribuição para o desenvolvimento da metodologia DRIS foi a análise do uso do teste F para a seleção das relações entre os nutrientes, onde se demonstrou que se selecionando as relações bivariadas com o teste F aumenta-se a amplitude dos valores do índice de balanço nutricional (IBN), melhorando a capacidade do DRIS em discriminar lavouras nutricionalmente balanceadas daquelas desbalanceadas (WADT et al., 1999).

Wadt et al. (1999) também discutem a inconsistência conceitual de se validar o DRIS com base em correlações entre IBN e produtividade das lavouras, dado que lavouras nutricionalmente equilibradas podem apresentar tanto altas quanto baixas produtividades. Por exemplo, lavouras nutricionalmente produtivas terão alta produtividade quando todos os fatores (nutricionais e não nutricionais) estiverem em condições não limitantes, mas podem ter baixa produtividade quando nutricionalmente equilibradas se algum fator não nutricional, como sazonalidade, doenças ou pragas, espaçamento ou condições climáticas estiver em condições limitantes. Ainda assim, alguns autores têm procurado estabelecer esta correlação, como por exemplo, Arizaleta et al. (2002) na avaliação de 1.122 amostras foliares de cafeeiros cultivados na Venezuela.

Neste sentido, também Silva et al. (2011) encontraram maior correlação espacial negativa entre o índice de balanço nutricional médio (IBNm) e a produtividade em lavouras da variedade Catuai e menor correlação espacial negativa em lavouras da variedade Catucaí. A correlação espacial negativa indica que o balanço nutricional nas lavouras varia com a distância entre amostras, e quanto mais equilibrada estiver a lavoura, maior a ocorrência de cafeeiros de maior produtividade, ou seja, quanto menor o IBN maior será a produtividade.

Comparando-se a combinação de dois métodos DRIS (matéria seca e convencional) com quatro critérios para a seleção das relações bivariadas para o cálculo dos índices DRIS, não se verificou diferenças entre os métodos na frequência com que os nutrientes são indicados como os mais limitantes por deficiência ou excesso (PARTELLI et al.,

2006a), sugerindo que os diferentes critérios apresentam comportamento semelhante. Diante desses resultados, os autores sugerem não ser necessária a seleção das relações bivariadas, bem como banco de dados de lavouras de baixa produtividade para que sejam definidas as relações nutricionais úteis para o diagnóstico nutricional.

O DRIS foi utilizado para o estabelecimento de níveis críticos foliares para nutrientes na região do Vale do Jequitinhonha (FARNEZI et al., 2009), cuja faixa de valores adequados (faixa ótima) foi inferior ao indicado na literatura para a maioria dos nutrientes. Os autores interpretaram este resultado como uma indicação da necessidade de se obter padrões nutricionais locais, seja quanto ao método convencional como em relação às normas DRIS, sugerindo que cada região cafeeira do Estado de Minas Gerais deva ter seu próprio conjunto de normas DRIS.

Partelli et al. (2006b) compararam o diagnóstico nutricional de lavouras cafeeiras em sistema convencional e em sistema orgânico a partir de conjunto de normas DRIS específicas para cada sistema de manejo, e encontraram que as normas específicas para um tipo de manejo (orgânico ou convencional) não deveriam ser aplicadas para lavouras conduzidas sob outro tipo de manejo, indicando a especificidade das normas DRIS. As normas DRIS convencionais e orgânicas diferiram entre si em 41% das relações bivariadas.

Entretanto, a representatividade da população de referência para o pomar a ser avaliado é fundamental no processo de diagnóstico e normas genéricas podem ter desempenho semelhante ou superior àqueles obtidos por normas específicas se houver representatividade nas normas quanto ao conjunto de lavouras a ser avaliado (WADT, 2005b; WADT; DIAS, 2012).

Estes resultados sugerem maior esforço em pesquisa para que se possa definir a necessidade ou não de normas DRIS específicas para cada condição de cultivo, apesar de que adotar normas específicas tem sido uma prática largamente aplicada em Minas Gerais (MARTINEZ et al., 2003, 2004).

Farnezi et al. (2010) verificaram, em lavouras de café arábica da região do Vale do Jequitinhonha, a existência de uma interação da produtividade e a qualidade da bebida de café com o estado nutricional do cafeeiro, de forma que o aumento do equilíbrio nutricional (redução do IBN) ocorre com aumento da produtividade e da qualidade da bebida. Por sua vez, Silva et al. (2003) ao avaliarem o efeito de doses crescentes de K de três diferentes fontes potássicas em cafeeiros arábica cultivados em São Sebastião do Paraíso e Patrocínio, em Minas Gerais, verificaram maior correlação negativa entre o IBN e a produtividade dos cafeeiros, e menor correlação negativa do IBN com a qualidade da bebida. Assim, o balanço nutricional mostrou-se mais promissor em melhorar a produtividade do que a qualidade da bebida, o que foi atribuído ao grande número de processos que afetam a qualidade do café.

Avaliando o estado nutricional de lavouras cafeeiras na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais, Lana et al. (2010) relataram correlações positivas de N com P, K e S; de P com K, Mg e S; e K com Mg e S; e correlações negativas de N com Ca, B, Fe e Zn; de P com Ca, B, Fe, Mn e Zn e de K com Ca, B, Fe, Mn e Zn, ou seja, maior tendência de correlações positivas entre os três macronutrientes principais (N, P e K) com outros macronutrientes e correlações negativas dos macronutrientes principais com os micronutrientes. Este tipo de informação, uma vez confirmada em outras lavouras cafeeiras, amplia as possibilidades para o manejo das adubações, uma vez que se poderia, por exemplo, reequilibrar o balanço nutricional dos micronutrientes por meio de adubações de macronutrientes.

Maia (1999), decompondo as fórmulas DRIS de Beaufils (1973) e Jones (1981), propôs que a constante  $k$  (denominada de constante de sensibilidade) fosse ajustada de acordo com a categoria do nutriente quanto a sua responsividade às adubações. Bataglia et al. (2004) demonstraram o potencial da utilização deste procedimento, categorizando os nutrientes em não responsivos (Cu e Fe), mediamente responsivos (P, Ca, Mg e Mn) e responsivos (N, K, S, B e Zn), verificando que o ajuste do coeficiente de sensibilidade melhora o diagnóstico nutricional proporcionando uma maior correlação entre IBN e a produtividade do cafeeiro. Isto indica que o uso do DRIS ainda pode ser melhorado com ajustes na constante de sensibilidade, melhorando a capacidade preditiva do método na identificação dos nutrientes limitantes da produtividade (BATAGLIA et al., 2004).

Em geral, o sistema DRIS tem se mostrado adequado para avaliar a ordem de limitação nutricional e a dependência da produtividade das lavouras cafeeiras quanto à necessidade de melhoria do balanço de nutrientes para que se alcance altas produtividades (SILVA et al., 2011) e, possivelmente, também com efeitos positivos na qualidade da bebida (FARNEZI et al., 2010).

## **Normas DRIS preliminares para café canéfora cultivado no Estado de Rondônia**

Para a obtenção das normas DRIS, foram amostrados 112 talhões cultivados com *Coffea canephora*, distribuídos em 62 propriedades rurais do Município de Nova Brasilândia d'Oeste, centro sul do Estado de Rondônia. A temperatura média anual na região de estudo situa-se em 25 °C e a precipitação média em 2.000 mm ano<sup>-1</sup> (RONDÔNIA, 2009). As lavouras amostradas apresentavam condições diferentes de manejo fitotécnico (espaçamento, podas e número de hastes ortotrópicas por cova), material genético e fertilidade do solo, todas as condições que afetam tanto a produtividade das lavouras como também o equilíbrio nutricional. Nenhuma das lavouras monitoradas apresentou histórico de uso de fertilizantes minerais ou correção do solo.

As amostragens foram realizadas nos meses de agosto e setembro de 2009, tomando-se ao acaso 50 plantas de cafeeiros, coletando-se, duas folhas por planta completamente expandidas, na posição do terceiro ou quarto par de folhas, a partir do ápice do ramo plagiotrópico, localizado na posição do terço mediano superior das plantas, no estágio fenológico de “grão chumbinho” (MALAVOLTA et al., 1993).

As folhas, após coleta, foram acondicionadas em sacos plásticos e imediatamente guardadas em caixa de isopor com gelo, provocando a rápida interrupção de seu metabolismo. Depois, essas foram retiradas dos sacos, secas e levadas ao laboratório.

No laboratório, nas amostras de folhas foram determinados os teores totais de N, P, K, Ca, Mg, Fe e Mn, sendo o N determinado por digestão micro-Kjeldahl em extrato sulfúrico e os demais nutrientes em extrato nitroperclórico (CARMO et al., 2000).

As normas DRIS foram obtidas para todas as relações entre os teores dos nutrientes analisados, conforme realizado por Barbosa et al. (2006) e Partelli et al. (2007) para cafeeiros arábica e por Partelli et al. (2006a, 2006b) para cafeeiros canéfora, calculando-se também os valores máximos e mínimos para cada relação bivariada. Por estas normas DRIS pode-se calcular os índices DRIS pelos métodos de Beaufils (1973), Jones (1981), Elwali e Gascho (1984), Rathfon e Burger (1991) e Wadt et al. (2007), utilizando-

se todas as formas de expressões das relações (por exemplo, N/P e P/N), ou apenas uma das formas de expressão da relação (N/P ou P/N) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Normas DRIS bivariadas (média, desvio padrão, máximo e mínimo) para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg (expressos em g kg<sup>-1</sup>), Fe e Mn (expressos em mg kg<sup>-1</sup>), obtidas a partir da amostragem de 112 lavouras de café canéfora no Município de Nova Brasilândia d'Oeste, Estado de Rondônia. Ano de 2009.

Norma	Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
N	23,61	2,742	30,800	18,000
N/P	16,308	3,745	26,509	8,577
N/K	0,963	0,232	2,172	0,569
N/Ca	1,399	0,332	2,912	0,719
N/Mg	8,646	3,016	20,248	3,259
N/Fe	1,004	2,041	8,647	0,019
N/Mn	0,208	0,105	0,576	0,066
P/N	0,065	0,017	0,117	0,038
P	1,512	0,342	2,600	0,990
P/K	0,061	0,018	0,135	0,036
P/Ca	0,089	0,025	0,198	0,043
P/Mg	0,554	0,225	1,678	0,142
P/Fe	0,072	0,158	0,817	0,001
P/Mn	0,014	0,008	0,041	0,004
K/N	1,083	0,200	1,758	0,460
K/P	17,353	4,013	27,455	7,426
K	25,256	3,929	33,300	11,510
K/Ca	1,509	0,431	3,126	0,580
K/Mg	9,454	3,887	23,636	1,701
K/Fe	1,132	2,372	10,194	0,027
K/Mn	0,225	0,121	0,620	0,064
Ca/N	0,749	0,157	1,390	0,343
Ca/P	11,975	2,938	23,075	5,044
Ca/K	0,719	0,219	1,724	0,320
Ca	17,537	3,602	31,420	8,070
Ca/Mg	6,189	1,733	17,298	1,999
Ca/Fe	0,772	1,628	8,059	0,020
Ca/Mn	0,158	0,089	0,447	0,046
Mg/N	0,130	0,048	0,307	0,049
Mg/P	2,103	0,937	7,043	0,596
Mg/K	0,128	0,071	0,588	0,042
Mg/Ca	0,174	0,054	0,500	0,058
Mg	3,053	1,171	8,100	1,210
Mg/Fe	0,130	0,278	1,366	0,003
Mg/Mn	0,028	0,018	0,088	0,007
Fe/N	4,573	6,206	53,674	0,116
Fe/P	75,476	96,042	726,414	1,224
Fe/K	4,321	5,330	37,066	0,098
Fe/Ca	6,178	7,030	49,903	0,124
Fe/Mg	37,406	45,640	329,972	0,732
Fe	105,265	128,552	966,130	3,020
Fe/Mn	0,915	1,058	6,504	0,009
Mn/N	6,033	2,927	15,111	1,736
Mn/P	99,456	54,520	257,328	24,606
Mn/K	5,808	3,125	15,692	1,614
Mn/Ca	8,526	4,675	21,551	2,238
Mn/Mg	53,407	33,792	143,979	11,325
Mn/Fe	7,222	18,334	109,990	0,154
Mn	142,682	72,099	363,930	39,100

Fonte: Wadt e Dias (2012).

Foram também calculadas normas DRIS para relações bivariadas log-transformadas (BEVERLY; HALLMARK, 1992; WADT et al., 2011), as quais podem ser utilizadas nas fórmulas de Beaufils (1973), Jones (1981), Elwali e Gascho (1984) ou Wadt et al. (2007) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Normas DRIS bivariadas log neperiano transformadas (média e desvio padrão) para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg (expressos em g kg<sup>-1</sup>), Fe e Mn (expressos em mg kg<sup>-1</sup>), obtidas a partir da amostragem de 112 lavouras de café canéfora no Município de Nova Brasilândia d'Oeste, Estado de Rondônia. Ano de 2009.

Norma/relação	Média	Desvio padrão	Norma/relação	Média	Desvio padrão
N	3,155	0,116	Ca/Mg	1,788	0,266
N/P	2,764	0,242	Ca/Fe	-1,296	1,215
N/K	-0,060	0,203	Ca/Mn	-1,997	0,551
N/Ca	0,311	0,216	Mg/N	-2,100	0,343
N/Mg	2,100	0,343	Mg/P	0,664	0,391
N/Fe	-0,985	1,191	Mg/K	-2,160	0,434
N/Mn	-1,685	0,480	Mg/Ca	-1,788	0,266
P/N	-2,764	0,242	Mg	1,055	0,342
P	0,391	0,205	Mg/Fe	-3,084	1,226
P/K	-2,824	0,252	Mg/Mn	-3,785	0,632
P/Ca	-2,453	0,251	Fe/N	0,985	1,191
P/Mg	-0,664	0,391	Fe/P	3,749	1,265
P/Fe	-3,749	1,265	Fe/K	0,924	1,221
P/Mn	-4,449	0,563	Fe/Ca	1,296	1,215
K/N	0,060	0,203	Fe/Mg	3,084	1,226
K/P	2,824	0,252	Fe	4,140	1,198
K	3,215	0,174	Fe/Mn	-0,701	1,331
K/Ca	0,372	0,285	Mn/N	1,685	0,480
K/Mg	2,160	0,434	Mn/P	4,449	0,563
K/Fe	-0,924	1,221	Mn/K	1,625	0,523
K/Mn	-1,625	0,523	Mn/Ca	1,997	0,551
Ca/N	-0,311	0,216	Mn/Mg	3,785	0,632
Ca/P	2,453	0,251	Mn/Fe	0,701	1,331
Ca/K	-0,372	0,285	Mn	4,840	0,497
Ca	2,844	0,207			

Fonte: Wadt e Dias (2012).

Normas DRIS multivariadas, também denominadas normas para o método da Diagnose da Composição Nutricional (PARENT; DAFIR, 1992; PARENT; NATALE, 2008) foram disponibilizadas (Tabela 3), as quais podem ser utilizadas para o cálculo dos índices DRIS multivariados de relações log-centradas (PARENT, 2011).

**Tabela 3.** Normas DRIS multivariadas (média, desvio padrão e coeficiente de variação) para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg e matéria seca (MS), expressos em dag kg<sup>-1</sup> e obtidas a partir da amostragem de 268 lavouras de café canéfora em Rondônia e Espírito Santo.

Parâmetro	N	P	K	Ca	Mg	MS
Média	0,395	-2,618	0,205	-0,196	-1,752	3,967
Desvio padrão	0,172	0,188	0,218	0,186	0,255	0,096
Coeficiente de variação	43,5	7,2	106,3	94,9	14,6	2,4

Fonte: Wadt e Dias (2012).

## Cálculo dos índices DRIS

As normas DRIS disponibilizadas nas Tabelas 1 a 3 permitem o cálculo dos índices para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe e Mn. Entretanto, por se tratarem de normas DRIS preliminares obtidas de lavouras de café canéfora sem adubação, recomenda-se neste

momento o cálculo dos índices DRIS apenas para os macronutrientes, potencialmente mais responsivos em situações sem utilização de fertilizantes (RAJ; RAO, 2006; WADT; SILVA, 2012).

Para o cálculo dos índices DRIS, recomenda-se a utilização da fórmula de Jones (1981), por ser simples e produzir diagnósticos semelhantes quando comparada as principais fórmulas DRIS (DIAS et al., 2011). Entretanto, quando se faz a opção pelas normas DRIS log-transformadas dá-se preferência apenas para relações diretas (Ex: N/P ou P/N) ou quando as normas forem oriundas de relações bivariadas sem a transformação logarítmica utilizam-se relações nutricionais da forma direta e inversa (Ex: N/P e P/N). Alternativamente, pode-se também obter o índice DRIS para relações multivariadas (PARENT; DAFIR, 1992).

A seguir, foi realizada uma demonstração do cálculo dos índices DRIS de N por estes três procedimentos indicados, utilizando-se normas DRIS para macronutrientes (Tabelas 1, 2 e 3). Para tanto, considera-se uma amostra foliar com as seguintes concentrações, todas em g kg<sup>-1</sup>: N = 28,0; P = 1,6; K = 25,5; Ca = 28,1 e Mg = 4,8. As relações entre N e os demais nutrientes foram, na forma direta: N/P = 17,500; N/K= 1,098; N/Ca = 0,996; N/Mg = 5,833; e na forma inversa: P/N = 0,057, K/N = 0,911; Ca/N = 1,004 e Mg/N = 0,171.

### Fórmula de Jones (1981) sem transformação logarítmica

O primeiro passo na determinação dos índices DRIS de um nutriente consiste no cálculo das funções das relações entre o nutriente em análise e os demais nutrientes, que são obtidos pela expressão:

$f(X/Y) = (X/Y - x/y)/s_{x/y}$ , onde X/Y é a relação entre dois nutrientes quaisquer e, x/y e  $s_{x/y}$  são a média e o desvio padrão na norma DRIS.

Assim, para N, as funções diretas: N/P; N/K; N/Ca; N/Mg e inversas: P/N; K/N; Ca/N; Mg/N podem ser calculadas:

Funções diretas	Funções inversas
$f(N/P): (17,500 - 16,308)/3,74545 = 0,3182$	$f(P/N): (0,057 - 0,065)/0,0169 = 0,4734$
$f(N/K): (1,098 - 0,963)/0,23191 = 0,5821$	$f(K/N): (0,911 - 1,083)/0,19994 = 0,8603$
$f(N/Ca): (0,996 - 1,399)/0,3321 = -1,2134$	$f(Ca/N): (1,004 - 0,749)/0,15656 = -1,6287$
$f(N/Mg): (5,833 - 8,646)/3,01593 = -0,9327$	$f(Mg/N): (0,171 - 0,130)/0,0476 = -0,8613$

Como os índices DRIS de um nutriente, neste caso o N, consiste na média aritmética das relações entre N e os demais nutrientes, obtêm-se o índice DRIS para N (IN) pela seguinte expressão:

$$IN = [f(N/P) + f(N/K) + f(N/Ca) + f(N/Mg) + f(P/N) + f(K/N) + f(Ca/N) + f(Mg/N)] / 8$$

Ou seja:

$$IN = [(0,3182)+(0,5821)+(-1,2134)+(-0,9327)+(0,4734)+(0,8603)+(-1,6287)+(-0,8613)]/8$$

Portanto, o índice DRIS para N é igual a -0,3. Ou seja, está insuficiente em relação ao valor normal ou equilibrado, que seria o valor 0 (zero). Em todas as fórmulas DRIS indicadas, à exceção da fórmula de Wadt et al. (2007), utiliza-se a constante de sensibilidade igual a 1. Em cafeeiros, apenas Bataglia et al. (2004) utilizaram a constante de sensibilidade como sendo uma variável em função da expectativa de resposta do

nutriente à adubação, sendo que todos os demais autores utilizam a constante de sensibilidade apenas como um fator de escala, e por este motivo, este valor foi omitido na fórmula de Jones acima apresentada.

O valor do índice DRIS de um único nutriente acrescenta pouca informação, dado que o valor é relativo e, portanto, deve ser avaliado em comparação aos índices DRIS dos demais nutrientes.

Dado que os cálculos necessários para a obtenção dos índices DRIS são relativamente complexos, é comum o uso de planilhas eletrônicas ou softwares para realizar essa tarefa, como neste trabalho que se utilizou para os índices DRIS de P, K, Ca e Mg o software [www.dris.com.br](http://www.dris.com.br) (SISTEMA..., 2012), obtendo-se os índices: IP = -0,69; IK = -0,87; ICa = 1,13 e IMg = 0,72.

O ordenamento dos índices DRIS, do menor para o maior valor, define a ordem de limitação nutricional por insuficiência: IK (-0,87) < IP (-0,69) < IN (-0,30) < IMg (0,72) < ICa (1,13), ou de forma simplificada: K < P < N < Mg < Ca. Ou seja, para a amostra analisada, K foi o nutriente mais limitante por insuficiência, seguido por P e N. Mg e Ca estão em relativo excesso.

### Fórmula de Jones (1981) com transformação logarítmica neperiana

Adotando-se o uso de transformação logarítmica neperiana, a alteração será o uso de relações log-transformadas para o cálculo das funções DRIS, e adotando-se a fórmula de Jones (1981), temos a expressão:

$f(X/Y) = [\text{LN}(X/Y) - \text{LN}(x/y)] / \text{SLN}(x/y)$ , onde  $\text{LN}(X/Y)$  é a relação log-transformada entre dois nutrientes quaisquer e  $\text{LN}(x/y)$  e  $\text{SLN}(x/y)$  são a média e o desvio padrão na norma DRIS log-transformada.

Embora, aparentemente mais difícil o cálculo, por exigir a transformação logarítmica das relações nutricionais, há enorme vantagem na utilização desta transformação, já que as formas diretas e inversas de uma mesma função (X/Y) resultam em valores iguais, no cálculo dos índices DRIS pode-se utilizar somente a forma direta para cada nutriente (WADT et al., 2011; WADT; SILVA, 2012).

Assim, para N, as funções diretas: N/P; N/K; N/Ca; N/Mg podem ser calculadas:

Funções diretas log transformadas	
$f(N/P): (2,862 - 2,764)/0,24172 = 0,406$	$f(N/Ca): (-0,004 - 0,311)/0,21557 = -1,461$
$f(N/K): (0,093 - (-0,0600))/0,20305 = 0,756$	$f(N/Mg): (1,764 - 2,1000)/0,34335 = -0,980$

Onde, para N, o índice DRIS (IN) pode ser calculado pela expressão:  $IN = [f(N/P) + f(N/K) + f(N/Ca) + f(N/Mg)] / 4$

Ou seja, IN:  $[(0,406)+(0,756)+(-1,461)+(-0,980)]/4 = -0,32$

Calculando-se os índices DRIS dos demais nutrientes pelo software [www.dris.com.br](http://www.dris.com.br), obtêm-se os índices: IP = -0,74; IK = -0,94; ICa = 1,17 e IMg = 0,82.

Da mesma forma, a ordem de limitação nutricional resultou em: IK (-0,94) < IP (-0,74) < IN (-0,32) < IMg (0,82) < ICa (1,17), ou de forma simplificada: K < P < N < Mg < Ca.



## Fórmula de Parent e Dafir (1992) ou DRIS multivariadas

Para a utilização desta fórmula, deve-se inicialmente calcular o valor da matéria seca (também denominado de R ou complemento) e a média geométrica (G) dos nutrientes na amostra foliar, expressos em dag kg<sup>-1</sup>:  $R = 100 - (2,82 + 0,16 + 2,55 + 2,81 + 0,48) = 100 - 8,82 = 91,18$  e  $G = (2,82 \times 0,16 \times 2,55 \times 2,81 \times 0,48 \times 91,18)^{(1/6)} = 2,2827$ .

O próximo passo consiste em calcular a relação multivariada para cada nutriente, dada pela expressão  $gX = \text{LN}(X/G)$ , onde gX é a relação log neperiana do nutriente X dividido pela média geométrica dos teores dos nutrientes na amostra (G). Para N, temos:  $gN = \text{LN}(2,82/2,28) = 0,213$ . As relações multivariadas log centradas dos demais nutrientes são P (-2,657), K (0,112), Ca (0,209), K (-1,558) e R (3,689).

O índice DRIS de um nutriente é então calculado pela aplicação direta da fórmula de Jones (1981) para relação multivariada log-transformada entre o nutriente e sua média geométrica:

$$IN = \text{LN}(0,213 - 0,395)/0,172 = -1,06$$

Calculando-se os índices DRIS multivariados dos demais nutrientes pelo software [www.dris.com.br](http://www.dris.com.br), obtêm-se os índices: IP = -0,21; IK = -0,43; I<sub>Ca</sub> = 2,18 e IMg = 0,76. Neste caso, a ordem de limitação nutricional seria: N < K < P < Mg < Ca. Pode-se também estimar o índice DRIS de matéria seca, que corresponde ao índice DRIS calculado para o valor R (IMS = -2,89), uma aproximação que deve ser avaliada com cautela pois incorpora todos os erros analíticos que podem ter ocorrido na análise foliar e também variações dos teores dos nutrientes não avaliados.

Portanto, comparativamente aos demais métodos, foi verificada uma alteração apenas na posição em que o N encontra-se em relação aos demais nutrientes, que passou do terceiro elemento na ordem de limitação para o mais limitante.

Wadt e Silva (2010) também encontraram elevada concordância entre os diagnósticos produzidos pelas fórmulas de Jones (1981) e de Parent e Dafir (1992), sugerindo que qualquer dessas fórmulas possa ser adotada no processo de avaliação do estado nutricional de lavouras, o que não significa, todavia, que todos os diagnósticos serão iguais entre si, como demonstrado no exemplo acima.

## Índice de balanço nutricional

Além do índice DRIS dos nutrientes, há o índice de balanço nutricional (IBN), que avalia o estado nutricional geral da planta ou lavoura, o qual se calcula pelo somatório, em módulo, de todos os índices DRIS (BEAUFILS, 1973).

No exemplo acima, tem-se para a fórmula de Jones (1981), sem transformação logarítmica, o  $IBN = |-0,30| + |-0,69| + |-0,87| + |1,13| + |0,72| = 3,71$ .

O IBN calculado pela fórmula de Jones (1981) com transformação logarítmica neperiana seria:  $|-0,32| + |-0,74| + |-0,94| + |1,17| + |0,82| = 3,99$ . Pela fórmula de Parent e Dafir (1992), o IBN seria  $IBN = |-1,06| + |-0,21| + |-0,43| + |2,18| + |0,76| = 4,64$ .

Quanto mais próximo de zero, mais equilibrado será o estado nutricional das lavouras cafeiras; entretanto, esta comparação somente se valida quando realizada com IBN

calculados pela mesma fórmula DRIS, já que diferenças nas unidades dos nutrientes, como entre a fórmula de Jones (1981) e Parent e Dafir (1992), ou no tratamento dos dados, como a adoção ou não da transformação logarítmica dos dados, afetam a magnitude dos resultados.

Dado que o número de nutrientes no cálculo do IBN pode mudar, variando de três nutrientes (N, P e K, por exemplo) até 13 nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Fe, Mn, Mo, Cu, Ni), Wadt (1996) sugeriu que fosse calculado o índice de balanço nutricional médio (IBNm), consistindo na média aritmética do módulo dos índices DRIS de todos os nutrientes avaliados. No exemplo, acima, o IBNm seria de 0,74; 0,80 e 0,93, respectivamente para as fórmulas de Jones (1981) sem transformação logarítmica, para a fórmula de Jones (1981) com transformação logarítmica neperiana e para a fórmula de Parent e Dafir (1992).

## **Interpretando os índices DRIS**

Para interpretar o estado nutricional com base nos índices DRIS, considera-se o índice positivo ou negativo e a ordem de limitação dos nutrientes. Valores negativos indicam insuficiência e valores positivos indicam excesso e quanto mais próximo de zero for o valor do índice DRIS, melhor o equilíbrio nutricional (RODRIGUEZ; RODRIGUEZ, 2000).

Também como já demonstrado quando do cálculo dos índices DRIS pelas diferentes fórmulas, ordenando-se os índices DRIS de uma mesma amostra foliar em ordem crescente, é possível estabelecer a ordem de limitação, do mais limitante por insuficiência ao mais limitante por excesso.

Esta interpretação não permite, todavia, definir com exatidão e de forma objetiva quais nutrientes estão limitando a produtividade e quais estariam próximos do equilíbrio. Na década de 1980 alguns autores passaram a sugerir valores críticos para o índice DRIS (SCHUTZ; VILLIERS, 1987), um procedimento que deve ser evitado, uma vez que além destes índices serem relativos, dependem do padrão utilizado (norma), fórmula de cálculo e outras variações.

Hallmark et al. (1987) desenvolveram um procedimento baseado no índice DRIS de matéria seca para separar nutrientes limitantes daqueles não limitantes, que se passou a denominar de M-DRIS, ou DRIS da matéria seca. Este procedimento consiste em determinar o índice DRIS da matéria seca (IMS) e depois, comparar cada índice DRIS de nutrientes com o valor obtido para o IMS. Se o índice DRIS do nutriente for negativo e menor que o IMS, este é considerado limitante; nos demais casos, é considerado não limitante.

Mais tarde, o critério foi aprimorado, quando se passou a utilizar o IBNm para classificar os índices DRIS quanto ao estado nutricional das plantas, no método que passou a ser denominado de critério do Potencial de Resposta a Adubação (WADT, 1996; WADT, 2005b). Por este critério, os índices DRIS são classificados em cinco categorias, associadas a um determinado estado nutricional:

- a) Maior insuficiência, correspondendo à situação em que o nutriente apresenta alta probabilidade de resposta à correção da deficiência (resposta positiva: p). Nesta situação, o nutriente apresenta simultaneamente a condição de ser o nutriente com menor valor para o índice DRIS e, cujo módulo do índice DRIS seja maior que o índice de balanço nutricional médio (IBNm).

- b) Insuficiência moderada, correspondendo à situação em que o nutriente apresenta moderada probabilidade de resposta à correção da deficiência (resposta positiva ou nula: pz). Nesta situação, o nutriente deficiente não é o de menor índice DRIS, porém, o módulo do índice DRIS deste nutriente é maior que o IBNm.
- c) Equilibrado, corresponde à situação em que o nutriente apresenta-se nutricionalmente equilibrado (resposta nula: z), não requerendo mudança na sua disponibilidade para a planta avaliada. Nesta situação, o módulo do índice DRIS do nutriente em questão é menor que o IBNm.
- d) Excesso moderado, correspondendo à situação em que o nutriente apresenta moderada probabilidade de resposta à correção do excesso (resposta negativa ou nula: nz). Nesta situação, o nutriente em excesso não é o de maior índice DRIS, porém, o módulo do índice DRIS deste nutriente é maior que o IBNm.
- e) Maior excesso, correspondendo à situação em que o nutriente apresenta alta probabilidade de resposta à correção do excesso (resposta negativa: n). Nesta situação, o nutriente em excesso corresponde simultaneamente aquele com maior índice DRIS e cujo módulo do índice DRIS é maior que o IBNm.

Aplicando-se este critério nos índices DRIS calculados pela fórmula de Jones (1981) sem transformação logarítmica, onde  $IBNm = 0,74$ , temos:

N = equilibrado:  $|-0,30| < IBNm$ .

P = equilibrado:  $|-0,69| < IBNm$ .

K = maior insuficiência:  $|-0,87| > IBNm$ , sendo o índice DRIS de menor valor.

Ca = maior excesso:  $|1,13| > IBNm$ , sendo o índice DRIS de maior valor.

Mg = equilibrado:  $|0,72| < IBNm$ .

Interpretando-se os índices DRIS calculados pela fórmula de Jones (1981) com transformação logarítmica neperiana, se obtém o estado de maior insuficiência para K, equilíbrio nutricional para N e P; excesso moderado para Mg e maior excesso para Ca. Portanto, apenas em relação ao Mg há mudança na interpretação de seu estado nutricional (Tabela 4).

Com a fórmula de Parent e Dafir (1992), a interpretação para o estado nutricional é de maior insuficiência para N e maior excesso para Ca, estando os outros nutrientes da amostra foliar (P, K e Mg) nutricionalmente equilibrados (Tabela 4).

**Tabela 4.** Interpretação do estado nutricional da amostra foliar de uma lavoura de café canéfora com base nas fórmulas de Jones (1981) sem transformação logarítmica e com transformação logarítmica neperiana e na fórmula de Parent e Dafir (1992)

Fórmula adotada	Nutrientes segundo o estado nutricional		
	Insuficiência	Equilibrado	Excesso
Jones sem transformação	K	P, N, Mg	Ca
Jones com transformação	K	P, N, Mg	Ca
Parent e Dafir	N	K, P, Mg	Ca

Fonte: Parent e Dafir (1992).

## Recomendação de adubação a partir da avaliação do estado nutricional

Um dos principais objetivos nas pesquisas com nutrição mineral de plantas está no aumento da produtividade por meio de um manejo da adubação mais eficiente, em que

a avaliação do estado nutricional é uma das principais ferramentas para determinar os nutrientes com maior impacto na limitação da produtividade (MOURÃO FILHO, 2004; PARENT, 2011) e, assim, tomar as medidas corretivas necessárias para o aumento da produtividade ou mesmo da qualidade da bebida de café (FARNEZI et al., 2010).

O DRIS foi desenvolvido com este propósito – manejo das adubações, porém, pouco tem sido realizado dentro desta óptica (WADT, 2011). O método do Potencial de Resposta a Adubação foi originalmente proposto para servir como guia no processo de recomendação de adubação (WADT, 1996) e foi indicado oficialmente pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (MARTINEZ, 1999). Anos depois foi incorporado na recomendação de adubação de várias culturas no Acre, inclusive cafeeiro (WADT, 2005a), por intermédio da proposição da prática de monitoramento nutricional de lavouras comerciais (WADT; ALVAREZ, 2005). Recentemente, vem sendo recomendada em outras culturas e regiões do país, como para mangueiras cultivadas no perímetro irrigado do Vale do São Francisco, no Semiárido Nordestino (SILVA et al., 2012) e para cupuaçuzeiro em Rondônia (WADT et al., 2012).

Em síntese, na construção de tabelas de recomendação de adubação considera-se a capacidade do solo em fornecer determinado nutriente e a demanda da planta para atingir determinado nível de produtividade (WADT et al., 2012). A seguir, incorporam-se na tabela ajustes nas quantidades a serem aplicadas, acrescentando-se mais nutrientes ou diminuindo sua aplicação, conforme o estado nutricional da lavoura para o elemento considerado. Para tanto, foram consideradas três classes quanto ao estado nutricional: insuficiência (que engloba também a classe de maior insuficiência), equilibrado e excesso (que engloba também a classe de maior excesso).

Como exemplo temos as tabelas de recomendação de N, P e K para fase de produção de cafeeiros canéfora adaptadas com base na tabela de recomendação apresentada no capítulo 8 deste livro, onde além do estado nutricional considera-se, para recomendação de adubação para nitrogênio a produtividade esperada da lavoura (Tabela 5), para a recomendação da adubação fosfatada (Tabela 6) e potássica (Tabela 7), além da produtividade esperada o teor de P disponível e de K trocável no solo, respectivamente.

**Tabela 5.** Recomendação de adubação nitrogenada em kg N ha<sup>-1</sup> para cafeeiro canéfora, em função da produtividade média (PM) das lavouras e do estado nutricional.

Produtividade esperada, sacas ha <sup>-1</sup>	Dose de N, em kg ha <sup>-1</sup> , em função do estado nutricional		
	Excesso	Equilibrado	Insuficiência
20-30	120	150	180
30-40	150	180	210
40-50	180	210	240
50-60	210	240	270
60-70	240	270	300
70-80	270	300	330
80-90	300	330	360
90-100	330	360	390
100-110	360	390	420
110-120	390	420	450
120-130	420	450	480
130-140	450	480	510
140-150	480	510	540

Fonte: Dados adaptados do capítulo 8 deste livro.

A inclusão da avaliação do estado nutricional na recomendação de adubação NPK (Tabelas 5, 6 e 7), em cada patamar de produtividade, é feita pelo ajuste da recomendação em função do critério do Potencial de Resposta à Adubação (PRA). O estado de insuficiência é considerado como tendo um potencial de resposta positiva ao aumento da dose de adubação (recomendando-se o aumento da dose a ser aplicada), o estado de equilibrado é considerado como potencial de resposta nulo à alteração da adubação (recomendando-se a manutenção da dose a ser aplicada) e o estado de excesso é considerado como tendo potencial de resposta negativo com o aumento da adubação (recomendando-se a redução da dose a ser aplicada).

**Tabela 6.** Recomendação de adubação fosfatada em kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> para cafeeiro canéfora, em função da produtividade média (PM) das lavouras, do teor de P disponível no solo e do estado nutricional.

Produtividade esperada, sacas ha <sup>-1</sup>	Estado nutricional	P Melich-1 (mg dm <sup>-3</sup> )		
		<10	10 a 20	> 20
20-30	Excesso	30	20	0
	Equilibrado	40	20	0
	Insuficiência	50	30	0
30-40	Excesso	40	20	0
	Equilibrado	50	30	0
	Insuficiência	60	40	20
40-50	Excesso	50	30	0
	Equilibrado	60	40	20
	Insuficiência	70	50	30
50-60	Excesso	60	40	20
	Equilibrado	70	50	30
	Insuficiência	80	60	40
60-70	Excesso	70	50	30
	Equilibrado	80	60	40
	Insuficiência	90	70	50
70-80	Excesso	80	60	40
	Equilibrado	90	70	50
	Insuficiência	100	80	60
80-90	Excesso	90	70	50
	Equilibrado	100	80	60
	Insuficiência	110	90	70
90-100	Excesso	100	80	60
	Equilibrado	110	90	70
	Insuficiência	120	100	80
100-110	Excesso	110	90	70
	Equilibrado	120	100	80
	Insuficiência	130	110	90
110-120	Excesso	120	100	80
	Equilibrado	130	110	90
	Insuficiência	140	120	100
120-130	Excesso	130	110	90
	Equilibrado	140	120	100
	Insuficiência	150	130	110
130-140	Excesso	140	120	100
	Equilibrado	150	130	110
	Insuficiência	160	140	120
140-150	Excesso	150	130	110
	Equilibrado	160	140	120
	Insuficiência	170	150	130

Fonte: Dados adaptados do capítulo 8 deste livro.

**Tabela 7.** Recomendação de adubação potássica em kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> para cafeeiro canéfora, em função da produtividade média (PM) das lavouras, do teor de K trocável no solo e do estado nutricional.

Produtividade esperada, sacas ha <sup>-1</sup>	Estado nutricional	K trocável (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )		
		<1,5	1,5-3,0	>3,0
20-30	Excesso	90	60	30
	Equilibrado	120	80	40
	Insuficiência	150	100	50
30-40	Excesso	120	80	40
	Equilibrado	150	100	50
	Insuficiência	180	120	60
40-50	Excesso	150	100	50
	Equilibrado	180	120	60
	Insuficiência	210	140	70
50-60	Excesso	180	120	60
	Equilibrado	210	140	70
	Insuficiência	240	160	80
60-70	Excesso	210	140	70
	Equilibrado	240	160	80
	Insuficiência	270	180	90
70-80	Excesso	240	160	80
	Equilibrado	270	180	90
	Insuficiência	300	200	100
80-90	Excesso	270	180	90
	Equilibrado	300	200	100
	Insuficiência	330	220	110
90-100	Excesso	300	200	100
	Equilibrado	330	220	110
	Insuficiência	360	240	120
100-110	Excesso	330	220	110
	Equilibrado	360	240	120
	Insuficiência	390	260	130
110-120	Excesso	360	240	120
	Equilibrado	390	260	130
	Insuficiência	420	280	140
120-130	Excesso	390	260	130
	Equilibrado	420	280	140
	Insuficiência	450	300	150
130-140	Excesso	420	280	140
	Equilibrado	450	300	150
	Insuficiência	480	320	160
140-150	Excesso	450	300	150
	Equilibrado	480	320	160
	Insuficiência	510	350	190

Fonte: Dados adaptados do capítulo 8 deste livro.

Como exemplo, considerando-se a interpretação do estado nutricional determinado pela fórmula de Jones, e ainda que a lavoura apresente, na análise de fertilidade do solo, uma disponibilidade de P de 5 mg dm<sup>-3</sup> e teor de K de 2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e a produtividade de 45 sacas ha<sup>-1</sup> de café beneficiado, tem-se que:

- a) N e P foram considerados em equilíbrio;
- b) K foi considerado insuficiente.

Na Tabela 5, para produtividade de 40 a 50 sacas ha<sup>-1</sup> e N equilibrado, a dose de N a ser aplicada é de 210 kg ha<sup>-1</sup>.

Na Tabela 6, para a produtividade de 40 a 50 sacas ha<sup>-1</sup> e P equilibrado, a dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a ser aplicada é de 60 kg ha<sup>-1</sup>.

Na Tabela 7, para a produtividade de 40 a 50 sacas ha<sup>-1</sup> e K insuficiente, a dose de K<sub>2</sub>O a ser aplicada é de 140 kg ha<sup>-1</sup>.

Portanto, como se verifica nos exemplos, pelo fato da lavoura estar equilibrada para N e P, a adubação mantém-se a mesma que seria indicada se não houvesse sido realizada a análise foliar. Entretanto, a insuficiência de K indica que a dose a ser aplicada deve ser aumentada, no caso, passando de 120 para 140 kg ha<sup>-1</sup>.

## Considerações finais

O DRIS vem sendo utilizado na avaliação do estado nutricional de cafeeiros arábica e canéfora como uma ferramenta para o aumento da produtividade, de forma sustentável, de lavouras em diversos níveis tecnológicos, com a vantagem de também propiciar melhoria da qualidade da bebida.

A disponibilidade de normas DRIS para café canéfora na Amazônia, em especial no Estado de Rondônia, transfere para esta região uma importante ferramenta capaz de alavancar o desenvolvimento do parque tecnológico cafeeiro na região, ao permitir o manejo das adubações na direção de lavouras nutricionalmente equilibradas, portanto, com redução no desperdício de recursos e na melhoria da eficiência de utilização da própria adubação, com o esperado ganho na produtividade das lavouras e lucratividade da cafeicultura regional, proporcionando uma cafeicultura mais sustentável.

## Referências

- ARBOLEDA, C.; ARCILA, J.; MARTINEZ, R. Sistema integrado de recomendación y diagnóstico. Una alternativa para la interpretación de resultados del análisis foliar em café. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 5, p. 17-30. 1988.
- ARIZALETA, M.; RODRIGUEZ, O.; RODRIGUEZ, V. Relación de los índices DRIS, índices de balance de nutrientes, contenido foliar de nutrientes y el rendimiento del café en Venezuela. **Bioagro**, Barquisimeto, v. 14, p. 153-159, 2002.
- BARBOSA, D. H. S. G.; VIEIRA, H. D.; PARTELLI, F. L.; SOUZA, R. M de. Estabelecimento de normas DRIS e diagnóstico nutricional do cafeeiro arábica na região noroeste do Estado do Rio de Janeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 1717-1722. 2006.
- BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; SANTOS, W. R.; ABREU, M. F. Diagnose nutricional do cafeeiro pelo DRIS variando-se a constante de sensibilidade dos nutrientes de acordo com a intensidade de frequência de resposta na produção. **Bragantia**, Campinas, v. 63, p. 253-263. 2004.
- BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition.** Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132p. (Soil Science Bulletin, 1).
- BEVERLY, R. B.; HALLMALK, W. B. Prescient diagnostic analysis: a proposed new approach to evaluating plant nutrient diagnostic methods. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 23, p. 633-640. 1992.



BRAGANÇA, S. M.; ALVAREZ V. V. H. **Avaliação do estado nutricional do café conilon (*Coffea canephora*) no norte do Estado do Espírito Santo, através do sistema integrado de diagnose e recomendações (DRIS)**. Vitória, ES: EMCAPA, 1990. 12 p. (EMCAPA. Pesquisa em Andamento, 57).

CARMO, C. A. F. de S. do; ARAÚJO, W. S. de; BERNARDI, A. C. de C.; SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados pela Embrapa Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41 p.

DIAS, J. R. D.; WADT, P. G. S.; PEREZ, D. V.; SILVA, L. M.; LEMOS, C. O. Dris formulas for evaluation of nutritional status of cupuaçu trees. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 35. 2083-2091, 2011.

SISTEMA Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS). Disponível em: <<http://www.dris.com.br>>. Acesso em: 10 jan. 2012.

ELWALI, A. M. O.; GASCHO, G.J. Soil testing, foliar analysis, and DRIS as guide for sugarcane fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, p. 466-470, 1984.

FARNEZI, M. M. M.; SILVA, E. B.; GUIMARÃES, P. T. G. Diagnose nutricional de cafeeiros da região do Alto Jequitinhonha (MG): Normas DRIS e faixas críticas de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, p. 969-978, 2009.

FARNEZI, M. M. M.; SILVA, E. B.; GUIMARÃES, P. T. G.; PINTO, N. A. V. D. Levantamento da qualidade da bebida do café e avaliação do estado nutricional dos cafeeiros do Alto Jequitinhonha, Minas Gerais, através do DRIS. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, MG, v. 34, p. 1191-1198, 2010.

HALLMARK, W. B.; WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E.; MOOY, C. J. de; PESEK, J.; SHAO, K. P. Separating limiting from non-limiting nutrients. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 10, p. 1381-1390, 1987.

JONES, C. A. Proposed modifications of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science Plant Analysis**, v. 12, p. 785-794, 1981.

KHALAJABADI, S. S. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. Chinchiná: CENICAFÉ, 2008. 44 p. (Boletim Técnico, 32).

LANA, R. M. Q.; OLIVEIRA, S. A.; LANA, A. M. Q.; FARIA, M. V. Levantamento do estado nutricional de plantas de *Coffea arabica* L. pelo DRIS, na região do Alto Paranaíba – Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, p. 1147-1156, 2010.

LEITE, R. de A. **Avaliação do estado nutricional do cafeeiro conilon no Estado do Espírito Santo utilizando diferentes métodos de interpretação de análise foliar**. 1992. 87 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MAIA, C. Análise crítica da fórmula original de Beaufils no cálculo dos índices DRIS: a constante de sensibilidade. In: WADT, P. G. S.; MALAVOLTA, E. (Org.). **Monitoramento nutricional para a recomendação de adubação de culturas**. Piracicaba: Potafos, 1999. CD-ROM.

MALAVOLTA, E.; FERNANDES, D. R.; CASALE, H.; ROMERO, J. P. **Seja o doutor do seu cafezal**. São Paulo: Potafos, 1993. 36p. (Informações Agronômicas, 64).

MALAVOLTA, E.; OLIVEIRA, S. A.; WADT, P. G. S. Foliar Diagnosis: the status of the art. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Org.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. v. 1, p. 205-242.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p. p.143-168.

MARTINEZ, H. E. P.; MENEZES, J. F. S.; SOUZA, R. B. de; ALVAREZ V., V. H.; GUIMARÃES, P. T. G. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 703-713, 2003.

MARTINEZ, H. E. P.; SOUZA, R. B.; ALVAREZ V., V. H.; MENEZES, J. F. S.; OLIVEIRA, J. A.; ALVARENGA, A. P.; GUIMARÃES, P. T. G. **Nutrição mineral, fertilidade do solo e produtividade do cafeeiro nas regiões de Patrocínio, Manhuaçu, Viçosa, São Sebastião do Paraíso e Guaxupé**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2004. 60 p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 72).

MOURÃO FILHO, F. A. A.; AZEVEDO, J. C.; NICK, J. A. **Funções e ordem da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS em laranjeiras 'Valência'**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, n. 2, p.185-192, 2002.



- MOURAO FILHO, F. A. A. DRIS: Concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, p. 550-560, 2004.
- NACHTIGALL, G. R.; DECHEN, A. R. Testing and validation of DRIS for apple tree. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 3, p. 288-294, 2007.
- NICK, J. A. **DRIS para cafeeiros podados**. 1998. 86p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- PARENT, L. E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 321-334. 2011.
- PARENT, L. E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultura Science**, Alexandria, v. 117, p. 239-242. 1992.
- PARENT, L. E.; NATALE, W. CND: Vantagens e benefícios para culturas de alta produtividade. In: PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; VALE, D. W.; CORREIA, M. A. R.; SOUZA, H. A. (Ed.). **Nutrição de Plantas: Diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: FUNDUNESP, 2008. p. 105-114.
- PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D., CARVALHO, V. B. de, MOURÃO FILHO, F. de A. A. Diagnosis and recommendation integrated system norms, sufficiency range, and nutritional evaluation of Arabian coffee in two sampling periods. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 30: 1651-1667, 2007.
- PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; COSTA, A. N. Diagnóstico nutricional em cafeeiro conilon orgânico e convencional no Espírito Santo, utilizando o DRIS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 1456-1460. 2005.
- PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; MONNERAT, P. H.; VIANA, A. P. Comparação de dois métodos DRIS para o diagnóstico de deficiências nutricionais do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 301-306. 2006a.
- PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; MONNERAT, P. H.; VIANA, A. P. Estabelecimento de normas DRIS em cafeeiro conilon orgânico ou convencional no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, p. 443-451, 2006b.
- PREZOTTI, L. C.; BRAGANÇA, S. M.; MARTINS, A. G.; LANI, J. A. Calagem e adubação. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. de; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 329-343.
- RAJ, G. B.; RAO, A. P. Identification of yield-limiting nutrients in mango through DRIS indices. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 37, p. 1761-1774, 2005.
- RATHFON, R. A.; BURGER, J. A. Diagnosis and Recommendation Integrated System Modifications for Fraser Fir Christmas Trees. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 55, p. 1026-1031, 1991.
- RODRIGUEZ, O.; RODRIGUEZ, V. Desarrollo, determinación e interpretación de normas DRIS para el diagnóstico nutricional en plantas. Una revisión. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Montevideo, v. 17, p. 449-470, 2000.
- RONDÔNIA (Estado). Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (Sedam). **Boletim Climatológico de Rondônia, ano 2007**. Porto Velho: Sedam, 2009. 40 p.
- SCHUTZ, C. J.; VILLIERS, J. M. Foliar diagnosis and fertiliser prescription in forestry - The DRIS system and its potential. **South African Forestry Journal**, Pretoria, v. 141, n. 1, p.6-12, 1987.
- SILVA, D. J.; WADT, P. G. S.; MOUCO, M. A. C. Diagnose foliar na cultura da manga. In: PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas Aplicada a Sistemas de Alta Produtividade: Diagnose de Frutíferas**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP. 2012 (no prelo).
- SILVA, E. B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. Uso do DRIS na avaliação do estado nutricional do cafeeiro em resposta à adubação potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, p. 247-255. 2003.
- SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; QUEIROZ, D. M. Spatial variability in nutritional status of arabic coffee based in dris index. **Revista Ceres**, Lavras, MG, v.58, p. 256-261. 2011.
- SILVEIRA, C. P.; NACHTIGALL, G. R.; MONTEIRO, F. A. Testing and validation of methods for the diagnosis and recommendation integrated system for Signal grass. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, p. 520-527, 2005.
- WADT, P. G. S. Análise foliar para recomendação de adubação em culturas agrícolas. In: PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; VALE, D. W. do; CORREIA, M. A. R.; SOUZA, H. A. de. (Org.). **Nutrição de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: Fundenesp, 2008. v. 1, p. 115-133.



WADT, P. G. S. **Diagnose foliar e recomendação de adubação para lavouras comerciais**. Rio Branco: Embrapa Acre. 2011. (Documentos, no prelo).

WADT, P. G. S. **Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto**. 1996. 99f. Tese (Doutorado Scientiae em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

WADT, P. G. S. Recomendação de adubação para as principais culturas. In: WADT, P. G. S. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005a. p. 397-532.

WADT, P. G. S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee plantations. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 227-234. 2005b.

WADT, P. G. S.; ALMEIDA, G. G.; OLIVEIRA, M.; DIAS, J. R. M. **Recomendação de Calagem e Adubação para o Cupuaçu em Sistemas Convencionais, Agroflorestais ou Orgânicos**. Rio Branco: Embrapa Acre. 2012. (Circular Técnica submetida à publicação).

WADT, P. G. S.; ALVAREZ V. V. H. Monitoramento nutricional. In: WADT, P. G. S. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. p. 227-244.

WADT, P. G. S.; DIAS, J. R. M. Normas DRIS regionais e inter-regionais na avaliação nutricional de café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, p. 822-830, 2012.

WADT, P. G. S.; DIAS, J. R. M.; PEREZ, D. V.; LEMOS, C. O. Fórmulas DRIS para o diagnóstico nutricional de pomares de cupuaçueiros. **Bragantia**, Campinas, v. 70, p. 649-656, 2011.

WADT, P. G. S.; LEMOS, C. O. Medidas de acurácia para diagnósticos nutricionais e seu impacto no manejo das adubações. In: PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P. (Org.). **Nutrição de Plantas**. Diagnose foliar em hortaliças. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2010. v. 1, p. 213-236.

WADT, P. G. S.; NOVAIS, R. F. O monitoramento nutricional frente aos métodos diagnósticos no planejamento das adubações. In: SIMPOSIO MONITORAMENTO NUTRICIONAL PARA A RECOMENDACAO DA ADUBACAO DE CULTURAS, 1999, Piracicaba-SP. **Anais do Simpósio Monitoramento Nutricional para a Recomendação da Adubação de Culturas**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. p. 1-18.

WADT, P. G. S.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BRANGANÇA, S. M. Alternativas de aplicação do "DRIS" à cultura do café conilon (*Coffea canephora* Pierre). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, p.83-92, 1999.

WADT, P. G. S.; SILVA, D. J. Acurácia do diagnóstico nutricional de pomares de mangueiras obtidos por três fórmulas DRIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, p. 1180-1188, 2010.

WADT, P. G. S.; SILVA, D. J. Contribuição do DRIS para o manejo da adubação de frutíferas. In: PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas Aplicada a Sistemas de Alta Produtividade**: Diagnose de Frutíferas. Jaboticabal: FUNEP/UNESP. 2012. No prelo.

WADT, P. G. S.; SILVA, D. J.; MAIA, C. E.; TOME JUNIOR, J. B.; COSTA PINTO, P. A. da; MACHADO, P. L. O. de A. Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 57-64, 2007.

WIKIPEDIA. **Sistema integrado de diagnose e recomendação**. 2012. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_integrado\\_de\\_diagnose\\_e\\_recomenda%C3%A7%C3%A3o](http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_integrado_de_diagnose_e_recomenda%C3%A7%C3%A3o)>. Acesso em: 12 jan. 2012.

## Capítulo 10

---

# **Condução de cafeeiros** ***Coffea canephora***

***Marcelo Curitiba Espindula***  
***Fábio Luiz Partelli***  
***Jairo Rafael Machado Dias***  
***Alaerto Luiz Marcolan***  
***Alexsandro Lara Teixeira***  
***Samuel Rodrigues Fernandes***





## Introdução

Os cafeeiros da espécie *Coffea canephora* Pierre ex Froehner apresentam porte alto e número elevado de hastes verticais quando conduzidos em livre crescimento (Figura 1). Estas hastes, em virtude da massa dos frutos, vergam para o meio das entrelinhas, provocando o “fechamento” do cafezal, principalmente a partir da terceira ou quarta colheita. Com o fechamento, ocorrem sombreamento e estiolamento das hastes, acarretando baixa produtividade. O fechamento da lavoura dificulta os tratos culturais, a colheita e o manejo das pragas e doenças (VENEZIANO; PEQUENO, 2002).



Foto: Samuel José de Magalhães Oliveira

**Figura 1.** Cafeeiros 'Conilon' em livre crescimento.

O café canéfora é uma planta de crescimento contínuo que possui hastes ortotrópicas (verticais) e ramos plagiotrópicos (horizontais) (Figura 2). O manejo adequado das hastes ortotrópicas e dos ramos plagiotrópicos dos cafeeiros é importante para assegurar estabilidade de produção ao longo da vida útil da lavoura. Uma das primeiras etapas deste manejo é a escolha da configuração espacial de plantas e hastes que propiciem um sistema de manejo compatível com o nível tecnológico empregado na lavoura.

A definição da configuração espacial da lavoura depende, dentre outros fatores, da forma de propagação, tipo de plantio, variedade em uso, características químicas e físicas do solo, disponibilidade de mão de obra e uso de máquinas e implementos agrícolas para realização dos tratos culturais e colheita (MARCOLAN et al., 2009).

Após a escolha da configuração espacial deve-se atentar para o manejo das hastes ao longo dos anos, prática que é realizada por meio de podas e desbrotas. Estas práticas consistem na eliminação do excesso das hastes verticais e ramos horizontais pouco produtivos, substituindo-os por outros mais novos e mais produtivos.



Foto: Flávio de França Souza

**Figura 2.** Planta de café canéfora com cinco hastes ortotrópicas sustentando os ramos plagiotrópicos em produção.

Na Amazônia Ocidental brasileira são realizadas três diferentes práticas de manejo das hastes ortotrópicas nos cafeeiros da espécie *C. canephora*. Em todos os casos, a desbrota é indispensável, mas varia conforme o método escolhido. A escolha do método mais adequado deve considerar a idade das hastes e das plantas, o espaçamento, o vigor vegetativo das hastes e o aporte de tecnologias empregado na lavoura. Além do manejo das hastes ortotrópicas, o manejo dos ramos plagiotrópicos é indispensável para manutenção da produtividade da lavoura.

Neste capítulo serão abordadas as principais configurações espaciais empregadas nos cultivos comerciais da Amazônia Ocidental brasileira, bem como as práticas de manejo das hastes verticais e ramos horizontais empregadas na referida região.

## **Configuração espacial do cafezal – espaçamento e número de hastes**

A configuração espacial da lavoura é estabelecida com base em particularidades dos genótipos e das condições de cultivo. Recomenda-se, por exemplo, que os genótipos pertencentes ao grupo 'Robusta' sejam plantados em espaçamentos menos adensados que os genótipos do grupo 'Conilon'; plantas de origem seminífera devem ser plantadas em espaçamentos menos adensados que plantas propagadas vegetativamente; solos com maior fertilidade devem receber lavouras menos adensadas e, ainda, que lavouras que utilizam tratores agrícolas para os tratos culturais sejam plantadas com maiores espaçamentos entre linhas que as lavouras que não utilizam esses equipamentos.

Neste tópico, serão abordadas as principais características a serem consideradas para a escolha do espaçamento e do número de hastes da lavoura a ser implantada.

## **Espaçamento**

### **Formas de propagação**

A forma de produção das mudas, que pode ser seminífera (por semente) ou vegetativa (comumente por estaquia), influencia diretamente a escolha do esquema de plantio do cafezal.

O plantio de mudas de sementes, embora em desuso, ainda é utilizado por agricultores que empregam baixo nível tecnológico em suas lavouras. Essas mudas apresentam menor custo e podem ser produzidas na propriedade. Além disso, atribui-se às lavouras seminíferas, maior tolerância ao estresse hídrico, pela conformação do sistema radicular, e maior estabilidade de produção, pela maior variabilidade genética da lavoura.

Esse sistema apresenta como desvantagem a desuniformidade da lavoura, o que dificulta o estabelecimento de espaçamentos mais adensados e a padronização do número de hastes por planta (Figura 3A). Plantios seminíferos também apresentam menor produtividade (PARTELLI et al., 2006) e desuniformidade de maturação dos frutos, fato que compromete o rendimento de grãos e a qualidade de bebida.

Com relação à maior robustez do sistema radicular, as informações existentes sobre mudas seminíferas e clonais não permitem conclusões precisas (ESPINDULA; PARTELLI, 2011). Partelli et al. (2006) não encontraram diferença entre sistemas radiculares de plantas propagadas por sementes e por estacas, num raio de 50 cm do tronco e em profundidade de até 60 cm, aos 52 meses de idade.

Quando se utilizam mudas seminíferas, mesmo que oriundas de poucas plantas matrizes, com características semelhantes, a definição dos espaçamentos é dificultada pela variabilidade de conformação da copa que as plantas apresentarão quando adultas. Nesses casos recomendam-se espaçamentos menos densos.

A propagação vegetativa apresenta vantagens competitivas sobre a propagação por semente, tais como: maior precocidade de produção, facilidade na realização dos tratamentos culturais, alta produtividade, maior tamanho de grãos, maior uniformidade de maturação dos frutos, melhor qualidade dos grãos em função do escalonamento da colheita (ciclo precoce, médio, tardio e super tardio) (ESPINDULA; PARTELLI, 2011).

O sistema de propagação vegetativa permite maior padronização da lavoura, uma vez que são selecionados poucos genótipos (clones) os quais, geralmente, apresentam características semelhantes entre si, como a variedade Conilon BRS Ouro Preto que é formada por 15 genótipos. Esses genótipos devem ser plantados no “sistema clone em linha”. Porém, alguns agricultores utilizam o plantio de forma aleatória, principalmente quando optam pelo “sistema genótipo com cruzadores”.

O sistema de plantio aleatório de mudas clonais é utilizado, principalmente, quando a compatibilidade genética entre as plantas não é conhecida. No entanto, mesmo com maior uniformidade, plantas vizinhas, na mesma linha, podem apresentar diferenças de arquitetura que dificultam a padronização do manejo das hastes (Figura 3B) e da colheita.



Foto: Flávio de França Souza



Foto: Flávio de França Souza



Foto: Fábio Luiz Pantelli

**Figura 3.** Lavoura formada com mudas seminíferas (A). Lavouras formadas com mudas clonais: plantio aleatório dos clones (B) e plantio dos clones em linha (C).

O sistema de plantio de clones “em linha” tem grande aceitação dos agricultores e vem sendo cada vez mais utilizado nas lavouras da Amazônia Ocidental. Nesse sistema cada genótipo constitui uma linha de plantio, sendo cada linha formada por um genótipo diferente daqueles das linhas vizinhas. Deve-se conhecer a compatibilidade genética entre os clones das linhas paralelas para garantir a fecundação cruzada.



O plantio em linha é indicado para a padronização da condução dos cafeeiros, pois, as plantas vizinhas dentro da linha são geneticamente idênticas permitindo a padronização do espaçamento e do número de hastes, podendo reduzir o espaçamento entre plantas (Figura 3C).

O sistema “genótipo com cruzadores” está sendo utilizado no norte do Espírito Santo e sul da Bahia e vem sendo empregado na Amazônia Ocidental, especialmente em Rondônia. Neste sistema o cafeicultor seleciona um genótipo, em função de características agrônomicas que julga serem importantes, para ocupar de 75% a 80% da área e, utiliza um conjunto aleatório de genótipos como “cruzadores” (com o intuito de garantir a polinização). Assim, empregam-se de duas a quatro linhas do clone selecionado intercaladas com uma linha cruzadora composta pela mistura aleatória de clones. No entanto, esta técnica ainda não está consolidada.

Apesar da aceitação dos agricultores, o esquema de plantio “genótipo com cruzadores” não foi validado pela pesquisa. Não se sabe quais genótipos se adaptam ao sistema, quantas linhas de um mesmo genótipo podem ser plantadas entre as linhas cruzadoras e qual espaçamento e número de hastes é adequado para a melhor circulação de pólen entre as linhas. Em suma, não se sabe se o método é vantajoso e, por isso, não é recomendado pelas instituições de pesquisa.

### Variedades ou conjunto de genótipos

Outro fator que interfere na escolha do espaçamento é a variedade, ou conjunto de genótipos utilizado. As lavouras cultivadas em Rondônia e nos demais estados da Amazônia Ocidental são formadas por plantas dos grupos varietais ‘Conilon’, ‘Robusta’ ou por híbridos naturais entre plantas destes dois grupos, haja vista que até a metade da década passada as lavouras da região eram propagadas predominantemente por sementes.

As plantas do grupo ‘Conilon’ apresentam menor altura e diâmetro de copa que as do grupo ‘Robusta’, que apresentam maior vigor vegetativo. Os híbridos intraespecíficos selecionados para compor as variedades, apresentam, em geral, altura e diâmetro de copa intermediários aos dos grupos ‘Conilon’ e ‘Robusta’. Em função destas características definem-se os espaçamentos para plantas de cada grupo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Espaçamento e densidade de plantas de cafeeiros ‘Conilon’ e ‘Robusta’ recomendados para o Estado de Rondônia.

Grupo Varietal <sup>a</sup>	Espaçamento	Plantas ha <sup>-1</sup>	Hastes planta <sup>-1</sup>	Hastes ha <sup>-1</sup>
	-- metros --		Número	
Conilon <sup>a</sup>	2,5 × 1,5	2.666	3 a 4	≈9.000
			4	10.664
Conilon	3,0 × 1,0	3.333	3	10.000
			3 a 4	≈12.000
Conilon <sup>b</sup>	3,0 × 1,5	2222	4 a 5	≈9.000
			5	11.110
Conilon <sup>b</sup>	3,0 × 2,0	1.666	5 a 6	≈9.000
			6	9.996
Robusta	3,0 × 2,0	1.666	5	8.330
			6	9.996
Robusta	3,5 × 2,0	1.428	6	8.571

<sup>a</sup> Recomendado para lavouras não mecanizadas. <sup>b</sup> ‘Conilon’ e híbridos intraespecíficos (‘Conilon’ × ‘Robusta’).

Fonte: adaptado de Marcolan et al. (2009).



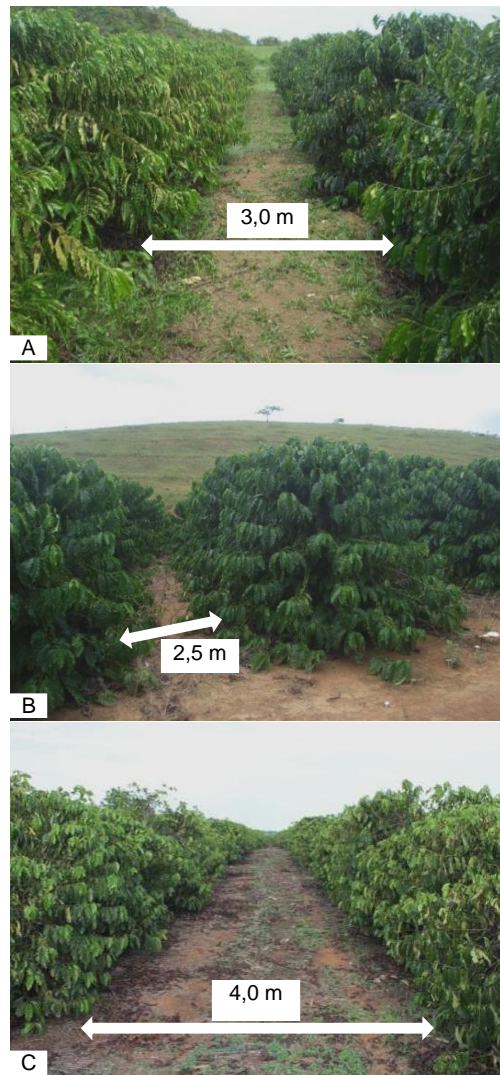
De forma geral, quando se pretende mecanizar as operações de manejo da lavoura, recomenda-se espaçamento de 3,0 m a 3,5 m entre linhas para variedades do grupo 'Conilon' e até 4,0 m para variedades do grupo 'Robusta'. Esses espaçamentos permitem o tráfego de máquinas e implementos com até 1,80 m de lastro (Figura 4A).

Espaçamentos menores podem dificultar o tráfego das máquinas quando as plantas atingem idade adulta (Figura 4B). Entretanto, espaçamentos maiores podem promover a subutilização da área e aumentar a incidência de plantas daninhas (Figura 4C), embora, sob a perspectiva de mecanização da colheita, o uso de espaçamentos acima de 3,5 m entre linhas possa ser requerido.

Espaçamentos menores entre linhas de plantio podem ser utilizados por agricultores que não empregam tratores agrícolas em suas lavouras. Nesses casos, espaçamentos de até 2,0 m podem ser utilizados para lavouras de 'Conilon' (VERDIN FILHO et al., 2011a; b) e até 2,5 m para lavouras de 'Robusta', desde que os clones utilizados sejam de porte adequado a estes espaçamentos. Espaçamentos mais densos promovem fechamento das entrelinhas e ajudam a controlar as plantas daninhas na lavoura, mas podem promover maior disseminação de pragas e doenças.

Com relação ao espaçamento entre plantas, os mais usuais para as variedades do grupo 'Conilon' variam de 1,0 m a 2,0 m, enquanto que para 'Robusta' utilizam-se 2,0 m e 2,5 m. No entanto, alguns agricultores optam por espaçamentos menores que 1,0 m para 'Conilon' e até 1,5 m para 'Robusta'. Tais espaçamentos devem ser utilizados com critério, observando as características de arquitetura das plantas e as condições edafoclimáticas da região, bem como o nível tecnológico empregado.

Espaçamentos menores entre plantas podem promover excessivo entrelaçamento de ramos plagiotrópicos, dificultando o manejo, além de aumentar a competição por radiação solar (Figura 5A). Entretanto, espaçamentos maiores podem promover subutilização da área (Figura 5B).



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 4.** Lavouras de cafeeiros com ramos de três anos de idade. (A) espaçamento de 3,0 m entre linhas, suficiente para a passagem de trator e implementos com até 1,80 m de lastro; (B) espaçamento de 2,5 m entre linhas com fechamento excessivo das plantas e (C) espaçamento de 4,0 m entre linhas mostrando subutilização da área.



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 5.** Plantas de cafeeiro 'Conilon' com três anos de idade. Fechamento excessivo na linha de plantio (espaçamento de 0,5 m) (A). Subutilização de área na linha pelo excesso de espaço entre plantas (2,0 m entre plantas) (B).

## Número de hastes

Cafeeiros da espécie *C. canephora* são plantas multicaules cuja produtividade está associada ao número de hastes ortotrópicas produtivas por hectare. As hastes ortotrópicas são de crescimento vertical e sustentam os ramos plagiotrópicos ou horizontais, que são os ramos produtivos. O número de hastes ortotrópicas por planta depende do número de hastes por hectare que se pretende ter e do espaçamento utilizado. Normalmente utiliza-se de três a cinco hastes por planta (Figura 6).



Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 6.** Número de hastes de cafeeiros 'Conilon'. Três (A), quatro (B) e cinco (C) hastes por planta.

A utilização de número elevado de hastes por planta promove autossombreamento no interior da copa limitando a fotossíntese e proporcionando microclima favorável ao estabelecimento de pragas e doenças. O uso de poucas hastes, associado a espaçamentos adensados, promove melhor aproveitamento de recursos do meio, especialmente do solo (GARÇONI et al., 2005).

Para os genótipos do grupo 'Conilon', como os da variedade Conilon BRS Ouro Preto, a combinação entre espaçamento e número de hastes deve ser de tal maneira que permita atingir densidades entre 9.000 e 12.000 hastes por hectare. Para os genótipos do grupo

'Robusta' recomendam-se densidades de até 10.000 hastes por hectare (MARCOLAN et al., 2009). Maiores densidades podem ser alcançadas em situações especiais, como quando não há mecanização da lavoura.

Geralmente, nos cultivos convencionais, não se usa menos de três hastes por planta, pois tal manejo implica em baixa densidade de hastes por hectare o que compromete a produtividade. Entretanto, deve-se evitar a utilização de mais de seis hastes por planta em virtude da dificuldade de manejo da planta.

O uso de seis hastes deve ser realizado com cautela para evitar o fechamento do interior das plantas. Para isso, deve-se induzir a emissão de hastes ortotrópicas no início do desenvolvimento das plantas e selecionar os brotos de maneira que as hastes não se concentrem no interior das plantas. Da mesma forma, na poda de produção, os brotos devem ser selecionados visando à formação de copa arejada (Figura 7).



**Figura 7.** Plantas com seis hastes ortotrópicas bem distribuídas. Selecionadas adequadamente durante a formação da planta (A). Selecionadas adequadamente após a poda de produção (B).

## Poda de formação

### Poda apical e vergamento pós-plantio

Durante a fase de formação do cafezal, o número de hastes necessário para formação da copa da planta é mantido por meio das desbrotas (retirada do excesso de brotos). No entanto, a emissão de brotos na fase inicial de crescimento é desuniforme e variável em função do genótipo, podendo demorar meses para que ocorra o surgimento de novos brotos ortotrópicos na base da planta. Santos et al. (2014) avaliando o vigor vegetativo de quinze clones de 'Conilon' no Município de Porto Velho, RO encontraram, como valor médio, menos de dois brotos por planta. Este valor foi obtido aos 10 meses após plantio das mudas no campo.

Como forma de antecipar a emissão de hastes ortotrópicas e padronizar a idade das mesmas, duas técnicas são empregadas atualmente para indução de brotação: a poda apical e o vergamento da haste principal (FONTES et al., 2010; SCHMIDT et al., 2015).

A técnica de poda apical consiste em eliminar a gema apical das mudas recém plantadas (Figura 8). Em geral as plantas devem apresentar dois pares de ramos plagiotrópicos e

a poda deve ser realizada acima do último par. Schmidt et al. (2015) avaliando cinco épocas de indução de brotação (60, 75, 90, 105 e 120 dias após o plantio) relatam que a poda apical proporcionou comportamento quadrático para o número de brotos emitidos, com ponto de máximo número de brotos alcançado aos 86 dias após o plantio. Esse resultado sugere que a técnica seja aplicada aproximadamente 90 dias após o plantio.



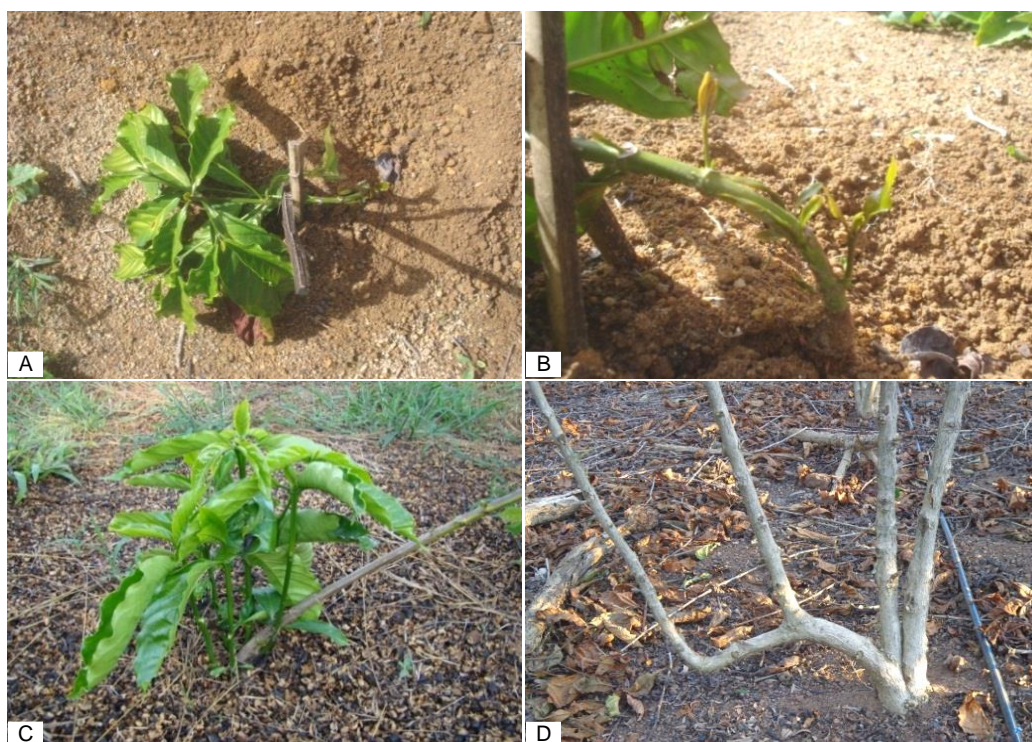
Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 8.** Cafeeiro aos 2 meses após poda apical, apresentando cinco brotos ortotrópicos distribuídos na extensão da haste principal (A). Cafeeiros aos 30 meses após a poda apical, apresentando quatro hastes ortotrópicas (B), a seta indica o ponto onde o ápice foi podado.

A técnica de vergamento da haste principal é uma prática idealizada com base no arqueamento das plantas destinadas a produção de estacas para produção de mudas, relatada por Wintgens e Zamarripa (2004).

A prática consiste em vergar e fixar o caule de plantas recém-plantadas junto ao solo, de modo que a base do mesmo permaneça exposta à radiação solar. A prática promove supressão da dominância apical e, com isso, estimula a emissão de hastes ortotrópicas secundárias (Figura 9). Schmidt et al. (2015) avaliando cinco épocas de indução de brotação (60, 75, 90, 105 e 120 dias após o plantio) encontrou decréscimo linear do número de brotos com o aumento do tempo compreendido entre o plantio e a realização da prática de vergamento da haste principal do cafeeiro. Esse resultado sugere que o vergamento pode ser feito aos 60 dias após o plantio. De maneira geral, para realização do vergamento, deve-se observar o estado de maturação do caule principal. Este caule deve ter comprimento suficiente para que seja possível seu arqueamento e não deve estar excessivamente lignificado para que não ocorra quebra do mesmo.

A emissão de hastes secundárias ocorre naturalmente em lavouras de canéfora, no entanto, a poda apical e o vergamento estimulam a emissão precoce das hastes secundárias e permitem reduzir as diferenças de crescimento entre as mesmas. Objetiva-se com isso, aumentar a produção nas primeiras colheitas, melhorar a arquitetura da planta e padronizar o manejo das hastes da lavoura.



Fotos: Marcelo Curitiba Espindola

**Figura 9.** Vergamento de plantas de café aos 60 dias após o plantio (A); brotos aos 20 dias (B) e 50 dias (C) após o vergamento da haste principal da planta. Cafeeiros aos 42 meses após o plantio, apresentando quatro hastes ortotrópicas (D).

Em estudo realizado com 20 clones de 'Conilon', no Município de Ouro Preto do Oeste, RO, o vergamento, a poda apical e o livre crescimento, promoveram, respectivamente, a emissão de 7,8, 6,4 e 3,4 brotos, 70 dias após a aplicação das práticas de indução. Assim, pode-se inferir que o vergamento proporciona maior emissão de brotos que a poda apical. Demais vantagens e desvantagem das práticas de indução a brotação durante a poda de formação estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Vantagens e desvantagem das principais práticas de indução a brotação das plantas de *C. canephora*.

Tipos de podas	Vantagens	Desvantagens
Crescimento livre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não requer mão de obra para indução da brotação</li> <li>• Menores números de desbrotas durante o período de formação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor número de brotos produtivos nas primeiras safras</li> <li>• Hastes com diferentes idades em uma mesma planta</li> </ul>
Poda apical	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixo custo de mão de obra, em relação ao vergamento</li> <li>• Reduzida complexidade de execução, em relação ao vergamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor controle sobre a distribuição dos brotos acarretando em plantas com copa mais densa</li> </ul>
Vergamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior número de brotos emitidos</li> <li>• Melhor distribuição dos ramos no caule principal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior necessidade de mão de obra, em relação aos demais métodos</li> <li>• Maior complexidade de execução</li> <li>• Possibilidade de quebra do caule principal durante o vergamento</li> </ul>

## Desbrota

Durante a formação do cafezal, a realização da desbrota (retirada do excesso de brotos) é fundamental, pois permite o controle do número de hastes verticais para formação de plantas contendo hastes vigorosas e bem distribuídas. Os brotos excedentes são eliminados manualmente quando atingirem altura de 20 cm a 30 cm (MARCOLAN et al., 2009) (Figura 10). A desbrota também deverá ser realizada frequentemente durante todo o ciclo da cultura, e consiste em uma das práticas mais importantes para garantir boa produtividade (VENEZIANO; PEQUENO, 2002).



Fotos: Marcelo Curitiba Espíndula

**Figura 10.** Planta de cafeeiro Robusta antes (A) e após (B) a desbrota.

## Podas de produção

As hastes verticais e os ramos horizontais dos cafeeiros devem ser manejados constantemente para que a produtividade da lavoura seja mantida. As hastes ortotrópicas do cafeeiro perdem vigor e produtividade, principalmente após a terceira colheita, ficando com menor capacidade de sustentação de ramos produtivos e devem ser podadas. Os ramos plagiotrópicos do terço inferior da planta que já produziram por uma ou duas safras e, que apresentam nós produtivos apenas na extremidade, irão produzir pouco na colheita seguinte e, portanto, devem ser eliminados anualmente.

A poda de produção visa a manutenção ou o aumento do rendimento da lavoura, mediante a renovação de ramos menos produtivos (esgotados) e, também, pela redução do efeito da alternância de produção (VENEZIANO; PEQUENO, 2002). Outras finalidades da poda são: a redução da altura da planta, o que facilita a colheita e os tratos culturais; proporcionar ambiente desfavorável à incidência de pragas e doenças, em virtude do maior arejamento e penetração de luz no interior da planta; viabilizar a mecanização dos tratos culturais e; melhorar a relação entre galhos e folhas (MATIELLO, 1998).

## **Poda dos ramos plagiotrópicos**

A eliminação dos ramos plagiotrópicos improdutivos deve ser realizada, anualmente, independentemente do tipo de manejo das hastes ortotrópicas escolhido para condução da lavoura.

O procedimento deve ser realizado a partir da primeira colheita, eliminando-se os ramos que apresentem baixa capacidade produtiva. Esta prática visa também à desobstrução da passagem da luz para o interior da copa, proporcionando a formação de hastes ortotrópicas vigorosas e bem localizadas, facilitando, assim, a manutenção de elevadas produtividades (FONSECA et al., 2007).

No momento da eliminação dos ramos plagiotrópicos, deve-se levar em consideração, simultaneamente, o potencial de produção ainda existente e a necessidade de manter sempre revigorada a parte aérea das plantas. Esse procedimento contribui para maior estabilidade da produção ao longo dos anos (FONSECA et al., 2007). De maneira geral, recomenda-se eliminar aproximadamente 30% dos ramos plagiotrópicos (terço inferior), desde que já tenham produzido por uma ou duas safras, que estejam entrando em processo de senescência, ou com baixa capacidade produtiva. Na prática, eliminam-se os ramos que já produziram frutos em aproximadamente 70% da extensão (Figura 11). Como exemplo, um ramo com dois anos de idade que apresente vinte rosetas, mas que já tenha produzido em quinze destas, restando apenas cinco rosetas com folhas na extremidade do ramo, deve ser eliminado.



Foto: Fábio Luiz Partelli

**Figura 11.** Plantas de cafeeiro 'Conilon' com 30 meses de idade, após a eliminação dos ramos plagiotrópicos que produziram em pelo menos 70% de sua extensão.

## **Poda das hastes ortotrópicas**

Existem basicamente três tipos de podas das hastes ortotrópicas praticados nas lavouras comerciais da Amazônia Ocidental brasileira: poda anual (tradicional), recepa parcial e recepa total (VENEZIANO; PEQUENO, 2002).



### Poda anual (tradicional)

De modo geral, a poda é aplicada nas hastes que já apresentaram três ou mais produções e encontram-se esgotadas e naquelas que pendem em direção da entrelinha, provocando o fechamento do cafezal.

O sistema de poda de produção tradicional consiste na renovação anual de 25% das hastes ortotrópicas da planta. Após completar um ciclo de poda, a planta apresenta hastes podadas com um, dois e três anos de idade. Deve-se efetuar a poda logo após a colheita, período em que a planta encontra-se em repouso vegetativo (VENEZIANO; PEQUENO, 2002).

Por ocasião da desbrota, após a eliminação das hastes improdutivas, deve-se deixar um broto por haste podada, selecionando o mais vigoroso, implantado na parte externa do tronco remanescente. Caso não se tenha brotos adequados, selecionam-se brotos em posição mais adequada na próxima desbrota (Figura 12A). Recomenda-se efetuar a poda cerca de 20 cm a 30 cm do solo evitando-se a “poda alta” (Figura 12B).



**Figura 12.** Eliminação de ramo improdutivo a altura de 25 cm do solo por meio da poda de produção tradicional (A). Poda “alta” efetuada incorretamente à altura de 1,0 m ou mais do solo (B).

Embora a poda alta tenha sido bastante praticada no passado, atualmente seu uso não é recomendado, uma vez que, a mesma dificulta os tratos culturais da lavoura, principalmente a colheita, pela elevação da altura dos ramos produtivos das plantas.

A poda é efetuada com auxílio de serra de poda, procurando-se evitar danos às hastes remanescentes. Após a seleção do broto, deve-se efetuar periodicamente a retirada dos demais brotos que surgirem (MARCOLAN et al., 2009).

### Recepa parcial

A recepa parcial permite a renovação dos ramos sem interromper totalmente a produção (MATIELLO, 1998). Os ramos que não são eliminados, seguem produzindo, assegurando

que não haja produção zero durante o processo de substituição das hastes ortotrópicas (MARCOLAN et al., 2009).

No sistema de “recepta parcial” o número de hastes ortotrópicas é definido durante a formação da lavoura, preferencialmente após a aplicação de uma das técnicas de indução de brotação. Estas hastes em número de três, quatro ou cinco são conduzidas pelo período de quatro a cinco anos (três a quatro colheitas). Após este período elimina-se 75% das hastes, deixando apenas uma ou duas. As hastes remanescentes, conhecidas popularmente como “pulmão” (VENEZIANO; PEQUENO, 2002) permitem menor estresse, em comparação com a recepta total, além de manter parte da produção da lavoura.

Após a eliminação das hastes, deve-se deixar, por ocasião da primeira desbrota, o número de brotos necessário para substituir as hastes que foram eliminadas e das 25% restantes (“pulmões”) que serão eliminadas no ano seguinte. Assim, se, por exemplo, a lavoura estiver sendo conduzida com quatro hastes por planta, deixar quatro brotos ortotrópicos vigorosos na parte externa de cada uma das hastes que estão sendo substituídas, para que após as duas operações de corte das hastes antigas (recepta parcial e eliminação das hastes remanescentes no ano seguinte) obtenha-se uma planta renovada, com hastes de mesma idade e crescidas sem sombreamento excessivo, portanto, vigorosas e não estioladas (Figura 13).

Na prática, uma lavoura conduzida em espaçamento de 3,0 m × 1,3 m, com quatro hastes por planta terá aproximadamente 10.300 hastes por hectare. Após a quarta colheita eliminam-se três hastes por planta deixando apenas uma, o que resulta em aproximadamente 2.560 hastes por hectare. Estas hastes serão eliminadas apenas no ano seguinte, após a colheita. Nos anos seguintes à eliminação das últimas hastes ortotrópicas improdutivas, a lavoura deve ser conduzida de forma idêntica à anterior como se fosse lavoura nova.

Para uma adequada condução do cafezal é importante considerar que durante todas as fases de crescimento e desenvolvimento das plantas, devem ser realizadas desbrotas, deixando apenas as hastes selecionadas.

A recepta parcial é semelhante à técnica de “Poda Programada de Ciclo” utilizada no Espírito Santo e Bahia (PODA..., 2008).

### **Recepta total**

A recepta total é uma poda drástica que elimina toda parte aérea da planta (COSTA, 1998), utilizada para renovação das hastes ortotrópicas após um determinado número de produções. Também é importante para recuperação de cafezais decadentes podendo proporcionar aumento da produtividade com menor custo que os demais tipos de podas (COSTA et al., 1999).

A prática consiste em conduzir o número de hastes desejado por um período de três a quatro colheitas, após as quais é realizada a poda drástica em que, todas as hastes da planta são eliminadas à altura de 20 cm a 30 cm do solo (Figura 14).

Este tipo de poda apresenta o inconveniente de deixar a planta um ano sem produção e induzir a formação de um grande número de brotos, exigindo elevada mão de obra para a desbrota (MARCOLAN et al., 2009). Além disso, em função da agressividade da prática, plantas debilitadas por fatores nutricionais, estresse biótico ou estresse hídrico podem não resistir à recepta e morrer.



Fotos: Fábio Luiz Partelli

**Figura 13.** Recepa parcial em cafeeiros 'Conilon'. Eliminação de 75% das hastes ortotrópicas, mantendo apenas uma haste por planta como "pulmão" (A); brotos novos e haste remanescente um ano após recepa parcial (B); eliminação da haste remanescente, mantendo quatro hastes por planta (C); plantas renovadas após a eliminação dos ramos remanescentes (D).

Após o corte, quando as brotações atingirem de 20 cm a 30 cm de altura, deve-se iniciar a desbrota, mantendo-se o número de brotos desejado de acordo com o espaçamento da lavoura (VENEZIANO; PEQUENO, 2002).

Os brotos devem ser selecionados entre os mais vigorosos e localizados na parte externa da copa das plantas, 5 cm a 10 cm abaixo da área do corte. No início do

desenvolvimento dos brotos, podem ocorrer distúrbios nutricionais, sendo necessária a adubação corretiva (VENEZIANO; PEQUENO, 2002).



Fotos: Marcelo Curitiba Espíndula

**Figura 14.** Recepa total em cafeeiros com quatro anos de idade (A) e com 15 anos de idade (B).

## Comparação entre tipos de podas

A programação para eliminação das hastes ortotrópicas se dá em função do tipo de poda adotada. A **poda anual** requer eliminação anual de parte das hastes, após a segunda ou terceira colheita, a **recepta parcial** requer eliminação de hastes, por dois anos consecutivos, a cada ciclo de três a quatro colheitas enquanto a **recepta total** requer eliminação de hastes, em um único ano, a cada ciclo de três a quatro colheitas. De maneira semelhante, a necessidade de retirada dos ramos plagiotrópicos é maior na poda anual, intermediária na recepta parcial e menor na recepta total (Tabela 3). Nos três tipos de podas, a desbrota deve ser realizada quantas vezes forem necessárias durante o ano.

Variações no manejo podem ocorrer, em função do desenvolvimento da planta, do planejamento do cafeicultor, de oscilações de mercado e de distúrbios climáticos.

**Tabela 3.** Cronograma para eliminação das hastes ortotrópicas e dos ramos plagiotrópicos de cafeeiros ‘Conilon’ e ‘Robusta’ pelos três principais métodos de podas utilizados na Amazônia Ocidental brasileira, durante um ciclo de dez colheitas comerciais, excluindo-se a “catação” do primeiro ano.

Tipo de poda <sup>(1)</sup>	Eliminação de hastes/ramos	Colheitas									
		1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>
Anual	Ortotrópicas		x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Plagiotrópicos	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Recepta parcial	Ortotrópicas				x	x				x	x
	Plagiotrópicos	●	●	●	●		●	●	●	●	
Recepta total	Ortotrópicas				x					x	
	Plagiotrópicos	●	●	●			●	●	●		

<sup>(1)</sup> Lavouras formadas por mudas clonais com produção a partir do segundo ano. (x) Eliminação de hastes ortotrópicas após a colheita. (●) Eliminação de ramos plagiotrópicos após a colheita.

Em função da necessidade de eliminação das hastes e ramos, a poda anual demanda maior mão de obra e a recepta total demanda a menor quantidade de mão de obra, contudo a recepta total apresenta um ano com produção zero, enquanto a poda anual

apresenta maior estabilidade de produção ao longo dos anos. A receita parcial apresenta valores intermediários para demanda de mão de obra e estabilidade de produção (Tabela 4).

**Tabela 4.** Vantagens e desvantagens dos principais tipos de podas de cafeeiros ‘Conilon’ e ‘Robusta’.

Tipos de podas	Vantagens	Desvantagens
Anual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção da capacidade produtiva da lavoura ao longo dos anos</li> <li>• Maior estabilidade de produção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior demanda de mão de obra</li> <li>• Maior complexidade de execução em virtude da constante seleção de ramos (necessidade de mão de obra especializada)</li> <li>• Maior complexidade de execução da desbrota e tratos culturais</li> </ul>
Recepa parcial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor necessidade de mão de obra (em relação à poda anual)</li> <li>• Menor complexidade de execução (em relação à poda anual)</li> <li>• Possibilita a padronização dos tratos culturais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Um ano com baixa produção na quarta ou quinta colheita</li> </ul>
Recepa total	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor necessidade de mão de obra</li> <li>• Menor complexidade de execução</li> <li>• Maior padronização dos tratos culturais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Um ano sem produção após cada ciclo de três a quatro colheitas</li> <li>• Possibilidade de morte de percentual de plantas, por causa do tratamento drástico</li> </ul>

## Referências

COSTA, R. S. C. da. Poda em cafeeiro Robusta. Porto Velho: Embrapa-CPAF Rondônia, 1998. 5 p. (Embrapa-CPAF Rondônia. Recomendações Técnicas, 9).

COSTA, R. S. C.; SANTOS, J. C. F.; LEÔNIDAS, F.C. **Recepa e diferentes manejos na recuperação de cafezal decadente em Presidente Médici, Rondônia.** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 1999. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 176).

ESPINDULA, M. C.; PARTELLI, F. L. **Vantagens do uso de clones no cultivo de cafeeiros canéfora (Conilon e Robusta).** Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2011. 16 p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 144).

FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; LANI, J. A.; FERRÃO, M. A. G.; VOLPI, P. S.; VERDIN FILHO, A. C.; RONCHI, C. P.; GUARÇONI, M. A. Manejo da cultura do café conilon: espaçamento, densidade de plantio e podas. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Ed.). **Café Conilon.** Vitória: INCAPER, 2007. p.257-277.

FONTES, A. G.; STINGHEL, M.; CLAUDINO, R. A. R.; FONTES, P. S. F.; BEZERRA NETO, F. V.; PIRES, A. A.; PINHO, L. G. R. Influência de diferentes técnicas de condução inicial do café conilon no aumento da emissão de brotos no primeiro ano de plantio. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5.; JORNADA DE INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO, 3., 2010, Vitória, ES. **Resumos...** Vitória: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, 2010.

GARÇONI, A. M.; BRAGANÇA, S. M.; LANI, J. A. Modificações nas características de fertilidade do solo causadas pelo plantio adensado de café conilon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 31., 2005, Guarapari. **Trabalhos apresentados...** Brasília, DF: Mapa/Procafé, 2005.

**PODA programada e ciclo para o café Conilon.** Vitória, ES: Incaper, 2008. Disponível em: <[http://www.incaper.es.gov.br/servicos/images/FOLDER\\_PODA\\_CAFE\\_CONILON.pdf](http://www.incaper.es.gov.br/servicos/images/FOLDER_PODA_CAFE_CONILON.pdf)>. Acesso em: 26 jan. 2011.



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

MATIELLO, J. B. **Café Conilon**: como plantar, tratar, colher, preparar e vender. Rio de Janeiro: MM Produções Gráficas, 1998. 162 p.

PARTELLI, F. L., VIEIRA, H. D.; SANTIAGO, A. R.; BARROSO, D. G. Produção e desenvolvimento radicular de plantas de café 'Conilon' propagadas por sementes e por estacas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 949-954, 2006.

SANTOS, M. R. A.; FERREIRA, M. G. R.; OLIVEIRA, C. L. L. G.; RAMALHO, A. R.; ESPINDULA, M. C. Vegetative vigor of conilon coffee under field conditions and their potential for in vitro callus induction. **Coffee Science**, Lavras. No prelo.

SCHMIDT, R.; DIAS, J. R. M.; ESPINDULA, M. C.; PARTELLI, F. L.; ALVES, E. R. Poda apical e vergamento da haste principal na formação de cafeeiros clonais na Amazônia Sul-Occidental. **Coffee Science**. Lavras, v. 10, n. 2, p.266-270, 2015.

VENEZIANO, W.; PEQUENO, P. L. de L. **Sistema de condução de cafeeiros Conilon (*Coffea canephora*) em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2002. 19 p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 62).

VERDIN FILHO, A. C.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; VOLPI, P. S.; MAURI, A. L.; ANDRADE, S.; RODRIGUES, W. N.; MIGUEL, G. S. Desenvolvimento vegetativo do café conilon conduzido com a poda programada de ciclo em diferentes densidades de plantio. In.: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá, MG. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2011a.

VERDIN FILHO, A. C.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; VOLPI, P. S.; LANI, J. A.; MAURI, A. L.; GUARCONI, R. C. Produtividade do café conilon conduzido com diferentes populações de hastes por área e com uso da poda programada de ciclo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá, MG. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2011b.

WINTGENS, J. N.; ZAMARRIPA, A. C. Coffee Propagation In: WINTGENS, J. N. (Ed.). **Coffee: Growing, Processing, Sustainable and Production – a guidebook for Growers, Processors, Traders and Researchers**. [New York]: John Wiley & Sons, 2004. p.87-136.

## Capítulo 11

---

# Manejo de plantas daninhas

*Julio Cesar Freitas Santos  
Rogério Sebastião Corrêa da Costa  
Francisco das Chagas Leônidas  
Ricardo Gomes de Araújo Pereira*







## Introdução

**A** sustentabilidade da cultura do café é alcançada pelo uso persistente de boas práticas agrícolas (PATERNIANI, 2001), que promovem incremento da biodiversidade, aproveitamento de insumos orgânicos, conservação dos recursos naturais, maior rendimento e qualidade da produção. A utilização racional de insumos e serviços tem sido desafio constante dos cafeicultores, na tentativa de diminuir os custos e aumentar os benefícios.

O controle das plantas daninhas do café canéfora é uma das práticas que interfere diretamente na produção e nos custos, influenciando na rentabilidade da lavoura. As plantas daninhas causam prejuízos decorrentes da competição com cafeeiros por água, luz e nutrientes, além de dificultar as práticas culturais, inclusive a colheita. Como benefícios têm-se o sombreamento do solo que diminui a evaporação, amenizam os efeitos da erosão na época chuvosa, reciclam nutrientes, aumentam a matéria orgânica e melhoram a estrutura do solo (AMABILE; CARVALHO, 2006; WUTKE et al., 2009).

Impactos negativos têm ocorrido na cafeicultura como danos ao cafeeiro e ao solo em virtude das adoções sem critérios dos métodos de controle das plantas daninhas. O uso inadequado de herbicidas causa injúrias ao cafeeiro, encrostamento e erosão superficial do solo, redução do teor de matéria orgânica e resistência de espécies de plantas daninhas (ALCÂNTARA et al., 2007, 2009). O controle mecanizado excessivo favorece a sobrevivência de plantas daninhas, a formação de camada adensada e a diminuição da estabilidade de agregados do solo (ALCÂNTARA; FERREIRA, 2000).

A aplicação de métodos unificados e repetitivos não é adequada no controle das plantas daninhas do cafezal, por causar efeitos negativos no crescimento e rendimento da cultura (RONCHI et al., 2003; DIAS et al., 2005; RONCHI; SILVA, 2006), que reflete em prejuízos financeiros. O presente capítulo trata de informações sobre o manejo integrado das plantas daninhas do café canéfora em Rondônia por meio de combinação, sucessão e rotação de diferentes métodos de controle em determinado tempo e posicionamento no talhão.

## Plantas daninhas do cafezal

Nos cafezais de Rondônia as plantas daninhas crescem mais na época chuvosa do ano, no período de outubro a março. Nesse período há maior desenvolvimento vegetativo, florescimento e frutificação do cafeeiro, sendo a fase de granação dos frutos a que mais sofre com a concorrência das plantas daninhas, por requerer maiores quantidades de nutrientes. Isso é reforçado pela escala fenológica preliminar e simplificada das fenofases vegetativa e reprodutiva de cafeeiros da variedade 'Conilon' (CASSARO et al., 2011) cuja formação dos frutos "chumbinho" perdura de agosto a setembro e a expansão dos frutos imaturos de outubro a novembro, com o crescimento, o desenvolvimento acumulado máximo e a formação do endosperma ocorrendo de dezembro a março.

A composição da flora infestante do cafezal depende das variações climáticas, características do solo e sistema de manejo, que influenciam na germinação das sementes e na infestação em um determinado período. O levantamento das plantas daninhas no talhão de café, identificando as espécies e as características biológicas, subsidia a tomada de decisão sobre qual estratégia de manejo será mais apropriada.

As principais espécies de plantas daninhas do café canéfora em Rondônia foram classificadas quanto à época de ocorrência (seca ou chuvosa), ciclo biológico (anual ou perene) e morfologia da folha (estreita ou larga) (COSTA et al., 2003a, 2003b) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Plantas daninhas de ciclo anual (A) e perene (P), de folha estreita (E) e larga (L), e de época seca (S) e chuvosa (C) do café canéfora, em Rondônia.

Classe das Monocotiledôneas						
Família	Espécie	Cognome	Época	Ciclo	Folha	
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i>	Tiririca, capim dandá	C-S	P	E	
Poaceae	<i>Imperata brasiliensis</i>	Sapé, capim agreste	C-S	P	E	
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	Gramma-seda	C-S	P	E	
Poaceae	<i>Paspalum notatum</i>	Gramma batatais, forquilha	C-S	P	E	
Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Capim quicuío	C-S	P	E	
Poaceae	<i>Digitaria horizontalis</i>	Colchão, milhã	C	A	E	
Poaceae	<i>Brachiaria plantaginea</i>	Marmelada, papuã	C	A	E	
Poaceae	<i>Brachiaria mutica</i>	Braquiariinha	C	A	E	
Poaceae	<i>Cenchrus echinatus</i>	Carrapicho, timbête	C	A	E	
Poaceae	<i>Scleria secans</i>	Capim-navalha	C-S	P	E	
Poaceae	<i>Digitaria insularis</i>	Capim-amargoso	C-S	P	E	
Poaceae	<i>Eleusine indica</i>	Capim-pé-de-galinha	C	A	E	
Classe das Dicotiledôneas						
Família	Espécie	Cognome	Época	Ciclo	Folha	
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>	Trapoeraba	C-S	P	L	
Convolvulaceae	<i>Ipomoea acuminata</i>	Corda-de-viola	C-S	A	L	
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	Beldroega, verdolaga	C-S	A	L	
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Nabiça, nabo	S	A	L	
Fabaceae	<i>Indigofera hirsuta</i>	Anileira, anil-roxo	C-S	P	L	
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	Guanxuma, mata-pasto	C-S	P	L	
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i>	Apaga-fogo, alecrim	C-S	P	L	
Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i> sp.	Caruru, bredo	C-S	A	L	
Rubiaceae	<i>Borreria alata</i>	Erva-quente, lagarto	C-S	A	L	
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i>	Poaia-branca	C-S	A	L	
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus niruri</i>	Quebra-pedra	C-S	A	L	
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Leiteira	C-S	A	L	
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia brasiliensis</i>	Erva-de-santa-luzia	C-S	A	L	
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	Picão-preto, fura-capá	C-S	A	L	
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i>	Serralha, chicória- brava	S	A	L	
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i>	Mentrasito, erva-são-jôão	S	A	L	
Asteraceae	<i>Acanthospermum australe</i>	Carrapicho-rasteiro	C-S	A	L	
Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i>	Carrapicho	C-S	A	L	
Solanaceae	<i>Solanum erianthum</i>	Fumo-bravo	C-S	P	L	

Fonte: adaptado de Costa et al. (2003a, 2003b).

## Manejo integrado das plantas daninhas

O manejo integrado embasado no controle racional das plantas daninhas propicia condições sustentáveis para menor competição e melhor convivência das espécies com o cafeeiro (FONTES et al., 2003). Durante o período de repouso do cafeeiro, na época seca do ano, a cultura deve permanecer livre de concorrência das plantas daninhas nas linhas de plantio, porém o espaço entre as linhas deve permanecer coberto, para evitar a exposição excessiva do solo à radiação solar. Na época chuvosa, recomenda-se a cobertura de vegetação nas entrelinhas do cafezal, visando proteger o solo contra o impacto das chuvas e permitir maior velocidade de infiltração da água, contribuindo assim, para reduzir ou inibir a ocorrência de processos erosivos (ALCÂNTARA; FERREIRA, 2000; ALCÂNTARA et al., 2009).

A melhor época para realização de controle e para diminuir a infestação e/ou re-infestação de plantas daninhas do cafezal é antes que as mesmas possam produzir sementes viáveis, ou seja, antes que as plantas daninhas alcancem o seu estágio de disseminação ou fases de florescimento, frutificação e maturação, podendo ainda considerar quando as mesmas atingirem altura média de 25 cm. Entretanto, existem dificuldades, por causa da diversidade de ciclos vegetativos das diferentes espécies, bem como dos vários fluxos de germinação que ocorrem em uma mesma população. Cada espécie tem o seu ciclo vegetativo e reprodutivo específico, não podendo ser somente o fator florescimento tomado como base para seu controle.

A tolerância das culturas à competição exercida pelas plantas daninhas deve ser considerada como importante fator, fazendo com que as diversas medidas e métodos de controle não sejam realizados até o crescimento significativo da população infestante, em especial nas entrelinhas. Os diferentes métodos de controle de plantas daninhas, em lavouras de café, são adotados como práticas intervencionistas com o objetivo de reduzir o número e o porte da comunidade infestante, além do número de propágulos. A combinação de técnicas permite manter a infestação em níveis que não prejudiquem a lavoura pela competição ou pela impossibilidade de executar outras práticas culturais, tirando-se proveito dessas plantas como cobertura morta no controle da erosão do solo, na retenção de umidade e no incremento da produção.

O manejo integrado das plantas daninhas do café consiste na interação das práticas de controle, aplicadas em consonância com outras práticas de condução da cultura inerentes a conservação do solo, poda, combate as pragas e doenças e reposição de nutrientes (DEUBER, 1992), que propicie uma convivência favorável da cultura com a comunidade infestante, sem a preocupação de eliminá-las de imediato.

Para adoção do manejo integrado das plantas daninhas da lavoura de café, devem ser analisados os seguintes fatores: características da lavoura (tamanho da área, espaçamento das entrelinhas, idade do cafezal e porte dos cafeeiros); infestação das plantas daninhas (principais espécies, grau de ocorrência, porte e fase de desenvolvimento); condições do ambiente (topografia, disponibilidade de água, aspectos climáticos e tipo de solo) e recursos do produtor (operários disponíveis, máquinas e implementos, condições financeiras e aquisição de produtos).

## **Controle Interventivo**

O controle interventivo das plantas daninhas da cultura do café é constituído pelo conjunto dos métodos de controle manual, mecânico, químico e biológico, os quais devem ser aplicados de forma e no período adequados, possibilitando com racionalidade a redução da população infestante sem prejuízos econômicos e ambientais.

### **Controle manual**

Os métodos de controle manual mais empregados na cafeicultura são a capina com enxada e o roço com foice. A capina com enxada já foi o método mais utilizado por produtores de café em pequenas e médias propriedades de Rondônia, sendo executada em área total, ou somente nas linhas do cafeeiro complementada por outros métodos nas entrelinhas. A capina manual é adequada para lavouras com espaçamentos adensados e cafezais em formação para controle das plantas daninhas próximas dos

cafeeiros. Embora eficiente, a capina manual tem baixo rendimento e custo oneroso, cuja mão de obra nem sempre se encontra em quantidade e no momento desejado.

Conforme a disponibilidade de operários, nível de infestação e porte das plantas daninhas, a capina manual pode ser feita de forma alternada nas entrelinhas (uma sim e outra não), principalmente no período chuvoso, voltando a capinar toda a lavoura no início do período seco, na condição de alternância invertida. Isto contribui para deixar a superfície do solo com cobertura vegetal, sem que haja competição com a cultura, além de propiciar a formação de cobertura morta (DEUBER, 1997).

O roço com foice de corte baixo ou rasteiro reduz o porte das plantas daninhas nas entrelinhas dos cafeeiros, diminuindo sua capacidade competitiva e a interferência em outras práticas. Com esse método se forma cobertura morta e aumenta a matéria orgânica e os nutrientes na superfície do solo, além de contribuir para o controle da erosão nas entrelinhas, principalmente em terrenos com maior declividade, sendo complementado pelo controle nas linhas por outros métodos. Como alternativa, pode-se usar a roçadora costal motorizada (Figura 1), acionada por motor à gasolina, tendo diversas marcas e especificações com vários tipos de lâminas de corte. Este equipamento pode ser empregado no roço das plantas daninhas de porte mais elevado e de arbustos em área total ou parcial do cafezal.



Foto: Marcelo Curitiba Espíndula

**Figura 1.** Controle das plantas daninhas na linha do cafezal com roçadora costal motorizada.

### **Controle mecânico**

Os métodos de controle mecânico das plantas daninhas são aplicados nas entrelinhas da lavoura de café, requerendo a disponibilidade de máquinas e implementos, espaço aberto das entrelinhas e terreno plano ou com declive não superior a 20%. O controle das plantas daninhas na linha da cultura ocorre muitas vezes por enterro das plântulas, provocado pelo deslocamento de solo na passagem dos implementos. A aceitação dos métodos mecânicos quer seja substituindo ou complementando outros métodos ocorre

por apresentarem rendimento superior e maior economia, principalmente nas grandes lavouras. A divisão desses métodos é constituída pela tração motora e tração animal, equivalendo à força de tração que movem os implementos.

O controle mecânico por tração motora é realizado por microtratores, tratores de bitolas estreitas e tratores tipo cafeeiro, que fazem o arrasto de implementos de maior rendimento, embora tendo custo maior na aquisição de máquinas e implementos e a dificuldade de contratação de mão de obra especializada. Os implementos agrícolas mais utilizados por tração motora no controle mecânico das plantas daninhas do café em Rondônia são a grade cultivadora e a roçadora. Na escolha do implemento, considerar os seguintes aspectos favoráveis: manter a estrutura do solo, evitar a ocorrência de processo erosivo e a compactação superficial do solo, conservar o sistema radicular do cafeeiro, ser tracionado por tratores leves, permitir fácil manutenção e regulagem, possuir engate fácil e rápido; apresentar boa resistência e baixo custo.

A grade cultivadora é uma grade leve composta por discos, que efetuam a capina durante seu arrasto sobre o solo, principalmente nos cafezais em formação. O uso de grades pesadas não é aconselhável em cafezais adultos, devido ocorrer corte de raízes, e seu uso excessivo pode causar pulverização do solo favorecendo a erosão e lixiviação de argila formando camada adensada.

A roçadora é regulável quanto à altura de corte das plantas daninhas, em diversas condições de infestação e de fenologia entre o pré-florescimento e a fase de frutificação das plantas daninhas, mas antes da maturação fisiológica das sementes (Figura 2). No período chuvoso, o manejo pode ser feito com roçadora que permite manter as plantas daninhas vegetando com altura controlada e, após o corte, promover a deposição de uma camada de palha na superfície do solo. A utilização excessiva da roçadora causa compactação do solo, predominância de plantas daninhas rasteiras e rebrotas de espécies perenes. Métodos complementares como capina manual e aplicação de herbicidas no final das chuvas contribuem para a eliminação de plantas dominantes e para inibição do banco de sementes.



Foto: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 2.** Corte das plantas daninhas nas entrelinhas com roçadora mecânica.



Os implementos podem ser centralizados, operando no centro da entrelinha do cafezal, e descentralizados, operando de forma lateral, próximo à linha dos cafeeiros. Em lavouras novas de até três anos de idade, se faz uso de implementos centralizados, porém a faixa próxima à linha dos cafeeiros deve ser capinada com enxada ou com uso de herbicidas seletivos, evitando que os implementos laterais prejudiquem as plantas novas de café. Deuber (1997) recomenda não aprofundar muito os implementos no solo, para não afetar o sistema radicular dos cafeeiros e trabalhar de preferência em períodos mais secos, para reduzir a compactação do solo e a brotação de plantas daninhas já controladas.

O controle mecânico por tração animal, feito por bovinos, cavalos e burros adestrados, que arrastam implementos agrícolas de menor massa e valor, sob condução de operário treinado, se adéqua às diversas condições de lavouras como áreas planas e até declives de 40%, espaçamentos estreitos e plantios desuniformes nas entrelinhas. No passado foi utilizado no controle de plantas daninhas do café em Rondônia, em pequenas e médias propriedades, apresentando-se como alternativa eficaz em substituição ao trabalho braçal (PEREIRA; COSTA, 2003). No entanto, atualmente esta prática está em desuso no Estado.

### **Controle químico**

O método de controle químico das plantas daninhas do café consiste no uso de herbicidas, aplicados sobre a vegetação ou sobre o solo, provocando distúrbios fisiológicos, que causam respectivamente a morte das plantas ou inibição de germinações. Como características de qualidade, o herbicida deve ter eficiência no controle das plantas daninhas, mínima fitotoxicidade sobre a cultura, baixo impacto ambiental e baixa toxicidade ao homem e aos animais.

As informações sobre o modo e mecanismo de ação do herbicida na planta e propriedades de persistência e degradação no solo são fundamentais para realização do monitoramento de seus efeitos no cafezal e no ambiente. Para aplicação do controle químico, deve-se considerar a fase de crescimento do cafezal (em formação ou em produção), a forma de aplicação do herbicida (pré-emergente e pós-emergente) e as características das plantas daninhas (ciclo biológico e tipo de folha).

Na lavoura em formação, até cerca de dois anos de idade, o cafeeiro jovem é mais susceptível à competição com as plantas daninhas do que lavouras adultas, em virtude da área com solo descoberto favorecer maior nível de infestação e crescimento dessas espécies (DIAS et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2005; RONCHI; SILVA, 2006). Embora não exista herbicida seletivo para o café canéfora, devem-se fazer as aplicações sobre as plantas daninhas com porte baixo e evitar a deriva por falhas na pulverização ou por ventos fortes, que causam fitotoxicidade aos cafeeiros novos.

O uso de herbicidas em lavouras novas elimina os riscos de danos mecânicos aos cafeeiros, causados pela capina com enxada, possui custo mais baixo e permite melhor execução das demais práticas culturais. Em cafezal novo com cultivo intercalar, deve-se usar produtos menos tóxicos na linha do cafeeiro e produtos seletivos para a cultura intercalar nas entrelinhas, mantendo-se essas aplicações em jato dirigido e protegido (MATIELLO, 1991).

No cafezal em produção com idade acima dos dois anos, se exige menos consumo de herbicida, tendo-se maior rapidez e menor custo de aplicação, por causa do baixo nível de proliferação das plantas daninhas. O sombreamento oferecido pelo cafeeiro e a formação de cobertura morta de resíduos vegetais, promovem a proteção do solo e a inibição da germinação e crescimento dessas espécies. A aplicação de herbicidas pode ser realizada

em faixas, quando se deseja direcionar separadamente o controle das plantas daninhas tanto nas linhas como nas entrelinhas de café, e em área total na lavoura, dependendo do sistema de condução do manejo.

Quanto à forma de aplicação dos herbicidas, existem produtos pré-emergentes para pulverizações sobre o solo e produtos pós-emergentes para pulverizações sobre a planta. Os herbicidas pré-emergentes possuem efeitos residuais e são aplicados no solo limpo, quando as plantas daninhas ainda não emergiram (Tabela 2). Solos com textura argilosa ou alto teor de matéria orgânica, requerem aplicações de doses maiores, sendo que a umidade do solo interfere na eficiência do produto.

A capacidade de eliminar as plantas daninhas sensíveis, na fase de emergência, por períodos de dias, semanas ou meses, vai depender do tipo e dose do herbicida pré-emergente, das propriedades do solo e do nível de suscetibilidade das espécies. As desvantagens desses herbicidas são de não formar uma cobertura morta e contribuir para surgimento de uma camada “impermeável” na superfície do solo, favorecendo processos erosivos na época de chuvas. Em terrenos com declives e sujeitos à erosão, deve-se evitar o uso de herbicidas pré-emergentes.

Os herbicidas pós-emergentes atuam sobre as plantas daninhas emergidas ou estabelecidas, por meio da ação de contato, com a morte das plantas ocorrendo em poucas horas até dois dias da aplicação, ou ação de translocação ou sistêmica com morte da planta de uma a três semanas, dependendo do herbicida, da espécie e do estágio fisiológico e crescimento da planta daninha (Tabela 2).

A previsão de chuvas favorece a reprogramação da aplicação de herbicida pós-emergente, antecipando-a ou postergando-a, ou ainda, optando por produto em que, caso chova até uma hora da aplicação, não afete seu poder de ação, evitando a reaplicação e novos gastos com herbicida e mão de obra. Os adjuvantes nos herbicidas pós-emergentes, melhoram sua ação, embora possa haver redução de seletividade, sendo adicionados à calda de herbicidas quando não contêm esses ingredientes em sua formulação, ou quando as técnicas comprovam melhoria no efeito e na diminuição de custo, sem perda da seletividade.

A época indicada para aplicação dos herbicidas pós-emergentes na lavoura de café é quando as plantas daninhas atingem em média de 10 cm a 30 cm de altura, mas sempre antes do estágio de disseminação. Geralmente, são duas épocas por ano, sendo uma após as primeiras chuvas, de novembro a dezembro, quando a maioria das plantas daninhas já cresceram, e a outra no final do período chuvoso, de março a abril, antes da colheita (MATIELLO, 1997).

A mistura de herbicidas é a junção de dois produtos com o objetivo de ampliar o espectro de ação sobre a população de plantas daninhas ou controlar espécies tolerantes ao herbicida principal, podendo aproveitar-se de efeito sinérgico da mistura sobre plantas daninhas de menor suscetibilidade e, diminuir o efeito residual. Essa mistura pode estar pronta sob diversas formulações comerciais ou ser preparada na lavoura no tanque do pulverizador, conforme indicação recomendada de diluições individuais (Tabela 3).

Quanto ao ciclo biológico, as plantas daninhas de ciclo anual se multiplicam por sementes a cada ano, cujo controle da maioria das espécies, requer aplicação de doses menores de herbicidas pós-emergentes de ação de contato. As plantas daninhas perenes se multiplicam por sementes ou partes vegetativas, tendo vida longa, porte

elevado e maior rusticidade, cujo controle exige aplicação de doses maiores de herbicidas pós-emergentes sistêmicos.

Na análise das condições específicas de cada talhão de café, se visualiza a indicação de herbicida mais adequado por meio da predominância das plantas daninhas de folha estreita ou folha larga, culminando com a definição do princípio ativo e das doses do produto recomendado (Tabelas 2 e 3).

**Tabela 2.** Herbicidas para controle das plantas daninhas do café canéfora em formação e em produção, doses indicadas, aplicação pré e pós-emergente e espectro de ação de folha estreita (FE) e folha larga (FL).

Herbicidas para café canéfora em formação				
Forma de aplicação	Princípio ativo	Produto comercial	Dose/ha (kg ou L)	Espectro de ação
Pré-emergente	Acetochlor	Fist CE	2,0 – 4,0	FE e FL
	Alachlor	Laço CE	4,0 – 6,0	FE e FL
	Oryzalin	Surflan	1,0 – 1,5	FE e FL
	Oxifluorfem	Goal BR	2,0 – 6,0	FE e FL
	Pendimethalin	Herbadox CE	2,0 – 4,0	FE e FL
Pós-emergente	Fluazifop-p-butil	Fusilade	1,0 – 2,0	FE
	Amônio glufosinato	Finale	2,0 – 3,0	FE e FL
Herbicidas para café canéfora em produção				
Forma de aplicação	Princípio ativo	Produto comercial	Dose/ha (kg ou L)	Espectro de ação
Pré-emergente	Diuron	Karmex	3,0 – 6,0	FE e FL
	Metribuzin	Sencor	1,0 – 1,5	FL
	Simazine	Herbasin	3,0 – 6,0	FE e FL
Pós-emergente	Diquat	Reglone	1,5 – 3,0	FE e FL
	Fluazifop-p-butil	Fusilade	1,0 – 2,0	FE
	Amônio glufosinato	Finale	2,0 – 3,0	FE e FL
	Glyphosate	Roundup	2,0 – 6,0	FE e FL
	MSMA	Daconate	3,0 – 5,0	FE e FL
	Paraquat	Gramoxone	1,5 – 3,0	FE e FL
	Sulfosate	Zapp	1,0 – 5,0	FE e FL
Pré e pós-emergente	2,4 – D sal de amina	Aminol	2,0 – 4,0	FE e FL
	Ametrina	Herbipak BR	2,0 – 4,0	FE e FL
	Oxadiazon	Ronstar	3,0 – 4,0	FE e FL

Fonte: adaptado de Silva et al. (2008); Rocha (2007); Rodrigues e Almeida (2005).

**Tabela 3.** Misturas de herbicidas para controle das plantas daninhas do café canéfora em produção, doses indicadas e aplicação pré e pós-emergente.

Mistura existente no mercado			
Forma de aplicação	Composição do princípio ativo	Produto comercial	Dose/ha (Kg ou L)
Pós-emergente	Paraquat + diuron	Gramocil	2,0 – 3,0
Pós-emergente	Glyphosate + diuron	Tropuron	3,0 – 5,0
Pré e pós-inicial	Ametryne + Diuron	Ametron	4,0 – 8,0
Pós-emergente	MSMA + Diuron	Fortex SC	6,0 – 8,0
Pós-emergente	Glyphosate+simazine	Tropazin	3,0 – 5,0
Pré e pós-inicial	Ametryne + simazine	Topozê	4,0 – 8,0
Pré e pós-inicial	Cyanazine + simazine	Blazina SC	4,0 – 8,0
Mistura elaborada na lavoura			
Forma de aplicação	Composição do princípio ativo	Produto comercial	Dose/ha (Kg ou L)
Pós-emergente	Paraquat + diquat	–	1,0 + 2,0
Pré e pós-Inicial	Ametryn + 2,4D	–	1,0 + 2,0
Pré e pós-nicial	Atrazine + 2,4D	–	1,0 + 2,0
Pré e pós-inicial	Simazine + 2,4D	–	1,0 + 2,0
Pós-emergente	Glyphosate + 2,4 D	–	2,0 + 4,0

Fonte: adaptado de Silva et al. (2008); Rocha (2007); Rodrigues e Almeida (2005).



Os equipamentos utilizados na aplicação de herbicidas, em lavoura de café são os pulverizadores costal e mecânico. O pulverizador costal pode ser manual de acionamento constante por alavanca lateral ou pressurizado com indução de ar. As pontas de pulverização recomendadas são as de jato plano e ampliado (XR Teejet) ou as de jato plano com indução de ar (AI Teejet). Como vantagens, esses pulverizadores têm investimento baixo e manuseio simplificado, podendo ser acoplados a um carrinho com aplicabilidade em qualquer cafezal. As desvantagens são baixo rendimento, dificuldade de manter a vazão constante e operacionalidade cansativa. Para evitar deriva de gotas da calda herbicida do pulverizador costal, pode-se acoplar no mesmo ou no carrinho, o acessório “chapéu de Napoleão”, que é uma cobertura protetora de fibra ou de plástico em forma de chapéu, adaptada sobre a ponta de pulverização, que serve de barreira contra ação dos ventos (Figura 3).

Foto: Marcelo Curitiba Espindula



**Figura 3.** Pulverizador manual de herbicida no carrinho e com acessório “chapéu de Napoleão” para controle da deriva.

O pulverizador mecânico é tratorizado, de acionamento hidráulico com bomba ligada na tomada de força do trator, que distribui a calda herbicida sob pressão para uma barra traseira contendo pontas de pulverização. Geralmente, seu tanque tem capacidade para 200 L ou 400 L de calda, cujas ligações com as pontas de pulverizações proporcionam opções de aplicação de herbicida em qualquer faixa da lavoura, quer seja na linha ou na entrelinha. Este equipamento apresenta alto rendimento operacional, adapta-se melhor em médias e grandes lavouras de café, por terem maiores comprimentos de linhas. As limitações são impedimento de uso em lavouras com declive acentuado e em plantios adensados, além de exigir maior investimento e operário especializado. Para proteger os cafeeiros da deriva da calda herbicida, deve-se usar a proteção de abas sobre as pontas de pulverização ou sobre toda a barra de aplicação, ou utilizar pontas de pulverizações especiais anti-deriva ou com deriva mínima.

### **Controle biológico**

O método de controle biológico consegue manter a população de plantas daninhas em um nível inferior ao que ocorreria naturalmente, sem causar danos econômicos à cultura. Esse método é composto pela interação entre plantas, causada por influência da alelopatia, pela introdução de um agente animal em sistema de pastoreio no cafezal e pela aplicação de herbicidas naturais constituídos de moléculas extraídas de microrganismos e de plantas.



A alelopatia entre plantas, ocorre quando aleloquímicos ou substâncias químicas secretadas pela parte aérea ou subterrânea das plantas em desenvolvimento ou liberadas pelos resíduos em decomposição, promovem inibição ou impedimento da germinação das sementes, redução do crescimento de plântulas e influência em processos simbióticos (BOND; GRUNDY, 2001; PIRES; OLIVEIRA, 2001). O recurso da alelopatia no controle das plantas daninhas do café, se caracteriza basicamente pela utilização de cobertura morta e pelo cultivo de cobertura viva nas entrelinhas da lavoura.

A cobertura morta possibilita a redução da infestação das plantas daninhas pela competição por meio do efeito físico do sombreamento e pela alelopatia dos efeitos de substâncias químicas lixiviadas para o solo, pela ação da chuva e do orvalho (HATCHER; MELANDER, 2003; MACÍAS et al., 2007). As limitações do uso da cobertura morta são a alta relação carbono/nitrogênio do material que pode provocar deficiência de nitrogênio, falta de conhecimento da influência específica do potencial alelopático, disponibilidade de material e custo elevado de transporte.

Essa prática tem sido realizada pelos cafeicultores com o aproveitamento da vegetação de plantas daninhas e de espécies cultivadas nas entrelinhas as quais são manejadas com herbicidas ou com roçadora, resultando em uma camada de palha sobre o solo. Utiliza-se, também, a casca de café, porém com questionamentos sobre sua viabilidade pelos fatores disponibilidade, custo e interferência nas plantas daninhas.

Em coberturas com cascas de café e de arroz nas entrelinhas de café, a casca de arroz causou maior inibição do caruru-de-mancha (*Amaranthus viridis* L.) do que a casca de café, e esta última causou maior estímulo ao crescimento e produção de biomassa da parte aérea das plantas de café (SANTOS et al., 2001a). Em casa de vegetação, os efeitos de extratos e de coberturas desses resíduos sobre a germinação e crescimento do caruru-de-mancha, foram semelhantes aos obtidos em campo (SANTOS et al., 2001b, 2002).

O manejo de plantas daninhas do café do grupo 'Conilon' em Rondônia, com métodos alternativos de controle, cobertura morta de palha de café nas entrelinhas e capina química nas linhas, contribuiu para que ocorressem os menores índices de infestação e aumento em até 80% da produtividade (COSTA et al., 2000).

A cobertura viva consiste na intercalação de culturas anuais de subsistência e de adubação verde cultivadas nas entrelinhas dos cafeeiros, ou ainda, na consorciação de culturas perenes cultivadas nas linhas dos cafeeiros. A intercalação de culturas de subsistência ou de ciclo anual na lavoura de café promove a produção de alimentos e diminui os custos por permitir menor nível de infestação de plantas daninhas com redução das práticas de capinas (OMOLAJA; IREMIREN, 2008). As culturas de subsistência plantadas nas lavouras de café canéfora são arroz, feijão e milho, cujo número de linhas depende do espaçamento do cafezal, devendo-se manter uma faixa livre de plantio com largura de meio metro de cada lado entre as linhas dos cafeeiros e a cultura intercalada.

A intercalação de culturas de adubação verde como espécies de gramíneas e leguminosas promove a supressão de plantas daninhas pela influência da cobertura do solo e da produção de biomassa (PERIN et al., 2000; SEVERINO; CHRISTOFFOLETI, 2004). A supressão da cobertura viva sobre determinadas plantas daninhas decorre da competição por radiação solar provocada pelo sombreamento e da ação de interferência da secreção de seus aleloquímicos.

A cobertura verde de gramínea ou leguminosa pode ser roçada, gradeada ou aplicado herbicida não seletivo, para promover a formação de uma cobertura morta e efeitos químicos supressivos sobre uma ou mais espécies de plantas daninhas. No cultivo de leguminosas com a cultura do café canéfora, grupo 'Robusta', em solo de média a alta fertilidade em Rondônia, visando o controle das plantas daninhas, no período chuvoso e seco, ocorreu maior eficiência de supressão, em ordem decrescente pela puerária (*Pueraria phaseoloides*), amendoim-forrageiro (*Arachis pintoii*), desmódio (*Desmodium ovalifolium*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e mucuna (*Stizolobium* sp.), as quais reduziram os serviços de capinas (LEÔNIDAS et al., 2000). Entretanto, no cultivo da leguminosa amendoim-forrageiro (*Arachis pintoii*) nas entrelinhas de café canéfora, grupo 'Conilon', em solo de baixa fertilidade em Rondônia, ocorreu competição da leguminosa com o cafeeiro, possivelmente por água e nutrientes (COSTA et al., 1999).

O consórcio de culturas de ciclo perene com o café canéfora forma um sistema agroflorestal, cujo sombreamento tem vantagens de promover melhorias no solo, além de diminuir a infestação e aumentar a diversidade das plantas daninhas (SILVA et al., 2006), melhoria da qualidade dos frutos e redução dos custos. Em um levantamento em Rondônia, foram declaradas pelos produtores as principais espécies florestais em cultivo consorciado, visando o sombreamento da cultura do café, como: freijó-cinza (*Cordia goeldiana*), cedro (*Cedrella fissilis*), ipê (*Tabebuia chrysotricha*), bandararra ou pinho-cuiabano (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*), castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), seringueira (*Hevea brasiliensis*), ingá (*Inga* ssp), sumaúma (*Ceiba pentandra*), caroba (*Jacaranda caroba*), sucupira (*Pterodon emarginatus*), teca (*Tectona grandis*) e garapa (*Apuleia mofaris*) (MANGABEIRA et al., 2009).

O pastoreio de pequenos animais no controle biológico das plantas daninhas do café envolve a colocação de ovinos na lavoura, que contribui para diminuir as plantas daninhas, principalmente em pequenas propriedades. Os ovinos não consomem as folhas e as brotações do cafeeiro, preferindo consumir as plantas daninhas de folha estreita. No manejo dos ovinos na lavoura de café se requer adequação de lotação, ambientação, contenção e pastoreio, para que resulte no controle das plantas daninhas, adubação orgânica, produção de carne e disponibilidade de tempo (ASSIS et al., 2009).

Os herbicidas naturais ou bioherbicidas utilizados no controle biológico das plantas daninhas apresentam limitações quanto ao seu desenvolvimento e comercialização, em razão da complexidade de formulações de moléculas, por estas apresentarem instabilidade e ocorrerem em baixas concentrações nos organismos e no ambiente. Apesar dessas limitações, foram lançados em alguns países produtos formulados de aleloquímicos naturais como o Glufosinato originado de bactérias, o Bialapos provenientes de fungos e o Cinmetilin extraído de moléculas de aleloquímicos de plantas (ALVES et al., 2002). Em razão dos impactos ambientais causados pelo controle inadequado das plantas daninhas, verifica-se que a produção e a aplicação de herbicidas naturais devem ser incrementadas, requerendo investimentos e maior prioridade das pesquisas.

## Opções de manejo das plantas daninhas

Algumas opções do manejo integrado das plantas daninhas podem ser utilizadas em lavoura de café em formação e em produção (Tabela 4). O roço e a aplicação de herbicidas pós-emergentes, não seletivos, mantém a produtividade da lavoura, deixando o solo protegido seja nas formas de cobertura viva ou morta.



O roço remove grande parte dos ramos e folhas das plantas, em especial as de porte ereto; reduz substancialmente o porte das plantas e sua capacidade de competir por água; facilita a realização de práticas agrícolas manuais que exigem a movimentação na lavoura como monitoramento de pragas e doenças, adubação e pulverização manual; mantém viva a vegetação que reinicia novo ciclo de crescimento e, mais tarde, será submetida a um novo roço ou à aplicação de herbicida não seletivo.

Herbicida pós-emergente não seletivo mata toda a vegetação o que contribui para a formação de uma camada de cobertura morta. Ambas as práticas protegem o solo do impacto de gotas de chuva, da radiação solar e dos ventos. Em culturas perenes, como no cafeeiro em produção, o crescimento livre da vegetação espontânea até certos limites, quando bem manejada, não causa efeitos adversos na produção.

A boa prática agrícola preconiza manter as plantas daninhas nas entrelinhas durante o período das chuvas e manejando-as com roçadoras e trinchas, muitas vezes associados a herbicidas. A manutenção do solo vegetado além de conservar o solo evitando a erosão, reduz sua temperatura e permite melhor distribuição do sistema radicular do cafeeiro, pois as radículas 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 (FAZUOLLI et al., 2007).

O interesse pela aplicação de herbicidas pós-emergentes sobre plantas daninhas em estágio de desenvolvimento mais avançado é para formação de uma espessa camada seca de palha, que pode proteger o solo da erosão, promover a retenção de umidade e reduzir a germinação, emergência e estabelecimento de determinadas espécies infestantes. Isto implica no risco de haver concorrência com os cafeeiros, principalmente nas fases de crescimento, florescimento e frutificação da cultura, necessitando, conforme o caso, realizar duas a três aplicações para o efetivo controle (Tabela 4).

A estratégia para aplicação eficiente de herbicidas consiste em aguardar o máximo de tempo possível o crescimento da vegetação de plantas daninhas, para efetuar a aplicação de um herbicida pós-emergente, com o objetivo de promover maior emergência de plantas daninhas, sem perder a eficiência da aplicação. Assim, eleva-se a quantidade de cobertura morta na superfície do solo e, ainda, reduz o banco de sementes dessas espécies.

No período de florescimento, os cafeeiros exigem condições adequadas de umidade do solo para garantir altos índices de transformação de flores em frutos, no início, denominados de “chumbinhos”, preservando, até então, a produtividade esperada. Nesta fase, a prática do roço pode trazer resultados apenas paliativos, pois o corte exclusivo da parte aérea das plantas daninhas permite a continuidade de competição por água e nutrientes. Diante disso, a aplicação de herbicidas pós-emergentes pode ser uma alternativa recomendável nesta fase de desenvolvimento do cafeeiro.

Nos preparativos da colheita, recomenda-se aplicar um herbicida pré-emergente, com o objetivo de manter a lavoura no limpo, facilitando assim, as atividades da colheita e o recolhimento dos frutos. No final da colheita, deve-se aplicar uma mistura de herbicida pós-emergente, com intuito de promover a formação de uma camada de cobertura morta do solo.

**Tabela 4.** Opções de aplicação do manejo integrado das plantas daninhas em lavoura de *Coffea canephora* em formação e em produção de Rondônia.

Cafezal em formação				
Época	Período	Safr	Controle de plantas daninhas	
			Nas entrelinhas	Nas linhas
Início das chuvas	Outubro e novembro	1	Roço manual ou herbicida (pós)	Capina manual ou herbicida (pré)
		2	Gradagem ou roçadeira mecânica	Capina manual ou herbicida (pós)
		3	Cobertura morta com herbicida (pós)	Capina manual ou herbicida (pré)
Durante as chuvas	Dezembro a fevereiro	1	Cultura anual com herbicida seletivo	Capina manual ou herbicida (pós)
		2	Leguminosa rasteira com manejo	Capina manual ou herbicida (pós)
		3	Herbicida (pós)	Herbicida (pós)
Final das chuvas	Março e abril	1	Herbicida (pós) ou roçadora mecânica	Capina manual ou herbicida (pós)
		2	Roçadora mecânica ou enxada rotativa	Capina manual ou herbicida (pós)
		3	Roçada manual ou herbicida (pós)	Capina manual ou herbicida (pós)
Durante a estiagem	Maio a setembro	1	Capina manual ou roçadora mecânica	Capina manual ou herbicida (pré)
		2	Enxada rotativa ou roçadora mecânica	Capina manual ou herbicida (pré)
		3	Herbicida (pós) ou roço manual	Capina manual ou herbicida (pré)

Cafezal em produção				
Época	Período	Safr	Controle de plantas daninhas	
			Nas entrelinhas	Nas linhas
Início das chuvas	Outubro e novembro	1	Herbicida (pós)	Capina manual
		2	Roço mecânico	Herbicida (pré)
		3	Roço manual	Capina manual
Durante as chuvas	Dezembro a fevereiro	1	Roço mecânico	Herbicida (pós)
		2	Herbicida (pós)	Capina manual
		3	Enxada rotativa	Herbicida (pós)
Final das chuvas	Março e abril	1	Roço manual	Capina manual
		2	Roço mecânico	Herbicida (pós)
		3	Herbicida (pós)	Capina manual
Durante a estiagem	Maio a setembro	1	Herbicida (pré)	Herbicida (pré)
		2	Roço manual	Capina manual
		3	Mistura herbicida	Mistura herbicida

Fonte: adaptado de Santos (2000).

A rotação periódica da aplicação de diferentes grupos químicos de herbicidas, com princípios ativos de mecanismos e modos de ação diferenciados, inibe a seleção de espécies de plantas daninhas resistentes e de microrganismos, melhora a eficiência de controle, evita a aplicação desnecessária ou dose excessiva e diminui os impactos causados no ambiente.

## Considerações finais

A adoção de um único manejo não é recomendável para o controle eficiente das plantas daninhas do cafezal, em razão da diversidade da população infestante. Não existe uma recomendação ideal, estática ou padrão de manejo integrado, devendo a mesma ser diversificada e dinâmica como o próprio nível de infestação das plantas daninhas, buscando sempre equilibrar o controle em prol de benefícios para a lavoura. Todo tipo de manejo das plantas daninhas, deve ser sempre revisado com critério a cada ano, visualizando os consequentes efeitos no solo e na cultura, bem como sua viabilidade técnica e econômica, respeitando as condições de cada talhão de café.

## Referências

- ALCÂNTARA, E. N. de; NOBREGA, J. C. A.; FERREIRA, M. M. Métodos de controle de plantas daninhas no cafeeiro afetam os atributos químicos do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 749-757, 2009.
- ALCÂNTARA, E. N. de; NOBREGA, J. C. A.; FERREIRA, M. M. Métodos de controle de plantas invasoras na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e componentes da acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 1525-1533, 2007.



ALCÂNTARA, E. N. de; FERREIRA, M. M. Efeitos de métodos de controle de plantas daninhas na cultura do caféiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 711-721, 2000.

ALVES, S. de M.; MULLER, A. H.; SOUZA FILHO, A. P. da S. Alelopatia e a Produção de Biodefensivos Agrícolas. In: SOUZA FILHO, A. P. da S.; ALVES, S. de M. (Ed). **Alelopatia**: princípios básicos e aspectos gerais. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. p. 205-260.

AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. de. Histórico da Adubação Verde. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (Ed). **Cerrado**: adubação verde. Brasília: Embrapa Cerrados, 2006. p. 331-369.

ASSIS, S. O. de; MANCIO, A. B.; MACHADO, T. M. M. Contribuições participativas para o sistema agrossilvipastoril. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 4, n. 2, p. 584-588, 2009.

BOND, W.; GRUNDY, A. C. Non-chemical weed management in organic farming systems. **Weed Research**, Oxford, v. 41, p. 283-405, 2001.

CASSARO, J. D.; RAMALHO, A. R.; MENONCIN, G.; JACOB, M. da S. Monitoramento fenológico simplificado de clones cafeeiros da variedade 'conilon' em Porto Velho (RO). In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO À PESQUISA DA EMBRAPA RONDÔNIA, 2., 2011, Porto Velho. **Anais...** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2011. 70 p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 146). p. 40.

COSTA, R. S. C. da; SANTOS, J. C. F.; LEÔNIDAS, F. das C.; RODRIGUES, V. G. S.; GARCIA, A. As principais plantas daninhas que ocorrem em lavouras de café Conilon em Ouro Preto do Oeste, Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003. Porto Seguro. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003a. p. 273.

COSTA, R. S. C. da; LEÔNIDAS, F. das C.; RODRIGUES, V. G. S.; MENDES, A. M.; SANTOS, J. C. F. As principais plantas daninhas que ocorrem no cafezal em Machadinho do Oeste, Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003. Porto Seguro. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003b. p. 273-274.

COSTA, R. S. C. da; SANTOS, J. C. F.; LEÔNIDAS, F. das C.; RODRIGUES, V. G. S. Manejo e controle de plantas daninhas no cafezal em Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 26., 2000, Marília. **Resumos...** Rio de Janeiro; MAA/PROCAFÉ/CDPC, 2000. p. 250-251.

COSTA, R. S. C. da; SANTOS, J. C. F.; LEÔNIDAS, F. das C. **Recepa e diferentes manejos na recuperação de cafezal decadente em Presidente Médici, Rondônia**. Porto Velho: Embrapa-CPAF Rondônia, 1999. 5 p. (Embrapa-CPAF Rondônia. Comunicado Técnico, 176).

DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes**: manejo. Campinas: IAC, 1997, v. 2. 285 p.

DEUBER, R. **Ciência das plantas daninhas**: fundamentos. Jaboticabal: FUNEP, 1992, v. 1. 431 p.

DIAS, T. C. de S.; ALVES, P. L. da C. A.; LEMES, L. N. Períodos de interferência de *Commelina benghalensis* na cultura do café recém-plantada. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 3, p. 397-404, 2005.

FAZUOLLI, L. C.; THOMAZIELLO, R. A.; CAMARGO, M. B. P. de Aquecimento global, mudanças climáticas e a cafeicultura paulista. **O Agrônomico**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 19-20, 2007.

FONTES, J. R. A.; SHIRATSUCHI, L. S.; NEVES, J. L.; JULIO, L. de; SODRE FILHO, J. **Manejo integrado de plantas daninhas**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 48 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 103).

HATCHER, P. E.; MELANDER, B. Combining physical, cultural and biological methods prospects for integrated non-chemical weed management strategies. **Weed Research**, Oxford, v. 43, p. 303-322, 2003.

LEÔNIDAS, F. das C.; SANTOS, J. C. F.; COSTA, R. S. C. da. Consorciação de leguminosas em cafezal adulto em Rondônia, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 26., 2000, Marília. **Resumos...** Rio de Janeiro: MAA: PROCAFÉ: CDPC, 2000. p. 319-321.

MACÍAS, F. A.; MOLINILLO, J. M. G.; VARELA, R. M.; GALINDO, J. C. G. Allelopathy: a natural alternative for weed control. **Pest Management Science**, Sussex, v. 63, n. 4, p. 327-348, 2007.

MANGABEIRA, J. A. de C.; GREGO, C. R.; MIRANDA, E. E. de; ROMEIRO, A. R.; BENTO, M. F. L. Análise comparativa entre café produzido a pleno Sol e no sistema agroflorestal em Machadinho d'Oeste - RO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 7., Brasília, DF, 2009. **Anais...** Brasília, DF: SBSAF: Embrapa, 2009. 4 p.

MATIELLO, J. B. **Gosto do meu cafezal**. Rio de Janeiro: MAA: SDR: PROCAFÉ, 1997. 262 p.

MATIELLO, J. B. **O café do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320 p.

OMOLAJA, S. S.; IREMIREN, G. O. Effective intercropping for rehabilitating old unproductive *Coffea arabica* (Linnaeus) on Mambilla Plateau, Nigeria. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COFFEE SCIENCE, 22., 2008, Campinas. **Anais...** Campinas: ASIC, 2008, p. 1215-1220.

OLIVEIRA, A. R. de; FREITAS, S. de P.; VIEIRA, H. D. Interferência de trapoeiras no desenvolvimento de mudas de café. **Revista Agronomia**, Seropédica, v. 39, n. 1-2, p. 17-21, 2005.

PATERNIANI, E. Agricultura sustentável nos trópicos. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 143, set./dez. 2001.

PEREIRA, R. G. de A.; COSTA, R. S. C. da. O controle de plantas daninhas no cafezal com tração animal em Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003. Porto Seguro. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003, p. 523.

PERIN, A.; TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. G. M. Desempenho de algumas leguminosas com potencial para utilização como cobertura viva permanente do solo. **Revista Agronomia**, Seropédica, v. 34, n. 1/2, p. 38-43, jan./dez. 2000.

PIRES, N. M.; OLIVEIRA, V. R. Alelopatia. In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de; CONSTANTIN, J. (Coord.). **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 147-185.

ROCHA, M. A. M. Manejo de plantas daninhas. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Ed.). **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. p. 391-403.

RODRIGUES, B.; ALMEIDA, F. S. de. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: IAPAR, 2005. 592 p.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Effects of weed species competition on the growth of young coffee plants. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, p. 415-423, 2006.

RONCHI, C. P.; TERRA, A. A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro sob interferência de plantas daninhas, **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 21, n. 2, p. 219-227, 2003.

SANTOS, J. C. F.; SOUZA, I. F. de; MENDES, A. N. G.; MORAIS, A. R. de; CONCEIÇÃO, H. E. O.; MARINHO, J. T. S. Efeito de extratos de cascas de café e de arroz na emergência e no crescimento do caruru-de-mancha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 6, p. 783-790, jun. 2002.

SANTOS, J. C. F.; SOUZA, I. F. de; MENDES, A. N. G.; MORAIS, A. R. de; CONCEIÇÃO, H. E. O.; MARINHO, J. T. S. Influência alelopática de coberturas mortas de casca de café (*Coffea arabica* L.) e casca de arroz (*Oryza sativa* L.) sobre o controle do caruru-de-macha (*Amaranthus viridis* L.) em lavoura de café. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 25, n. 5, p. 1105-1118, set./out., 2001a.

SANTOS, J. C. F.; SOUZA, I. F. de; MENDES, A. N. G.; MORAIS, A. R. de; CONCEIÇÃO, H. E. O.; MARINHO, J. T. S. Efeito de cascas de café (*Coffea arabica* L.) e de arroz (*Oryza sativa* L.) dispostas nas camadas do solo sobre a germinação e crescimento inicial do caruru-de-macha (*Amaranthus viridis* L.). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 19, n. 2, p. 197-207, maio-ago., 2001b.

SANTOS, J. C. F. Manejo integrado de plantas infestantes na cultura do café. In: Seminário: Perspectivas da cultura do café na Amazônia, 2000, Ji-Paraná, RO. **Anais...** Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2000. p. 75-80.

SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Weed suppression by smother crops and selective herbicides. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 1, p. 21-26, 2004.

SILVA, A. A. da; FRANÇA, A. C.; RONCHI, C. P.; GALON, L. Manejo integrado de plantas daninhas em lavoura de café. In: SEMINÁRIO PARA A SUSTENTABILIDADE DA CAFEICULTURA, 2008, Alegre, ES. [Anais...]. [Vitória: Incaper], 2008.

SILVA, S. de O.; MATSUMOTO, S. N.; BEBÉ, F. V.; SÃO JOSÉ, A. R. Diversidade e frequência de plantas daninhas em associações entre cafeeiros e grevileas. **Coffee Science**, Lavras, MG, v. 1, n. 2, p. 126-134, jul.-dez., 2006.

WUTKE, E. B.; TRANI, P. E.; AMBROSANO, E. J.; DRUGOWICH, M. I. **Adubação verde no Estado de São Paulo**. Campinas: CATI, 2009. 92 p. il. color. (CATI. Boletim técnico, 249).





Capítulo 12

---

# **Pragas do cafeeiro**

***José Nilton Medeiros Costa  
César Augusto Domingues Teixeira  
Olzeno Trevisan***





## Introdução

A cultura do café está sujeita ao ataque de artrópodes-praga que podem afetar o desenvolvimento e a produção das plantas, causando prejuízos consideráveis.

Na região Amazônica, particularmente em Rondônia, onde o sistema monocultural é predominante na cafeicultura, prevalecem condições ambientais com alto potencial de susceptibilidade a pragas habitualmente existentes neste agroecossistema.

Dentre os artrópodes-praga destacam-se a broca-do-café, principal praga do café na Amazônia, responsável por grandes perdas na produtividade do café canéfora (*Coffea canephora*); o ácaro-vermelho, considerado a segunda praga em importância para o cafeeiro na região; o bicho-mineiro, com alta infestação nas lavouras de Rondônia, que motiva preocupação em relação à sua importância como praga na região; e a lagarta-dos-cafezais, que causou ataques a plantios de café durante anos no município de Cacoal (RO) e circunvizinhos. Outros insetos-praga emergentes causam preocupação, como algumas espécies de cochonilhas e lagarta-das-rosetas.

### Broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae)

A broca-do-café é a principal praga do cafeeiro na Amazônia, em virtude da maioria das lavouras da região pertencer à espécie *C. canephora*, preferencialmente atacada pelo inseto.

A broca é responsável por grandes perdas na produtividade, principalmente de lavouras formadas por plantas do grupo 'Conilon', cultivadas em regiões de baixas altitudes e temperaturas elevadas, que proporcionam condições favoráveis ao seu desenvolvimento (BENASSI; CARVALHO, 1994). O inseto se alimenta e se multiplica em frutos verdes, maduros e secos (Figura 1), provocando tanto danos diretos como indiretos, que, muitas vezes, passam despercebidos, como: perdas de peso no café beneficiado, por causa da destruição parcial ou total das sementes pelas larvas e insetos adultos (Figura 2) (GUHARAY; MONTERREY, 1997); perda da qualidade, pela depreciação do produto na classificação por tipo; queda de frutos novos perfurados; maturação forçada de frutos, provocando queda precoce e apodrecimento em seguida; inviabilidade para produção de sementes de café, pois os frutos brocados são descartados para esse fim; perda de mercado externo, pela não aceitação dos países importadores (SOUZA; REIS, 1997).



Foto: José Nilton M. Costa

Figura 1. Frutos seco, maduro e verde atacados pela broca-do-café.



Foto: José Nilton M. Costa

Figura 2. Danos causados pela broca às sementes de um fruto de café.



Nos frutos pequenos, conhecidos por chumbinho, e mesmo nos maiores com conteúdo muito aquoso, o dano principal consiste na queda prematura dos frutos, com a consequente redução na produção de grãos maduros. Sem dúvida, o maior dano é causado quando as fêmeas colonizam frutos em estágio verdeengo ou maduro. Nesta fase, a fêmea perfura o grão, escava as galerias e oviposita (GUHARAY; MONTERREY, 1997).

## Características biológicas

Em Rondônia, em condições de laboratório foram observadas as variações de duração de cada fase da broca-do-café: ovo 4 a 10 dias; larva 10 a 16 dias; pupa 5 a 6 dias e ovo-adulto 22 a 32 dias (LAURENTINO; COSTA, 2004). Os ovos são brancos, elípticos, com brilho leitoso e diminutos (0,5 mm a 0,8 mm de comprimento). As larvas medem cerca de 2 mm; são brancas, com a cabeça e as peças bucais pardacentas. As pupas medem em média 1,75 mm; são brancas, com as antenas, asas e peças bucais castanho-claras. Os adultos são de coloração amarelo-palha nos primeiros dias, escurecendo gradativamente, até atingir a cor preta definitiva. As fêmeas medem cerca de 2,0 mm de comprimento e os machos 1,4 mm (MORAES, 1998; SOUZA; REIS, 1997).

A longevidade média das fêmeas é de 156 dias, enquanto que a dos machos varia de 40 a 50 dias. A proporção sexual é 1:10 (um macho para dez fêmeas) (BERGAMIN, 1943).

## Infestação

As infestações da broca podem ser influenciadas por diversos fatores, tais como: clima, colheita, sombreamento, espaçamento e altitude (SOUZA; REIS, 1997). Em Rondônia, no auge da colheita do café (maio/2000), foram verificadas altas infestações, que variaram de 33,59% a 40,87%, níveis comprometedores para a produtividade e qualidade do café (COSTA et al., 2002).

A perfuração dos frutos geralmente é feita a partir da região da cicatriz floral ou coroa do fruto (Figura 3), em que a fêmea adulta fecundada, abre uma galeria, transformando-a em uma câmara, onde fará sua postura. Com o surgimento das larvas, 4 a 10 dias após a postura, inicia-se o processo de destruição parcial ou total da semente pela ação da própria larva e de fungos que penetraram na galeria, causando apodrecimento da mesma. Após a fecundação das fêmeas nos frutos, estas os abandonam e vão atacar novos frutos e continuar os seus ciclos reprodutivos.

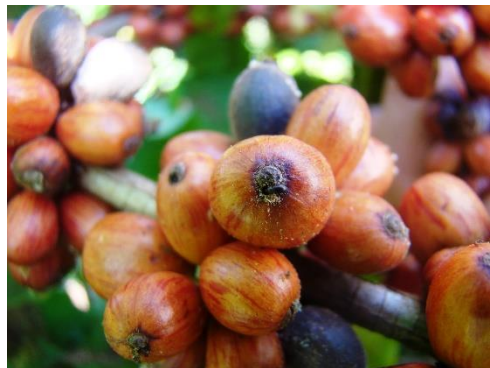


Foto: José Nilton M. Costa

Figura 3. Broca penetrando em fruto de café.

## Amostragem para avaliação da infestação

A forma adequada para acompanhar a infestação da broca e realizar o controle no momento oportuno, é fazer amostragem mensal na lavoura, a partir do mês de novembro. Outra indicação para iniciar a amostragem é quando os frutos estiverem na

fase de chumbo e chumbões, período em que as sementes já estão formadas e, portanto, na fase em que a broca perfura o fruto, podendo ovipositar.

Para fazer a amostragem na lavoura deve-se percorrer o talhão em zigzag e colher 100 frutos ao acaso em cada planta escolhida (25 em cada face). O número de plantas a ser amostrado depende do tamanho do talhão (Tabela 1).

**Tabela 1.** Número de plantas amostradas em função do tamanho do talhão.

Talhão	Nº de plantas amostradas
Até 1.000 plantas	Mínimo de 30 plantas
1.000 a 3.000 plantas	50 plantas
3.000 a 5.000 plantas	75 plantas
Acima de 5.000 plantas	1,5% das plantas

Fonte: adaptado de Souza e Reis (1997).

Os frutos colhidos de cada talhão ou lavoura constituirão uma única amostra. Em seguida, faz-se a separação dos frutos brocados e não brocados, para a determinação da porcentagem de infestação.

**Exemplo para calcular a infestação:** considerando uma amostra de 5.000 frutos e que nessa amostra existam 250 frutos brocados, para se obter a porcentagem de infestação é necessário fazer o seguinte cálculo (regra de três):

$$\begin{array}{l} 5.000 \text{ frutos} \text{ -----} > 100\% \\ 250 \text{ frutos} \text{ -----} > X \\ X = 250 \times 100 / 5.000 = 5\% \text{ de frutos brocados} \end{array}$$

De forma prática o resultado da infestação será obtido, multiplicando-se o número de frutos brocados por 100 e dividindo-se este resultado pelo número total de frutos da amostra.

## Controle biológico natural

Tem sido observada em lavouras de diversos municípios do Estado de Rondônia, a ocorrência do fungo *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, infectando a broca na fase adulta. É fácil perceber a presença do fungo, que fecha o orifício feito pela broca, em forma de um tufo branco (Figura 4). Também pode se encontrar broca na fase adulta morta pelo fungo no interior do fruto (Figura 5). Nas lavouras onde este ocorre, recomenda-se não fazer aplicação de agroquímicos a não ser que a infestação da broca ultrapasse 5% de frutos brocados sem infecção de *B. bassiana*.



Foto: José Nilton M. Costa

**Figura 4.** *Beauveria bassiana* no orifício feito pela broca-do-café.



Foto: José Nilton M. Costa

**Figura 5.** Adulto da broca-do-café infectada e morta por *B. bassiana* após início de penetração no fruto de café.

## Controle químico

O controle deve ser iniciado quando a infestação atingir entre 3% e 5%, devendo-se iniciar nas partes mais atacadas da lavoura. Como o ataque não se distribui uniformemente recomenda-se o controle apenas para os talhões em que a infestação da praga já tenha atingido de 3% a 5%. Dessa forma, evitam-se gastos desnecessários com mão de obra e inseticida, além de diminuir os problemas relacionados ao uso do produto. Mesmo após o controle, o monitoramento deve continuar e, quando a infestação atingir nível de controle, pulverizar novamente, respeitando o período de carência do inseticida usado.

O cafeicultor deverá programar-se para fazer a última pulverização respeitando a carência do produto, ou seja, no intervalo mínimo de dias permitido entre a aplicação do produto e a realização da colheita.

Dos inseticidas registrados para a cultura do café, o Endossulfam – até a sua proibição – era o único princípio ativo reconhecidamente eficaz no controle da broca-do-café. Os inseticidas Fipronil, Clorantraniliprole e Thiametoxan têm se mostrado eficientes para o controle da broca (COSTA et al., 2003; SOUZA et al., 2009), embora não registrados especificamente para esta praga.

Nas condições de cultivo de Rondônia, Fipronil nas doses de 50 e 100 g i.a./ha, apresentaram 0,93% e 1,36% de frutos brocados e eficiência de 86% e 95%, respectivamente, não diferindo do inseticida padrão Endossulfam (Thiodan 350 CE), que apresentou 0,46% de frutos brocados e nível de eficiência de 95% (Tabela 2) (COSTA et al., 2003).

**Tabela 2.** Porcentagem média de frutos brocados em relação aos tratamentos aplicados. Machadinho d'Oeste, RO, 2002<sup>(1)</sup>.

Tratamentos	Dose/ha g i.a	Porcentagem de frutos brocados				
		Prévia	30 DAA <sup>(2)</sup>	60 DAA	90 DAA	120 DAA
1. Fipronil SC	25	2,88a	3,78a	2,86a	1,12a	4,58ab
2. Fipronil SC	50	2,44a	3,97a	2,48a	0,46a	0,93b
3. Fipronil SC	100	4,03a	8,66a	4,27a	2,54a	1,36b
4. Endossulfam	700	2,16a	3,68a	1,47a	0,22a	0,46b
5. <i>Beauveria bassiana</i>	–	2,25a	2,71a	2,27a	0,93a	2,65ab
6. Testemunha	–	5,35a	7,22a	4,66a	2,79a	7,01a
C.V (%)	–	32,56	22,38	20,41	27,66	27,85

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup> DAA = dias após a primeira aplicação.

## Controle cultural

A redução do ataque da broca pode ser obtida fazendo-se a colheita de forma criteriosa, evitando deixar frutos remanescentes, e um repasse na lavoura, se necessário, para evitar a sobrevivência dessa praga e que passe para os frutos novos da próxima safra. Devem-se destruir os cafezais velhos e abandonados, nos quais a broca encontra abrigo e se multiplica livremente, e também alertar o vizinho para que controle a praga, evitando focos para outras lavouras (FORNAZIER et al., 2007).

## Ácaro-vermelho *Oligonychus ilicis* (MacGregor, 1917) (Acari: Tetranychidae)

Considerado praga de folhas, ao alimentar-se, o ácaro-vermelho perfura as células e suga parte do conteúdo celular. O ataque provoca bronzeamento (Figura 6), redução da área foliar e queda de produção na próxima safra (FORNAZIER et al., 2007; REIS, 2005; REIS; SOUZA, 1986).

O ácaro-vermelho vive na superfície superior das folhas, é pequeno, porém visível a olho nu, principalmente quando se desloca. A presença de finas teias, de cor esbranquiçada pode ser observada sobre as folhas (MATIELLO, 1998).



Foto: José Nilton M. Costa

**Figura 6.** Sintomas de ataque do ácaro-vermelho em folhas de cafeeiros do grupo varietal 'Conilon'.

Os prejuízos ocorrem pela redução da capacidade fotossintética, ocasionada pelas lesões da praga no limbo foliar e pela desfolha, principalmente nos ataques graves e nas plantas jovens, nas quais folhas novas ficam pequenas e deformadas, comprometendo o desenvolvimento das plantas. O ataque também ocorre em frutos, que ficam de cor parda; porém não chega a causar maiores perdas de frutos.

Os cafeeiros da espécie *C. canephora* são mais susceptíveis ao ácaro vermelho que os da espécie *C. arabica*, por ser cultivado em regiões mais quentes e secas. O ácaro-vermelho foi constatado pela primeira vez em 1950, no Estado de São Paulo, disseminando-se em várias regiões do país e causando sérios danos para as lavouras (REIS; SOUZA, 1986).

### Características biológicas

O ciclo evolutivo do ácaro-vermelho compreende as fases de ovo (Figura 7), larva, ninfa (protoninfa e deutoninfa) e adulto (Figura 8). A duração da fase de ovo é de 5,5 dias, larva 1,6 dias, ninfa 4,8 dias e de ovo a adulto 11,6 e 11,8 dias, para fêmea e macho, respectivamente.

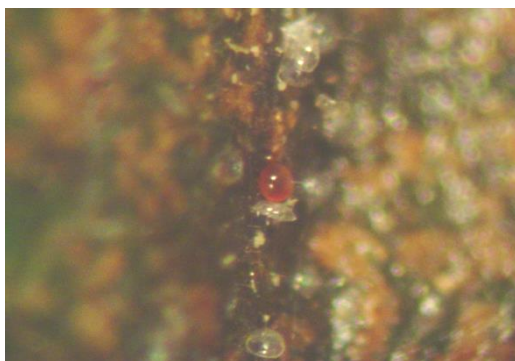


Foto: José Nilton M. Costa

**Figura 7.** Ovo do ácaro-vermelho visto em lupa estereoscópica.

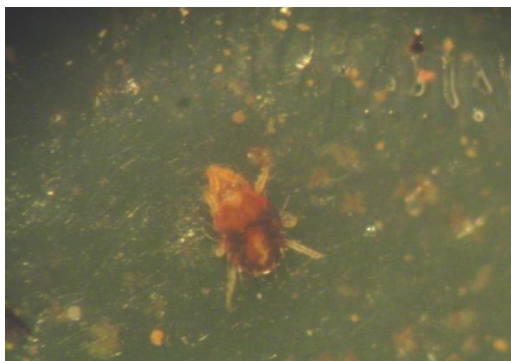


Foto: José Nilton M. Costa

**Figura 8.** Ácaro-vermelho adulto visto em lupa estereoscópica.



As fêmeas acasaladas apresentam menor longevidade (12,1 dias) que as não acasaladas (16,1 dias), sendo o inverso verificado para machos, 11,2 e 6,5 dias para acasalados e não acasalados, respectivamente. Assim, o ciclo total de vida das fêmeas varia de 23,7 a 27,7 dias, enquanto os machos de 18,3 a 23,0 dias (REIS et al., 1997).

Os ovos são de coloração vermelho-intenso, brilhantes, esféricos e levemente achatados, possuem um filamento saindo da parte superior quase invisível a olho nu (MORAES, 1998; PARRA et al., 1992).

As larvas recém-eclodidas apresentam coloração rósea, são piriformes, hexápodes e locomovem-se com dificuldade. Nas fases de ninfa e adulto o ácaro apresenta quatro pares de pernas (octópodes).

Apresentam dimorfismo sexual na fase adulta, sendo possível a identificação do sexo quando seu desenvolvimento se completa. De forma prática pode-se distinguir os machos porque eles são mais ativos que as fêmeas, andam rapidamente pela folha e pouco se alimentam. Também apresentam tamanho menor, idiossoma menos volumoso, afilado acentuadamente para a parte posterior, dando-lhe um aspecto cuneiforme e apresentam pernas mais longas. A fêmea é de formato quase oval, idiossoma volumoso e coloração vermelha no terço anterior e pardo-escuro nos dois terços posteriores onde podem ocorrer duas manchas escuras, sendo elas, porém semelhantes no macho (REIS et al., 1997).

## Infestação

Períodos de seca com estiagem prolongada são condições propícias ao desenvolvimento do ácaro-vermelho; o ataque pode ocorrer em reboleiras e, em casos graves, se expande para toda a lavoura (MATIELLO, 1998; REIS, 2005; REIS et al., 1997; THOMAZIELLO et al., 1998). Em áreas sombreadas ou arborizadas o ataque é menor. Áreas ensolaradas, com manchas de solo mais secas e próximas a estradas são mais atacadas; em plantas jovens o ataque é mais severo (MATIELLO, 1998).

Frequentemente se observa desequilíbrios e aumentos da infestação de ácaro-vermelho associado à aplicação de piretroides sintéticos para combater o bicho-mineiro e uso de fungicidas cúpricos para combater a ferrugem-do-cafeeiro, *Hemileia vastatrix* (Berk et Br.) (PAULINI et al., 1981; FERREIRA et al., 1981). O ácaro possui resistência aos piretroides e o uso desses produtos irrita as fêmeas, provoca a sua disseminação, estimula a oviposição e elimina inimigos naturais, como tripes, joaninhas, crisopídeos e percevejos (VALENTINI et al., 1980).

## Controle biológico

Em condições naturais podem ser encontrados ácaros predadores pertencentes à família Phytoseiidae e coleópteros do gênero *Stethorus*, que juntamente a outros predadores mantêm baixa a população de ácaro vermelho em condições normais de clima e manejo da lavoura (REIS; SOUZA, 1986).

## Controle químico

Em condição de desequilíbrio da população do ácaro, associado a forte estiagem e quando o ataque for severo, recomendam-se aplicações de acaricidas específicos.



Um método eficaz de controle, baseado no grau de infestação e no nível de danos, poderá ser realizado com o uso de agroquímicos seletivos. Tal controle evitará a ação sobre inimigos naturais e, conseqüentemente, o desequilíbrio biológico, além de proporcionar redução de perdas.

Para as condições de campo de Rondônia, observou-se que os acaricidas Propargite, em aplicação única ou alternada com enxofre, o Triazophos, aplicado isoladamente ou associado à Deltametrina, e o Ethion controlaram satisfatoriamente o ácaro vermelho (COSTA et al., 2003), ou seja, todos os acaricidas testados foram eficientes no controle do ácaro vermelho (Tabela 3).

**Tabela 3.** Número de ácaros-vermelhos vivos por parcela (NAP), conforme avaliação prévia e em dias após a primeira aplicação (DAP) e porcentagem de eficiência (% E) dos acaricidas. Machadinho d'Oeste, RO, 2003<sup>(1)</sup>.

Tratamentos	g i.a/ha	Prévia NAP	7 DAP NAP	%E	15 DAP NAP	%E	45 DAP NAP	%E
1. Propargite	360	5,47	1,72b	95	1,35b	99	3,95b	94
2. a) Propargite - 1ª aplicação	360							
b) Enxofre - 2ª aplicação	1000	5,81	1,29	98	1,77b	98	5,59b	88
3. Triazophos	120	6,72	2,04b	91	2,70b	93	4,56b	92
4. Triazophos + Deltamethrin	87,5+2,5	5,53	1,73b	95	1,97b	97	4,69b	92
5. Ethion	500	5,19	1,35b	98	1,80b	97	1,98b	99
6. Testemunha	-	6,27	6,11a	-	9,49a	-	16,21a	-

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados foram transformados em  $\sqrt{x + 1}$ . Porcentagem de eficiência, calculada pela fórmula de Abbott.

Propargite possui ação ovicida o que reduz a frequência de pulverização, com menor custo por causa da quantidade do produto usada e menor gasto com mão de obra (COSTA et al., 2003). Vale ressaltar, entretanto, que não há acaricida a base de Propargite registrado para o controle do ácaro-vermelho para a cultura do cafeeiro, no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (AGROFIT, 2014).

## Bicho-mineiro *Perileuoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae)

O bicho-mineiro é originário do continente africano e sua presença no Brasil foi constatada a partir de 1851, provavelmente introduzido por meio de mudas de café provenientes das Antilhas e da Ilha de Bourbon (REIS et al., 1976). É considerada uma praga monófaga, atacando somente cafeeiro.

Lavouras com alta infestação de bicho-mineiro têm sido constatadas em Rondônia, fato que preocupa em relação à importância que a praga assume na região, atingindo infestação de 77% das folhas localizadas no terço superior (COSTA et al., 2001).

A infestação do bicho-mineiro manifesta-se quando a larva penetra na folha e aloja-se entre as duas epidermes, começando a se alimentar e formando as minas, daí o nome popular bicho-mineiro. O processo de alimentação da lagarta provoca lesão na área de sua ação, com a conseqüente necrose dos tecidos afetados (Figura 9), causando redução da área foliar e queda de folhas, comprometendo a capacidade fotossintética,



o que resulta em queda na produção. Se o ataque for intenso, ocorre a desfolha da planta, de cima para baixo, em virtude da maior infestação ocorrer na parte superior da planta (SOUZA et al., 1998).

As consequências de intenso ataque do bicho-mineiro em café canéfora são similares aos observados em arábica. Os cafeeiros apresentarão acentuado desfolhamento e serão mais exigentes, já que consumirão mais energia para recompor sua parte aérea. Geralmente, os prejuízos aparecem na safra seguinte, sendo que desfolhas drásticas sucessivas tornam as plantas enfraquecidas, comprometendo a sua longevidade.



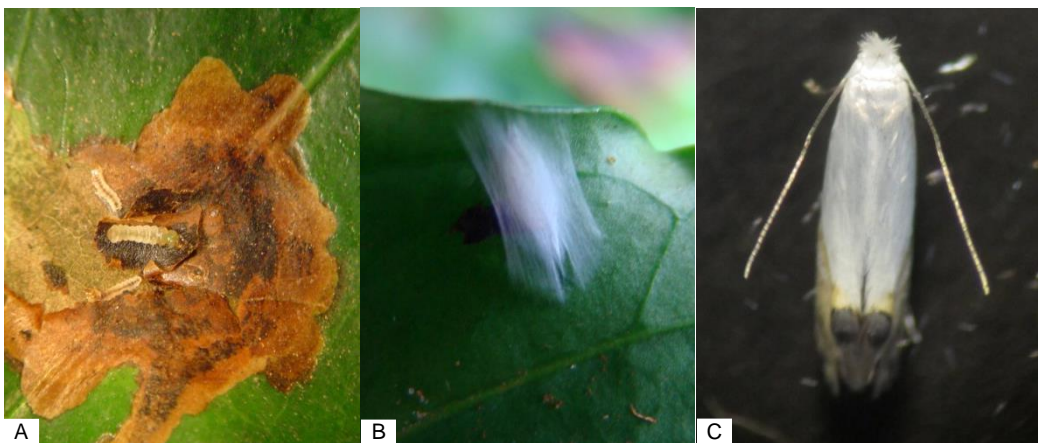
Foto: José Nilton M. Costa

**Figura 9.** Danos causados pelo bicho-mineiro em cafeeiros *C. canephora*.

### Características biológicas

O adulto do bicho-mineiro é uma mariposa de 2 mm de comprimento e 6,5 mm de envergadura, com asas brancas na parte dorsal e uma mancha escura na ponta. A mariposa abriga-se durante o dia na face inferior das folhas da parte inferior do cafeeiro; ao anoitecer abandona o esconderijo, iniciando a oviposição. Os ovos são achatados, brancos, com aproximadamente 0,3 mm de comprimento. São postos na superfície superior das folhas, em média sete ovos por noite, em pontos isolados de uma folha ou em folhas diferentes. Após a fase de ovo, eclode a lagarta que atinge o comprimento aproximado de 3,5 mm (Figura 10A). A fase de lagarta é encerrada quando deixa de se alimentar, abandona a lesão, tece fio de seda e desce para transformar-se em pupa nas folhas do terço inferior do cafeeiro, geralmente na face inferior, após construir um casulo com proteção de fios de seda em forma de “X” (Figura 10B). Uma fêmea apresenta capacidade de oviposição de mais de 50 ovos durante sua vida (MORAES, 1998; SOUZA et al., 1998).

Fotos: José Nilton M. Costa



**Figura 10.** Fases do bicho-mineiro. A) larva; B) pupa; C) adulto.

A variação da duração, em número de dias, para cada uma das fases do ciclo biológico é a seguinte: ovo – 5 a 21; larva – 9 a 40; pupa – 5 a 26. A longevidade média dos adultos (Figura 10C) é de 15 dias. O ciclo evolutivo varia de 19 a 87 dias, conforme

influência de condições climáticas, principalmente temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluvial (MORAES, 1998).

## **Infestação**

A ocorrência do bicho-mineiro está condicionada a diversos fatores. Entre eles destacam-se as condições climáticas, sendo que a precipitação pluvial e a umidade relativa influenciam negativamente sua população. Já, a temperatura exerce influência positiva. A ausência de inimigos naturais como parasitos, predadores e patógenos e lavouras com espaçamentos maiores, favorecem infestações (SOUZA; REIS, 1998). Cafezais bem nutridos podem resistir melhor ao bicho-mineiro (PARRA et al., 1992).

O ataque do bicho-mineiro, geralmente ocorre na lavoura durante todo o ano, e pode, dentro de uma mesma região, ocorrer uma defasagem de um a três meses, tanto em relação ao início da evolução da praga, quanto ao período crítico de dano econômico (SOUZA et al., 1998). Geralmente, as maiores populações são encontradas nos períodos mais secos do ano (REIS; SOUZA, 1996). Porém, não se sabe com exatidão qual o nível de dano econômico para as diversas regiões cafeeiras do Brasil, o que dificulta determinar a época adequada para o início do controle químico. Admite-se, porém, cerca de 30% a 40% de desfolha em algumas épocas do ano, sem redução significativa na produção (SOUZA et al., 1998).

### **Amostragem para avaliação da infestação**

Realizar as amostragens em talhões homogêneos de 3.000 a 5.000 plantas, em 20 plantas, aleatoriamente. Retirar uma folha, do terceiro par de folhas, de um ramo escolhido ao acaso de cada face da planta dos terços médio e superior. O número total de folhas dessa amostra será de 160. Em seguida será feita a contagem das lesões causadas pela praga e determinada a porcentagem de folhas lesionadas e a porcentagem de folhas atacadas com presença de lagartas vivas.

Orienta-se o início do controle do bicho-mineiro, quando for encontrado 25% a 30% de folhas infestadas com lagartas vivas (SOUZA et al., 1998; FORNAZIER et al., 2007).

## **Controle biológico natural**

Ocorre naturalmente pela ação de parasitoides (micro-himenópteros) e vespas predadoras. Estes insetos procuram nas minas ou lesões das folhas do cafeeiro, lagartas do bicho-mineiro para parasitar ou predar. As vespas predadoras constroem os ninhos nos próprios cafeeiros, em árvores e arbustos e em outros suportes próximos das lavouras. Procuram nas plantas as lesões, onde rasgam com a mandíbula a epiderme da folha, retiram as lagartas e as comem (SOUZA et al., 1998). Já foram identificados vários predadores, todos da ordem Hymenoptera e da família Vespidae, e parasitoides pertencentes a várias famílias que, devido ao seu pequeníssimo tamanho, passam despercebidos pelos cafeicultores. A eficiência dos predadores é de aproximadamente 69%, enquanto que a dos parasitoides é de 18% (REIS; SOUZA, 1986).

## **Controle químico**

O controle químico não deverá influenciar o equilíbrio biológico desde que seu uso esteja condicionado ao nível em que os inimigos naturais não estão sendo eficientes e as

condições para o aumento da praga estão favoráveis, proporcionando desta forma, uma redução na população do bicho-mineiro, restabelecendo o equilíbrio entre a praga e os inimigos naturais (REIS; SOUZA, 1994, 1996). É recomendável que o controle químico seja feito somente nos talhões ou parte dos talhões mais infestados, a fim de auxiliar na preservação dos inimigos naturais (SOUZA et al., 1998).

Diversos produtos ou mistura de produtos em pulverizações, apresentam eficiência no controle do bicho-mineiro, tais como fosforados, carbamatos e piretroides, sendo estes últimos prejudiciais aos parasitoides e predadores da praga, pelo amplo espectro de ação que possuem (REIS; SOUZA, 1996). As pulverizações com oxiclreto de cobre para o controle da ferrugem foram correlacionadas com o aumento da população do bicho-mineiro, em torno de 60%, e efeito deletério sobre vespas predadoras (GRAVENA, 1980; PAULINI et al., 1976; REIS; SOUZA, 1996).

Inseticidas granulados sistêmicos aplicados via solo possuem eficiência agrônômica para o controle do bicho-mineiro, no entanto, os inseticidas do grupo dos neonicotinoides são mais recomendáveis porque além de serem eficientes para o controle de diversas pragas associados ao cafeeiro, proporcionam maior segurança para o aplicador e para o ambiente (FORNAZIER et al., 2007).

## **Lagarta-dos-cafezais *Eacles Imperialis* (Walker, 1856) (Lepidoptera: Saturniidae)**

No Município de Cacoal, RO, durante seis anos consecutivos, ocorreram ataques da lagarta-dos-cafezais. Em 2001, registrou-se a maior intensidade do ataque, caracterizando um surto, com ocorrência generalizada. Verificou-se a existência de 64 propriedades com 618 hectares atacados pela lagarta-dos-cafezais. O ataque concentrou-se em um raio de aproximadamente 20 km do foco inicial, mas algumas lavouras de café dos municípios vizinhos de Ministro Andreazza e Rolim de Moura também sofreram ataques da praga.

As medidas de controle adotadas que consistiram do controle químico circundando o foco da região afetada em direção ao centro e o envolvimento de produtores para possibilitar a ação de inimigos naturais, principalmente tatus na predação de pupas, permitiram conter a expansão de *E. imperialis*, com redução significativa da área atacada. O fato motivou preocupação em relação à importância da praga na região (TREVISAN et al., 2004).

Dependendo das condições ecológicas, a lavoura pode ser devastada pela lagarta-dos-cafezais. Essas lagartas são responsáveis pela destruição, principalmente da parte superior da planta (Figura 11). Os danos causados são relevantes em virtude do número de lagartas que pode ocorrer por planta, chegando a 150, e ao tamanho avantajado das mesmas (TREVISAN et al., 2004). Uma lagarta pode consumir 0,30 m<sup>2</sup> de área foliar (CROCOMO, 1977).



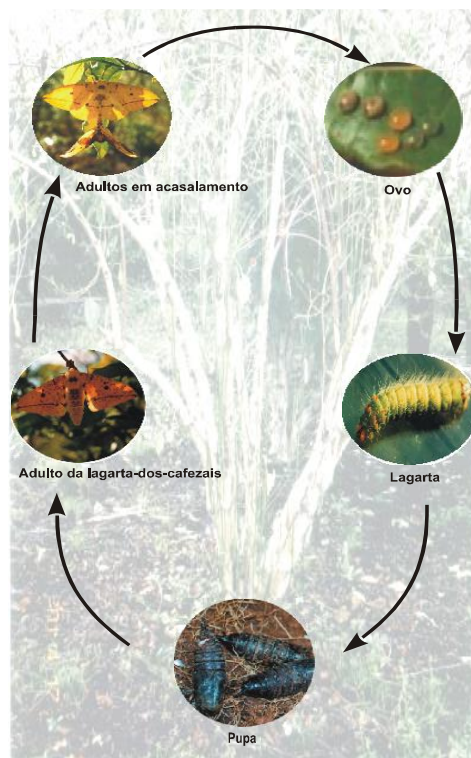
Foto: José Nilton M. Costa

**Figura 11.** Cafeeiro *C. canephora* atacado pela lagarta-dos-cafezais.

## Características biológicas

A duração média aproximada, em dias, para cada uma das fases do ciclo biológico (Figura 12) é a seguinte: ovo – 12; lagarta – 37; pupa – 35 e adulto – 5 e 7, para macho e fêmea, respectivamente. O ciclo biológico da lagarta-dos-cafezais é em média 90 dias, contado a partir da postura até a morte do adulto. No Sudeste, o período prolonga-se no inverno, quando a pupa entra em diapausa (CROCOMO, 1977; PARRA et al., 1992). Em Rondônia, a diapausa ocorre em dois períodos do ano: chuvoso, de novembro a março, e no período de estiagem, de maio a agosto (TREVISAN et al., 2004). A capacidade de postura das fêmeas é de aproximadamente 198 ovos, decrescendo da primeira à última postura (CROCOMO, 1977).

Em Rondônia, as lagartas atingem até 12 cm de comprimento, com peso de 15 g e coloração variável de verde-alaranjado, amarelo e marrom (TREVISAN, 2004) (Figura 13).



**Figura 12.** Ciclo de vida da lagarta-dos-cafezais. Fonte: Trevisan et al. (2004).



**Figura 13.** Variação de cores da lagarta-dos-cafezais.

Os adultos são mariposas amarelas com numerosos pontos escuros nas asas, cortadas por duas faixas de cor violácea-escura, apresentando ainda duas manchas circulares da mesma cor. Apresentam dimorfismo sexual, sendo as fêmeas maiores (135 mm de envergadura) e com as asas menos manchadas do que os machos (GALLO et al., 2002).

## Infestação

Constatou-se em lavoura em Cacoal, RO, em abril de 2000, que 60% dos ponteiros das plantas de café foram atacados pela lagarta em segundo ínstar, com média de 150



lagartas por planta. Em maio, foram constatadas 85 lagartas por planta, no quinto (último) ínstar. A flutuação está relacionada com suas características biológicas, principalmente a diapausa. O primeiro surto ocorre na passagem do período chuvoso para o seco. O segundo ocorre no final do período seco e início do chuvoso. Podem ocorrer picos intermediários de menor intensidade, provavelmente relacionados à ocorrência de chuvas no período de estiagem.

A interrupção da diapausa depende da intensidade das chuvas. As lagartas transformam-se em pupas a diferentes profundidades do solo, como uma estratégia de sobrevivência da espécie, não emergindo em um mesmo período. Por esta razão, ocorrem populações superpostas. Em Rondônia, verificou-se que ocorrem gerações superpostas em períodos intermediários, aos picos principais, com dois surtos ao ano: um nos meses de março a maio e outro de setembro a novembro (TREVISAN et al., 2004).

Além de cafeeiro, esta praga ataca cajueiro, abacateiro, ameixeira-do-japão, amendoirada-praia, amoreira, araçazeiro, aroeira, aroeira-preta, aroeira-vermelha, bananeira, branquilha-de-assobio, cedro, corticeira, goiabeira, jaqueira, macieira, mamoneira, mangueira, milho, pau-ferro, pereira, roseira, salso-chorão, sarandi e tamarindeiro (SILVA et al., 1968). Em Rondônia, foi observada a ocorrência dessa lagarta em abacateiro, assa-peixe, cafeeiro, cafezinho tóxico, goiabeira, jaqueira, mangueira, citros, mandioca e milho.

## Controle da lagarta-dos-cafezais

O controle químico da praga deve ser feito mediante pulverizações com inseticidas seletivos, aplicados quando as lagartas ainda são pequenas, pois à medida que crescem o controle torna-se mais difícil. Os resultados com o produto microbiano *Bacillus thuringiensis* também são positivos, quando aplicado no início do ataque (GALLO et al., 2002).

O controle natural dessa praga é realizado pelos parasitoides *Apanteles* spp., *Macrocentrus ancylivorus* Rohwer, 1923, *Meteorus* sp., *M. eacilds* Muesebeck, 1958 (Hymenoptera: Braconidae), *Horismenus cockerelli* Blanchard (Hymenoptera: Eulophidae), *Glypta* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae) (SILVA et al., 1968; WHITFIELD et al., 2001); *Belvosia bicinta* Robineau & Desduoyoidy, 1830, *B. potens* Wideman, 1830 e *Pararrhinactia parva* Town (Diptera: Tachinidae) (TERÁN, 1974).

Nas lavouras atacadas em Cacoal, RO foram constatados os inimigos naturais: *Euphorocera* spp., (Diptera: Tachinidae) (Figura 14), *Alcaeorrhynchus grandis* Dallas (Hemiptera: Pentatomidae) (Figura 15) e outras espécies não identificadas de Pentatomidae e Reduviidae; vespas, formigas, pássaros (anu preto e tesoura) e tatus (TREVISAN et al., 2004).

As lagartas que atacam o cafeeiro são geralmente controladas biologicamente por seus inimigos naturais (parasitoides e predadores) (Figuras 14 e 15), encontrados nos cafezais à procura de seus hospedeiros. O uso indiscriminado de inseticidas, visando controle de pragas, elimina esses inimigos naturais, com consequentes surtos destas e também de outras espécies de lagartas que normalmente não atacam o cafeeiro (REIS; SOUZA, 1986).

Foto: Oizeno Trevisan



**Figura 14.** Mosca da família Tachinidae. Larvas eliminam as lagartas-dos-cafezais.

Foto: Oizeno Trevisan



**Figura 15.** Percevejo (*Alcaeorynchus grandis*) matando a lagarta-dos-cafezais.

## Cochonilhas

As cochonilhas, também conhecidas e citadas como coccídeos e escamas, situam-se taxonomicamente na ordem Hemiptera, subordem Sternorrhyncha e superfamília Coccoidea (GALLO et al., 2002).

As fêmeas são ápteras e comumente ápodas e sésseis. Os machos adultos geralmente são alados (Figura 16), tendo apenas um par de asas; não têm peças bucais e não se alimentam e o abdômen termina em longo prolongamento. Assemelham-se a pequenos mosquitos, porém essas duas últimas características os diferenciam (BORROR; DELONG, 1988).



Foto: José Nilton M. Costa

**Figura 16.** Cochonilha macho alado.

As cochonilhas, em sua maioria, são de especial importância para a agricultura porque são ectoparasitas de plantas cultivadas, tanto da parte aérea como da subterrânea. São insetos pequenos e de corpo frágil, de hábitos fitófagos succívoros; reproduzem-se e desenvolvem-se agrupados em colônias; localizam-se em qualquer órgão das plantas hospedeiras, causando debilidade ou morte, seja pela sucção da seiva, injeção de toxinas, transmissão de vírus ou favorecendo o crescimento de fungos (BORROR; DELONG, 1988; WILLIAMS; WILLINK, 1992; GALLO et al., 2002). O amarelecimento de plantas, a queda de folhas e frutos, o chochamento de frutos e a seca de ponteiros são sintomas que naturalmente aparecerão com maior ou menor intensidade, dependendo da capacidade de resistência de sugar a seiva e da intensidade do ataque da praga.

A excreção de substâncias açucaradas em forma de gotículas, em alguns casos, favorece relações simbióticas com formigas, que são atraídas pelo alimento, e as beneficiam no transporte (aumenta o potencial de dispersão) e proteção (DELABIE, 2001). As excreções também podem propiciar associações com fungos prejudiciais às plantas, como os do gênero *Bornetina* e *Capnodium* (SOUZA et al., 2001, SANTA-CECÍLIA, 2005). Portanto, o complexo de efeitos se conjuga negativamente, acarretando prejuízos ao desenvolvimento e à produção de plantas, como a do cafeeiro.

## Descrição das principais cochonilhas ocorrentes em cafezais de Rondônia

### **Cochonilha-da-raiz (*Dysmicoccus* sp.) (Hemiptera: Coccidae)**

Cochonilhas-da-raiz foram verificadas em cafeeiros *C. canephora* no Município de Ouro Preto do Oeste, RO, em lavoura inspecionada em 2006.

#### *Características biológicas*

Apresenta corpo oval, com aproximadamente 2,5 mm de comprimento e 17 apêndices de cada lado do corpo. A coloração de ninfas e adultos é rosada, e são revestidas por uma camada de secreção cerosa branco-pulverulenta (SOUZA et al., 2001; GALLO et al., 2002).

As fêmeas são ápteras, de corpo mole, possuindo a cabeça e o tórax fundidos. Reproduzem-se por partenogênese, ou seja, as fêmeas adultas, sem serem copuladas, colocam ovos férteis. O ciclo continua com a eclosão de formas jovens denominadas de ninfas, que após 40 dias transformam-se em cochonilhas adultas, as quais vivem aproximadamente 60 dias. O seu ciclo completo é de aproximadamente 100 dias, ocorrendo gerações sobrepostas, ou seja, em uma mesma colônia são observadas ninfas e adultos. Podem ocorrer até cinco gerações anuais do inseto, sendo elevado o seu potencial de reprodução (NAKANO, 1972).

Nas raízes, ninfas e adultos da cochonilha sugam continuamente a seiva por meio do seu aparelho bucal picador-sugador e o seu excesso, um líquido adocicado, é eliminado pelo ânus, em forma de gotículas. Esse líquido açucarado atrai formigas doceiras que propiciam proteção e transporte das cochonilhas para outros cafeeiros, sendo esse o principal meio de sua dispersão (SANTA-CECÍLIA et al., 2000). Essa interação entre os insetos é denominada de protocooperação (ODUM, 1988). A secreção açucarada, também condiciona o desenvolvimento de um fungo do gênero *Bornetina*, formando estruturas denominadas de cripta ou pipoca, onde se aloja o inseto-praga. As raízes apresentam uma série de nodosidades formadas pela sucessão de criptas (SOUZA et al., 2001, GALLO et al., 2002).

#### *Infestação*

Inicialmente, a infestação pode ser constatada na raiz principal do cafeeiro, logo abaixo do colo da planta. Nessa fase, não causa prejuízos irreversíveis à planta, como também não causa sintomas na parte aérea. Posteriormente, o inseto coloniza todo o sistema radicular do cafeeiro, juntamente com o fungo *Bornetina*, resultando no comprometimento de suas raízes, prejudicando a absorção de água e nutrientes do solo. Como resultado, as plantas atacadas amarelecem e depois morrem. No período seco os cafeeiros ficam mais depauperados em decorrência do ataque do inseto em suas raízes. A cochonilha-da-raiz pode causar prejuízos à produção, sendo relatadas reduções da ordem de 0,84 kg de café beneficiado/cova (NAKANO, 1972).

#### *Controle biológico*

Em campo, podem ser encontrados diversos inimigos naturais que podem controlar eficientemente as cochonilhas; dentre eles destacam-se as joaninhas *Azya luteipes*



Mulsant e *Pentilia egeana* Mulsant e os fungos *Verticillium*, *Uredinella* e *Myriangium* (GALLO et al., 2002). As larvas da joaninha são cobertas por uma substância filamentososa branca que dá a aparência de flocos de algodão. São muito ágeis, locomovendo-se continuamente sobre os ramos e as folhas do cafeeiro. Os fungos recobrem as cochonilhas em qualquer estágio de desenvolvimento, com uma camada fina, pulverulenta, de cor esbranquiçada (CAMARGO; TELLES JÚNIOR, 1953).

### Controle químico

Recomenda-se a aplicação de inseticidas sistêmicos granulados. Apenas inseticidas de princípio ativo Dissulfoton e Dissulfoton + Triadimenol estão registrados para o controle da cochonilha-da-raiz. O produto deve ser utilizado em lavouras que seguem as recomendações de nutrição/adubação, sendo feita a aplicação em solo úmido, com granuladeiras tipo "matraca" ou tratorizadas, incorporado ao solo, sob a saia do cafeeiro, no local de maior concentração radicular em ambos os lados da linha de plantio do cafeeiro. Quando se emprega a matraca, aplicar a dose recomendada em oito pontos ao redor da planta (AGROFIT, 2014).

Os inseticidas de nova geração neonicotinoides, enquadrados nas classes toxicológicas III ou IV, podem ser uma alternativa para o controle de cochonilha-da-raiz, pois já são registrados em vários países, inclusive no Brasil, para o controle de insetos-pragas sugadores e mastigadores. Souza et al. (2003) sugerem os inseticidas neonicotinoides Imidacloprid 700 GrDA e Thiamethoxam 250 WG, para cafeeiros nas seguintes idades e respectivas doses: 1) lavouras com até 1 ano de idade, 280 g p.c./ha; 2) lavouras de 1 a 2 anos, 280 – 455 g p.c./ha; 3) lavouras de 2 a 3 anos, 455 – 630 g p.c./ha e 4); lavouras com mais de 3 anos, 805 g p.c./ha. A aplicação deve ser feita em esguicho (*drench*) no colo da planta.

### Cochonilha verde (*Coccus* sp.) (Hemiptera: Coccidae)

Em amostragem em cafeeiros canéfora, nos municípios de Candeias do Jamari, Ariquemes, Jaru e Ouro Preto do Oeste, após análise constatou-se a presença de cochonilha-verde apenas em Ouro Preto do Oeste, com porcentagem média de 2% de plantas afetadas (TEIXEIRA; COSTA, 2005). Entretanto, tem-se conhecimento de sua ocorrência na maioria dos municípios produtores de café.

### Características biológicas

A cochonilha-verde (Figura 17) apresenta forma oval achatada, tendo 2 mm a 3 mm de comprimento. Somente o macho é alado. É encontrada geralmente em ramos e folhas novas, ao longo da nervura principal (CAMARGO; TELLES JÚNIOR, 1953, FORNAZIER et al., 2007).

O inseto é ovovivíparo e reproduz-se por partenogênese. Após a fixação na planta, o inseto perfura o tecido vegetal com seu aparelho bucal e succiona a seiva. Esse coccídeo excreta um líquido açucarado que atrai formigas (GALLO et al., 2002) e



Foto: José Nilton M. Costa

**Figura 17.** Muda de cafeeiro atacada por cochonilha-verde (*Coccus viridis*).



propicia o desenvolvimento do fungo fumagina (*Capnodium* sp.). As formigas do gênero *Brachymyrmex* percorrem ativamente a planta em todos os sentidos, não lhe causando prejuízo, mas são nocivas indiretamente, por defender as cochonilhas contra os inimigos naturais, sendo também o principal meio de dispersão de fumagina (CAMARGO; TELLES JÚNIOR, 1953).

A cochonilha-verde ocorre com maior frequência no período chuvoso, nos meses de novembro a fevereiro.

#### Controle biológico

A joaninha *A. luteipes*, tanto na forma larval (Figura 18) como adulta, preda a cochonilha em todos os estádios de desenvolvimento. Alguns fungos, como *Acrostalagmus albus*, *Myriangiium duriaei* (CAMARGO; TELLES JÚNIOR, 1953) e *Verticilium lecanii* (REIMER; BEARDSLEY, 1992) são agentes de controle das cochonilhas em qualquer estágio de desenvolvimento.



Foto: José Nilton M. Costa

Figura 18. Cochonilha verde (*C. viridis*) e larva de joaninha (*A. luteipes*).

#### Controle químico

A praga pode ser controlada eficientemente por inseticidas à base de óleos emulsionáveis adicionados a inseticidas fosforados. Em ataques severos, o controle deve ser feito com inseticidas sistêmicos (GALLO et al., 2002). Atualmente, somente o inseticida Furan 50 G encontra-se registrado para o controle da cochonilha-verde na cultura do café (AGROFIT, 2014).

### Cochonilha-da-roseta ou cochonilha-branca (*Planococcus* sp.) (Hemiptera: Pseudococcidae)

Em amostragem em cafeeiros canéfora de Candeias do Jamari, Ariquemes, Jaru e Ouro Preto do Oeste, constataram-se que, em média, 3,1% das plantas apresentavam cochonilha-da-roseta. Tem-se conhecimento de sua ocorrência em outros municípios, tanto em anos anteriores como mais recentemente (TEIXEIRA; COSTA, 2005).

#### Características biológicas

O inseto adulto (Figura 19) possui forma oval, com 3 mm a 4 mm de comprimento, e caracteriza-se por apresentar 17 apêndices de cada lado, de coloração branca-pulverulenta e outros dois apêndices terminais maiores que os laterais. As formas jovens possuem coloração rosada e as adultas castanho-amarelada (REIS; SOUZA, 1986). Antes de iniciar a postura movimentam-se na planta; após sua fixação nos ramos, folhas e frutos, começa a excretar uma substância lanuginosa branca, que envolve

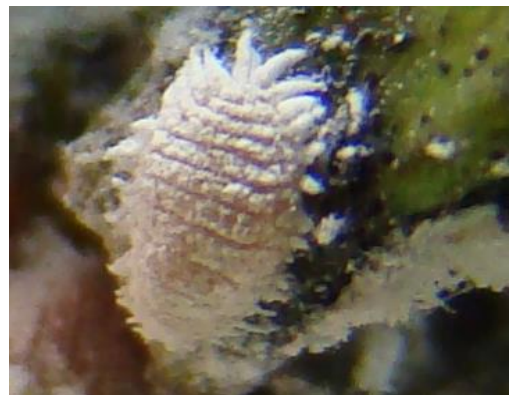


Foto: José Nilton M. Costa

Figura 19. Cochonilha-da-roseta (*Planococcus* sp.).

completamente o corpo do inseto, servindo também de proteção aos ovos. A reprodução é sexuada, do tipo oviparidade. Sua capacidade de oviposição é de 200 a 400 ovos e seu ciclo evolutivo completo é de 30 dias, em média. As fêmeas adultas vivem cerca de 90 dias. As ninfas dos machos distinguem-se porque formam um pequeno casulo ao se transformarem em adultos (GALLO et al., 2002; SANTA-CECÍLIA et al., 2005).

### *Infestação*

As cochonilhas vivem em colônias constituídas por indivíduos em vários estádios de desenvolvimento e, tanto as ninfas como as fêmeas adultas, sugam seiva em botões florais e frutos em desenvolvimento, ocasionando danos nas rosetas desde a floração até a colheita. Os frutos atacados caem prematuramente, podendo em alta infestação causar prejuízos próximos a 100% (SANTA-CECÍLIA et al., 2005).

### *Controle biológico*

A cochonilha-da-roseta é um inseto atacado por diversos inimigos naturais, e no Brasil, os mais importantes estão incluídos nos três grupos seguintes: a) predadores – joaninha, *Azya luteipes*, e bicho-lixeiro, *Ceraeochrysa cubana*; b) parasitoides – *Leptomastix dactylopii*, *Apanteles paraguayensis*, *Coccophagus caridei*, *Thysanus niger*, *Anagyrus coccidivorus*, *A. pseudococci*, *Aphicus alboclavatus*, *Leptomastidea abnormis* e *Pachyneuron* sp. (SILVA et al., 1968); c) patógenos – fungos *Verticillium lecanii* e *Neozygites fumosa* (GRAVENA, 2003).

### *Controle químico*

Geralmente, recomenda-se não fazer intervenção com inseticidas, pois os inimigos naturais da cochonilha mantêm sua população em equilíbrio. Porém, se observado um desequilíbrio ecológico e houver perspectivas da praga atingir o nível de dano econômico, pode ser utilizado o controle químico, empregando-se inseticidas específicos para a praga. As cochonilhas podem ser controladas eficientemente com inseticidas a base de óleos emulsionáveis adicionados a inseticidas fosforados (GALLO et al., 2002).

## **Cochonilha ortézia (*Praelongorthezia* sp.) (Hemiptera: Ortheziidae)**

Em 2006, verificou-se ataque desta cochonilha em um talhão de cerca de 5 ha de café canéfora, situado em Ouro Preto do Oeste, RO, com 100% de plantas afetadas. Tem-se conhecimento de surtos desta praga em vários níveis de infestação, tanto neste município, como em outros do Estado de Rondônia.

### *Características biológicas*

A fêmea apresenta placas cerosas de cor branca, simetricamente dispostas sobre o corpo (Figura 20), constituindo na parte posterior um saco céreo, semelhante a uma cauda, denominada de ovissaco. No interior do ovissaco se encontram os ovos, de onde emergem as ninfas que lá permanecem até a primeira ecdise. O comprimento do corpo é de 2 mm, e com o ovissaco, totaliza 4,5 mm. Atinge no



Foto: José Nilton M. Costa

**Figura 20.** Cochonilha ortézia (*Praelongorthezia* sp.).



máximo 2 mm de largura (SUPLICY FILHO et al., 1983; GALLO et al., 2002).

Nos primeiros ínstaes, machos e fêmeas são semelhantes, porém as fêmeas têm três ínstaes e se desenvolvem sobre as folhas, e os machos têm quatro ínstaes. Estes, a partir do segundo ínstar, dirigem-se ao solo ou tronco, localizando-se em grupos ou colônias nas fendas, reenâncias e depressões (RODRIGUES FILHO et al., 1980). Evoluem para uma fase intermediária, semelhante a um pupário envolvido por numerosos fios de cera, de onde emergem os adultos. Os machos adultos são menores que as fêmeas e têm os corpos bem definidos (cabeça, tórax e abdômen), com duas asas e uma longa cauda, formada por fios de cera (GONÇALVES; CASSINO, 1978).

### Infestação

Tanto as fêmeas adultas como as ninfas (Figura 21) se movimentam no cafeeiro, atacando ramos, folhas e frutos. Na região Norte, a praga ainda é considerada de pouca importância, devido à baixa frequência de ocorrência. No Espírito Santo, têm ocorrido elevados níveis de incidência e abrangência de disseminação dessa cochonilha em café canéfora (FORNAZIER et al., 2007).

O dano causado pelo inseto manifesta-se pela sucção contínua da seiva e injeção de toxinas, provocando o definhamento e até a morte da planta (SUPLICY FILHO et al., 1983; GALLO et al., 2002). As excreções açucaradas da cochonilha servem de substrato para o desenvolvimento do fungo *Capnodium* sp., responsável pela formação da fumagina (Figura 22), que cobre a superfície do órgão vegetativo atacado, principalmente folha, comprometendo os processos de respiração e fotossíntese.

### Controle biológico

Vários inimigos naturais já foram constatados atuando sobre ortézia, conforme relacionados a seguir: a) Patógenos – fungos *Fusarium* sp., *Verticillium lecanii* e *Colletotrichum gloeosporioides*; b) Predadores – *Gitona brasiliensis* (Diptera: Drosophilidae) e *Scymnus* sp. (Coleoptera: Coccinellidae), que predam os ovos no ovissaco; *Ambracius dufourei* (Hemiptera: Miridae), *Azya luteipes*, *Pentilia egea* (Coleoptera: Coccinellidae), *Chrysopa* sp (Neuroptera: Chrysopidae) (Figura 23), *Heza insignis* (Hemiptera: Reduviidae), *Salpingogaster conopida* (Diptera: Syrphidae), que predam formas jovens e adultas (CARVALHO, 2006; GONÇALVES, 1963; PRATES, 1980; SILVA; GRAVENA, 1981).

### Controle químico

Vide controle cochonilha-da-roseta.



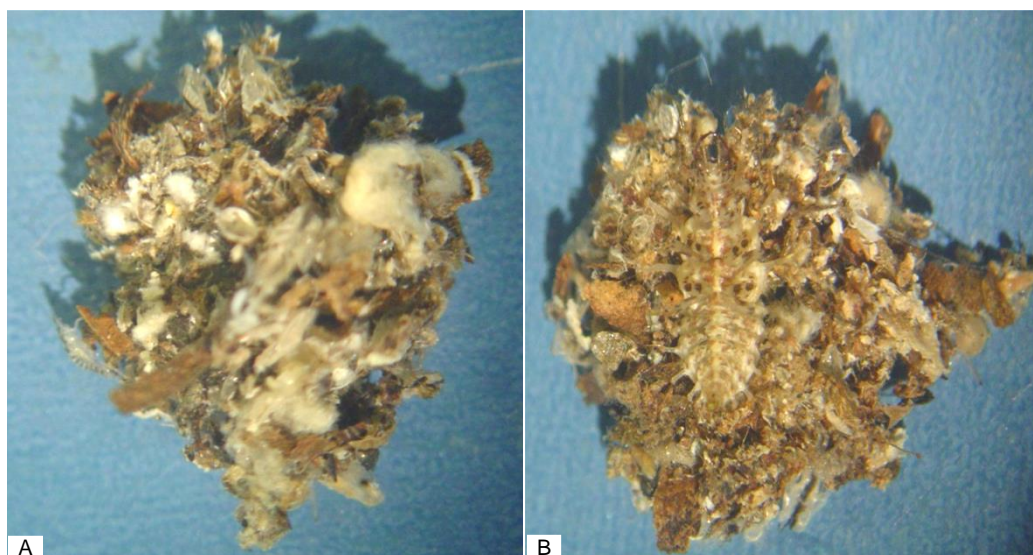
Foto: José Nilton M. Costa

Figura 21. Folha de cafeeiro atacada por cochonilha ortézia.



Foto: José Nilton M. Costa

Figura 22. Folha de cafeeiro com fumagina (*Capnodium* sp.) em decorrência da associação com ortézia.



Fotos: José Nilton M. Costa

**Figura 23.** *Chrysopa* sp. (bicho-lixeiro), inimigo natural de cochonilhas. a) vista dorsal; b) vista ventral.

## Referências

AGROFIT – SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 21 mar. 2014.

BENASSI, V. L. R. M.; CARVALHO, C. H. S. Preferência de ataque a frutos de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* pela broca-do-café (*Hypothenemus hampei* Ferrari, 1867 Coleoptera, Scolytidae). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 69, n. 1, p. 102, 1994.

BERGAMIN, J. Contribuição para o conhecimento da biologia da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Col. Ipidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 14, p. 31-72, 1943.

BORROR, D. J.; DELONG, D. M. **Introdução ao estudo dos insetos**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1988. 653 p.

CAMARGO, R. de; TELLES JÚNIOR, A. Q. **O café no Brasil: sua aclimação e industrialização**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1953. v. 2. 720 p.

CARVALHO, R. S. **Controle integrado da Ortézia em pomares e hortos comerciais**. Crua das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006. 6p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 82).

COSTA, J. N. M.; RIBEIRO, P. A.; SILVA, R. B. da; TREVISAN, O.; SANTOS, J. C. F. Incidência do bicho-mineiro *Perileuoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) em café Conilon no Estado de Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2002, Vitória. **Resumos...** Brasília: Embrapa Café, 2001. p.134

COSTA, J. N. M.; SILVA, D. A.; TREVISAN, O.; GAMA, F. C. **Inseticidas químicos e biológicos testados para o controle da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari, 1867) em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2003. 4 p. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 235).

COSTA, J. N. M.; TEIXEIRA, C. A. D., GARCIA A.; SOUZA, M. S. de; GAMA, F. de C. **Eficiência de acaricidas no controle do ácaro-vermelho em café Conilon**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2003. 4 p. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 270).

COSTA, J. N. M.; TEIXEIRA, C. A. D.; RIBEIRO, P. de A.; SILVA, R. B da; SILVA, D.A. da. **Flutuação da infestação da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari) em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2002. 11 p. (Embrapa Rondônia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 11).



CROCOMO, W. B. **Aspectos binômios e danos de *Eacles imperialis magnifica* Walker, 1856 (Lepidoptera: Atacidae) em cafeeiro.** 1977. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

DELABIE, J. H. C. Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 4, p. 501-516. 2001.

FERREIRA, A. J.; MATIELLO, J. B.; PAULINI, A. E.; D'ANTONIO, A. M. Correlação entre níveis de ataque de ácaro vermelho – *Olygonychus ilicis* (Mc Gregor, 1919) e produção de cafeeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 9., 1981, São Lorenço, MG. **Resumos**. Rio de Janeiro: IBC-GERCA, 1981. p. 230-231.

FORNAZIER J. M.; FANTON J.; BENASSI, V. L. M. R.; MARTINS; D. dos S. Pragas do café Conilon. In: FERRÃO R. G.; FONSECA A. F. A. da; BRAGANÇA S. M.; FERRÃO, M.A.G., DE MUNER, L. H. (Ed.) **Café Conilon**. Vitória: INCAPER, 2007. p. 405-449.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C. de, BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GONÇALVES, C. R. Procedimento da *Praelongorthezia* na Baixada Fluminense e o seu combate racional. **Boletim de Campo**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 166, p. 12-16. 1963.

GONÇALVES, C. R.; CASSINO, P. C. R. O problema da *Praelongorthezia praelonga* na citricultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE CITRICULTURA, 5., 1978, Rio de Janeiro. **Anais...** [Rio de Janeiro]: [s. n.], 1978. 5 p.

GRAVENA, S. Estratégias de manejo integrado do bicho-mineiro, *Perileuoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 8., 1980, Campos do Jordão. **Resumos...** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1980. p. 118-120.

GRAVENA, S. Manejo ecológico da cochonilha-branca dos citros, com ênfase no controle biológico pela joaninha *Cryptolaemus montrouzieri*. **Revista Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, n. 1, p. 71-82. 2003.

GUHARAY, J.; MONTERREY, J. Manejo ecologico de la broca del cafeto (*Hypothenemus hampei*) em America Central. **Manejo Integrado de Plagas**, Managua, n. 22, p. i-viii, set. 1997.

LAURENTINO, E.; COSTA, J. N. M. Descrição e caracterização biológica da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari 1867) no Estado de Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. 21 p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 90).

MATIELLO, J. B. **Café Conilon: Como plantar, tratar, colher, preparar e vender.** Rio de Janeiro: MM Produções Gráficas, 1998. 162 p.

MORAES, J. C. **Pragas do cafeeiro: importância e métodos alternativos de controle.** Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 1998. 74 p.

NAKANO, O. Estudo da cochonilha da raiz do cafeeiro, *Dysmicoccus cryptus* (Hempel, 1919) comb. n. (Homoptera: Pseudococcidae). 1972. 130p. Tese (Livro Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434 p.

PARRA, J. R. P.; BATISTA, G. C. de ZUCCHI, R. A. Pragas do cafeeiro. In: **CURSO de entomologia aplicada à agricultura**. Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 355-386.

PAULINI, A. E.; D'ANTONIO, A. M.; PAULA, V. de. Efeito do ataque do ácaro vermelho – *Olygonychus* (O.) *ilicis* (Mc Gregor, 1919) na produção de cafeeiros: *Coffea arabica* cv catuaí e *Coffea canephora* cv conilon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 9., 1981, São Lorenço, MG. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC-GERCA, 1981. p. 65-68.

PAULINI, A. E.; MATIELLO, J. B.; PAULINO, A. J. Oxicleto de cobre como fator de aumento da população do bicho-mineiro do café (*perileuoptera coffeella* – Guer. Mên., 1842). In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE PESQUISAS CAFEEIRAS, 4., 1976, Caxambu. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1976. p. 48-49.

PRATES, H. S. Piolho branco, a praga dos citros. **Agroquímica**, São Paulo: Ciba-Geigy, n. 12, p. 11-13. 1980.

REIMER, N. J.; BEARDSLEY, J. W. Epizootic of white halo fungus, *Verticillium lecanii* (Zimmerman), and effectiveness of insecticides on *Coccus viridis* (Green) (Homoptera: Coccidae) on coffee at Kona, Hawaii. **Proceedings of the Hawaiian Entomological Society**, Honolulu, v. 31, p. 73-82. 1992.

REIS, P. R. Ácaro-vermelho. **Cultivar**, Pelotas, v. 7, n. 72, p. 14-17. 2005.

REIS, P. R.; ALVES, E. B.; SOUSA, E. O. Biologia do ácaro vermelho do cafeeiro *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 21, n. 3, p.260-266, 1997.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C. de. Manejo integrado do bicho-mineiro *Perileucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) e seu reflexo na produção de café. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 25, p. 77-78, 1996.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C. de. Pragas do cafeeiro. In: RENA, A.B; MALAVOLTA, E; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro**: Fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 323-378.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C. de; LIMA, J. O. G. de; MELO, L. A. da S. Controle químico do "bicho-mineiro" das folhas do cafeeiro, *Perileucoptera coffeella* (Lepidoptera – Lyonetiidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE PESQUISAS CAFEIRAS, 4., 1976, Caxambu. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1976. p. 238-239.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C. Manejo integrado do bicho-mineiro das folhas do cafeeiro e seu reflexo na produção de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 20., 1994, Guarapari. **Resumos...** Guarapari: MAA/PROCAFÉ, 1994. p. 3-24.

RODRIGUES FILHO, I. L.; LIMA, A. F.; CASSINO, P. C. R. Aspectos morfológicos e bionômicos do macho de *Praelongorthezia praelonga* Douglas, 1891 (Hom., Orteziiidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 6., 1980, Campinas, SP. **Resumos...** Campinas: SBE /CATI, 1980. 380 p. p. 220.

SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; SOUZA, B.; PRADO, E.; SOUZA, J. C. de; FORNAZIER, M. J. **Cochonilhas-farinhas em cafeeiros**: reconhecimento e controle. Lavras, MG: EPAMIG, 2005. 4 p. (EPAMIG, Circular Técnica, 189).

SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; SOUZA, J. C. de; REIS, P. R. **Novas constatações da cochonilha-da-raiz *Dysmicoccus cryptus* em lavouras de café no Sul de Minas, em Minas Gerais**. Lavras, MG: EPAMIG, 2000. 2 p. (EPAMIG. Circular Técnica, 130).

SILVA, A. G. A; GONÇALVES, C. R.; GALVÃO, D. M.; GONÇALVES, A. J. L.; GOMES, J.; SILVA, M. N.; SIMONI, L. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil**: seus parasitas e predadores. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1968. 1 t.

SILVA, L. M. S.; GRAVENA, S. *Salpingogaster conopida* (Phillpi., 1865) (Diptera, Syrphidae) novo predador de *Praelongorthezia praelonga* Douglas, 1891 (Hom., Ortheiidae). **Anais da Estação Experimental de Boquim**, Aracaju, p. 121-123. 1981.

SOUZA, J. C de; RIBEIRO, J. A. **Cochonilha-da-raiz**: cafeicultor conheça e saiba como controlar esta praga com inseticidas neonicotinóides. Lavras, MG: EPAMIG, 2003. 4 p. (EPAMIG, Circular Técnica, 162).

SOUZA, J. C. de.; REIS, P. R. **Broca-do-café**: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos, monitoramento e controle. 2. ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 1997. 40 p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 50).

SOUZA, J. C. de.; REIS, P. R. RIGITANO, RENÉ, L. de O. **Bicho-mineiro do cafeeiro**: biologia, danos e manejo integrado. 2. ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 1998. 48 p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 54).

SOUZA, J. C. de; REIS, P. R.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; DAUM, S.; SOUZA, M. de A. **Cochonilha-da-raiz do cafeeiro**: aspectos biológicos, dano e controle. Lavras, MG: EPAMIG, 2001. 4 p. (EPAMIG, Circular Técnica, 136).

SOUZA, J. C. de; SILVA, R. A.; REIS, P.R.; ALEXANDRE JÚNIOR, W. R.; MESQUITA, D. N. Eficiência do inseticida Chlorantraniliprole aplicado em misturas com os inseticidas Thiamethoxam e Abamectina em pulverização, no controle da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (FERRARI, 1867) (COLEOPTERA: SCOLYTIDAE). In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2009. 1 CD-ROM.

SUPLICY FILHO, N.; SAMPAIO, A. S.; MYAZAKI, I. Considerações sobre o coccídeo *Praelongorthezia praelonga* Douglas, 1981, importante praga da citricultura brasileira. **O biológico**, São Paulo, v. 49, n. 1, p. 19-24. 1983.

TEIXEIRA, C. A. D.; COSTA, J. N. M. Ocorrência e nível populacional de cochonilhas (Hemiptera) no *Coffea Canephora* Pierre ex Froehner em Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2005. 4 p. 1 CD-ROM.

TERÁN, J. B. Suplemento a la lista preliminar de dipteros parasiticos de Venezuela. Maracay, Universidad Central de Venezuela. **Revista de Facultad de Agronomía**, Maracay, v. 9, n. 2, p. 123-136, 1974.

THOMAZIELLO, R. A.; OLIVEIRA, E. G. de; TOLEDO FILHO, J. A. de; COSTA, T. E. da. **Cultura do café**. Campinas: CATI, 1999. 69 p. (CATI. Boletim técnico 193).



TREVISAN, O.; COSTA, J. N. M.; AVILÉS, D. P. **Lagarta dos cafezais**: o caso de Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. 4 p. (Embrapa Rondônia. Circular Técnica, 68).

VALENTINI, W. J.; SETTEN, M. L.; NAKANO, O.; COSTA, J. D. da. Efeito de piretroides e do cobre sobre a população dos ácaros em cafeeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 8., 1980, Campos do Jordão, SP. **Resumos...** Campos do Jordão, SP: Instituto Brasileiro do Café, 1980. p. 257-258.

WHITFIELD, J. B.; CAMERON, S. A.; RAMIREZ, S. R.; ROESCH, K.; MESSINGER, S.; TAYLOR, O. M.; COLE, D. Review of the *Apanteles* species (Hymenoptera: Braconidae) attacking Lepidoptera in *Bombus* (*Fervidobombus*) (Hymenoptera: Apidae) colonies in the New World, with description of a new species from South America. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 94, n. 6, p. 857-857, 2001.

WILLIAMS, D. J.; WILLINK, M. C. G. de. **Mealybugs of Central and South America**. Wallingford: CAB International, 1992. 635 p.



## Capítulo 13

---

# Doenças do cafeeiro

*José Roberto Vieira Júnior*  
*Cléberon de Freitas Fernandes*





## Introdução

**P**or se tratar de cultura perene, produtiva e rentável, a cultura do cafeeiro está amplamente cultivada no país. Atrrelada a essa abrangência de cultivo, está a ocorrência de diversas doenças, que se encontram distribuídas nas regiões produtoras. Muitas dessas doenças têm potencial destrutivo suficiente para inviabilizar, ao menos economicamente, o cultivo do cafeeiro.

Do ponto de vista edafoclimático, o ambiente amazônico constitui-se um enorme desafio aos agricultores que desejam cultivar o cafeeiro, uma vez que este ambiente difere-se significativamente das demais regiões onde o cultivo inicialmente foi estabelecido, como os estados do Sul e Sudeste do Brasil. No que tange ao manejo de doenças, este desafio é ainda maior, pois as condições climáticas da região são, na maior parte do ano, extremamente favoráveis à ocorrência, disseminação e sobrevivência dos patógenos. Entretanto, no nível atual do estudo fitossanitário da cultura do café, diferentemente do que ocorre em *Coffea arabica*, onde há uma vasta literatura a respeito dos aspectos epidemiológicos e de manejo, as referências sobre estudos destas doenças em *Coffea canephora* ainda são escassas, especialmente no ambiente amazônico. Muitas das práticas de manejo, recomendadas nas regiões tradicionais, têm se mostrado ineficientes quando aplicadas em cultivos de cafeeiros na Amazônia.

Há nessa região dois períodos definidos, que sofrem pequenas alterações em seu início e fim, que podem ser definidos da seguinte maneira: de meados de setembro a meados de maio predomina o que é conhecido como “inverno amazônico” onde as temperaturas mínimas e máximas variam entre 22 °C e 28 °C (médias) e 90% da chuva do ano ocorre, com precipitações que variam conforme a classificação de Köppen entre Aw e Am, entre 2.000 mm e 2.200 mm, respectivamente. A umidade relativa do ar nesse período é superior aos 70%. De meados de maio a meados de setembro ocorre o chamado “verão amazônico”, período do ano em que a umidade do ar é baixa (variando entre 22% e 55%), com temperaturas acima dos 30 °C (média) e quando praticamente não há precipitações pluviométricas.

Nessas condições, doenças que nas regiões tradicionais não são problema para os agricultores, tornam-se severas, se não manejadas adequadamente, como o caso da queima-do-fio ou koleroga. E outras, que são problema nas regiões tradicionais, tornam-se ainda mais difíceis de manejar, dada à inconstância climática e à proximidade de ambientes naturais, os quais precisam de cuidados especiais, no quesito uso de agroquímicos, como a ferrugem, a cercosporiose e a seca de ponteiros. Porém, doenças como a requeima, a mancha-de-*Ascochyta* e a mancha-aureolada, até o presente não foram relatadas nos cafezais introduzidos em Rondônia. As épocas de ocorrência das principais doenças do cafeeiro em função do período chuvoso e do estágio fenológico das plantas de cafeeiro são apresentadas na Tabela 1.

Neste capítulo serão abordadas as principais doenças do cafeeiro na Amazônia, especialmente as que ocorrem no Estado de Rondônia, principal produtor de café da região Norte do Brasil. Estas serão abordadas em dois grupos: doenças de origem biótica em parte aérea e doenças de origem biótica em colo e raízes.

**Tabela 1.** Período de predominância das principais doenças do cafeeiro em Rondônia em função da ocorrência de chuvas e do estágio fenológico da cultura.

Doenças	Fases fenológicas <sup>(1)</sup>										
	Florescimento			Formação dos frutos					Maturação e colheita		
	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio
	Período chuvoso										
Ferrugem	Cinza-claro			Cinza-escuro					Preto		
Cercosporiose	Cinza-claro			Cinza-escuro					Preto		
Seca-dos-ponteiros	Cinza-claro			Cinza-escuro					Preto		
Koleroga	Cinza-claro			Cinza-escuro					Preto		
Fusariose	Cinza-claro			Cinza-escuro					Preto		
Mancha-manteigosa	Cinza-claro			Cinza-escuro					Preto		
Mancha-de-corynespora	Cinza-claro			Cinza-escuro					Preto		
Roseliniose <sup>(2)</sup>	Cinza-claro			Cinza-escuro					Preto		
Nematoides	Cinza-claro			Cinza-escuro					Preto		

<sup>(1)</sup> Refere-se a cafeeiros 'Conilon' de ciclo médio de maturação.

<sup>(2)</sup> A roseliniose pode atacar o cafeeiro em fase de frutificação até quatro anos de idade.

Legenda: Cinza-claro: baixa incidência; cinza-escuro: incidência média; preto: incidência elevada.

## Principais doenças de origem bióticas em parte aérea

### Ferrugem do cafeeiro

Descrita inicialmente no Ceilão em 1868, a ferrugem-alaranjada-do-cafeeiro, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk et Br. foi relatada pela primeira vez no Brasil em 1970 na Bahia e em seguida em diversas áreas produtoras da região Sudeste, notadamente em Minas Gerais e Espírito Santo (KIMATI et al., 1995; VENTURA et al., 2007). Em Rondônia a doença foi descrita pela primeira vez em 1976 em lavouras de *Coffea arabica* no município de Cacoal (VENEZIANO, 1999).

Atualmente já foram relatadas mais de 45 raças do patógeno no mundo (VÁRZEA; MARQUES, 2005). Entre estas, a raça II predomina nos cafezais brasileiros e em nível mundial (ZAMBOLIM et al., 2009). Dentro do gênero *Coffea*, especialmente em *C. canephora* são observadas diferentes reações à patogenicidade, de modo que é possível observar a campo variedades altamente suscetíveis até aquelas resistentes. Atualmente, alguns trabalhos têm demonstrado que apenas as raças I, II e XV foram relatadas em *C. canephora* (CHAVES; PEREIRA, 1980; SILVA, 2000; CAPUCHO et al., 2013). A maior ou menor severidade da doença está relacionada ao desequilíbrio nutricional das plantas, nível de resistência genética, condições climáticas que sejam favoráveis à ocorrência da doença, tipo de espaçamento adotado e sistema de cultivo (pleno sol ou sombreado) entre outros fatores (VENTURA et al., 2007; VIEIRA JÚNIOR et al., 2008a).

### Etiologia

*Hemileia vastatrix* é um fungo parasita obrigatório, Classe Basidiomycotina, da Ordem Uredinales e Família Chaconiaceae, cujo ciclo de vida é autóctico, ou seja, desenvolve-se somente em cafeeiro, tendo como fases principais conhecidas, Urédia (mais comumente observada a campo), Télia e Basidial, não tendo sido observadas até o presente, as fases pícnio e écio, bem como não se compreende até o presente, a função da fase

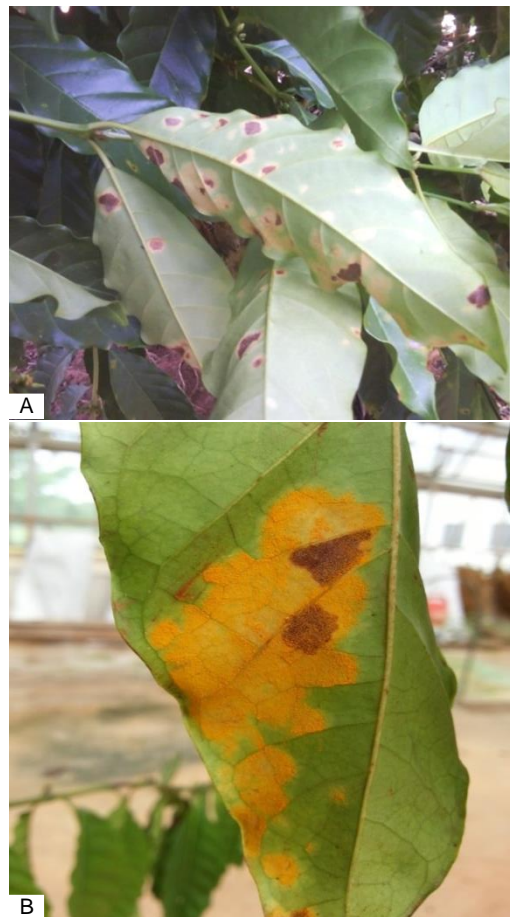
basidial no ciclo do patógeno (AGRIOS, 2005; ZAMBOLIM et al., 1997; ZAMBOLIM et al., 2009). Conseqüentemente, aspectos cruciais do ciclo de vida do patógeno permaneciam indeterminados, especialmente no que tange a emergência de novos patótipos ou raças e a quebra de resistência das cultivares lançadas num curto espaço de tempo. Entretanto, em estudos recentes, Carvalho et al. (2011) demonstraram que o fenômeno da reprodução sexual ocorre de forma discreta dentro dos urediniósporos, fenômeno este denominado de criptosexualidade. Foi observado que o fenômeno de meiose ocorre dentro dos urediniósporos aumentando consideravelmente a plasticidade genética do patógeno e, conseqüentemente, favorecendo a quebra da resistência dos hospedeiros.

### Sintomatologia

Esta é uma doença foliar que apresenta em seu estágio inicial manchas cloróticas translúcidas com 0,1-0,3 cm de diâmetro, observadas na face inferior do limbo foliar. Em poucos dias as manchas crescem, atingindo 1 cm a 2 cm de diâmetro. Na face inferior, desenvolvem-se massas pulverulentas de coloração amarelo-laranja formadas por uredósporos do patógeno que, quando coalescem, podem cobrir grande extensão do limbo (VIEIRA JÚNIOR et al., 2008a) (Figura 1A e B). Eventualmente, quando a incidência e severidade da doença são elevadas e não há controle, pode ocorrer intensa desfolha das plantas, acentuando o depauperamento da planta (VIEIRA JUNIOR; FERNANDES, 2010).

### Aspectos epidemiológicos

No campo a doença inicia-se quando uredósporos levados pelo vento atingem a face inferior das folhas, germinam, emitindo de um a três tubos germinativos e penetram na folha, via estômatos. No ponto de penetração surgem os chamados peg's de penetração após a formação de apressórios na extremidade da hifa. A partir daí o fungo infecta primeiramente a câmara subestomática e, em seguida avança para os tecidos do parênquima e lá produz micélio e haustórios que irão drenar nutrientes das células adjacentes. Em condições controladas (21,6 °C a 23,6 °C, 90% UR e 12 horas de fotoperíodo), após 30 dias surgem os primeiros sintomas da doença, com leve perda da coloração verde dos tecidos e, sobre estes, surgem uredósporos, emergindo da câmara subestomatal (ZAMBOLIM et al., 1997; AGRIOS, 2005; SANTANA et al., 2011; CAPUCHO et al., 2013).

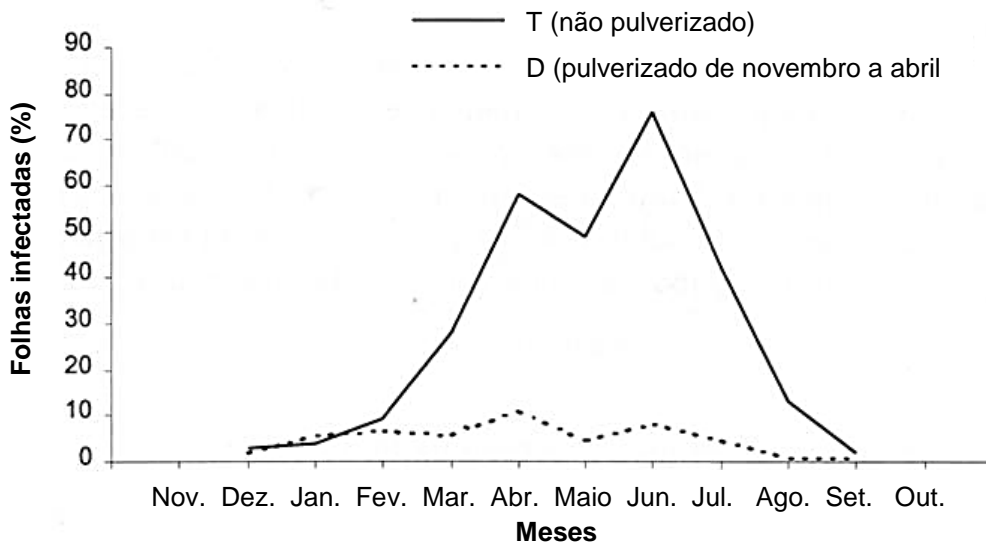


Fotos: José Roberto Vieira Júnior

**Figura 1.** Sintomas de ferrugem em café canéfora. A) Folhas apresentando sintomas em campo; B) Folha apresentando lesão e esporos de *Hemileia vastatrix*.

Em campo o período latente pode variar com a idade das folhas (ESKES, 1982), as condições climáticas, nutrição e microclima (em função de espaçamento, umidade relativa nas entrelinhas e molhamento foliar) e pode variar entre 28 e 45 dias (SANTOS, 2012). Em Rondônia, o maior período latente da doença foi observado nos períodos de janeiro e fevereiro, quando a temperatura média variou entre 25 e 28° C e foi sucedida por dias de chuva com intervalos de 48 horas de estiagem, mas dentro da copa o molhamento foliar foi mantido. Adicionalmente a doença manifesta-se mais intensamente nos anos de alta carga pendente, atingindo severidade superiores a 20% em clones suscetíveis, quando não controlada ou em ambientes com baixa incidência de luz solar e com umidade relativa elevada (SANTOS, 2012).

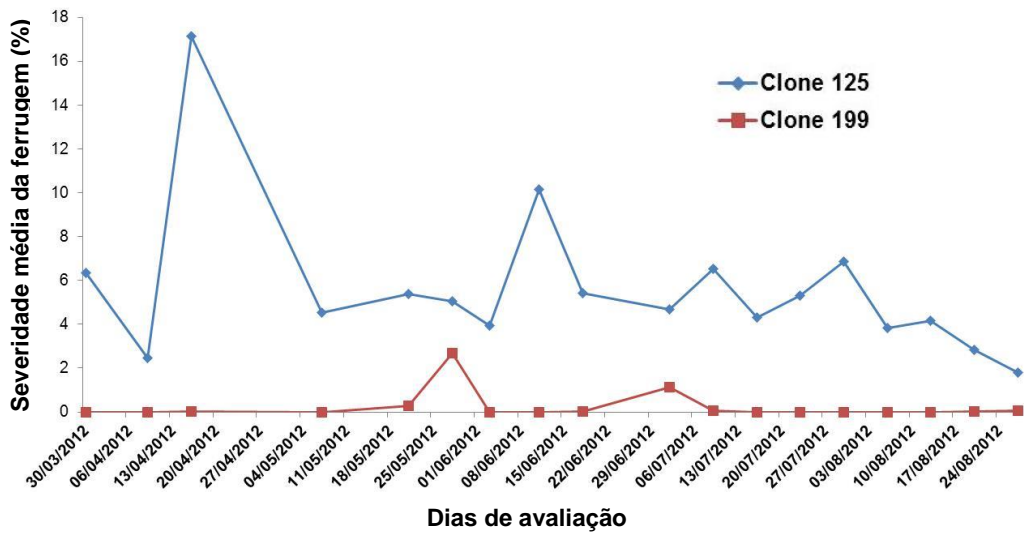
Em Rondônia a doença comumente se manifesta nos meses de novembro a setembro, tendo picos de severidade que ocorrem de março a julho (VENEZIANO, 1999; VIEIRA JÚNIOR et al., 2008a; SANTOS, 2012) (Figuras 2 e 3). Os maiores danos são observados a partir de maio, quando a doença acelera a queda de folhas das plantas, especialmente os clones suscetíveis (SANTOS, 2012). Paralelamente, em cultivos sombreados, a doença pode se manter com severidade elevada o ano todo (Figura 4).



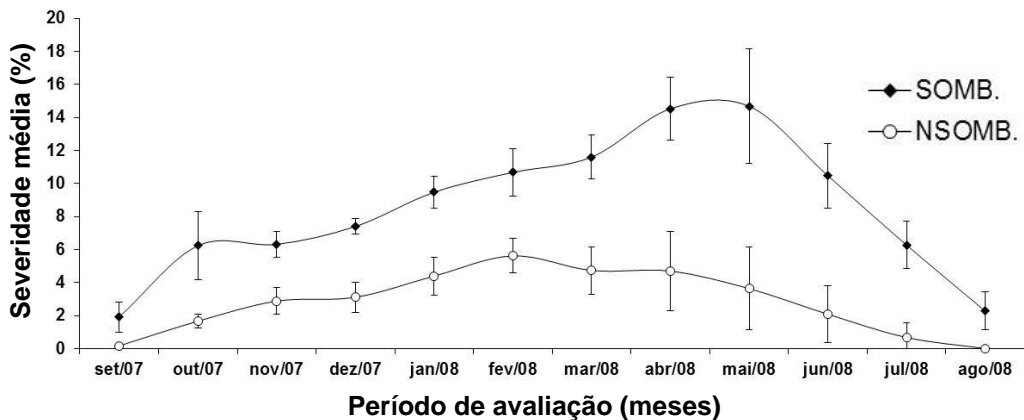
**Figura 2.** Evolução da ferrugem do cafeeiro durante o ciclo da cultura em 76/77, em Cacoal, RO.  
Fonte: adaptado de Veneziano (1999).

### Controle da ferrugem

Pulverizações com fungicidas cúpricos representam um dos métodos de controle mais tradicionais contra a ferrugem do cafeeiro (OLIVEIRA et al., 2002). Os cúpricos além de apresentarem elevada eficiência, também contra outras doenças, mostram efeito nutricional favorável ao desenvolvimento do cafezal (ALMEIDA; MATIELLO, 1999; ZAMBOLIM; VALE, 2000). Veneziano (1999), buscando minimizar os efeitos da ferrugem alaranjada em cafezais localizados no Município de Cacoal, RO, desenvolveu um modelo de manejo da doença propondo que as pulverizações com fungicidas à base de cobre fossem iniciadas em novembro quando a produtividade esperada da cultura para o ano seguinte fosse alta e, em dezembro, quando a produtividade esperada fosse baixa. Em ambos os casos, as pulverizações deveriam ser realizadas até abril.



**Figura 3.** Curva de progresso da ferrugem em clones resistentes (clone 199) e suscetível (clone 125) de cafeeiro da variedade 'BRS Ouro Preto', em Porto Velho, RO, safra 2011/2012.  
Fonte: adaptado de Santos (2012).



**Figura 4.** Curva de progresso da ferrugem do cafeeiro em condições de cultivo sombreado e não sombreado no Município de Ouro Preto do Oeste, RO, na safra 2007/2008.  
Fonte: adaptado de Vieira Júnior et al. (2008).

Entretanto, cabe ressaltar que este método, chamado calendário fixo, onera significativamente o produtor, uma vez que a pulverização é feita, havendo ou não patógeno no campo capaz de promover epidemia. Uma alternativa a esse método é o monitoramento da doença durante o ciclo da cultura. O monitoramento da incidência da ferrugem permite a elaboração de um programa de controle eficiente. Desta forma, é recomendado ao produtor fazer o acompanhamento da evolução da doença no cafezal. Para isto, a lavoura de café deve ser dividida em talhões, de maneira uniforme, coletando-se de cinco a dez folhas por planta, do seu terço médio, entre o terceiro e quarto par de folhas do ramo. Ao final conta-se o número de folhas com lesões esporulantes de ferrugem e aplica-se na fórmula abaixo para calcular o percentual de incidência da doença:



$$\% \text{ de incidência} = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de folhas com ferrugem}}{\text{N}^\circ \text{ de folhas}} \times 100$$

Ao fim da quantificação, se a incidência de folhas com ferrugem for superior a 3%, mas inferior a 5%, deve-se iniciar as pulverizações com fungicidas à base de cobre, tomando-se os cuidados necessários quanto à ocorrência de chuvas após as pulverizações. Se a incidência for superior a 5%, recomenda-se a utilização de fungicidas sistêmicos (Tabela 2) (VENTURA et al., 2007; VIEIRA JÚNIOR; FERNANDES, 2009).

A busca pela redução do uso de agroquímicos deve nortear todo e qualquer programa de manejo de doenças do cafeeiro. Este sem dúvida é um dos grandes desafios da agricultura sustentável e é uma das premissas dos programas de manejo integrado de doenças, que buscam agregar outras medidas de controle que possam complementar ou substituir o uso de fungicidas. E isso pode permitir um equilíbrio do ecossistema e, dessa maneira, produzir com qualidade e responsabilidade, visando questões de grande importância, como o bem-estar social e ecológico (MÁXIMO, 2008).

Dentre as medidas de manejo mais adotadas encontram-se aquelas que fazem uso da resistência genética para reduzir os parâmetros epidemiológicos da doença, como inóculo inicial, taxa de progresso, infectividade e número de pústulas por folhas.

No Brasil, diversos são os estudos com a resistência genética de cafeeiros à ferrugem. No que tange *Coffea canephora*, estes estudos iniciaram-se no IAC e, posteriormente, na UFV e no Incaper (VENTURA et al., 2007).

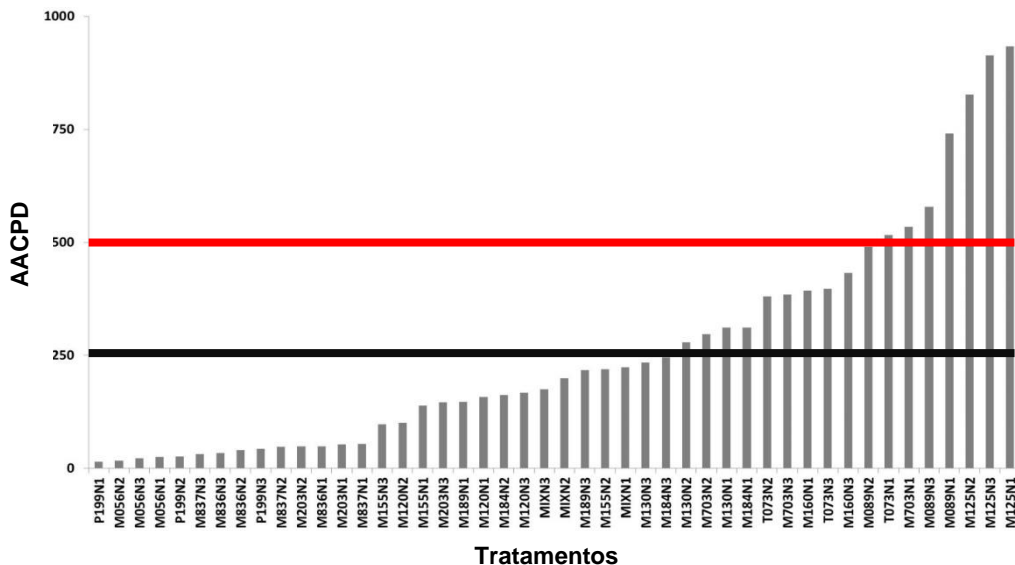
Em Rondônia, os estudos para a seleção de materiais promissores, com maturação uniforme, produtivos e resistentes às principais doenças do cafeeiro, iniciaram-se na década de 1970 (MARCOLAN et al., 2009). Mais recentemente, trabalhos têm sido realizados no intuito de identificar acessos de *C. canephora* resistentes à ferrugem, presentes no banco de germoplasma da Embrapa Rondônia. Em estudo relacionando-se níveis de adubação e clones pertencentes ao Programa de Melhoramento de Café da Embrapa Rondônia, Santos (2012) observou que os clones T-073, M-703, M-089, M-125 foram considerados extremamente suscetíveis e os clones P-199, M-056, M-836, M-837, M-203, M-155, M-120 e M-189 foram considerados resistentes à doença. Neste experimento não se adotou qualquer medida de controle químico, tendo sido observado intensa desfolha das plantas das cultivares M-089 e M-125, cujas máximas severidades superaram 20% e a incidência de folhas doentes foi maior que 80%, no período de fevereiro de 2012 (Figura 5).

Em ensaio complementar Freire (2013) observou que houve correlação entre o aumento da atividade enzimática (peroxidase) em plantas resistentes (P-199 e M-836), quando comparadas à atividade da mesma enzima nos clones M-089 e M-125 (caracterizados previamente como sendo suscetíveis), indicando que pode haver algum mecanismo de defesa bioquímico pós-formado envolvido no controle da doença. Entretanto, estudos adicionais estão sendo desenvolvidos para confirmar os resultados.

Apesar do uso de variedades resistentes ser uma estratégia interessante na maioria dos patossistemas, essa estratégia de manejo precisa ser adotada com cautela, a fim de evitar a chamada “quebra de resistência” da variedade pelo patógeno. No patossistema *Coffea* spp. x *Hemileia vastatrix* essa preocupação deve ser redobrada, haja vista que apesar de tratar-se de uma estratégia interessante, por ser de baixo custo e elevada facilidade de adoção, conforme descrito anteriormente, a variabilidade fisiológica do patógeno é alta e isso pode acelerar a suplantação da resistência das variedades (VAN DER VOSSSEN,



2005). Assim a estratégia mais adequada seria a utilização de multilinhas ou multiclonos, garantindo diversidade genética para ser adotado um programa de manejo integrado no qual a resistência genética inerente dos cafeeiros teria menor chance de ser suplantada.



**Figura 5.** Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), em 15 clones de cafeeiro canéfora, em três níveis de adubação (N1, N2 e N3). Linha preta: clones abaixo são considerados resistentes à ferrugem; linha vermelha: clones acima são considerados suscetíveis à ferrugem.

Fonte: adaptado de Santos (2012).

## Mancha-de-olho-pardo ou Cercosporiose

### Etiologia e importância econômica

O agente causal da Cercosporiose é o fungo *Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke, pertencente à ordem Moniliales e família Dematiaceae, produzindo seus esporos (conídios hialinos, do tipo septado) em estruturas conhecidas como esporóquios, localizadas no centro das lesões nas folhas.

A mancha-de-olho-pardo é uma das doenças mais antigas a atacar os cafezais brasileiros. Sua ocorrência é ampla no Brasil, especialmente em mudas e, também, associada a lavouras mal manejadas (VIEIRA JÚNIOR; FERNANDES, 2010). A doença é severa em viveiros, podendo causar desfolha completa das mudas. Este problema tem sido observado com frequência em viveiros comerciais de Rondônia, especialmente os que não realizam manejo adequado das mudas. Desta forma, as mudas se tornam raquíticas e não se desenvolvem (VIEIRA JÚNIOR; FERNANDES, 2010). No campo a ocorrência da doença tem sido associada a algumas situações: a) em cafezais onde não se faz ou se faz precariamente calagem e adubação; b) onde há a aplicação intensiva de fungicidas/inseticidas sistêmicos via solo; c) em lavouras que recebem o sol da tarde diretamente; d) em lavouras que são plantadas em solos arenosos.

### Sintomatologia

O cafeeiro pode ser infectado em qualquer uma das fases do seu desenvolvimento (ZAMBOLIM et al., 1997). Em geral, o sintoma mais típico é o surgimento nas folhas de



lesões circulares com bordas irregulares dependendo do genótipo, de cor variando do pardo-claro passando ao marrom-claro até o marrom-escuro (Figura 6). O centro dessas lesões apresenta a cor clara-acinzentada, envolto por um anel de cor arroxeadada, dando a impressão de se tratar de um olho. Nessa região central, notam-se pontuações escuras, que se constituem das estruturas do fungo.

Em mudas malformadas ou que apresentam deficiências nutricionais, apenas uma lesão pode ser suficiente para derrubar a folha. Entretanto, é comum observar folhas com quatro ou mais lesões em viveiros (Figura 7).

A doença pode atingir também os frutos. Os ataques mais frequentes ocorrem quando estes estão próximos à maturação. Na parte exposta ao sol, observam-se lesões escuras e deprimidas (Figura 8A e B).



Foto: José Roberto Vieira Júnior

**Figura 6.** Folha de café canéfora apresentando sintomas de cercosporiose ou mancha de olho-pardo a campo.



Foto: José Roberto Vieira Júnior

**Figura 7.** Mudas de café canéfora com sintomas de cercosporiose ou mancha-de-olho-pardo em viveiro.

### Aspectos epidemiológicos

A doença é favorecida principalmente pela ocorrência de umidade elevada e temperaturas entre 25 °C e 30 °C. Plantas que apresentam deficiências nutricionais são mais susceptíveis ao ataque do patógeno, em áreas sombreadas na parte da manhã e excessivamente ensolaradas na parte da tarde. Ventura (1995) em ensaios relacionando a severidade da doença e adubação nitrogenada demonstrou que plantas com deficiência de nitrogênio apresentaram maior severidade da doença.



**Figura 8.** Sintomas de Cercosporiose em frutos de café canéfora. (A) em roseta. (B) em fruto.

Em Rondônia a doença foi avaliada em clones da variedade BRS Ouro Preto, em função de três níveis de adubação. Observou-se que a doença se manifestou mais intensamente nos níveis de adubação menores especialmente nos clones que foram mais suscetíveis à ferrugem (SANTOS, 2012).

### Controle da Cercosporiose

O controle da doença deve ser iniciado no viveiro, por meio do controle de irrigação, evitando o molhamento excessivo das plantas. Usar substratos com adequado teor de nutrientes, com uma relação areia-argila proporcional.

Aplicar preventivamente fungicidas e atentar durante o processo de aclimação das mudas, evitando que sofram insolação. A aplicação de fungicidas deve ser intensificada durante o processo de aclimação. Utilizar fungicidas à base de cobre como preventivos à ocorrência da doença no viveiro. Em campo, a pulverização pode ser feita preventivamente, no período de chuvas, com caldas fungicidas como a calda-viçosa. Pode-se adotar estratégia de misturas de fungicidas protetores e sistêmicos para combater concomitantemente a cercosporiose e a ferrugem. As indicações de fungicidas para o controle da cercosporiose encontram-se na Tabela 2.

## Seca-de-ponteiros

### Importância da doença

Dentre as doenças que atacam o café a seca-de-ponteiros constitui, em alguns países, um grave problema trazendo sérios prejuízos à cultura. É uma doença de ocorrência generalizada em praticamente todas as regiões produtoras de café do Brasil, sendo também chamada de “die back”. Em algumas regiões ocorre uma enorme variação de intensidade dos danos por ela provocados. Em Rondônia a doença tem sido relatada em cafezais adultos, com mais de quatro anos, normalmente entre outubro e maio, sendo que entre janeiro e março a ocorrência da doença é mais frequente (MARCOLAN et al., 2009; VIEIRA JÚNIOR; FERNANDES, 2010).



Esta doença afeta todas as espécies de cafeeiro, mas a suscetibilidade é maior em *Coffea arabica* e *C. canephora*. Entre as espécies é possível encontrar uma grande diferença varietal quanto à suscetibilidade a esse patógeno (ZAMBOLIM et al., 1997).

### Agente causal

Nesse aspecto existem duas correntes que divergem sobre a etiologia da doença. A primeira considera que existe um complexo grupo de fatores que atuam predispondo a planta ao estresse e que este leva ao surgimento dos sintomas da doença. Entre os fatores citados, os mais comuns são elevada carga pendente de frutos, deficiência nutricional, impedimentos físicos e químicos no solo, podas e desbrotas mal feitas. Ademais, esta corrente afirma que os postulados de Koch não foram finalizados, não sendo possível provar a origem biótica da doença. A segunda corrente acredita que a doença é causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Penz. (Melanconiales: Glomerellaceae), e que pode atacar o cafeeiro em qualquer fase de seu desenvolvimento, uma vez que o fungo é um invasor oportunista de material vegetal morto ou danificado.

O patógeno atinge as proporções mais graves em condições de alta umidade e temperatura, tendo como um ótimo de temperatura de 25 °C a 29 °C. A germinação dos esporos, infecção e produção de conídios requerem umidade relativa de aproximadamente 100%. No entanto, a expressão da doença pode ocorrer em situações de seca (ARGENTINA, 2013).

### Sintomatologia

Nas folhas, a seca de ponteiros apresenta-se como manchas irregulares, necróticas, acinzentadas, situadas próximas às margens. Quando do ataque em folhas novas dos extremos dos ramos, causa a queda das folhas e a morte descendente dos ramos. A lesão progride em direção ao tecido vascular, começando uma murcha repentina e colapso do ramo. Após 74 a 96 horas, ocorre a morte do ponteiro (Figura 9).



Foto: João Maria Diocleciano

Figura 9. Sintomas da seca de ponteiros em café canéfora.

A ação do patógeno é favorecida por chuva leve e orvalho abundante. Geralmente toma oito internódios sobre os quais o fungo forma acérvulos que em condições favoráveis liberam conídios em massa típica de coloração rósea pálida. Posteriormente as formas saprofíticas formam peritécios do estágio teleomórfico do fungo *Glomerela cingulata*. É comum se isolar das lesões o patógeno, entretanto, ao se promover a inoculação em tecidos saudáveis, não se observam os sintomas. Desta maneira ainda é controversa a afirmação que se trata de um fitopatógeno da cultura.

### Medidas de controle

Medidas de controle para a seca de ponteiros envolvendo práticas culturais, como por exemplo, utilização de quebra-ventos (evitar espécies arbóreas concorrentes em água e nutrientes com o cafeeiro e plantas que sejam potenciais hospedeiras para nematoides e pragas); adubação equilibrada; execução de capina, para eliminar plantas daninhas

suscetíveis a doença e antecipação da colheita em novos cafeeiros são recomendadas (ZAMBOLIM et al., 2009; VIEIRA JÚNIOR; FERNANDES, 2010).

O controle químico pode ser feito por meio de pulverizações com oxiclreto de cobre com 50% de cobre metálico, usando-se de 1.000 a 2.000 litros por hectare. Utilizam-se também os fungicidas chlorotalonil ou do grupo dos triazóis.

## Mancha-manteigosa

### Etiologia e importância da doença

Até recentemente, acreditava-se que a mancha-manteigosa tratava-se de uma doença de origem abiótica ou viral. Porém, de acordo com Zambolim et al. (2009) a etiologia da doença foi confirmada por meio dos postulados de Koch, nos quais se identificou o agente causal *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Penz. (Melanconiales: Glomerellaceae), sendo capaz de causar a doença em café arábica e canéfora.

A doença é importante em cafezais das variedades 'Conilon' e 'Robusta', aonde chega a atacar de 10% a 15% das lavouras. Ocorre em menor escala em híbridos arábica x canéfora, tipo 'Icatu' e mais raramente em cafeeiros arábica. A mancha-manteigosa vem ganhando importância no Estado, sendo encontrada na maioria dos polos cafeeiros. O patógeno pode ser encontrado como saprófita sobre o cafeeiro, porém, sob condições favoráveis de temperatura e umidade, invade a planta e inicia o processo de colonização (MARCOLAN et al., 2009; ZAMBOLIM et al., 2009).

### Sintomatologia

Os sintomas da doença podem iniciar pelas folhas e ramos, porém ocorrem, sobretudo, nas folhas, onde aparecem inicialmente manchas arredondadas de coloração verde-clara, com aspecto oleoso e bem distribuídas por todo o limbo foliar (Figura 10).

Em estágio avançado, as manchas apresentam centros necróticos, que se juntam e, às vezes, ocupam grande parte das folhas, causando a queda prematura das mesmas e a seca dos respectivos ramos. As lesões medem de 2 mm a 10 mm de diâmetro. O ataque é mais intenso nas folhas e ramos jovens durante o período chuvoso, quando ocorre intensa brotação, porém pode ocorrer o ano todo. Os cafeeiros atacados apresentam desfolhas e seca progressiva dos ramos, no sentido do ápice para base. Em casos extremos pode levar a planta à morte (VENTURA et al., 2007). Quando o ataque ocorre prematuramente nos frutos, na fase de chumbinho é comum a queda acentuada dos mesmos, reduzindo a produção (PARADELA FILHO et al., 2001) (Figura 11).



Foto: José Roberto Vieira Júnior

**Figura 10.** Folha de café canéfora apresentando sintomas de mancha manteigosa.



## Aspectos epidemiológicos

Em Rondônia a doença tem sido relatada durante todo o ano, porém mais frequentemente observada no período chuvoso. Em períodos em que a umidade relativa se mantém elevada (entre sete e dez dias) a ocorrência da doença é mais frequente, por causa da disseminação do patógeno (PARADELA FILHO et al., 2001). De acordo com Vargas e Gonzales (1972) a doença também pode ocorrer em condições de déficit hídrico durante o verão amazônico, quando os sintomas são confundidos com a seca-dos-ponteiros. Segundo Juliati e Silva (2001) a ocorrência da doença em cafeeiro pode ser mais frequente em cultivos em que ocorre deficiência nutricional. Entretanto, dados sobre os fatores que favorecem a ocorrência desta doença e sua severidade em *C. canephora* inexistem.



Foto: José Roberto Vieira Júnior

Figura 11. Frutos de café canéfora apresentando sintomas de mancha manteigosa.

## Medidas de controle

Práticas culturais como calagem e adubação adequadas e uso de proteção do tipo quebra-ventos são medidas recomendáveis. O controle químico da doença não é medida essencial e pode ser feito segundo as mesmas recomendações para o controle da ferrugem e seca-dos-ponteiros, quando da necessidade do controle das mesmas (MARCOLAN et al., 2009). Deve-se evitar a retirada de estacas de plantas com os sintomas da doença e adquirir mudas sadias de viveiristas credenciados. Preferencialmente, as plantas com sintomas da doença devem ser erradicadas (VENTURA et al., 2007, VIEIRA JÚNIOR; FERNANDES, 2010).

## Queima-do-fio ou Koleroga

### Importância da doença

Dentre as doenças que são tipicamente relacionadas à região Amazônica, a queima-do-fio é o exemplo mais palpável. Até recentemente, a doença era considerada de pouca importância e de controle simples, sendo sua ocorrência mais comumente associada a cultivares da espécie *C. arabica*, embora também já tenha sido relatada em *C. canephora* (MARCOLAN et al., 2009). Entretanto, em função dos novos tipos de cultivo introduzidos, como em consórcios com espécies nativas e em plantios adensados para sistemas mecanizados de cultivo a doença pode se tornar mais importante, uma vez que nessas condições, ocorre com maior severidade, dada as condições favoráveis para a sobrevivência e disseminação do patógeno.

### Etiologia

Segundo Souza et al. (2009b) a etiologia do causador da queima-do-fio era contestada já há algum tempo. Até recentemente, o fitopatógeno era caracterizado como *Pelicularia koleroga*, mas as descrições morfológicas do fungo eram escassas e inexatas. Recentemente a doença passou por reclassificação e o fungo foi identificado como

*Ceratobasidium noxium* (Donk) P. Roberts. O gênero *Ceratobasidium* é um Basidiomiceto que tem como fase anamórfica espécies binucleadas de *Rhizoctonia* (SNEH et al., 1996). A doença já foi descrita ocorrendo em cafeeiro no Acre, Amazonas, Pará e em Rondônia (GASPAROTTO; SILVA, 1999; CAVALCANTE; SALES, 2001; MARCOLAN et al., 2009).

### Sintomatologia

A infecção ocorre na parte inferior dos ramos e avança da base até a extremidade dos mesmos, formando fios ou cordões finos de cor branco pálida, com aspecto esbranquiçado a prateado quando visto à luz solar direta. Estes fios ramificam-se pelas folhas, podendo cobri-las totalmente, formando uma película branca e semitransparente que se escurece com o tempo, geralmente ocorrendo na face inferior da folha (Figura 12). As folhas tornam-se escuras, secam e ficam penduradas no ramo por cordões miceliais (Figura 13) (MARCOLAN et al., 2009; VIEIRA JÚNIOR; FERNANDES, 2010).



Foto: José Roberto Vieira Júnior

**Figura 12.** Presença de cordão micelial de *Ceratobasidium noxium* aderido à face inferior de folhas de café canéfora.

### Aspectos epidemiológicos

A queima do fio tem sido associada a regiões de elevada precipitação como as florestas tropicais e se desenvolve normalmente durante a estação chuvosa (CAVALCANTE; SALES, 2001).

A doença também é favorecida por sistemas de plantios adensados e ou sombreados, que mantêm a umidade relativa elevada dentro das linhas (MARCOLAN et al., 2009). A ocorrência de plantas daninhas, como a jurubeba, também, favorece a manutenção da doença na lavoura, uma vez que este patógeno apresenta um elevado número de hospedeiros alternativos, notadamente alguns de origem amazônica, como a pimenta-longa, a seringueira e o cacaueteiro, estes últimos já utilizados em sistemas de cultivo consorciado com cafeeiro em Rondônia (LOURD; ALVEZ, 1987; GASPAROTTO; SILVA, 1999; VIEIRA JÚNIOR et al., 2008).



Foto: José Roberto Vieira Júnior

**Figura 13.** Sintomas de queima-do-fio em café canéfora. Folhas mortas aderidas, micélio cobrindo a face inferior da folha e ramos.

### Medidas de controle

Por se tratar de uma doença que é favorecida pela umidade, a recomendação mais prática para o controle da queima-do-fio é o aumento da aeração dentro da lavoura, por meio da poda de ramos doentes e plantio em espaçamentos menos adensados. Paralelamente, eliminar espécies daninhas nas entrelinhas de plantio, diminuindo assim o inóculo presente na área.



Se necessário, o controle químico pode ser adotado, fazendo-se uso de fungicidas à base de cobre, preventivamente em regiões propensas ao surgimento da doença, como plantios próximos a matas. As aplicações devem ser feitas em intervalos curtos, respeitando-se a carência mínima do produto utilizado.

## Mancha-de-*Corynespora*

### Agente causal e importância

De acordo com Farr et al. (2009), o fungo *Corynespora cassiicola* (Berk. & Curtis) Wei já foi relatado em mais de 300 culturas, provocando danos em folhas, ramos frutos e sementes. Algumas dessas culturas têm ocorrência ampla na região Amazônica, tanto espécies nativas como cacauieiro, quanto espécies exóticas, como soja, tomateiro e mamoeiro (SILVA et al., 1998; POLTRONIERI et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2007).

Em cafeeiro a doença foi descrita pela primeira vez por Souza et al. (2009a) na safra de 2007/2008 em plantas de *Coffea canephora* do grupo 'Conilon', variedade clonal 'Vitória' – Clone CV3 no Município de Castelo, ES. Até o presente não se determinou os efeitos da doença sobre a produtividade nem sobre a qualidade dos frutos atacados (ZAMBOLIM et al., 2009; SOUZA et al., 2009a).

### Sintomatologia

Os sintomas da mancha-de-*corynespora* são caracterizados pelo surgimento de manchas pequenas e circulares na superfície das folhas. Estas podem aumentar e tomar um formato irregular. As manchas necróticas são circundadas por um halo clorótico. Em situações de ataque intenso a folha pode ficar encarquilhada (Figura 14). Em casos menos severos da doença, esta pode ser confundida com a cercosporiose, cujas lesões têm aspecto parecido à exceção do encarquilhamento das folhas (Figura 15).



Foto: José Roberto Vieira Júnior

**Figura 14.** Sintomas de mancha-de-*Corynespora cassiicola* em café canéfora.



Foto: José Roberto Vieira Júnior

**Figura 15.** Diferenciação de sintomas de mancha-de-*corynespora* (A) e de Cercosporiose (B) em café canéfora.



As plantas atacadas apresentam desfolha prematura (Figura 16). Em frutos, a doença inicia-se como pequenas lesões de cor marrom-escura, como pequenos pontos. Estes tendem a se desenvolver, podendo causar rachaduras na casca dos frutos (Figura 17).

### Aspectos epidemiológicos

De acordo com Melo e Reis (2010), o fungo *C. cassiicola* é favorecido por temperaturas entre 20 °C e 32 °C e longos períodos (entre 16 e 44 horas) de alta umidade relativa do ar. A doença é favorecida em regiões chuvosas sem ocorrência de períodos secos prolongados (BLAZQUEZ, 1991), bem como plantios adensados e pouco ventilados. Porém, considerando que esta é uma doença de ocorrência recente, dados sobre os fatores que favorecem a epidemia ainda são limitados para *C. canephora*.

A disseminação do fungo é favorecida pelo vento e via sementes infectadas. O fungo pode sobreviver em restos culturais, sementes contaminadas e em hospedeiros alternativos (CUTRIM; SILVA, 2003). De acordo com Snow e Berggren (1989) é um fungo necrotrófico e cosmopolita, capaz de colonizar restos culturais de diversas espécies vegetais. O fungo se apresenta amplamente disseminado no Brasil, atacando diversas espécies hospedeiras de importância econômica (KIMATI et al., 1995). Consequentemente, a preocupação com a eliminação de plantas hospedeiras nas entrelinhas deve ser redobrada, bem como o uso de quebra-ventos.

### Medidas de controle da doença

Por se tratar de uma doença de ocorrência recente, ainda não existem produtos químicos registrados para o controle da mesma. Entretanto, segundo Zambolim et al. (2009), estudos em laboratório têm demonstrado que fungicidas protetores do grupo dos ditiocarbamatos como mancozebe e sistêmicos como o grupo dos triazois se mostraram eficientes em controlar o patógeno *in vitro*.

Outras medidas podem ser adotadas como o uso de quebra-ventos, uso de mudas certificadas e, em casos de produção de mudas via seminífera, deve-se fazer o tratamento de sementes com fungicidas.



Foto: José Roberto Vieira Júnior

**Figura 16.** Planta de café canéfora adulta apresentando sintoma de desfolha provocada pela mancha-de-*corynespora*.



Foto: José Roberto Vieira Júnior

**Figura 17.** Frutos de café canéfora apresentando sintomas de mancha-de-*corynespora*.

## Principais doenças de origem biótica de caule e raízes

### Fusariose

#### Agente causal e importância da doença

A fusariose é uma doença pouco estudada na cultura do cafeeiro. Sabe-se que tem sido importante em viveiros, onde as perdas pelo ataque das espécies de *Fusarium* (*F. solani*, *F. oxysporum*, *F. moliniforme*, *F. semitectum*, *F. equiseti*.) podem chegar a mais de 60% das mudas. O ataque ocorre principalmente nas fases de “orelha-de-onça” e “palito-de-fósforo”. No campo, a doença normalmente se manifesta em plantas com mais de 10 anos, logo após o período de poda (ZAMBOLIM et al., 1997; MARCOLAN et al., 2009).

Recentemente a doença foi encontrada em Rondônia, provocando perdas significativas em plantas jovens (um a dois anos) de plantios comerciais, com incidência de 10% a 30% em lavouras de *C. canephora* e até 100% de danos em *C. arabica*. Estas lavouras encontravam-se bem manejadas e limpas. Entretanto, o regime pluviométrico na região foi atipicamente alto no período e as plantas encontravam-se em regiões onde ocorreram acúmulo de água ou em declives. Além disso, algumas plantas apresentavam o colo enterrado.

#### Sintomatologia

Os sintomas da fusariose variam com o estágio fenológico da planta, condição nutricional e órgão atacado. Estes variam desde amarelecimento, murcha, paralisação do crescimento, morte do topo das plantas, seca de ramos, desfolha, seca prematura de frutos, etc (Figura 18) (ZAMBOLIM et al., 1997). É possível observar também o estrangulamento do ramo, que perde a casca, com exposição de lenho, que se torna marrom-escuro (Figura 19). Precede a esse sintoma, o amarelecimento rápido do topo das plantas. Em cafezais em fase de frutificação, há amarelecimento das folhas, seguida de seca gradual das mesmas e ramos (ZAMBOLIM et al., 1997).

Foto: José Roberto Vieira Júnior



**Figura 18.** Sintomas de fusariose em mudas de café canéfora com um ano e meio de idade.

Foto: José Roberto Vieira Júnior



**Figura 19.** Sintomas de escurecimento de caule de cafeeiro em campo.

Em viveiros, as mudas atacadas no estágio de “palito-de-fósforo” apresentam inicialmente, pequenas pontuações verde-escuras no caule. Estas vão aumentando e coalescem, tornam-se necróticas e deprimidas. Normalmente essas lesões aparecem próximas ao hipocótilo, quando as folhas cotiledonares ainda não se desprenderam do pergaminho que as envolve. Em ataques posteriores à fase “palito-de-fósforo”, as mudas tornam-se atrofiadas e com rachaduras longitudinais, de coloração marrom escura ao longo da rachadura (Figura 20).



Foto: José Roberto Vieira Júnior

**Figura 20.** Sintomas de anelamento de caule em mudas de café canéfora.

Nos viveiros o fungo pode surgir da fase “palito-de-fósforo” até quando as plantas apresentarem de dois a três pares de folhas definitivas. O inoculo pode vir de sementes infectadas ou de substratos retirados de áreas infestadas. No campo, tem sido possível isolar o patógeno em associação com a broca-do-café, que perfura frutos e transmite a doença. O ataque de nematoides pode ser a causa da ocorrência da doença em cafezais adultos. A sinergia de ataque dos dois patógenos pode acelerar a morte da planta (ZAMBOLIM et al., 1997; VIEIRA JÚNIOR et al., 2008c).

### Aspectos epidemiológicos

A ocorrência da doença no viveiro tem forte correlação com o tipo de solo utilizado (tratado ou não tratado) e especialmente com a utilização de estacas ou sementes infectadas com o patógeno. De acordo com Zambolim et al. (1997) diversas espécies de *Fusarium* já foram isoladas de sementes de café, coletados a campo. Consequentemente, ao se produzir a muda o patógeno encontra-se ligado aos órgãos da planta sendo favorecido por um ambiente extremamente úmido e rico em matéria orgânica pouco lignificada, o que facilita o processo de infecção nos tecidos da muda.

A maioria dos casos de ocorrência de fusariose a campo tem sido relatada em plantas jovens, com até três anos de idade. Esta ocorrência está correlacionada à produção de mudas de má qualidade. Uma vez que estas mudas são levadas a campo e transplantadas, passam por um processo de estresse natural e, neste período a planta fica mais suscetível ao patógeno, pois podem sofrer injúrias mecânicas na remoção das sacolas, ao serem pressionadas na cova de plantio e mesmo nas primeiras capinas de coroamento, quando as ferramentas ferem o sistema radicular. Estes ferimentos podem “abrir portas” para a penetração do patógeno, facilitando a infecção.

Paralelamente, a doença é favorecida por solos encharcados e especialmente se há acúmulo de solo no colo da planta, indicando que a muda foi “afogada” no plantio. Esta condição favorece ao apodrecimento de radicelas e também “abre portas” para penetração do patógeno. Nestes tecidos é comum se observar a massa de micélio que varia de branco pálido a rosado, crescendo sobre os tecidos apodrecidos.

No solo o fungo pode sobreviver por anos, utilizando-se de estruturas de resistência conhecidas como clamidósporos. Dependendo do manejo adotado a velocidade de



disseminação do patógeno pode variar. Em Rondônia, observou-se que plantios feitos dois anos após a eliminação de cafeeiros que não apresentavam a doença, apresentaram incidência de 30% de mortalidade até dois anos de idade. E mudas replantadas em covas de plantas mortas ou morrendo já apresentavam os mesmos sintomas, cerca de três meses após o replantio (Figura 21).



Foto: José Roberto Vieira Júnior

**Figura 21.** Mortalidade de mudas de café canéfora por fusariose a campo após replantio.

### **Controle da doença**

O controle da doença se dá pelo uso de mudas saudáveis, provenientes de viveiros certificados. Com essa medida, evita-se a entrada do patógeno em áreas onde a doença não ocorre. O tratamento de sementes com fungicidas protetores e sistêmicos pode ser uma alternativa, se o produtor desejar usar o seu próprio material colhido no campo para a produção de mudas. Segundo Zambolim et al. (1997), pode-se pulverizar o substrato com fungicidas antes do semeio ou transplante das mudas, com o intuito de criar uma proteção contra infestação do substrato por novas estruturas do patógeno.

Há que se ressaltar que, por ser um patógeno de solo, uma vez que o fungo infesta uma área, não é mais possível eliminá-lo. Em situações assim, recomenda-se a eliminação da planta infectada, no local da infecção, a fim de evitar a movimentação de solo e material infectado dentro da área. Deve-se proceder à queima deste material doente e o posterior enterro. O controle químico da broca-dos- frutos é uma medida que deve ser adotada.

Deve-se evitar o plantio em locais onde há indícios de encharcamento e áreas onde os outros plantios de café apresentavam mortalidade de mudas (MARCOLAN et al., 2009).

## Roseliniose

### Agente causal

Comumente observada em cafezais instalados em áreas previamente ocupadas por florestas, as quais não foram corretamente destocadas, a doença é causada pelo fungo *Rosellinia bunodes* (Berk. & Br.) Sacc., que se caracteriza pelo ataque ao sistema radicular das plantas. A doença tem sido descrita também em outras espécies de plantas consideradas agronomicamente importantes, nativas e exóticas, como cacauzeiro, seringueira e citros (KIMATI et al., 2005).

### Sintomatologia

Os sintomas iniciais são amarelecimento e murchamento das plantas, queda das folhas e morte dos ramos (Figura 22). Como descrito anteriormente, trata-se de uma doença do sistema radicular da planta, causando escurecimento das raízes e fácil desprendimento da casca (CARVALHO; CHAULFON, 2000; MARCOLAN et al., 2009; ZAMBOLIM et al., 2009). Nesta região é possível se observar estruturas esbranquiçadas, responsáveis pelo crescimento do fungo (Figura 23). Estas estruturas podem colonizar novas plantas, utilizando-se de ferimentos causados durante o manejo da cultura.



Foto: Samuel José de Magalhães Oliveira

**Figura 22.** Planta adulta de café canéfora apresentando sintomas de roseliniose.

### Aspectos epidemiológicos

A doença é comum em regiões de plantios adensados, onde anteriormente ocorria mata nativa. Na natureza o fungo é encontrado mais comumente associado à decomposição de madeira morta. Normalmente a doença ocorre em reboleiras, próximas a troncos de árvores em decomposição (VENTURA et al., 2007). Solos pesados e que apresentam camadas adensadas também favorecem a sua ocorrência (ZAMBOLIM et al., 2009). Condições de alta temperatura e umidade também podem favorecer o desenvolvimento do fungo (MARCOLAN et al., 2009).



Em Rondônia a doença tem sido descrita em lavouras velhas, na zona da mata rondoniense, geralmente associadas a plantios mal feitos, com covas rasas e estreitas e que apresentam compactação subsuperficial, levando a formação de sistema radicular pouco profundo. Normalmente as plantas amarelecem e têm queda acentuada de folhas. No período seco as plantas murcham e não se recuperam (MARCOLAN et al., 2009; VIEIRA JÚNIOR; FERNANDES, 2010).



Foto: Samuel José de Magalhães Oliveira

**Figura 23.** Sintomas de roseliniose em raízes de café canéfora.

### Controle da doença

Como não existem produtos especificamente recomendados para o controle da roseliniose, as recomendações técnicas passam pelo uso de medidas preventivas, como evitar plantar cafeeiros em áreas recém-destocadas; retirar restos de tocos, pedaços de madeira e demais detritos lignificados presentes na lavoura; deve-se eliminar as plantas doentes removendo-se inclusive o sistema radicular da planta doente ou morta; e nas reboleiras da doença aplicar cal virgem, na dose de 700g/m<sup>2</sup> (CARVALHO; CHAULFOUN, 2000; MARCOLAN et al., 2009; VIEIRA JÚNIOR; FERNANDES, 2010).

## O Nematóide-das-galhas

### O agente etiológico e sua importância

Na cultura do cafeeiro, já foram relatadas pelo menos 40 espécies, pertencentes a 31 gêneros de fitonematóides, associadas a raízes de cafeeiros no Brasil. Nesse grupo destacam-se os gêneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Xiphinema*, *Criconemela* e *Helicotylenchus* (SHARMA; SHER, 1973; FERRAZ, 1980; LORDELLO, 1984; CAMPOS, 1997). Os nematóides formadores de galhas radiculares, pertencentes ao gênero *Meloidogyne* Goeldi 1887, são o grupo de maior importância econômica na agricultura.

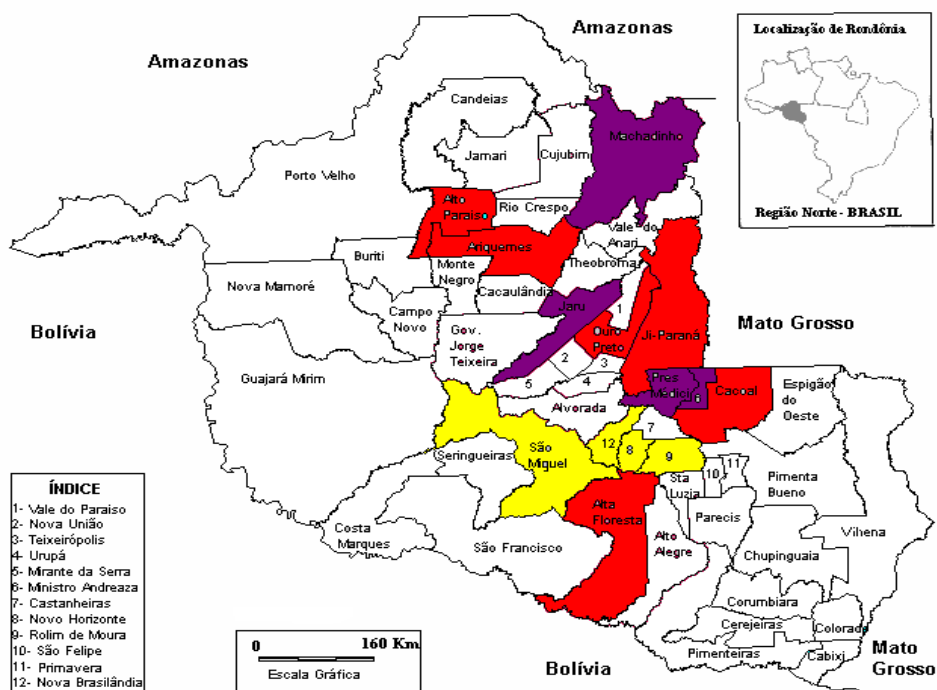
Existe um grande número de espécies de *Meloidogyne* que infectam o cafeeiro, sendo que apenas *M. exigua* Goeldi, *M. javanica* (Treub.) Chitwood, *M. hapla* Chitwood, *M. incognita* (Kofoid & White) Chitwood, *M. paranaensis* Carneiro et al. e *M. coffeicola* Lordello & Zamith já foram encontradas associadas à cultura no Brasil (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001).

Nematóides do gênero *Meloidogyne* são tidos como os mais importantes da agricultura por serem patógenos do tipo cosmopolitas, possuem ampla gama de hospedeiros e causam prejuízos da ordem de milhões de dólares anualmente no mundo (FREITAS et al., 1999). Relatos de diferentes partes do mundo têm mostrado a importância do nematóide-das-galhas na agricultura. São conhecidas mais de 500 espécies de plantas em mais de 50 famílias botânicas as quais o nematóide das galhas é capaz de causar danos (AGRIOS, 2005).

Os danos provocados pelo nematóide-das-galhas podem variar da ordem de 12% da produção, em culturas como fumo, frutíferas, plantas medicinais (FREITAS et al., 1999). Na cafeicultura, os danos provocados pelo nematóide-das-galhas têm tido destaque, pois

ocasionam redução na produção e podem levar as plantas à morte, como no caso de *M. paranaensis*, espécie descrita recentemente no Estado do Paraná (SILVA et al., 2006; SILVA et al., 2007). Em média os danos à cafeicultura provocados pelo nematoide-das-galhas variam entre 10% e 25% da produção e, levando em alguns casos, ao abandono da atividade cafeeira (KOENNING et al., 1999; GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001; CAMPOS; VILLAIN, 2005).

Em Rondônia, a ocorrência do nematoide-das-galhas tem sido mapeada demonstrando que o patógeno encontra-se com uma distribuição abrangente (Figura 24). Os estudos, embora preliminares, apontam que *M. exigua* é a espécie de maior ocorrência, mas há o risco da entrada em futuro próximo de *M. paranaensis*, pois, cada vez mais, os produtores têm buscado materiais genéticos em regiões onde este nematoide ocorre, aumentando os riscos de entrada do patógeno em suas lavouras (VIEIRA JUNIOR et al., 2008a; MARCOLAN et al., 2009).



**Figura 24.** Distribuição espacial da porcentagem de propriedades infestadas com o nematoide-das-galhas do cafeeiro por município em 2007. Amarelo: municípios com até 50% das propriedades analisadas infestadas; vermelho: municípios com até 70% das propriedades analisadas infestadas; lilás: municípios com mais de 70% das propriedades analisadas infestadas.

Fonte: adaptado de Fernandes e Guimarães (2002).

### Sintomas da doença

Com base nos sintomas do ataque do nematoide-das-galhas em plantas de cafeeiro é possível distingui-los em dois grupos principais: As espécies que causam galhas radiculares como *M. exigua* e *M. hapla*, e as espécies que provocam descascamentos, necroses, lesões e redução do sistema radicular, como *M. incognita*, *M. paranaensis* e *M. coffeicola*.

As galhas são inicialmente brancas a amarelo-amarronzadas e se tornam, com o tempo, marrom-escuras. Nas raízes velhas não se observam galhas. As mudas infectadas e os cafezais novos infestados apresentam crescimento reduzido, clorose, queda de folhas e muitas plantas não sobrevivem ao período seco (Figura 25). É comum observar em áreas infestadas a presença da doença se manifestando em reboleiras (Figura 26).



Foto: José Roberto Vieira Júnior

**Figura 25.** Raízes de café canéfora apresentando galhas radiculares de nematoide. Detalhe: presença de fêmeas adultas infectando os tecidos radiculares.



Foto: José Roberto Vieira Júnior

**Figura 26.** Plantação de café canéfora apresentando plantas jovens com sintomas de ataque do nematoide-das-galhas.



## **Medidas de controle**

Atualmente, o controle do nematoide-das-galhas tem sido feito com base em estratégias de manejo, onde se busca evitar a entrada do nematoide nas áreas de produção. Assim a prevenção tem sido uma das principais medidas. Porém, no laboratório de fitopatologia da Embrapa Rondônia, tem crescido o número de amostras de mudas de cafeeiro que chegam apresentando sintomas e sinais do nematoide nas raízes, o que certamente indica que a disseminação está ocorrendo com bastante velocidade das áreas produtoras de mudas para as áreas de plantio.

Essa situação se agrava no momento em que as mudas não passam por um processo de certificação e são comercializadas sem análise. Apesar das normas que visam coibir a comercialização de mudas de café sem a certificação, estas se tornaram o meio mais eficiente de disseminação da doença a longas distâncias (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001; VIEIRA JÚNIOR et al., 2008b; MARCOLAN et al., 2009).

Em áreas infestadas, o método mais utilizado é o plantio de variedades resistentes. O uso de rotação de culturas não tem sido recomendado em virtude da gama de hospedeiros que apresenta o nematoide (AGRIOS, 2005). Porém, o plantio da mesma variedade ao longo de anos consecutivos, pode levar à quebra da resistência por parte dos patógenos e à seleção de raças nas áreas de produção. Isto torna necessária a busca por novas fontes de resistência, bem como a caracterização das espécies de nematoides presentes nas principais áreas produtoras de café no Estado de Rondônia (VIEIRA JÚNIOR et al., 2008b).

Em se tratando de controle cultural, as medidas mais utilizadas são: rotação de culturas, uso de culturas armadilhas e adição de matéria orgânica ao solo. Para o cultivo de café a rotação de culturas é uma prática difícil, dada a perenidade da cultura e o ciclo mínimo de 10 anos para renovação da área. Em relação a plantas armadilhas, tem sido recomendado o uso de plantas como mostarda-branca, aveia, joá, crotalária e mucuna-preta, mas sua ação de controle varia em função da cultura principal, local de plantio e variedade usada (FERRAZ et al., 2010). Em relação à adição de matéria orgânica, alguns trabalhos com adição de resíduos ricos em quitina, azadiractina e glucosinolatos demonstram potencial de controle e podem ser alternativa no manejo de nematoides em café (FERRAZ et al., 2010).

No passado, o controle químico foi o principal método de controle adotado por produtores, pelo uso de nematicidas em covas de plantio ou em mudas. Entretanto, sabe-se que estes produtos além de serem tóxicos, têm sua eficiência limitada ao ponto de aplicação e a ocorrência de populações resistentes é rápida (KIMATI et al., 2005). Além disso, ao serem aplicados no solo promovem o fenômeno conhecido como “vácuo biológico”. Nessa situação, torna-se completamente estéril e pode ser reinfestado tanto pelos mesmos organismos como por outros fitopatógenos, levando ao ressurgimento da doença em níveis mais severos (KIMATI et al., 2005).

Além desses, outros métodos de controle têm sido testados, e embora ainda não estejam sendo amplamente utilizados apresentam resultados promissores, como controle biológico com bactérias de solo, biofumigantes e solarização de solo e de substratos (FERRAZ et al., 2010).

Na visão atual de manejo integrado de doenças o uso do termo “controle” vem sendo gradativamente substituído pelos termos “convivência” e “adequação de cultivo”, nos quais não se pensa mais em eliminar o patógeno e sim reduzir suas populações a níveis

abaixo dos de dano econômico. Para tanto, o emprego de diversas medidas conjuntas é o foco principal.

Entretanto, do ponto de vista de manejo do nematoide-das-galhas, poucas são as estratégias que têm sido utilizadas pelos cafeicultores brasileiros, seja pelas dificuldades técnicas de execução, pelo custo ou pela inadequação ao modelo produtivo adotado. E, além disso, observa-se que pouco se tem feito pelo uso do “manejo integrado” da doença, uma vez que as medidas propostas têm sido estanques e localizadas.

**Tabela 2.** Alguns ingredientes ativos recomendados para o controle de doenças do cafeeiro.

Ingrediente ativo	Grupo químico	Produto comercial	Fungicida (tipo)	Dose	Volume de calda (L/ha)	Doenças <sup>(a)</sup>
Oxicloreto de cobre	Inorgânico	Agrinose	Protetor	600 g/100L	700-1.000	1;2;3;5
		Cobox	Protetor	2 - 5 kg	1.000	1;3;5
		Cupravit Azul BR	Protetor	4 - 6 kg	200-300	3
		Cuprogarb 350	Protetor	6 kg	400	3
		Cupuram 500 PM	Protetor	1,5 - 2,5 kg	500-1.000	2;3
		Fungitol Azul	Protetor	3 - 4 kg	1.000	1;2;3;5
		Propose	Protetor	4 - 6 kg	1.000	2;3
		Reconil	Protetor	4 - 6 kg	500-1.000	3
		Recop	Protetor	2 - 5 kg	700 1.000	1;2;3;5
Hidróxido de cobre	Inorgânico	Contact	Protetor	2,2 - 2,5 kg	500 -1.000	2;3
		Garant	Protetor	3 - 5 kg	500 - 1.000	1;2;3;5
Oxicloreto de cobre + Mancozeb	Ditiocarbamato+ Inorgânico	Cuprozeb	Protetor	1,5- 3 kg	300 - 600	1;2;3;5
Óxido cuproso	Inorgânico	Cobre Sandox BR	Protetor	2 - 3 kg	500 - 1.000	1;2;3;5
		Red Shield	Protetor	1,2 - 2 kg	700 - 1.000	2;3
Mancozeb	Ditiocarbamato	Dithane PM	Protetor	2 - 5 kg	700 - 1.000	3
		Manzate 800	Protetor	2 - 5 kg	700 - 1.000	3
Pencicrom	FenilUréia	Monceren PM	Protetor	300g/100 kg sementes	_____	4
Quitozeno	Cloroaromático	Plantacol	Sistêmico	300g/100 kg sementes	_____	4
Clorotalonil	Isoftalonitrila	Bravonil 750 PM	Protetor	2 - 3 kg	800 - 1.000	1;5
Ciproconazol	Triazol	Alto	Sistêmico	25 kg/ha	Cova <sup>(b)</sup>	3
Azoxistrobina	Estrubilurina	Amistar	Sistêmico	100 g	300 - 400	2;3;4
Epoxiconazol	Triazol	Opus	Sistêmico	0,6 L	400 - 1.000	3
Hexaconazol	Triazol	Anvil 100 SC	Sistêmico	400 - 600 mL	300 - 400	3
Triadimenol	Triazol	Bayfidan 80 GR	Sistêmico	10 - 20 kg	Cova	3
Metconazol	Triazol	Caramba 90	Sistêmico	1,5 - 2 L	300 - 400	3
Propiconazol	Triazol	Tilt	Sistêmico	0,56 L	500	2;3
Tebuconazol	Triazol	Constant	Sistêmico	100 mL/100 L	1.000	1;2;3;5
Tiofanato-metílico	Benzimidazol	Cercobin 700 PM	Sistêmico	70 g/100 L	700 - 1.000	2
Fostiazato	Organofosforado	Cierto 100 G	Sistêmico	30 - 40 g	Por cova	6
Terbufós	Organofosforado	Counter 150 G	Sistêmico	20 g	Por cova	6
Carbofuran	Metilcarbamato	Furadan 50 G	Sistêmico	20 - 40 g	Por cova	6

Legenda: <sup>(a)</sup> Produto recomendado para as seguintes doenças: (1) Antracnose; (2) Cercosporiose; (3) Ferrugem; (4) Rhizoctoniose; (5) Mancha-manteigosa; (6) Nematóide-das-galhas. <sup>(b)</sup> Dose/cova = 25kg/nº de cova.  
Fonte: Mapa (2012).

## Referências

AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**, 5. ed. Oxford, UK: Academic Press, 2005. 922 p.

ALMEIDA, S. R.; MATIELLO, J. B. Efeito de fungicidas cúpricos e sistêmicos e sua associação para o controle de doenças (ferrugem e cercosporiose) no cafeeiro e sua ação sobre o desenvolvimento radicular e a

produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25., Franca, 1999. **Anais...** Franca: MAA/PROCAFÉ, 1999. p.19-17, 1999.

ARGENTINA. Ministério de Agricultura, Ganadería Y Pesca. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. **Sinavimo – Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas:** *Colletotrichum gloeosporioides*. Disponível em: <<http://www.sinavimo.gov.ar/plaga/colletotrichum-gloeosporioides>>. Acesso em: 06 abr. 2013.

BLAZQUEZ, C. H. Target spot. In: JONES, J. B.; JONES, J. P.; STALL, R. E.; ZITTER, T. A. **Compendium of tomato diseases**. St. Paul: APS Press, 1991. 23 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit:** Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Consulta sobre produtos fitossanitários. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Online. Acesso em 01 jul. 2012.

CAMPOS, V. P.; VILLAIN, L. Nematode parasites of coffee and cocoa. In: LUC, M., SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (Ed.). **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. Wallingford UK: CAB. Internacional, 2005. p. 529-579.

CAMPOS, V. P. Café (*Coffea arabica* L.). Controle de doenças: Doenças causadas por nematoides. In: VALE, F. X. R., ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. Viçosa, MG: UFV, 1997. v. 1, p. 141-180.

CAPUCHO A. S.; ZAMBOLIM, L.; CABRAL, P. G. C.; MACIEL-ZAMBOLIM, E.; CAIXETA, E. T. Climate favourability to leaf rust in Conilon coffee. **Australasian Plant Pathology**, Murdoch, 42, n. 5, p. 511-514, 2013.

CARVALHO, C. R.; FERNANDES, R. C.; CARVALHO, G. M. A.; BARRETO, R. W.; EVANS, H. C. Cryptosexuality and the Genetic Diversity Paradox in Coffee Rust, *Hemileia vastatrix*. **Plos One**, San Francisco, v. 6, n. 11, p. e26387, 2011.

CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M. **Doenças do Cafeeiro:** diagnose e controle. Belo Horizonte: Epamig, 2000, 44 p. (EPAMIG: Boletim Técnico, 58).

CAVALCANTE, M. de J. B.; SALES, F. de. **Ocorrência da queima-do-fio (*Pellicularia koleroga*) em cafezais em Rio Branco**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 2 p. (Embrapa Acre. Comunicado Técnico, 135).

CHAVES, G. M.; PEREIRA, A. A. Identificação de raças fisiológicas de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. In: EPAMIG. **Resumos de trabalhos realizados pelo Sistema Estadual de Pesquisas Agropecuárias**. Belo Horizonte: Epamig, p. 170-74, 1980.

CUTRIM, F. A.; SILVA, G. S. Patogenicidade de *Corynespora cassicola* a diferentes espécies de plantas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 193-194, 2003.

ESKES, A. B.; TOMA-BRAGHINI, M. The effect of leaf age on incomplete resistance of coffee to *Hemileia vastatrix*. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, Wageningen, v. 88, p. 219-230, 1982.

FARR, D. F.; ROSSMAN, A. Y.; PALM, M. E.; MCCRAY, E. B. **Fungal databases. Systematic Botany & Mycology Laboratory**. ARS, USDA. Disponível em: <<http://nt.arsgrin.gov/fungalDATABASES/>>. Acesso em: 01 abr. 2009.

FERRAZ, S. Reconhecimento das espécies de fitonematóides presentes nos solos do Estado de Minas Gerais. **Experientiae**, Viçosa, MG, v. 26, n. 11, p. 255-328, nov. 1980.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G. F.; LOPES, E. A.; ARIEIRA, C. R. D. **Manejo sustentável de fitonematóides**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 306 p.

FREIRE, T. C. **Avaliação da atividade peroxidásica em cafeeiro conilon como indicador de resposta de defesa contra a ferrugem comum**. 2013. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdades Integradas Aparício de Carvalho, Porto Velho.

FREITAS, L. G.; OLIVEIRA, R. D. L.; FERRAZ, S. **Introdução à nematologia:** cadernos didáticos. Viçosa, MG: UFV, 1999. 84 p.

FERNANDES, L. C.; GUIMARÃES, S. C. P. (Coord.). **Atlas geoambiental de Rondônia**. 2. ed. Porto Velho, RO: Sedam, 2002. 141 p.

GASPAROTTO, L.; SILVA, S. E. L. New hosts of *Pellicularia koleroga* in the State of Amazonas, Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 469, 1999.

GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M. B. Nematoides parasitos do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.) **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa, MG: UFV, 2001. p. 199-267.



JULIATI, F. C.; SILVA, S. A. Antracnose: *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. e outras espécies In: JULIATTI, F. C.; SILVA, S. de A. **Manejo integrado de doenças na cafeicultura do cerrado**. Uberlândia: UFU, 2001. p. 37-50.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. 3. ed. Piracicaba: Ceres, 1997. Volume 2, 512 p.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. 4. ed. Piracicaba: Ceres, 2005. Volume 2, 663 p.

KOENNING, S. R.; OVERSTREET, C.; NOLING, J. W.; DONALD, P. A.; BECKER, J. O.; FORTNUM, B. A. Survey of crop losses in response to phytoparasitic nematodes in the United States for 1994. **Journal of Nematology**, St. Paul, v. 31, n. 4S, p. 587-618, 1999.

LORDELLO, L. G. E. **Nematóides das plantas cultivadas**. 8 ed. São Paulo: Nobel, 1984. 314 p.

LOURD, M.; ALVES, B. L. M. Lista de hospedeiro e etiologia da queima-do-fio das plantas frutíferas na região Amazônica. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.12, p. 88-89, 1987.

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

MÁXIMO, G. B. **Manejo alternativo das principais doenças e marcha de absorção dos nutrientes em *Coffea arabica* L.** 2008. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Cafeicultura) – Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, Muzambinho.

MELO, M. M.; REIS, E. M. Patogenicidade de *Corynespora cassiicola* em soja, limiares térmicos e temperatura ótima para a germinação de conídios em meio de cultura. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 36, n. 3, p. 254-256, 2010.

OLIVEIRA, R. R.; VIDA, J.B.; TESSMANN, D. J.; AGUIAR, B. M., CAIXETA, M. P.; BARBOZA, A. L. Patogenicidade de isolados de *Corynespora cassiicola* a diferentes espécies de plantas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 3, p. 297-299, 2007.

OLIVEIRA, S. H. F.; SANTOS, J. M. F.; GUZZO, S. D. Efeito da chuva sobre a tenacidade e eficiência de fungicidas cúpricos associados ao óleo vegetal no controle da ferrugem do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 6, p. 581-585, 2002.

PARADELA FILHO, O.; PARADELA, A. L.; THOMAZIELLO R. A.; RIBEIRO, I. J. A.; SUGIMORI, M. H.; FAZUOLLI, L. C. **O complexo *Colletotrichum* do cafeeiro**. Campinas: IAC, 2001. (Boletim Técnico IAC, 191).

POLTRONIERI, L. S.; DUARTE, M. L. R.; ALFENAS, A. C.; TRINDADE, D. R.; ALBUQUERQUE, F. C. Three new pathogens infecting antilles cherry in the state of Pará. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 424-426, 2003.

SANTANA, L. S.; TEIXEIRA, A. L.; VIEIRA JUNIOR, J. R.; FERNANDES, C. de F.; MINOSSO, S. C. C.; ALMEIDA, U. O. de; VENTURA, F. A.; SILVA, D. S. G. da. Avaliação da resistência à ferrugem do cafeeiro em genótipos de *Coffea canephora* utilizando discos foliares. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO À PESQUISA DA EMBRAPA RONDÔNIA, 2., 2011, Porto Velho. **Anais...** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2011. 70p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 146). p. 44.

SANTOS, L. A. **Avaliação da severidade da ferrugem em cafeeiros conilon (*Hemileia vastatrix*), submetidos a diferentes níveis de NPK**. 2012. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdades Integradas Aparício de Carvalho, Porto Velho.

SHARMA, R. D.; SHER, S. A. Nematodes associated with coffee in Bahia, Brazil. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 40, p. 131-135, 1973.

SILVA, D. G. **Levantamento de raças fisiológicas de *Hemileia vastatrix* e resistência de clones de *Coffea canephora* var. Conilon à ferrugem**. 2000. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, R. V.; OLIVEIRA, R. D. L.; PEREIRA, A. A.; SÊNI, D.J. Respostas de genótipos de *Coffea* spp. a diferentes populações de *M. exigua*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 205-212. 2007.

SILVA, R. V. da; OLIVEIRA, R. D'ARC de L.; PEREIRA, A. A.; JESUS, D. S. de. Otimização da produção de inóculo de *Meloidogyne exigua* em mudas de cafeeiro. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 30, n. 3, 229-238, 2006.

- SILVA, W. P. K.; DEVERALL, B. J.; LYON, B. R. Molecular, physiological and pathological characterization of *Corynespora* leaf spot fungi from rubber plantations in Sri Lanka. **Plant Pathology**, Dordrecht, v. 47, n. 3, p. 267-277, 1998.
- SNEH, B.; JABAJI-HARE, S.; NEATE, S.; DIJST, G. **Rhizoctonia species**: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control. Dordrecht: Kluwer Academic, 1996. 578 p.
- SNOW, J. P.; BERGGREN JUNIOR, G.T. Target spot. In: SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. 3.ed. St. Paul: APS Press, 1989. p. 27-28.
- SOUZA, A. F.; COSTA, H.; ZAMBOLIM, L.; MENDES, C.; FREITAS, R. L.; ZAMBOLIM, E. M.; JESUS JUNIOR, W. C.; PEREIRA, O. L. First report of *Corynespora cassicola* causing leaf and berry spots on *Coffea canephora* in Brazil. **Australasian Plant Diseases Notes**, Glen Osmond, v. 4, n. 1, p. 72-74, 2009a.
- SOUZA, E. C.; BASSETO, M. A.; BOLIANI, A. C.; TAKADA, H. M.; CERESINI, P. C. Cross pathogenicity of *Ceratobasidium* spp. from kaki (*Diospyros kaki*) and tea (*Camellia sinensis*) and reaction of kaki varieties to the pathogen. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 35, n. 1, p. 09-14, 2009b.
- VAN DER VOSSSEN, H. A. M. State-of-the-art of developing durable resistance to biotrophic pathogens in crop plants, such as coffee leaf rust. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Ed.). **Durable resistance to coffee leaf rust**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. p. 1-29.
- VARGAS, E.; GONZALES, L. C. La mancha mantecosa del café causada por *Colletotrichum gloeosporioides* spp. **Turrialba**, San José, v. 22, n. 2, p. 129-135, Apr./June 1972.
- VÁRZEA, V. M. P.; MARQUES, D. V. Population variability of *Hemileia vastatrix* vs. coffee durable resistance. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Ed.). **Durable resistance to coffee leaf rust**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. p. 53-74.
- VENEZIANO, W. **Controle da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) no Estado de Rondônia**. Porto Velho: Embrapa-CPAF-RO, 1999. 8 p. il. (Embrapa-CPAF-RO. Recomendações técnicas, n. 12).
- VENTURA, J. A.; COSTA, H.; SANTANA, E. N.; MARTINS, M. V. V. Diagnóstico e manejo das doenças do cafeeiro conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. (Ed.). **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007. 702 p.
- VENTURA, J.A. Doenças In: COSTA, E.B. (Coord.). **Manual Técnico para o cultivo do café no Espírito Santo**. Vitória: SEAG-ES, 1995. p. 82-89.
- VIEIRA JUNIOR, J. R.; FERNANDES, C. de F. **Ferrugem do cafeeiro**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2009. Folder.
- VIEIRA JÚNIOR, J. R.; FERNANDES, C. de F.; RAMALHO, A. R.; MARCOLAN, A. L.; FERNANDES NETO, A.; DIOCLECIANO, J. M.; FERRO, G. de O.; GUEDES, M. L. O.; REIS, N. D.; SILVA, D. G. da. **Levantamento da ocorrência de populações do nematoide das galhas do cafeeiro (*Meloidogyne* sp.) em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2008a. 5 p. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 332).
- VIEIRA JÚNIOR, J. R.; FERNANDES, C. de F.; RODRIGUES, V. G. S.; BENTES-GAMA, M. de M.; SILVA, D.S.G. da; FERNANDES, S. R.; DIOCLECIANO, J. M. **Avaliação da severidade ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em cafeeiros (*Coffea canephora*) cultivados em condições de sombreamento**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2008b. 5 p. (Embrapa Rondônia. Circular Técnica, 103).
- VIEIRA JUNIOR, J. R.; FERNANDES, C. de F.; SILVA, D. S. G. da. **Doenças do cafeeiro**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2010. Folder.
- ZAMBOLIM, L., VALE, F. X. R., PEREIRA, A. A., CHAVES, G. M., 1997. Café (*Coffea arabica* L.), controle de doenças. In: VALE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. Viçosa, MG: UFV, 1997. Vol. 1, p. 83-140.
- ZAMBOLIM, L.; SOBREIRA, D. G.; SOUZA, A. F.; COSTA, H. Manejo integrado de doenças do conilon (*Coffea canephora*). In: Zambolim, L. (Ed.). **Tecnologias para produção do café conilon**. Viçosa, MG: UFV, 2009. 360 p.
- ZAMBOLIM, L.; VALE, F.X.R. Perdas na produtividade e qualidade do cafeeiro causadas por doenças bióticas e abióticas. In: ZAMBOLIM, L. **Café: Produtividade, Qualidade e Sustentabilidade**. Viçosa, MG: UFV, 2000. p. 239-261.



Capítulo 14

---

# Irrigação em cafeeiros

*Denis Cesar Cararo*  
*Antônio Ferreira de Souza Dias*







## Introdução

**T**ecnologia reconhecida como instrumento passível de uso pelo produtor para aumentos substanciais em produtividade de grãos, a irrigação, ocupa mais de 10% (230 mil hectares) da cafeicultura brasileira e corresponde a aproximadamente 17% da área cafeeira rondoniense (ROSA NETO, 2012).

Este percentual é verificado como irrigação suplementar, pois apesar da elevada precipitação anual de até 2.500 mm sob a influência de um clima equatorial, em certas regiões do Norte do Brasil, há meses com precipitações inferiores a 20 mm.

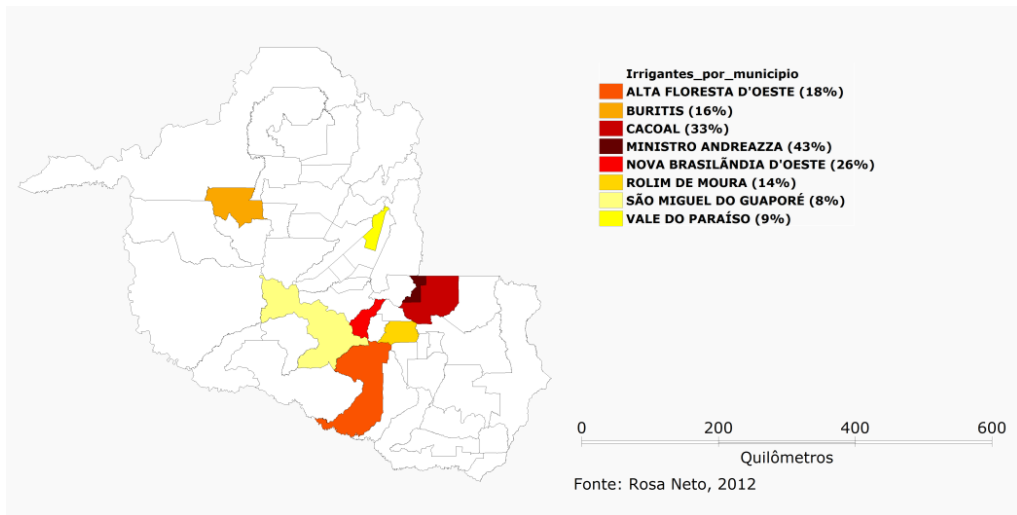
A experiência e as informações técnicas mostram que é possível se obter acima de 100 sc ha<sup>-1</sup> em média, de vários anos. Mas, uma tecnologia não deve ser responsabilizada isoladamente pelo resultado positivo de um cultivo devendo-se priorizar a escolha da área, a escolha da variedade e de mudas, o preparo do solo, o espaçamento de cultivo, a adoção de podas adequadas, o uso de calagem e adubação, o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, e as boas práticas durante colheita e beneficiamento, de modo a obter boa produtividade, qualidade de grãos e de bebida, e sustentabilidade. A irrigação é parte do sistema de produção que ocasiona incrementos expressivos na cafeicultura.

A tecnologia da irrigação para o cultivo de café tem sido gerada em regiões produtoras tais como os estados do Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo, e no Cerrado Brasileiro. Na Amazônia, em especial no Estado de Rondônia, apesar da introdução da cafeicultura ter acontecido há vários anos, existem poucas informações em artigos técnicos e científicos aplicadas à condição estadual. Dados de demanda hídrica, coeficientes de cultivo, lâminas e períodos de irrigação, uniformidade de florada e maturação, entre outros, úteis ao dimensionamento, ao manejo e à avaliação dos sistemas de irrigação, ainda necessitam de maiores estudos.

Considerando a importância da cafeicultura estadual em relação às demais Unidades da Federação, e as pesquisas, adaptações e validações com irrigação para esta cultura ainda serem incipientes, procura-se dirimir algumas informações úteis de localidades que contenham dados disponíveis, os quais serão atualizados ao momento em que se obtiverem resultados estaduais específicos.

Áreas com *Coffea canephora* estão presentes na maioria dos municípios em Rondônia. Desses, segundo o levantamento de Rosa Neto (2012), podem se destacar por terem sistemas irrigados os seguintes: Cacoal, São Miguel do Guaporé, Nova Brasilândia d'Oeste, Buritit, Alta Floresta d'Oeste, Ministro Andreazza, Rolim de Moura, Vale do Paraíso (Figura 1). Segundo esse mesmo levantamento, em Alvorada d'Oeste, Ouro Preto do Oeste e Theobroma também há sistemas, contudo o percentual de irrigantes nestes municípios não é expressivo."

Atualmente, por diversas razões, incluindo a não aplicação integrada das tecnologias no sistema de produção, a produtividade de café rondoniense ainda permanece baixa, ou seja, 17 sc ha<sup>-1</sup> pelos dados da Companhia Nacional de Abastecimento, safra agrícola cafeeira de 2014 (CONAB, 2015).



**Figura 1.** Percentual de produtores com cafeeiro irrigado em relação ao município no Estado de Rondônia.

O uso correto da irrigação reflete em aumento de produtividade, qualidade de bebida e lucratividade. Para isto ser possível, é necessário considerar os custos de aquisição, operação e manutenção, o levantamento topográfico da área, quantidade de água disponível, qualidade da água, análise física do solo, avaliação do clima local, a correta seleção do sistema, a quantificação da necessidade hídrica do cafeeiro para projeto, o dimensionamento agrônomico e hidráulico, a obtenção do equipamento, a montagem, o manejo racional da irrigação, o funcionamento do sistema de irrigação, e a avaliação da uniformidade de distribuição de água. Em alguns casos associam-se a automação e a fertirrigação.

## Necessidade hídrica do cafeeiro

O suprimento de água à cultura do café está relacionado a fatores climatológicos, pedológicos, fisiológicos e de interferência humana pelas práticas agrícolas. A quantidade de água demandada será definida a partir de uma combinação destes fatores.

As características climáticas que influenciam a necessidade hídrica do cafeeiro são: temperatura do ar, chuva, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade e direção do vento. Quanto ao solo são: textura, estrutura, profundidade, capacidade de retenção de água e taxa de infiltração da água. Quanto à planta, suas fases fenológicas e sua idade, bem como sua tolerância ao déficit hídrico. Em relação ao manejo cultural, práticas como a poda, a colheita, a implantação de quebra-ventos pela arborização ao redor da área irrigada e a manutenção de cobertura morta nas entrelinhas de plantas de café, também ocasionam demandas diferenciadas de água pela cultura.

O clima em Rondônia, o qual possui altitude média inferior a 500 m, possui temperatura mínima entre 19,3 °C e 21,9 °C, temperatura máxima entre 29 °C e 31,8 °C, temperatura média anual entre 23,2 °C e 26 °C, pluviometria entre 1.340 mm ano<sup>-1</sup> e 2.340 mm ano<sup>-1</sup>.

Essas características, juntamente a outros fatores, permitem o cultivo predominante de café canéfora. Em grande parte do ano as precipitações excedem a evapotranspiração, permanecendo reservas hídricas no solo para o desenvolvimento das plantas, mas a existência de défices hídricos durante a floração, as chuvas alternadas a períodos secos, e a demanda evapotranspiométrica e temperatura do ar relativamente elevadas, não permitem que a cultura alcance seu potencial produtivo, caso não exista alguma tecnologia que permita a manutenção hídrica adequada às plantas. Isso também se refere àquelas obtidas a partir de clones contendo sistema radicular superficial.

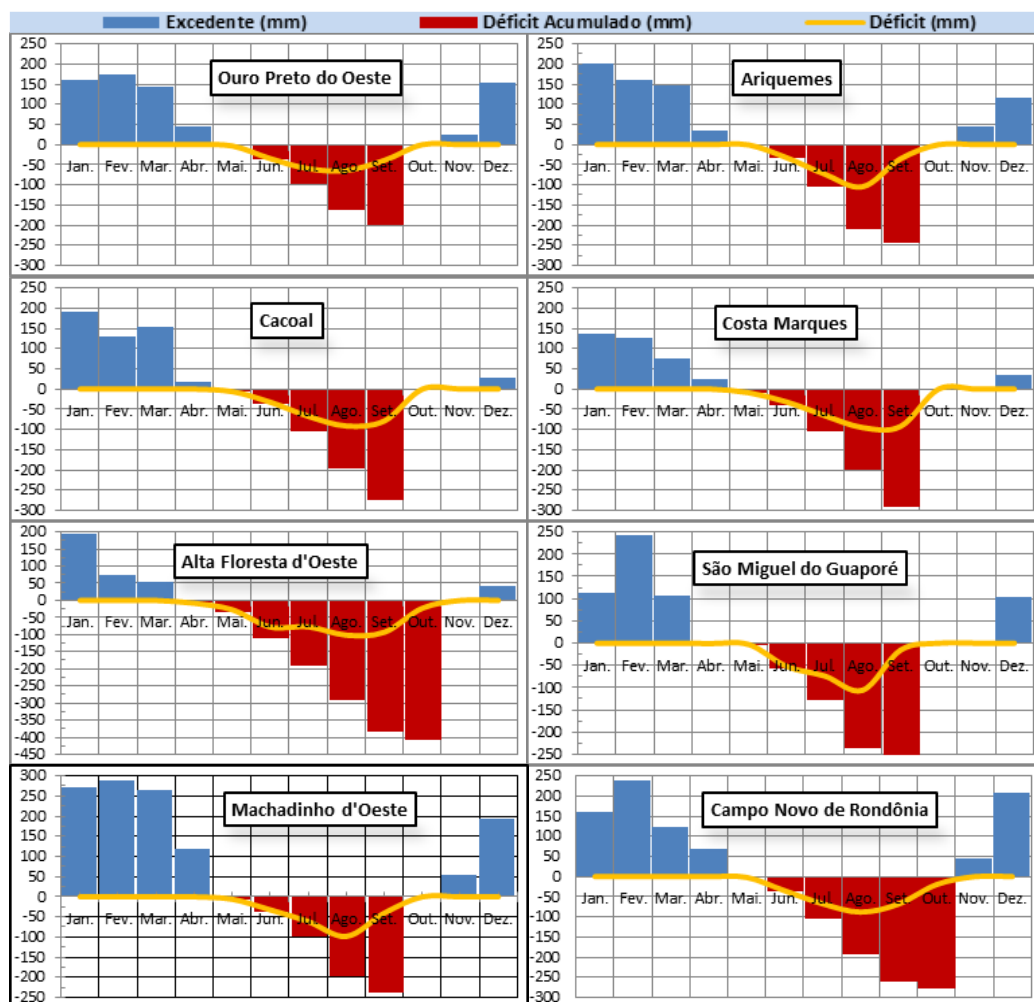
Algumas alternativas de manutenção hídrica como o uso de quebra-ventos e sombreamento arbóreo, a cobertura morta e o uso de polímeros hidrorretentores no solo ou no substrato podem ser utilizadas, porém a irrigação é a única tecnologia que permite de fato adicionar a água, em quantidade, no momento e no local exato. Ela torna-se necessária principalmente em anos e locais em que o déficit hídrico acumulado é próximo ou superior a 200 mm para café canéfora, concordando com Marcolan et al. (2009) que sugerem que este é o limite tolerado pela espécie e com Santinato et al. (1996) que apontam que a cultura do cafeeiro canéfora exige irrigação quando o déficit hídrico varia entre 150 mm e 200 mm.

Há uma variação temporal e espacial da disponibilidade hídrica para a cultura do cafeeiro no Estado de Rondônia, a qual pode ser visualizada por meio dos Balanços Hídricos Climatológicos (BHC) elaborados a partir do método de Thornthwaite e Mather (1955) e dados registrados em séries históricas de temperatura média do ar e precipitação pluviométrica. Os dados estão disponíveis no Boletim Climatológico do Estado de Rondônia (1999-2010) registrados pela Sedam, na Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac) e nas unidades de observação mantidas pela Seagri/Emater-RO. Os BHCs são estimados com uma capacidade de água disponível no solo (CAD) de 100 mm, de acordo com Pereira et al. (2007), os quais recomendam valores entre 100 mm e 125 mm para culturas perenes.

Os municípios rondonienses considerados foram Ouro Preto do Oeste, Ji-Paraná, Cacoal, Costa Marques, Alta Floresta d'Oeste, São Miguel do Guaporé, Ariquemes, Machadinho d'Oeste, Campo Novo de Rondônia. Nestes municípios se verifica que o período seco inicia em maio, com exceção de Alta Floresta d'Oeste e São Miguel do Guaporé que inicia em abril, quando a CAD tende a zero e o solo começa a apresentar um déficit hídrico, e se estende até o mês de setembro, quando são registrados os maiores défices hídricos acumulados, ou seja, 200 mm em Ouro Preto do Oeste, 234 mm em Ji-Paraná, 275 mm em Cacoal, 293 mm em Costa Marques, 250 mm em São Miguel do Guaporé, 246 mm em Ariquemes, 238 mm em Machadinho d'Oeste, e até o mês de outubro de 406 mm em Alta Floresta d'Oeste e de 280 em Campo Novo de Rondônia (Figura 2).

Marcolan et al. (2009) indicam que o repouso fisiológico de café canéfora em Rondônia ocorre em maio e junho, e a floração e o início da formação dos frutos em julho e agosto. Considerando as diferentes regiões, a floração de café canéfora poderá ocorrer de junho a setembro, existindo o risco de redução de produtividade por abortamento de flores e frutos, ou acréscimo de desuniformidade de florada e maturação nos ramos em função da ocorrência de alternância entre chuvas de baixa intensidade e períodos secos. Assim,

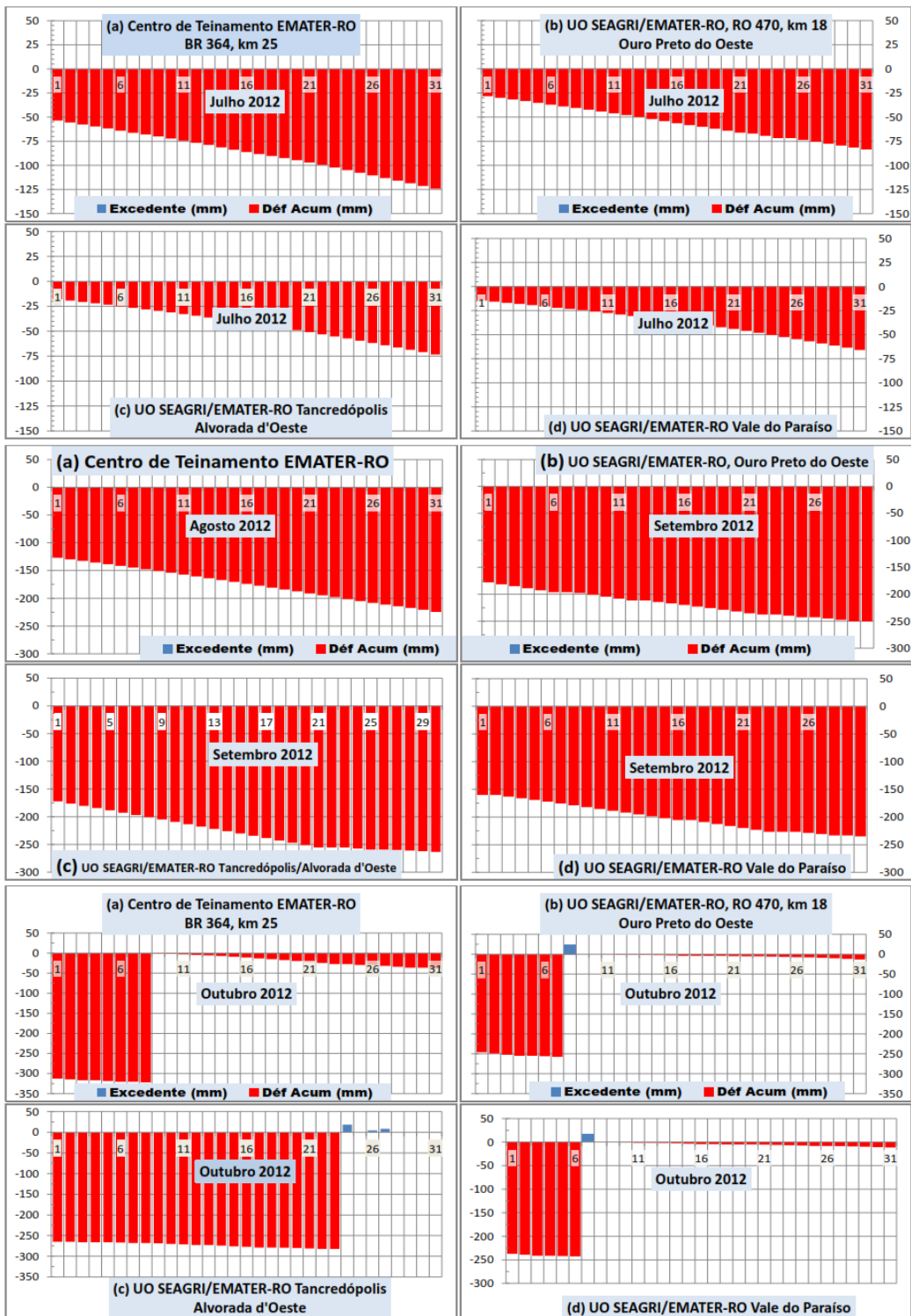
destaca-se que da floração a fase anterior à maturação de grãos, é importante que não ocorra déficit hídrico.



**Figura 2.** Balanço hídrico climatológico mensal de alguns municípios em Rondônia.  
Fonte: Boletim Climatológico do Estado de Rondônia (1999–2010).

Segundo dados obtidos no Centro de Treinamento da Emater–RO – rodovia BR 364, km 25, entre os municípios de Ouro Preto do Oeste e Ji-Paraná; na Unidade de Observação (UO) – rodovia RO 470, km 18, entre Ouro Preto do Oeste e Nova União; na UO – 8ª linha do distrito de Tancredópolis em Alvorada d'Oeste e na UO – Vale do Paraíso; verifica-se importante o uso da irrigação na região central de Rondônia de agosto a outubro (Figura 3).

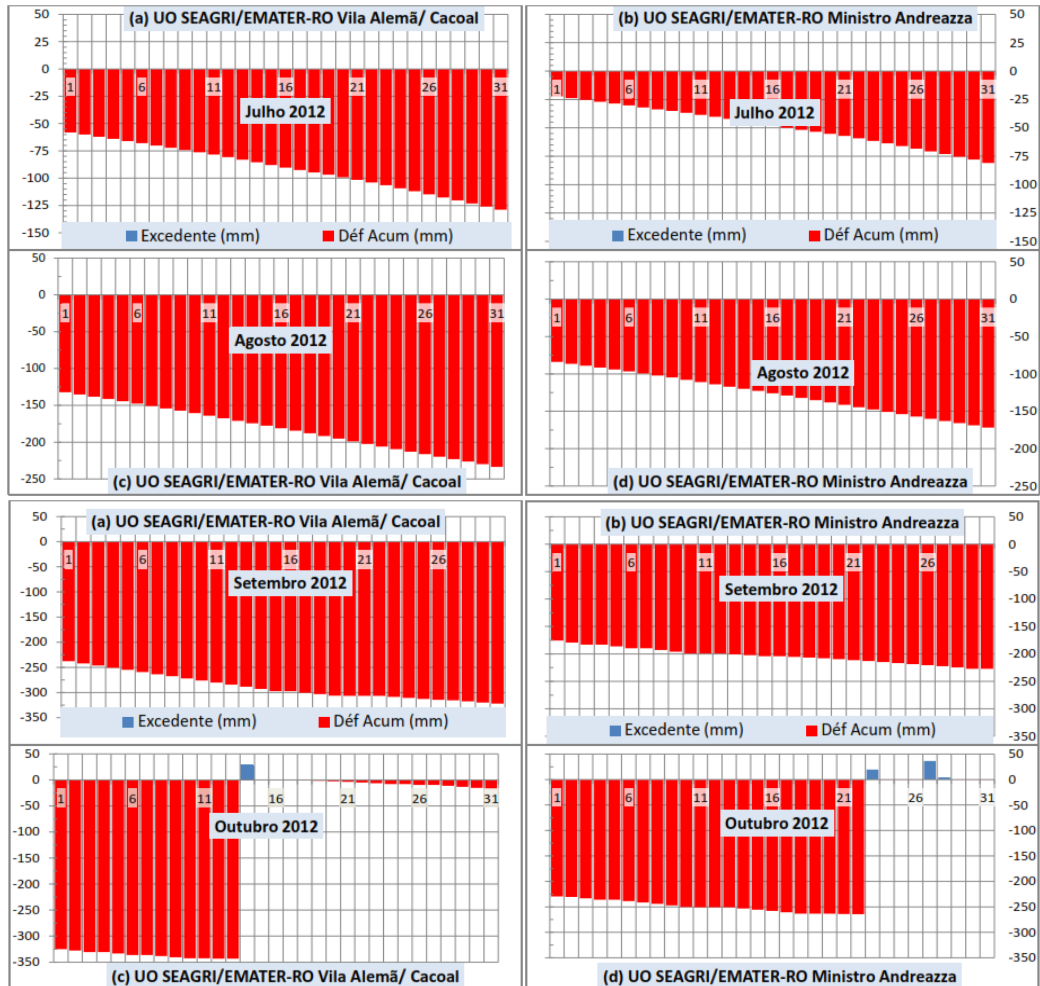
Na Figura 3 é possível observar o déficit hídrico em julho (65 mm a 130 mm), período em que ocorre a floração. Portanto, é prudente o uso da irrigação a partir deste mês, nestas localidades, visando evitar o abortamento floral e dos frutos. A necessidade de suplementação, em 2012, encerrou ainda no primeiro decêndio de outubro para localidades observadas em Ouro Preto do Oeste e Vale do Paraíso, e em meados da segunda quinzena para Alvorada d'Oeste.



**Figura 3.** Balanço hídrico climatológico como indicativo de início (julho) e fim (outubro) do uso de irrigação na região central de Rondônia, para CAD =100 mm.  
 Fonte: Boletim Climatológico do Estado de Rondônia (1999–2010).



A proximidade de municípios não indica necessariamente que os dados sejam similares. Para exemplificar, os défices hídricos acumulados em julho e agosto mostram grande variação entre duas UOs da Seagri/Emater-RO, uma em Cacoal, outra em Ministro Andreazza. Na UO de Cacoal o déficit hídrico acumulado ultrapassou 200 mm em agosto enquanto na de Ministro Andreazza só atingiu esse valor em setembro (Figura 4).



**Figura 4.** Balanço hídrico climatológico de julho a outubro de 2012 em UOs em Cacoal e em Ministro Andreazza, para CAD = 100 mm.

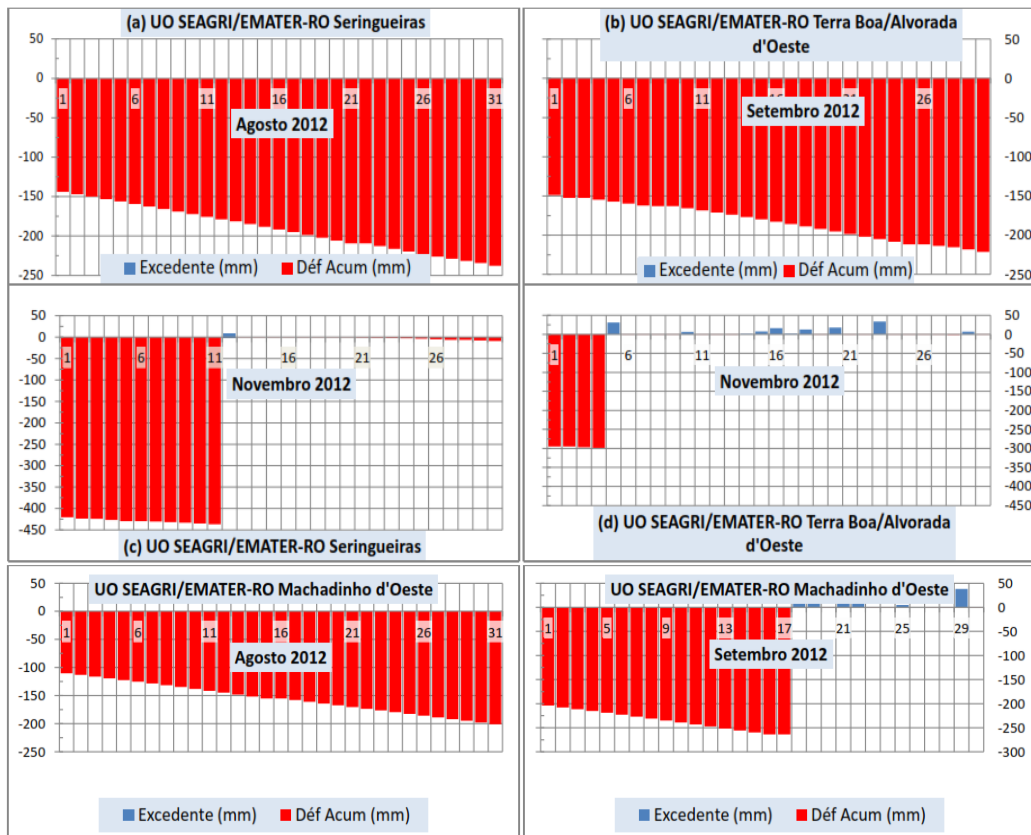
Fonte: Boletim Climatológico do Estado de Rondônia (1999–2010).

Os dados mostram um período de necessidade de irrigação mais prolongado da localidade observada em Ministro Andreazza em relação à localidade observada em Cacoal.

Outras localidades evidenciam défices hídricos bastante distintos com valor superior a 200 mm no mês de agosto na UO de cafeeiro irrigado da linha 107, lote 189, Distrito Bom Sucesso, Município de Seringueiras, e no mês de setembro na UO de cafeeiro irrigado, localizada na linha 106, km 09, Distrito de Terra Boa, entre Alvorada d'Oeste e São Miguel

do Guaporé. Ambas as localidades registraram déficit hídrico até o início de novembro, porém, com valores bastante distintos, 298 mm em Terra Boa/Alvorada d'Oeste e 437 mm em Seringueiras (Figura 5).

Similarmente a UO de Seringueiras, 200 mm também são constatados em agosto na UO de cafeeiro irrigado, localizada na rodovia RO 133, km 10, lote 11, gleba 04, Projeto de Assentamento Tabajara I, Machadinho d'Oeste, contudo o período para uso da irrigação foi menor ao de Seringueiras e Terra Boa/Alvorada d'Oeste, pois há registros de fim do déficit em meados de setembro (Figura 5).



**Figura 5.** Balanço hídrico climatológico de agosto a novembro de 2012 em UOs em Seringueiras, Terra Boa/Alvorada d'Oeste e Machadinho d'Oeste, para CAD=100 mm.

Fonte: Boletim Climatológico do Estado de Rondônia (1999–2010).

Nota-se a partir do registro histórico de evapotranspiração, componente importante do balanço hídrico, que o mês de agosto é um período crítico e, portanto determinante para o dimensionamento dos sistemas de irrigação. Considerando essa evapotranspiração e o coeficiente máximo de cultivo igual a 1,0 para plantas de café com idade superior a três anos e espaçadas de 3 m x 2 m, podem-se sugerir diferentes vazões para projetos, a dado percentual de área molhada e eficiência do sistema, entre outros coeficientes (Tabela 1).

**Tabela 1.** Evapotranspiração (ET) e vazão (Q) para projetos de irrigação de cafeeiros no Estado de Rondônia.

Município	Estação meteorológica da Sedam-Remar	ET potencial média em agosto (mm)	Q sugerida para projetos (m <sup>3</sup> dia <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> )
Alta Floresta d'Oeste	Alta Floresta d'Oeste (13° 05' 06" S; 62° 16' 41" W)	109,71 (3 anos)	49,96 <sup>(1)</sup> 22,32 <sup>(2)</sup>
	Cacoal (11° 29' 01" S; 61° 22' 46" W)	110,35 (10 anos)	50,25 <sup>(1)</sup> 22,45 <sup>(2)</sup>
	São Miguel do Guaporé (11° 41' 17" S; 62° 43' 09" W)	117,25 (3 anos)	53,40 <sup>(1)</sup> 23,85 <sup>(2)</sup>
	Costa Marques (12° 25' 52" S; 64° 13' 55" W)	117,00 (7 anos)	53,28 <sup>(1)</sup> 23,80 <sup>(2)</sup>
Alvorada d'Oeste	São Miguel do Guaporé (11° 41' 17" S; 62° 43' 09" W)	117,25 (3 anos)	53,40 <sup>(1)</sup> 23,85 <sup>(2)</sup>
	Ji-Paraná (10° 51' 46" S; 61° 57' 24" W)	124,97 (10 anos)	56,91 <sup>(1)</sup> 25,42 <sup>(2)</sup>
Buritis	Ariquemes (09° 56' 05" S; 62° 57' 42" W)	137,24 (10 anos)	62,50 <sup>(1)</sup> 27,92 <sup>(2)</sup>
	Campo Novo de Rondônia (10° 26' 27" S; 64° 07' 35" W)	117,09 (3 anos)	53,32 <sup>(1)</sup> 23,82 <sup>(2)</sup>
Cacoal	Cacoal (11° 29' 01" S; 61° 22' 46" W)	110,35 (10 anos)	50,25 <sup>(1)</sup> 22,45 <sup>(2)</sup>
Ministro Andreazza	Cacoal (11° 29' 01" S; 61° 22' 46" W)	110,35 (10 anos)	50,25 <sup>(1)</sup> 22,45 <sup>(2)</sup>
Nova Brasilândia d'Oeste	São Miguel do Guaporé (11° 41' 17" S; 62° 43' 09" W)	117,25 (3 anos)	53,40 <sup>(1)</sup> 23,85 <sup>(2)</sup>
Ouro Preto do Oeste	Ji-Paraná (10° 51' 46" S; 61° 57' 24" W)	124,97 (10 anos)	56,91 <sup>(1)</sup> 25,42 <sup>(2)</sup>
Rolim de Moura	São Miguel do Guaporé (11° 41' 17" S; 62° 43' 09" W)	117,25 (3 anos)	53,40 <sup>(1)</sup> 23,85 <sup>(2)</sup>
	Cacoal (11° 29' 01" S; 61° 22' 46" W)	110,35 (10 anos)	50,25 <sup>(1)</sup> 22,45 <sup>(2)</sup>
São Miguel do Guaporé	São Miguel do Guaporé (11° 41' 17" S; 62° 43' 09" W)	117,25 (3 anos)	53,40 <sup>(1)</sup> 23,85 <sup>(2)</sup>
Theobroma	Ariquemes (09° 56' 05" S; 62° 57' 42" W)	137,24 (10 anos)	62,50 <sup>(1)</sup> 27,92 <sup>(2)</sup>
Vale do Paraíso	Ji-Paraná (10° 51' 46" S; 61° 57' 24" W)	124,97 (10 anos)	56,91 <sup>(1)</sup> 25,42 <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Sistema de irrigação por aspersão com eficiência igual a 85% aplicando água em 100% da área cultivada;

<sup>(2)</sup> Sistema de irrigação (gotejamento ou microaspersão) com eficiência igual a 90% e aplicação localizada em 38% da área cultivada (resultante de média encontrada na região norte do Espírito Santo e superior ao mínimo recomendado (33% em regiões secas); Kc= 1,0; espaçamento 3 m x 2 m; Kcl = 1,2; café canéfora; Kad = 1,0.

Fonte: Dados obtidos junto à Rede de Estações Meteorológicas da Sedam-Remar.

Para enriquecimento deste trabalho, são também apresentados os valores médios de evapotranspiração potencial e precipitação pluviométrica de todos os meses do ano por região produtora de café na Tabela 2.



**Tabela 2.** Evapotranspiração potencial e precipitação médias mensais de alguns municípios produtores de café no Estado de Rondônia.

Mês	Alta Floresta		Ariquemes		Cacoal		Campo Novo de Rondônia		Costa Marques		Ji-Paraná		São Miguel do Guaporé	
	ETP (mm)	P (mm)	ETP (mm)	P (mm)	ETP (mm)	P (mm)	ETP (mm)	P (mm)	ETP (mm)	P (mm)	ETP (mm)	P (mm)	ETP (mm)	P (mm)
Jan	138,4	333,9	142,1	342,6	128,7	305,4	134,0	296,0	133,7	297,6	128,0	299,7	133,8	247,4
Fev	125,3	198,2	117,5	294,4	113,0	196,6	113,5	351,5	117,3	253,2	110,7	305,6	113,4	357,4
Mar	141,0	194,9	138,2	293,8	124,0	270,7	126,5	248,7	129,6	204,3	122,3	348,6	126,5	233,6
Abr	131,0	88,2	131,5	189,7	117,3	145,8	116,3	183,4	117,0	183,0	117,0	162,9	116,5	104,0
Mai	100,6	46,0	115,5	97,3	95,5	56,2	94,9	75,5	95,3	55,5	110,1	92,7	95,0	78,9
Jun	103,3	1,8	107,1	16,9	88,1	4,2	102,0	21,3	88,9	33,0	99,9	11,2	102,1	2,6
Jul	89,8	5,1	115,2	16,5	106,5	10,9	93,4	4,3	90,0	5,4	104,6	7,2	93,5	3,4
Ago	109,7	4,6	137,2	15,9	110,3	1,9	117,1	19,8	117,4	13,8	125,0	22,5	117,3	3,9
Set	126,0	31,8	137,8	109,7	123,2	54,3	108,8	38,0	138,5	45,3	132,9	117,9	109,0	93,3
Out	164,5	141,9	146,0	206,3	134,0	166,2	140,0	119,9	157,4	160,8	141,8	165,5	139,8	160,9
Nov	135,3	199,5	140,1	235,6	130,7	167,2	140,4	282,5	147,5	195,8	128,7	162,5	140,2	121,9
Dez	160,8	237,4	144,0	276,4	130,0	226,0	131,6	339,1	152,1	226,1	131,0	264,0	131,4	328,5

Fonte: Boletim Climatológicos do Estado de Rondônia (1999 - 2010) (dados compilados).

## A escolha do sistema de irrigação

Há basicamente três formas predominantes de aplicação de água ao solo: irrigação por superfície, irrigação por aspersão e irrigação localizada. Na primeira, a água escoou sobre a superfície do solo; na segunda, a aplicação simula a chuva; e na terceira, a água é colocada próxima à planta. Para cada uma dessas formas há necessidade de um conjunto de materiais hidráulicos, mecânicos, elétricos e ou eletrônicos, os quais são agrupados em sistemas de irrigação. A água distribuída pela superfície utilizando sulcos no solo caracteriza o sistema de irrigação por sulcos, o qual não é usual na cafeicultura; em área total como chuva a partir de um equipamento hidráulico pressurizado composto de uma tubulação e aspersores sobre a mesma, o sistema de irrigação por aspersão convencional (Figura 6); em área total conforme a aspersão convencional, contudo com os finais das tubulações interligados, o sistema de irrigação por aspersão em malha (Figura 7); em área total a partir da rotação de uma tubulação composta de aspersores, o sistema de irrigação por pivô-central (Figura 8); em parte da área, a partir de um equipamento hidráulico pressurizado composto de uma tubulação e microaspersores, o sistema de irrigação por microaspersão (Figura 9); em parte da área, a partir de um equipamento hidráulico



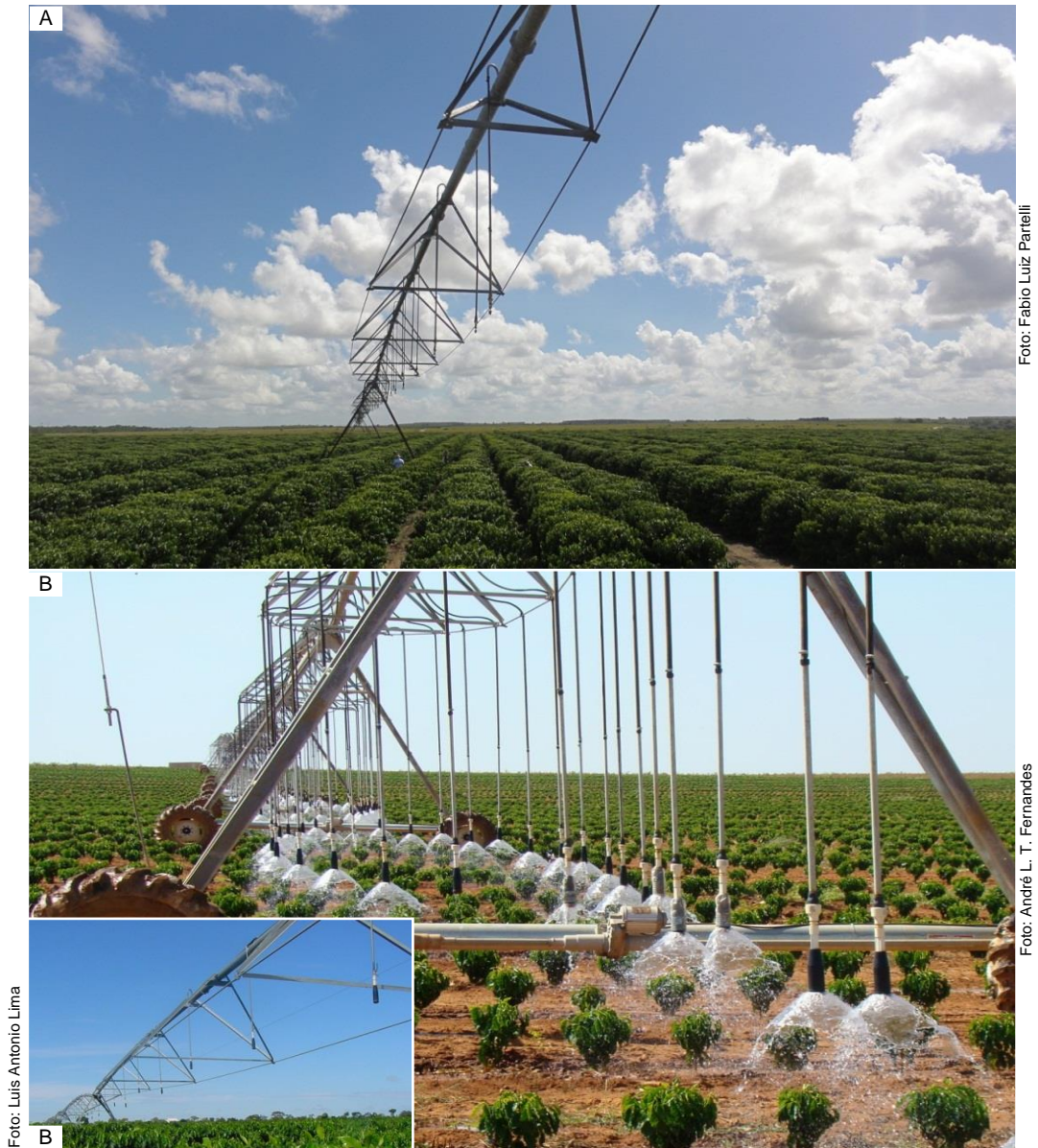
Fotos: João Maria Docleclano

**Figura 6.** Sistema de irrigação convencional portátil, com canhão hidráulico, em cafeeiro.

pressurizado composto de uma tubulação e de gotejadores, o sistema de irrigação por gotejamento (Figura 10). Demais sistemas de irrigação não são comuns ao cultivo do cafeeiro.



**Figura 7.** Sistemas de irrigação por aspersão convencional fixo em linha e aspersão semi-portátil em malha, em cultivo de café.



**Figura 8.** Sistemas de irrigação por aspersão em pivô-central convencional (a) e tipo LEPA (b), em cultivo de café.

Em Rondônia, pode-se verificar que na década de 1980, acompanhando o crescimento da irrigação por aspersão no Brasil, alguns produtores decidiram investir em canhões hidráulicos (aspersores de alta pressão), como parte dos autopropelidos e da aspersão convencional portátil, os quais predominaram até o início deste século, momento em que surgiram tecnologias de aspersão de baixa pressão em sistemas fixos e semiportáteis. A dificuldade em se obter mão de obra no setor agropecuário para operação dos sistemas portáteis também favoreceu a preferência dos produtores pelo sistema de aspersão fixo setorizado, gotejamento e microaspersão, os quais são passíveis de automação.

Foto: Milton Messias dos Santos



Foto: André L.T. Fernandes



Foto: Milton Messias dos Santos



Foto: Denis César Canato



Foto: André L. T. Fernandes



Foto: André L. T. Fernandes



**Figura 9.** Sistema de irrigação por microaspersão tradicional (a) e pelo tipo microjet (b), em cultivo de café.



Fotos: Denis César Cararo

**Figura 10.** Sistema de irrigação por gotejamento, em cultivo de café.

Atualmente, nos municípios de Cacoal, São Miguel do Guaporé, Nova Brasilândia do Oeste, Buritis, Alta Floresta d'Oeste, Ministro Andreazza, Rolim de Moura e Vale do Paraíso, verifica-se que cerca de 80% dos cafeicultores que irrigam, adotam a aspersão, 11% a microaspersão, 7% o sistema de mangueiras tipo tripa e 2% o gotejamento (ROSA NETO, 2012).

O sistema de irrigação por aspersão em malha (semiportátil), o sistema de irrigação por aspersão convencional (fixo), a irrigação por microaspersão (tipo “microjet”) e irrigação por gotejamento, tem se mostrado como uma tendência entre os irrigantes, com ênfase para os dois últimos sistemas. O sistema de irrigação por pivô central e por microtubos não são usuais, e o sistema de irrigação por aspersão convencional portátil, por tripa (tubo flexível perfurado) e por autopropelido estão em desuso na cafeicultura rondoniense.

Independente da predominância, o gestor ou irrigante deve decidir pela escolha do sistema considerando uma análise conjunta de características locais, incluindo informações auxiliares, de modo que a decisão seja a mais apropriada, atendendo aos objetivos de desenvolvimento do projeto, econômico e social, sem, no entanto, esquecer a componente ambiental. Caso ocorra a escolha de mais de um sistema, deve-se reavaliar o dimensionamento, verificar a confiabilidade, a simplicidade e os riscos de operação, bem como a preferência do cafeicultor quanto aos sistemas pré-selecionados. Ao leitor, sugere-se o uso da Tabela 3 (opcional), para checagem de possíveis restrições e, também a consulta ao livro denominado “Planejamento de Irrigação” de Frizzone e Andrade Júnior (2005) para outros detalhamentos, inclusive econômico-financeiros para a decisão de investimento.

**Tabela 3. Características para escolha de sistemas de irrigação em áreas cafeeiras.**

Características	Níveis	Aspersão convencional fixo	Aspersão convencional semiportátil	Aspersão convencional portátil	Microaspersão	Gotejamento	Microtubos	Tripa	Pivô central	LEPA	Sulcos
Tamanho da área	Pequena Média Grande										
Irregularidade da área	Pequena Moderada Elevada										
Declividade topográfica	Pequena Moderada Elevada										
Infiltração do solo	Pequena Moderada Elevada										
Textura do solo	Arenosa Média Argilosa										
Profundidade do solo	Raso Mediano Profundo										
Desuniformidade do solo	Pequena Média Elevada										
Nível do lençol freático	Baixo Médio Alto										
Capacidade de retenção de água no solo	Pequena Média Elevada										
Erodibilidade do solo	Pequena Média Elevada										
Temperatura e umidade relativa do ar	Quente e seca Quente e úmida Sem vento										
Velocidade do vento	Moderada Elevada										
Disponibilidade de energia elétrica	Não há Escassa e pouco confiável Confiável										
Disponibilidade de mão de obra	Pequena Moderada Elevada										

Continua...

Tabela 3. Continuação

	Níveis	Aspersão convencional fixo	Aspersão convencional semiportátil	Aspersão convencional portátil	Microaspersão	Gotejamento	Microtubos	Tripa	Pivô central	LEPA	Sulcos
Qualificação da mão de obra	Pequena Moderada Elevada										
Disponibilidade de assistência técnica	Pequena Moderada Elevada										
Sólidos suspensos na água	Pouco Moderado Muito										
Ferro na água	Pouco Moderado Muito										
Carbonatos na água	Pouco Moderado Muito										
Disponibilidade de água	Pouca Moderada Muita Baixa Elevada										
Capacidade de investimento											
Restrição ambiental à mobilização de solo											
Restrição ambiental ao uso de fertilização											
Restrição quanto à proliferação de mosquitos											

Obs.: A análise desta tabela deve ser realizada com cautela e a escolha do sistema de irrigação deve considerar a combinação das características apresentadas.

Legenda: Não restritivo

Restritivo

Fonte: Elaborado a partir de Vermeiren e Jobling (1997), Doorenbos e Pruitt (1997), Ayers e Westcot (1999), Miranda e Pires (2003), Mantovani et al. (2007) e Mantovani et al. (2008).

O primeiro fator a verificar é a disponibilidade hídrica, sendo este de grande importância, pois define o uso ou não da irrigação. Caso a vazão disponível seja inferior à vazão a ser consumida, e caso não tenha a possibilidade de armazenamento ou uso de outra fonte de água, superficial ou subterrânea, recomenda-se não investir na aquisição e instalação de sistemas de irrigação, sob o risco de faltar água no momento crítico. Constatando-se que a vazão disponível é superior a consumida, porém com pouca disponibilidade, sugere-se o uso de sistemas que apresentem maior compatibilidade a esta situação. Neste aspecto, a irrigação localizada, incluindo o uso de gotejadores ou microaspersores, torna possível a economia de água e energia elétrica.

Considerando a fonte de água superficial, advinda de um rio ou igarapé, seria valiosa a estimativa da vazão para o período em que a cultura estiver sendo irrigada, a partir de uma análise de dados de vários anos. Contudo, diante da escassez destas informações, inclusive para se definir a curva de permanência no local de captação, e cujo conceito não será possível abordar no presente trabalho, sugere-se ao menos que o irrigante tenha um indicativo da vazão e volume do corpo d'água no período seco, obtendo o valor dos mesmos antes do dimensionamento da irrigação, por meio de princípios de hidrometria. Outra opção para planejamento seria utilizar a regionalização de vazões usando a metodologia da vazão específica, que chega a ser sugerida como um indicativo melhor comparado a uma única medida realizada no ano anterior à irrigação, além disso, funciona razoavelmente se as bacias tiverem características muito próximas (Tucci, 2002).

Na metodologia da vazão específica, conhecendo-se a área de contribuição da bacia a montante da estação fluviométrica, é possível calcular a vazão específica ( $q$ , em  $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{Km}^{-2}$ ) conforme a equação 1, a qual é multiplicada pela área de contribuição a montante do ponto de captação do irrigante, no dado rio ou igarapé, para se obter a vazão correspondente em períodos de estiagem.

$$q = Q_{95} \text{ para o local da estação } / A \text{ de drenagem a montante da captação} \quad (1)$$

Como exemplo, considere os dados da estação fluviométrica denominada “Cachoeira do Cachimbo” que está localizada no Rio Branco, a jusante de Alta Floresta do Oeste nas coordenadas de Latitude igual a  $-11^{\circ}55'50''$  e Longitude igual a  $-62^{\circ}09'10''$ . A área de drenagem contribuinte desta estação é  $1420 \text{ km}^2$  e a vazão média que permanece 95% do tempo, de acordo com a curva de permanência obtida pelo software Hidro 1.2 disponibilizado via HidroWeb no site [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br), igual a  $3,06 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  em julho. Portanto, pela equação 1, tem-se que a vazão específica será  $(3,06 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \times 1.000 \text{ L m}^{-3}) / (1.420 \text{ km}^2)$ , ou seja,  $q = 2,16 \text{ L}/(\text{s km}^2)$ . Nessa etapa do cálculo, somente é necessário multiplicar a vazão específica obtida pela área de contribuição de água a montante do ponto de captação. Lembre-se que não corresponde à área de cafeeiro que irá ser irrigado e, sim a área delimitada por divisores de água. A área do cafeeiro a ser irrigado pode ou não estar na área em que a água foi coletada. No exemplo, caso a área de contribuição seja  $200 \text{ km}^2$ , a vazão no corpo d'água, que não necessariamente tenha de ser o Rio Branco, mas que esteja em sua Bacia Hidrográfica a montante da estação de Cachoeira do Cachimbo, será  $Q = 2,16 \text{ L}/(\text{s km}^2) \times 200 \text{ km}^2 = 432 \text{ L s}^{-1}$ , que corresponde a um valor que permanecerá 95% do tempo em julho, considerado este o mês em que a água estará em seu nível mais baixo nesta localidade.

O irrigante poderá checar qual a vazão mínima que ocorre em dado ano pela medição em campo, para efeito de comparar valores medidos com os estimados. Há diversos métodos que poderiam ser empregados, entre eles, aqueles que utilizam o princípio



acústico (tipo “Flow Tracker”), o princípio da rotação de uma hélice (molinete), o vertedor e o flutuador. O método do flutuador, embora menos preciso, é fácil para ser executado e possibilita um indicativo ao irrigante, sendo melhor que a simples observação do corpo d’água. Este método consiste em registrar o tempo de deslocamento de um flutuador (ex.: garrafa plástica de água mineral parcialmente cheia) em 10 m de um trecho uniforme e reto, e relacionar com a área média molhada, transversal ao fluxo da água e representativas neste trecho. O registro pode ser com um cronômetro, o cálculo das seções pelo uso de uma estaca de madeira e de uma trena ou régua. O registro médio é obtido de três a cinco repetições, e a área média em três posições, a partir da medida de profundidades e larguras entre as profundidades, bem como da largura total do igarapé ou rio em dada posição, calculando a soma das áreas de formato regular, ou seja, soma de retângulos, triângulos e trapézios formados desenhando a seção com as medidas de altura e largura. Em certos rios, poderá precisar um barco, cordas com pesos ou cabos de aço para manter a embarcação na posição, permitindo que as leituras sejam realizadas. Uma vez obtida a velocidade da garrafa, é só lembrar que a velocidade média da água é perto de 85% da velocidade superficial da água. Assim, multiplica-se a velocidade por 85 e o resultado divide-se por 100 para se obter a velocidade média. A vazão no igarapé será o produto da velocidade média pela área média.

No caso da fonte de água ser subterrânea, sugere-se consultar um geólogo e a experiência de perfuração de poços de profissionais que atuam na região. Recomenda-se verificar a necessidade de outorga de direito de uso do recurso hídrico, a qual é solicitada ao órgão competente (Sedam – para fontes de água superficial de domínio estadual e ANA – para fontes de domínio da união).

A vazão consumida pela cultura poderá ser contabilizada pela vazão de projeto estimada a partir da evapotranspiração nos meses mais críticos, sendo recomendado observar o balanço hídrico da localidade em que o sistema será instalado. Apenas para exemplificar, utilizando o mês de julho em Porto Velho, a máxima evapotranspiração potencial neste mês é 97 mm mês<sup>-1</sup>, equivalente a 3,13 mm dia<sup>-1</sup>. Considerando valor de K<sub>c</sub> (coeficiente de cultivo) de 1,2, estima-se que a evapotranspiração do cafeeiro com um sistema de irrigação por aspersão, possa atingir nesse mês o valor de ET<sub>c</sub> = 3,76 mm dia<sup>-1</sup>, correspondente ao produto da ET<sub>r</sub> pelo K<sub>c</sub>. Outros indicativos de K<sub>c</sub> são apresentados ao final deste capítulo. Coeficientes específicos ao Estado de Rondônia serão definidos pela pesquisa.

Para um sistema de irrigação em que o solo não é totalmente molhado, há necessidade de corrigir o valor da evapotranspiração também pelo produto de K<sub>l</sub> (coeficiente de localização da superfície molhada), estimada pela equação 2, em que P (%) é a porcentagem de área sombreada (PAS) ou molhada (PAM), prevalecendo a maior. PAS é a largura da faixa sombreada dividida pelo espaçamento entre linha de plantas. PAM é a largura da faixa molhada dividida pelo espaçamento entre linhas de plantas. O uso deste coeficiente ocorre em sistemas como a microaspersão e o gotejamento.

$$K_l = 0,1 \times \sqrt{P(\%)} \quad (2)$$

Para um cafeeiro irrigado por um sistema de gotejamento ou microaspersão, espaçado de 3 m x 1,5 m, e considerando a largura da copa de 2,5 m em café híbrido de ‘Robusta’ com ‘Conilon’, em seu máximo crescimento, cuja faixa sombreada do solo corresponda aos 2,5 m de largura, estima-se P = 0,83. Neste caso K<sub>l</sub> seria igual a 0,91. Estimando em Porto Velho, a evapotranspiração da cultura com este sistema seria: ET<sub>cl</sub> = 3,13 x

$0,91 \times 1,2 = 3,42 \text{ mm dia}^{-1}$ , ou seja, inferior ao valor de  $3,76 \text{ mm dia}^{-1}$  previsto para um sistema de aspersão.

Quanto à eficiência de aplicação, para aspersão se prevê perdas de 10% a 20%, enquanto para gotejamento de 5% a 10% (a eficiência de aplicação pode ser consultada na resolução ANA 707/204). Considerando valores médios de 15% para a aspersão e 7,5% para gotejamento, seriam necessários  $4,32 \text{ mm dia}^{-1}$  e  $3,68 \text{ mm dia}^{-1}$ , equivalente por hectare, a  $43,2 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$  e  $36,8 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ , respectivamente a cada sistema de irrigação. Assim, considerando a possibilidade de irrigar durante 21 horas, espera-se projetar um sistema de aspersão para  $2,1 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  ou um sistema de gotejamento para  $1,8 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ , equivalentes a  $0,58 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  e  $0,5 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ . São valores como estes que devem ser comparados à vazão disponível da fonte de água como um dos itens na escolha do sistema.

A escassez de recursos hídricos, declividades do solo acima de 6% e a elevada permeabilidade de solos são restritivas ao uso de irrigação por sulcos, pois o consumo de água é elevado e a uniformidade de aplicação é relativamente baixa. Condições de irregularidade e do tamanho de áreas cafeeiras podem limitar o uso de pivôs-centrais, que se justificam apenas para grandes áreas, preferencialmente maiores que 40 ha. Visando o futuro dimensionamento, sugere-se efetuar o levantamento planialtimétrico, destacando-se as curvas de nível, o tamanho da área a irrigar e o posicionamento da fonte de água e da energia elétrica.

A irrigação localizada requer maior atenção quanto ao entupimento, pois os emissores possuem pequeno diâmetro de passagem. Na situação da qualidade da água ser um fator determinante, seja por característica física, química ou biológica restritiva (Tabela 4), o sistema de irrigação por aspersão será mais apropriado. Se a capacidade de investimento não for restritiva, pode-se pensar em sistemas de tratamento primário, secundário ou terciário para adequar a qualidade da água ao uso pretendido. O nível e tipo de agente obstrutor definem o tipo e intensidade do tratamento. Recomenda-se o uso de filtragem além da abertura de finais das linhas com emissores para limpeza da tubulação, e análise da qualidade da água, para definir o melhor sistema de filtragem e precauções de tratamento desta água antes de ser bombeada ao sistema de irrigação.

**Tabela 4.** Qualidade da água e grau de restrição de uso da água em sistemas de irrigação localizada.

Problemas	Unidades	Grau de restrição de uso		
		Nenhuma	Ligeira a moderada	Severa
Sólidos em suspensão	mg/L	<50	50 – 100	>100
pH	mg/L	<7,0	7,0 – 8,0	>8,0
Sólidos solúveis	mg/L	<500	500 – 2.000	>2.000
Manganês	mg/L	<0,1	0,1 – 1,5	>1,5
Ferro	mg/L	<0,1	0,1 – 1,5	>1,5
Ácido sulfídrico	mg/L	<0,5	0,5 – 2,0	>2,0
Populações bacterianas	nº máx./mL	<10.000	10.000 – 50.000	>50.000

Fonte: Nakayama (1982) citado por Ayers e Westcot (1999).

Quando a velocidade de infiltração básica (VIB) do solo (Tabela 5) for inferior a 5 mm/h, torna-se restritiva para irrigação por aspersão, sendo sugeridos sistemas com baixas taxas de aplicação de água, como ocorre na irrigação por gotejamento e por microaspersores. Em grande parte dos solos no Estado de Rondônia a taxa de infiltração não é restritiva, permitindo o uso de aspersão, porém o projetista, ao escolher o aspersor, deve verificar

se a sua intensidade de precipitação ( $i_p$ ) é inferior à VIB, evitando o escoamento superficial e erosão no solo. A intensidade de precipitação dos aspersores é obtida nos catálogos dos fabricantes. Como exemplo (Tabela 6), na escolha de aspersores, aqueles com bocal de 3,2 mm x 1,8 mm (bocal verde) funcionando com pressão de serviço de 2,5 bar, resultam em uma vazão de  $0,82 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  e um diâmetro molhado de 23,5 m, porém para o funcionamento ocorrer com uniformidade de distribuição superior a 92%, o espaçamento a ser adotado dos aspersores deve ser 10 m x 10m, resultando em uma intensidade de precipitação de  $8,2 \text{ mm h}^{-1}$  a ser comparada com a VIB (velocidade de infiltração básica). A VIB pode ser obtida por meio de testes de infiltração de água no solo, podendo ser utilizado o método do infiltrômetro de anel, descrito em Mantovani et al. (2007; 2008).

**Tabela 5.** Classificação do solo quanto à velocidade de infiltração básica.

Classe	Velocidade de infiltração básica ( $\text{mm h}^{-1}$ )
Muito alta	> 30
Alta	15 – 30
Média	5 – 15
Baixa	< 5

Fonte: Mantovani et al. (2008).

**Tabela 6.** Catálogo de um aspersor, exemplificando suas respectivas intensidades de precipitação ( $\text{mm h}^{-1}$ ) para diferentes bocais, pressões e espaçamentos.

Diâmetro (mm) e cor de bocal	Pressão (bar)	Vazão ( $\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$ )	Diâmetro molhado (m)	Espaçamento (m)				
				10x10	10x12	12x12	12x14	14x14
3,0x1,8 Vermelho	2,5	0,76	21,5	7,6	6,3	5,3	4,5	3,9
	3,0	0,84	23,0	8,4	7,0	5,8	5,0	4,3
	3,5	0,90	23,0	9,0	7,5	6,3	5,4	4,6
	4,0	0,97	23,0	9,7	8,1	6,7	5,8	4,9
3,2x1,8 Verde	2,5	0,82	23,5	8,2	6,8	5,7	4,9	4,2
	3,0	0,90	24,0	9,0	7,5	6,3	5,4	4,6
	3,5	0,98	24,0	9,8	8,2	6,8	5,8	5,0
	4,0	1,04	24,0	10,4	8,7	7,2	6,2	5,3
3,5x2,5 Azul	2,5	1,12	24,0	11,2	9,3	7,7	6,6	5,7
	3,0	1,23	24,2	12,3	10,3	8,5	7,3	6,3
	3,5	1,32	24,4	13,2	11,0	9,2	7,9	6,7
	4,0	1,43	24,4	14,3	11,9	9,9	8,5	7,3
4,0x2,5 Preto	2,5	1,30	24,4	13,0	10,8	9,0	7,7	6,6
	3,0	1,46	25,0	14,6	12,1	10,1	8,7	7,4
	3,5	1,58	25,4	15,8	13,1	10,9	9,4	8,0
	4,0	1,68	26,0	16,8	14,0	11,7	10,0	8,6
Uniformidade de distribuição <sup>(1)</sup> (%)				<85	85–88	88–92	>92	

<sup>(1)</sup> Hachura com tonalidade mais intensa representa maior uniformidade de distribuição.

(Obs.: O objetivo desta tabela não consiste em recomendação de marca ou modelo).

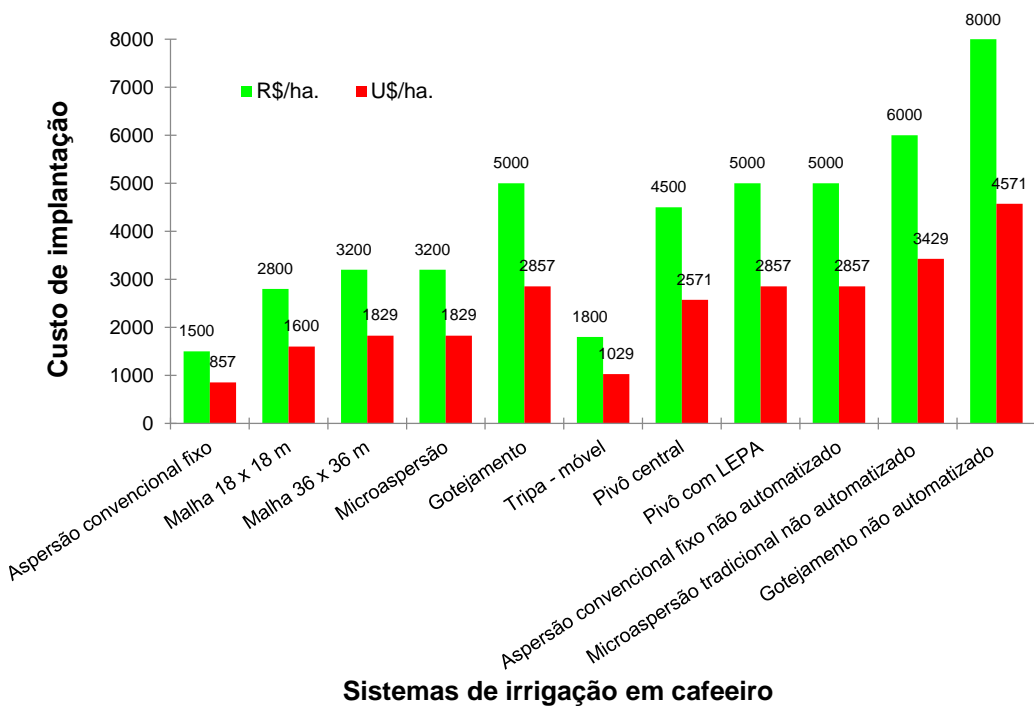
Fonte: Elaborado a partir de catálogo de fabricante em Soluções Amanco, aspersor modelo Irristand 5022.

Quanto à textura, solos arenosos possuem menor capacidade de retenção de água, resultando em um manejo com irrigações mais frequentes, comparados a argilosos. Nessa condição pode-se usar a irrigação por aspersão ou a irrigação localizada. A textura é determinada em laboratório a partir de uma amostra de solo coletada conforme é para análise química. Porém, para medida da capacidade de água disponível no solo, sugere-se a obtenção da curva de retenção, a partir de amostra indeformada de solo coletada em anel metálico, no centro da camada de solo correspondente à profundidade

efetiva do sistema radicular, que normalmente fica em torno de 50 cm. Este parâmetro é determinado em laboratório.

Tendo-se o conhecimento de dois ou mais sistemas que se adequem tecnicamente, pode-se efetuar a escolha pelo menor custo, ressaltando que o custo de implantação do sistema varia com a distância da fonte de água, topografia, se é automatizado ou não, entre outros fatores, e que o valor unitário médio diminui em proporção inversa ao aumento da área a ser irrigada (Figura 11). O menor custo de operação (energia elétrica e mão de obra) e a melhor rentabilidade também devem ser considerados.

Depois da seleção do sistema de irrigação, o gestor deverá efetuar o dimensionamento, a montagem, o manejo e a avaliação do funcionamento dos sistemas, bem como o acompanhamento anual dos custos fixos e variáveis da irrigação, sendo isso encontrado em livros como os de Albuquerque e Durães (2008), Santinato et al. (2008), Mantovani et al. (2007), Drummond e Fernandes (2004) e Miranda e Pires (2001; 2003).



**Figura 11.** Custos de implantação de sistemas de irrigação em cafeeiro.  
 Nota: Valores médios praticados no mercado em Rondônia (U\$ 1.00 = R\$ 1,75).  
 Fonte: adaptado de Santinato et al. (2008).

## O projeto do sistema de irrigação

O projeto deverá iniciar pelo conhecimento das características da área e seguir, aproximadamente, as seguintes etapas: a) cálculo da lâmina líquida (mm) referente à quantia de água para elevar a umidade do ponto de murcha à capacidade de campo até a profundidade efetiva do sistema radicular das plantas de café (50 cm) e considerando o fator de depleção igual a 0,5; b) cálculo da lâmina total de irrigação; c) cálculo do turno de rega (sendo fixo e baseado na relação de lâmina líquida e evapotranspiração máxima no período mais crítico); d) escolha do aspersor pela comparação da  $i_p$  e VIB, do microaspersor ou

gotejador; e) cálculo do número de linhas laterais e setores operacionais; f) cálculo da vazão dos setores a serem irrigados baseado na lâmina total a ser repostada; g) cálculo da perda de carga, diâmetro e pressão no início das tubulações com emissores; h) cálculo da perda de carga, diâmetro e pressão no início das tubulações de distribuição; i) cálculo do diâmetro da tubulação principal, de recalque e de sucção; j) cálculo da perda de carga total e altura manométrica da bomba; k) cálculo da potência da moto bomba; l) escolha do conjunto moto-bomba; m) cálculo de custos energéticos; n) finalização do desenho do projeto hidráulico; o) descrição do material em memorial descritivo; p) descrição do custo de aquisição dos equipamentos. Nos sistemas são utilizados acessórios, os quais também são inclusos nos cálculos, como: uniões, curvas, derivações, registros, válvulas automáticas, hidrômetros (não usual, porém recomendável), ventosas, válvulas de retenção, conectores e reguladores de pressão.

Sugere-se que, principalmente, quanto à realização do projeto do sistema de irrigação, incluindo o dimensionamento agrônomico e hidráulico, o leitor consulte a literatura específica, pois possibilitará uma melhor compreensão a cada sistema de irrigação existente. Entre as referências estão Mantovani et al. (2008), Mantovani et al. (2007) e Miranda e Pires (2003).

A etapa seguinte será a montagem, a qual deverá ser executada conforme o desenho definido no projeto. Uma vez concluída a montagem, é primordial a realização de um teste inicial, verificando se o funcionamento está conforme previsto em projeto. Para isto, recomenda-se, não simplesmente, visualizar se a água está saindo no ponto mais elevado ou crítico da área, mas também medir a pressão e a vazão em alguns emissores e compará-los ao estimado. Medida como esta e testes de uniformidade são importantes e úteis para que o irrigante possa alterar ou ajustar o equipamento permitindo um melhor funcionamento e atendimento hídrico às plantas.

Em caso do irrigante já possuir um sistema instalado, convém conferir como realizar o manejo da irrigação, descrito neste capítulo. A qualidade técnica dos sistemas de irrigação pode ser verificada pelo teste de uniformidade de distribuição de água. Este poderá ser realizado anualmente, possibilitando o acompanhamento das características de funcionamento do equipamento dimensionado, destacando-se como indicadores o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) para irrigação por aspersão e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) para irrigação localizada.

## **O manejo da irrigação**

A aplicação da água de maneira racional, visando maximizar a produtividade, minimizar custos de mão de obra e capital, manter condições favoráveis de umidade do solo para o bom desenvolvimento do cafeeiro, é possível pelo manejo da irrigação.

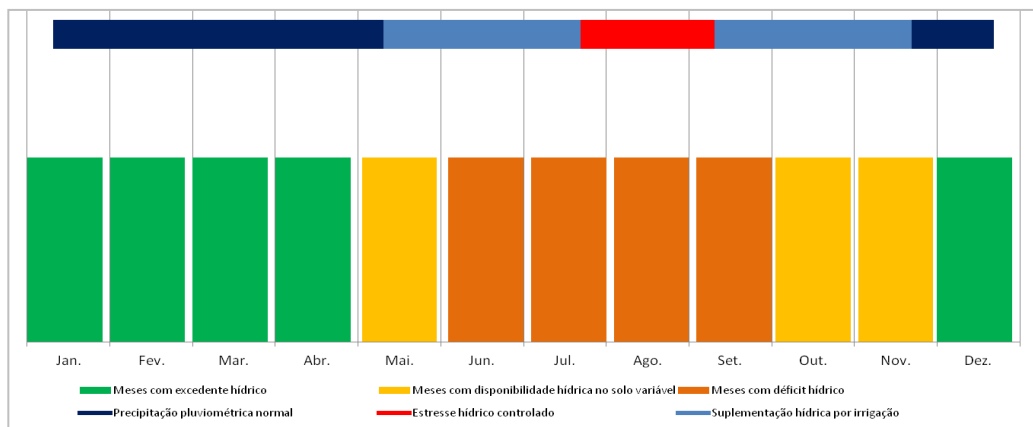
Inicialmente, é preciso identificar quais seriam os momentos interessantes para a primeira e para a última irrigação. Para isto deve-se ter o conhecimento do período das chuvas da região; que a irrigação retarda o desenvolvimento inicial do botão floral do cafeeiro (SILVEIRA; CARVALHO, 1996, apud RONCHI; DaMATTA, 2007); e que um período seco, pode contribuir para a maturação mais concentrada dos botões florais (RONCHI; DaMATTA, 2007). Sugere-se que a irrigação do cafeeiro seja acionada a partir do início do déficit hídrico no solo mantendo seu manejo até o estabelecimento do período chuvoso, evitando a desuniformidade de maturação do café pelo reflexo direto da

ocorrência das floradas alternadas induzidas por chuvas esporádicas durante o período seco, como mencionado anteriormente, porém não iniciando logo depois do período chuvoso. Inclusive, esta sugestão pode ser estratégica do ponto de vista ambiental, considerando que no período seco, entre maio e meados de julho há maior disponibilidade hídrica nos mananciais em relação ao período seco subsequente, meados de julho a meados de agosto. O mesmo sendo observado no período seco que antecede o período chuvoso (meados de agosto a setembro) em função da ocorrência de chuvas, ainda que esporádicas, mas que são oportunas para a recarga hídrica dos mananciais e nascentes.

Considerando o exposto, a Figura 12 ilustra uma estratégia de irrigação projetada para ser aplicada nas unidades de observação da Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Regularização Fundiária (Seagri) juntamente com a Associação de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Rondônia (Emater-RO) com objetivo de avaliar o período mais oportuno para o uso da irrigação no cafeeiro em Rondônia.

Na ocorrência de alguma chuva no período de estresse hídrico controlado, é aconselhável iniciar a prática da irrigação, mantendo-a até o início do período chuvoso, o qual segue até meados de novembro, como sugerido na Figura 12. É importante considerar que a estratégia sugerida para o início e o fim da prática de irrigação, bem como do momento do estresse hídrico controlado, aqui apresentados, estão em estudo e não consistem em uma regra a ser seguida pelo produtor. Além disso, devem-se considerar as variações existentes no Estado e o manejo nutricional diferenciado que a mesma exige, pois em caso de concentração de florada, haverá também a concentração de demanda nutricional.

Durante a prática da irrigação, esta será manejada com o uso de dados obtidos a partir de equipamentos de monitoramento das condições do tempo, do solo e/ou da planta, os quais permitirão definir a quantidade de água e o momento adequado de se irrigar.



**Figura 12.** Estratégia sugerida para início e fim da prática de irrigação em plantas de café no Estado de Rondônia.

Fonte: Elaborado a partir de dados de unidades demonstrativas da Seagri/Emater.

O manejo da irrigação, conforme indicado, pode ser realizado por meio do monitoramento da planta, do solo ou das condições meteorológicas. Embora seja interessante a combinação dos mesmos, a realidade encontrada na maioria das propriedades produtoras de café em Rondônia não contempla o uso destes métodos de maneira completa. Em certos casos tem-se adotado um valor fixo de lâmina de irrigação; a movimentação do solo

com os pés e uma técnica de percepção de sua umidade para decidir o momento de irrigar, ou seja, por experiência ou por empirismo, correspondendo a técnicas expeditas dotadas de imprecisão, uma vez que isto poderá incorrer tanto a falta como o excesso de água.

A falta de água pode ocasionar a redução de produtividade, especialmente em variedades menos tolerantes à seca, e o excesso ocasiona o aumento em custos e gastos desnecessários de água, energia e mão de obra.

A perda de flores, folhas e em certos casos, a perda de frutos, são visíveis em circunstâncias em que a água é escassa ou seu fornecimento é interrompido em momento inadequado. A aplicação de água segundo a prática da “salvação” é emergencial e não é a maneira desejável para suprir a demanda hídrica das plantas. Recomenda-se a irrigação planejada e dotada de critérios técnicos.

Paralelamente, a técnica de avaliação visual das plantas pode ser uma ferramenta auxiliar, porém não aconselhável, pois a planta sob estresse hídrico, em curto prazo apresenta a perda da turgescência, a mudança da posição e da coloração das folhas, e em médio prazo, a redução de crescimento de hastes, a morte de raízes superficiais, o amarelecimento e a senescência de folhas, flores e frutos (Figura 13). Assim, não se deve esperar para constatar esses sintomas ou preferir a subjetividade às formas empregadas pela ciência, caso o período em que a mesma aconteça não seja aquele já estabelecido para o estresse hídrico controlado.



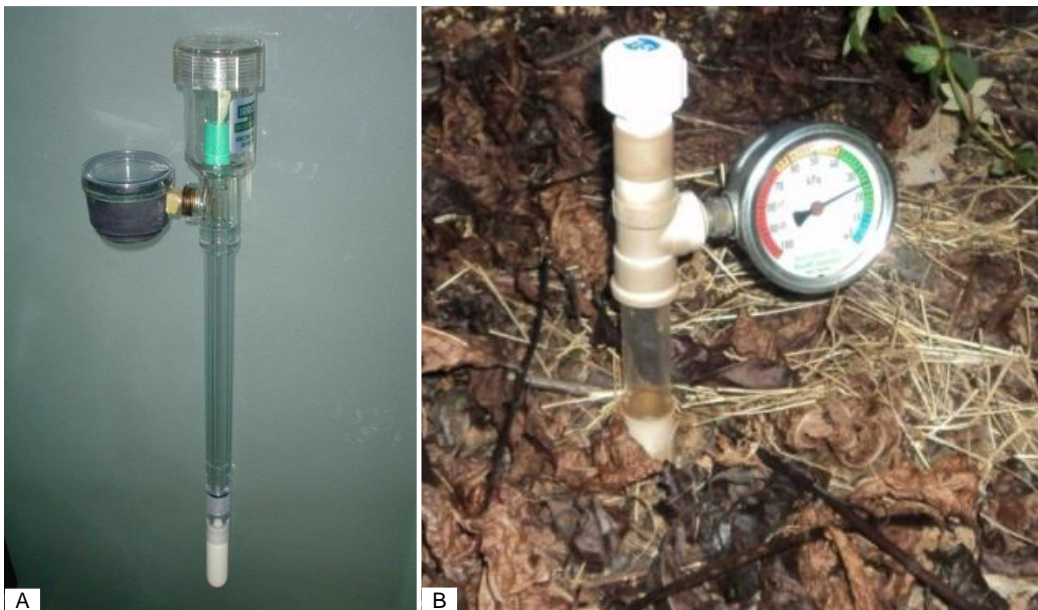
Fotos: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 13.** Plantas de café canéfora com perda de turgescência, em estresse hídrico.

Nesse contexto, sugere-se o uso do método do balanço hídrico, para mostrar quando é preciso irrigar e principalmente o déficit hídrico acumulado, pois é de fácil compreensão e aplicabilidade, diferentemente do manejo via planta, o qual requer o conhecimento que envolve a alteração da temperatura foliar, do potencial de água na folha, do conteúdo relativo de água na planta, da resistência estomática, do grau de turgescência, do diâmetro do caule ou do fluxo de seiva, além do entendimento do funcionamento de equipamentos específicos. A escassez de informações, razões econômicas e a necessidade de mão de obra qualificada são outros limitantes ao uso do manejo via planta.

Alternativamente, o irrigante pode adotar unicamente, o manejo via solo, acompanhando a variação da umidade do solo pelo uso de diferentes instrumentos, tais como: balança e estufa (método das pesagens), bloco de matriz granular (resistência elétrica) ou tensiômetro (tensiometria).

Quanto ao tensiômetro a faixa ideal do potencial mátrico, registrada no instrumento, varia de 10 a 60 kPa (Figura 14). A quantidade de água a irrigar, para essa condição será aquela para se elevar a umidade do solo de um valor superior à umidade crítica ( $\theta_c$ ) até a umidade na capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ), determinada em laboratório uma única vez. Esse manejo permite trabalhar com irrigação de alta frequência. Outra forma é a determinação da umidade até se observar que o solo atingiu a umidade crítica para o cafeeiro, efetuando-se nesse momento a irrigação para se elevar a umidade à capacidade de campo. Esse manejo resulta em irrigações de menor frequência. Recomenda-se que a umidade atual ( $\theta_a$ ) não seja inferior a umidade crítica, pois a deficiência hídrica existente resultará em perda de produtividade.



**Figura 14.** Tensiômetro construído (a) e instalado (b).

Embora o manejo por meio do solo seja viável, nota-se que pela presença de estações meteorológicas monitoradas pela Sedam, pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) e outras no Estado de Rondônia, a relativa dificuldade no uso dos instrumentos no manejo via planta ou via solo, a gradual e crescente facilidade de aquisição de



estações meteorológicas automáticas de superfície e a facilidade de aplicação e compreensão do método, mencionadas anteriormente, indicam a preferência pelo balanço hídrico, o qual já tem sido adotado por alguns produtores e em unidades de observação da Seagri/Emater.

O método do balanço hídrico requer o conhecimento dos seguintes dados: umidade do solo na capacidade de campo, umidade no ponto de murcha permanente, profundidade efetiva do sistema radicular (Z), densidade do solo ( $d_s$ ), fator de depleção de água ou de consumo de água (f), evapotranspiração de referência ( $ET_r$ ), precipitação pluvial (P), coeficiente de cultivo do cafeeiro na atual fase fenológica ( $K_c$ ) (Tabelas 7 e 8), e da quantidade irrigada anteriormente (I).

**Tabela 7.** Coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) para cafeeiro manejado em clima sub-úmido, com umidade relativa mínima de 45% e velocidade do vento próximo a  $2 \text{ m s}^{-1}$ , em diferentes fases de crescimento.

Plantas daninhas	$K_c$ inicial	$K_{cb}$ inicial	$K_c$ adulto	$K_{cb}$ adulto
Sem	0,90	0,80	0,95	0,90
Com	1,05	1,00	1,10	1,05

$K_c$  inicial = para condições típicas de manejo de irrigação e de molhamento do solo. Para molhamentos frequentes, como irrigações diárias ou a cada dois dias.  $K_{cb}$  = para situações de superfície do solo seca.

Fonte: Allen et al. (1998).

**Tabela 8.** Coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) para cafeeiros do grupo 'Conilon' em diferentes densidades de plantio e idades.

Densidade de plantio (plantas $\text{ha}^{-1}$ )	Idade (anos)	Coeficiente de cultivo (-)
2.500	< 1	0,6
2.500	1 a 3	0,8
2.500	> 3	1,0
13.333	< 1	0,9
13.333	1 a 3	1,1
13.333	> 3	1,3

Fonte: Ferrão et al. (2007).

Com os dados de solo, obtêm-se a quantidade de água facilmente disponível no solo, cuja condição hídrica pretende-se manter para as plantas de café. A cada dia ocorre uma saída (evapotranspiração) e ou entrada de água no solo (precipitação e ou irrigação), resultando em uma umidade distinta no solo. O objetivo é manter água facilmente disponível (AFD) para o sistema radicular do cafeeiro.

À medida que se reduz a AFD, a irrigação pode ser utilizada. Quando o saldo do balanço hídrico indicar um valor muito baixo de água facilmente disponível, é recomendável acionar o sistema de irrigação. A diferença entre a capacidade de água facilmente disponível e a atual quantidade de água no solo é utilizada para o cálculo da lâmina de irrigação. Considerando o sistema por aspersão, verifica-se que a partir do uso da lâmina calculada e da intensidade de precipitação do aspersor utilizado, é possível obter o tempo que o sistema permanecerá em funcionamento no dado setor. Recomenda-se que o irrigante acompanhe, com o auxílio de um técnico quando preciso, seu próprio controle do balanço hídrico utilizando uma planilha eletrônica, como do tipo Excel.

A seguir são apresentados e discutidos três exemplos de manejo de irrigação em uma lavoura de café canéfora, que recebeu irrigação complementar por aspersão convencional

no Município de Cacoal, RO, em uma das unidades de observação Seagri/Emater-RO: a) manejo 1: turno de rega variável com lâmina de irrigação variável (Tabela 9); b) manejo 2: turno de rega fixo com lâmina de irrigação fixa (Tabela 10); c) manejo 3: turno de rega fixo com lâmina de irrigação variável (Tabela 11).

**Tabela 9.** Balanço hídrico diário utilizado na cultura de café *C. canephora* com turno de rega variável.

Dia	(1)ET <sub>r</sub>	(2)ET <sub>c</sub>	(3)P	(4)f	(5)CAFD	(6)CAPD	(7)LLa	(8)ADi	(9)ADf	(10)AFDi	(11)AFDf	(12)LBr	(13)T <sub>irrig.</sub>	(14)I
14	4,9	4,4	0,0	0,56	28,1	21,9		0,0	0,0	0,0	0,0	58,8	7,6	7,6
15	4,4	3,9	0,0	0,59	29,7	20,3	50,2	50,0	46,1	29,7	25,7			
16	4,6	4,2	0,0	0,57	28,7	21,3		46,1	41,9	24,8	20,7			
17	4,5	4,1	0,0	0,58	29,2	20,8		41,9	37,9	21,1	17,0			
18	4,2	3,8	0,0	0,60	30,2	19,8		37,9	34,1	18,1	14,3			
19	4,1	3,7	0,0	0,61	30,6	19,4		34,1	30,4	14,7	11,0			
20	4,3	3,9	0,0	0,60	29,8	20,2		30,4	26,5	10,2	6,3			
21	5,3	4,8	0,0	0,54	26,9	23,1		26,5	21,7	3,4	0,0	33,2	4,3	4,3
22	4,8	4,4	0,0	0,56	28,1	21,9	28,2	50,0	45,6	28,1	23,7			
23	5,2	4,7	0,0	0,54	27,0	23,0		45,6	40,9	22,7	18,0			
24	4,7	4,3	0,0	0,57	28,5	21,5		40,9	36,7	19,4	15,1			
25	4,7	4,2	0,0	0,57	28,6	21,4		36,7	32,5	15,3	11,1			
26	5,1	4,5	0,0	0,55	27,5	22,5		32,5	27,9	10,0	5,4			
27	5,1	4,6	0,0	0,55	27,3	22,7		27,9	23,3	5,2	0,6			
28	4,9	4,4	0,0	0,56	28,0	22,0		23,3	18,9	1,3	0,0	36,5	4,7	4,7
29	4,6	4,2	0,0	0,57	28,7	21,3	31,2	50,0	45,8	28,7	24,5			
30	4,7	4,3	0,0	0,57	28,5	21,5		45,8	41,6	24,3	20,0			
31	5,2	4,7	0,0	0,54	26,9	23,1		41,6	36,8	18,5	13,8			
1	4,6	4,1	0,0	0,58	28,9	21,1		36,8	32,7	15,8	11,7			
2	4,7	4,3	0,0	0,57	28,4	21,6		32,7	28,5	11,1	6,9			
3	4,4	3,9	0,0	0,59	29,6	20,4		28,5	24,5	8,1	4,2			
4	4,3	3,8	0,0	0,60	30,0	20,0		24,5	20,7	4,5	0,7			
5	4,8	4,3	0,0	0,57	28,3	21,7		20,7	16,4	0,0	0,0	39,5	5,1	5,1
6	4,6	4,2	0,0	0,58	28,8	21,2	33,8	50,0	45,8	28,8	24,6			
7	4,8	4,3	0,0	0,56	28,2	21,8		45,8	41,5	24,1	19,7			
8	5,2	4,7	0,0	0,54	27,0	23,0		41,5	36,8	18,6	13,9			
9	5,0	4,5	0,0	0,55	27,7	22,3		36,8	32,4	14,5	10,1			

Cultura: Café canefora, Kc = 0,9; aspersão convencional; IA = 7,7 mm/h; Efi = 85%.

Fonte: Elaborada a partir de dados obtidos junto à Unidade de Observação implantada e assistida pela Seagri/Emater-RO em Cacoal-RO.

**Tabela 10.** Balanço hídrico diário utilizado na cultura de café *C. canephora*, com turno de rega e lâmina de irrigação fixos.

Dia	(1)ET <sub>r</sub>	(2)ET <sub>c</sub>	(3)P	(4)f	(5)CAFD	(6)CAPD	(7)LLa	(8)ADi	(9)ADf	(10)AFDi	(11)AFDf	(12)LBr	(13)T <sub>irrig.</sub>	(14)I
14	4,9	4,4	0,0	0,56	28,1	21,9		0,0	0,0	0,0	0,0	58,8	7,6	7,6
15	4,4	3,9	0,0	0,59	29,7	20,3	50,0	50,0	46,1	29,7	25,7			
16	4,6	4,2	0,0	0,57	28,7	21,3		46,1	41,9	24,8	20,7			
17	4,5	4,1	0,0	0,58	29,2	20,8		41,9	37,9	21,1	17,0			
18	4,2	3,8	0,0	0,60	30,2	19,8		37,9	34,1	18,1	14,3			
19	4,1	3,7	0,0	0,61	30,6	19,4		34,1	30,4	14,7	11,0			
20	4,3	3,9	0,0	0,60	29,8	20,2		30,4	26,5	10,2	6,3			
21	5,3	4,7	0,0	0,54	26,9	23,1		26,5	21,8	3,4	0,0			
22	4,8	4,4	0,0	0,56	28,1	21,9		21,8	17,4	0,0	0,0			
23	5,2	4,7	0,0	0,54	27,0	23,0		17,4	12,7	0,0	0,0			
24	4,7	4,3	0,0	0,57	28,5	21,5		12,7	8,5	0,0	0,0	48,9	6,5	6,5
25	4,7	4,2	0,0	0,57	28,6	21,4	43,0	50,0	45,8	28,6	24,4			
26	5,1	4,5	0,0	0,55	27,5	22,5		45,8	41,3	23,3	18,7			
27	5,1	4,6	0,0	0,55	27,3	22,7		41,3	36,6	18,5	13,9			
28	4,9	4,4	0,0	0,56	28,0	22,0		36,6	32,2	14,6	10,2			

Continua...

**Tabela 10.** Continuação.

Dia	(1)ET <sub>r</sub>	(2)ET <sub>c</sub>	(3)P	(4)f	(5)CAFD	(6)CAPD	(7)LLa	(8)ADi	(9)ADf	(10)AFDi	(11)AFDf	(12)LBr	(13)T <sub>irrig.</sub>	(14)I
29	4,6	4,2	0,0	0,57	28,7	21,3		32,2	28,1	10,9	6,8			
30	4,7	4,3	0,0	0,57	28,5	21,5		28,1	23,8	6,5	2,3			
31	5,2	4,7	0,0	0,54	26,9	23,1		23,8	19,1	0,7	0,0			
1	4,6	4,1	0,0	0,58	28,9	21,1		19,1	15,0	0,0	0,0			
2	4,7	4,3	0,0	0,57	28,4	21,6		15,0	10,7	0,0	0,0			
3	4,4	3,9	0,0	0,59	29,6	20,4		10,7	6,8	0,0	0,0	50,6	6,6	6,5
4	4,3	3,8	0,0	0,60	30,0	20,0	43,0	49,8	45,9	29,8	26,0			
5	4,8	4,3	0,0	0,57	28,3	21,7		46,0	41,6	24,2	19,9			
6	4,6	4,2	0,0	0,58	28,8	21,2		41,6	37,5	20,4	16,3			
7	4,8	4,3	0,0	0,56	28,2	21,8		37,5	33,1	15,7	11,4			
8	5,2	4,7	0,0	0,54	27,0	23,0		33,1	28,5	10,2	5,5			
9	5,0	4,5	0,0	0,55	27,7	22,3		28,5	24,0	6,2	1,7			

Cultura: Café canéfora, Kc = 0,9; aspersão convencional; IA – 7,7 mm/h; Efi = 85%.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados obtidos junto à Unidade de Observação implantada e assistida pela Seagri/Emater-RO em Cacoal, RO.

**Tabela 11.** Balanço hídrico diário na cultura de café *C. canephora*, com turno de rega fixo e lâmina de irrigação variável.

Dia	(1)ET <sub>r</sub>	(2)ET <sub>c</sub>	(3)P	(4)f	(5)CAFD	(6)CAPD	(7)LLa	(8)ADi	(9)ADf	(10)AFDi	(11)AFDf	(12)LBr	(13)T <sub>irrig.</sub>	(14)I
14	4,9	4,4	0,0	0,56	28,1	21,9		0,0	0,0	0,0	0,0	58,8	7,6	7,6
15	4,4	3,9	0,0	0,59	29,7	20,3	50,2	50,0	46,1	29,7	25,7			
16	4,6	4,2	0,0	0,57	28,7	21,3		46,1	41,9	24,8	20,7			
17	4,5	4,1	0,0	0,58	29,2	20,8		41,9	37,9	21,1	17,0			
18	4,2	3,8	0,0	0,60	30,2	19,8		37,9	34,1	18,1	14,3			
19	4,1	3,7	0,0	0,61	30,6	19,4		34,1	30,4	14,7	11,0			
20	4,3	3,9	0,0	0,60	29,8	20,2		30,4	26,5	10,2	6,3			
21	5,3	4,7	0,0	0,54	26,9	23,1		26,5	21,8	3,4	0,0			
22	4,8	4,4	0,0	0,56	28,1	21,9		21,8	17,4	0,0	0,0			
23	5,2	4,7	0,0	0,54	27,0	23,0		17,4	12,7	0,0	0,0			
24	4,7	4,2	0,0	0,57	28,5	21,5		12,7	8,5	0,0	0,0	48,8	6,3	6,3
25	4,7	4,2	0,0	0,57	28,6	21,4	41,5	50,0	45,8	28,6	24,4			
26	5,1	4,5	0,0	0,55	27,5	22,5		45,8	41,3	23,3	18,7			
27	5,1	4,6	0,0	0,55	27,3	22,7		41,3	36,6	18,5	13,9			
28	4,9	4,4	0,0	0,56	28,0	22,0		36,6	32,2	14,6	10,2			
29	4,6	4,2	0,0	0,57	28,7	21,3		32,2	28,1	10,9	6,8			
30	4,7	4,3	0,0	0,57	28,5	21,5		28,1	23,8	6,5	2,3			
31	5,2	4,7	0,0	0,54	26,9	23,1		23,8	19,1	0,7	0,0			
1	4,6	4,1	0,0	0,58	28,9	21,1		19,1	15,0	0,0	0,0			
2	4,7	4,3	0,0	0,57	28,4	21,6		15,0	10,7	0,0	0,0			
3	4,4	3,9	0,0	0,59	29,6	20,4		10,7	6,8	0,0	0,0	50,9	6,6	6,6
4	4,3	3,8	0,0	0,60	30,0	20,0	43,4	50,0	46,2	30,0	26,2			
5	4,8	4,3	0,0	0,57	28,3	21,7		46,2	41,9	24,4	20,1			
6	4,6	4,2	0,0	0,58	28,8	21,2		41,9	37,7	20,7	16,5			
7	4,8	4,3	0,0	0,56	28,2	21,8		37,7	33,4	15,9	11,6			
8	5,2	4,7	0,0	0,54	27,0	23,0		33,4	28,7	10,4	5,7			
9	5,0	4,5	0,0	0,55	27,7	22,3		28,7	24,2	6,4	1,9			

Cultura: Café canéfora, Kc = 0,9; aspersão convencional; IA – 7,7 mm/h; Efi = 85%.

Fonte: Elaborada a partir de dados obtidos junto à Unidade de Observação implantada e assistida pela Seagri/Emater-RO em Cacoal, RO.

Esses exemplos foram desenvolvidos a partir do balanço hídrico climático diário (THORNTHWAITE; MATHER, 1955) realizado com dados reais do período de 14 de agosto a 09 de setembro de 2012, exceto para os dados de frequência e lâminas de irrigação, que não condizem necessariamente com os eventos reais praticados e, portanto, foram simulados para efeitos estritamente didáticos.

Uma vez que o irrigante tenha conhecido como obter as variáveis, é interessante verificar como elaborar a cada dia, o preenchimento de sua tabela, seja ela como no exemplo da Tabela 9, 10 ou 11. Assim, propôs-se um roteiro passo a passo a cada caso, do procedimento diário na confecção do balanço hídrico para: a) turno de rega variável com lâmina de irrigação variável; b) turno de rega fixo com lâmina de irrigação fixa; e c) turno de rega fixo com lâmina de irrigação variável. Pequenas diferenças nos valores são consideradas ajustes de arredondamento. Em todos os casos, realizaram-se uma primeira irrigação adicionando ao solo uma lâmina de 50 mm para preenchimento de água do solo, assegurando o manejo a partir do solo em sua capacidade máxima, sem ainda se ter dados de manejo para o conhecimento da lâmina mais apropriada. O início do registro acontece ao conhecer quanto as plantas consumiram de água (evapotranspiração) e quanto choveu (precipitação) no dia 14. Os registros se mantêm até se verificar o início do período chuvoso, que se prolonga além dos dias mostrados no exemplo. Durante o procedimento detalhado a seguir, para cada manejo (a, b ou c) são exemplificados os cálculos apenas em algumas linhas das respectivas tabelas, cabendo ao irrigante o acompanhamento de todos os dias no intervalo sugerido na Figura 12, ou conforme análise do clima local.

a) Turno de rega variável com lâmina de irrigação variável: neste caso observa-se pela Tabela 9, coluna (14), que há sete dias entre a primeira irrigação e a segunda, sete dias entre a segunda e a terceira, e oito dias entre a terceira e a quarta irrigação, ou seja o turno de rega é variável. Ainda, quanto a lâmina aplicada, coluna (7), a primeira a ser considerada após o preenchimento da CAD do solo é a de 28,3 mm no dia 22, a de 31,2 mm no dia 29, e a de 33,8 mm no dia 6 do mês seguinte, ou seja, a lâmina é variável. Alguns itens não apresentam alteração de um dia para outro, nem entre manejos (a, b e c). São estes: o  $K_c = 0,9$ ; o sistema que é o de aspersão convencional; a  $IA = 7,7$  mm/h; a  $CAD = 50$  mm; e a  $E_{fi} = 85\%$ . Para os demais itens apresentados em cada coluna da Tabela 9, segue como descrito:

- Calcular o valor da coluna (1). Tomando como exemplo o dia 21. O valor encontrado para  $ET_r$  foi 5,3 mm, calculado por um dos métodos apresentados.
- Calcular o valor da coluna (2). No dia 21,  $ET_c = 5,3 * 0,9 = 4,8$  mm.
- Obter o valor da coluna (3). A leitura dos dados obtidos do local indicou que não choveu no período analisado. No exemplo,  $P=0$  (esta variável é utilizada no oitavo passo deste manejo).
- Calcular o valor da coluna (4). No dia 21,  $f = 0,0059*(5,3)^2 - 0,1184*(5,3) + 0,997 = 0,6$ .
- Calcular o valor da coluna (5). No dia 21,  $CAFD = 50*0,54 = 26,9$  mm.
- Calcular o valor da coluna (6). No dia 21,  $CAPD = 50 - 26,9 = 23,1$  mm.
- Calcular o valor da coluna (7), quando  $AFD_f = 0$  coluna (9). Observe que não havia água facilmente disponível no dia 21, portanto teria de irrigar no início à noite do dia 21. Isso foi realizado aplicando uma lâmina calculada de  $LL_a = 50 - 21,8 = 28,2$  mm, que se registra no dia seguinte, dia 22. No dia 21, não se observam dados na coluna (7), pois não se irrigou na noite do dia 20.
- Calcular o valor da coluna (8). No dia 21,  $AD_i = 26,5 + 0 + 0 = 26,5$  mm; ou no dia 22,  $AD_i = 21,8 + 0 + 28,2 = 50$  mm, sendo esta a quantidade de água disponível no solo no início do dia 21, ou seja, sendo igual ao valor da capacidade máxima de retenção de água.

- Calcular o valor da coluna (9). No dia 21,  $ADf = 26,5 - 4,8 = 21,7$  mm, ou dia 22,  $ADf = 50 - 4,4 = 45,6$  mm.
  - Calcular o valor da coluna (10). No dia 21,  $AFDi = 26,5 - 23,1 = 3,4$  mm, ou no dia 22,  $AFDi = 50 - 21,9 = 28,1$  mm. Valores de  $AFDi$  próximos a “zero”, como no dia 21, indicam que há pouca água facilmente disponível no solo já no início do dia. Valores de  $AFDi$  iguais a “zero”, indicam que não há água facilmente disponível no solo, a cultura está consumindo água da fração pouco disponível e, com efeito, sofrendo déficit hídrico.
  - Calcular o valor da coluna (11). No dia 21,  $AFDf = 3,4 - 4,7 = - 1,3$  mm. De fato, todo valor negativo irá indicar que  $AFDf = 0$  mm. Valores de  $AFDf$  iguais a “zero”, indicam que toda a água facilmente disponível foi consumida e no dia seguinte, se não houver irrigação, a cultura irá consumir água da fração pouco disponível no solo, sofrendo estresse hídrico. O valor de  $AFDf$  neste manejo, com turno de rega variável, foi usada como indicador do momento de irrigar, de forma que, quando o valor de  $AFDf$  atingia “zero” (dia 21) novo evento de irrigação era procedido à noite, como observado nas colunas (12 a 14) e a umidade do solo voltava à capacidade de campo (dia 22, coluna 8).
  - Calcular o valor da coluna (12). Ao verificar  $AFDf = 0$ , procede ao cálculo obtendo para a irrigação do dia 21,  $LBr = 28,3 / 0,85 = 33,3$  m. Esta é a quantidade de água que necessita ser aplicada pelo sistema de irrigação para suprir a LLa.
  - Calcular o valor da coluna (13). O tempo para irrigar no dia 21 foi  $T_{irrig} = 28,3/7,7 = 4,3$  h. Este tempo é o necessário para que o sistema aplique a lâmina bruta requerida.
  - Irrigar e anotar o tempo realmente irrigado na coluna (14). Nessa coluna é anotado o tempo de irrigação realmente aplicado, em horas, nos respectivos dias em que se deram os eventos de irrigação. Assim obtêm-se duas informações: o tempo de irrigação e o turno de rega que no Manejo 1 são variáveis de acordo com a coluna (11), já discutida.
  - repete-se o procedimento, para o novo dia.
- b) Turno de rega fixo com lâmina de irrigação fixa: neste caso observa-se pela Tabela 10, coluna (140, que há 10 dias entre a primeira e a segunda, e 10 dias entre a segunda e a terceira irrigação, ou seja, o turno de rega é fixo. Ainda, quanto às lâminas registradas, a primeira a ser considerada, após o preenchimento da CAD do solo, é de 43 mm no dia 25, e a seguinte é de 43 mm no dia 4 do mês seguinte, ou seja, a lâmina é fixa. O procedimento para este manejo segue o descrito:
- Calcular o valor da coluna (1). A  $ETr$  foi obtida a partir de dados da estação meteorológica de Cacoal, RO.
  - Calcular o valor da coluna (2). Como exemplo, pode-se verificar que no dia 3,  $ETc = 4,4 * 0,9 = 3,9$  mm.
  - Obter a coluna (3). A chuva é obtida da leitura na estação meteorológica mais próxima ou de dados locais, de pluviômetro instalado próximo ao cafezal a ser irrigado. No caso exemplificado, não há dados de chuva no período.  $P = 0$ , em qualquer dos dias apresentados.
  - Calcular o valor da coluna (4). Por exemplo, no dia 3,  $f = 0,0059*(4,4)^2 - 0,1184*(4,4) + 0,997 = 0,59$ .
  - Calcular o valor da coluna (5).  $CAFD = 50 * 0,59 = 29,6$  mm, para o dia 3.

- Calcular o valor da coluna (6).  $CAPD = 50 - 29,6 = 20,4$  mm, para o dia 3.
  - Calcular o valor da coluna (7). Entre os dias 25 e 3, têm-se  $LLa = 43,0$  mm. Neste manejo a lâmina foi obtida pelo produto da  $ET_c$  média estimada para o período e o número de dias do intervalo de irrigação ou turno de rega, exceto para a primeira irrigação.
  - Calcular o valor da coluna (8). Considerando o dia 3,  $ADi = 10,7 + 0 + 0 = 10,7$  mm. Considerando a irrigação noturna do dia 3, então no dia 4,  $ADi = 6,8 + 0 + 43,0 = 49,8$  mm, ou seja, próximo a 50 mm. Este valor indica que o solo está com sua capacidade máxima preenchida no início do dia 4, pois  $CAD = 50$  mm.
  - Calcular o valor da coluna (9). Este valor será referência para o cálculo de  $ADi$  do próximo dia. Por exemplo, no dia 4,  $ADf = 49,8 - 3,8 = 46$  mm. Quando  $ADf$  está próximo a “zero”, como no dia 3, indica que há pouca água disponível no solo e a umidade do solo está próxima ao ponto de murcha permanente, o solo está seco.
  - Calcular o valor da coluna (10). No dia 3,  $AFDi = 10,7 - 20,4 = -9,7$  mm, portanto não há porção de água facilmente disponível, ou seja, corresponde a  $AFDi = 0$ , indicando que a cultura está consumindo água da fração pouco disponível e sofrendo déficit hídrico. Depois da irrigação noturna do dia 3, o valor obtido dia 4 será,  $AFDi = 49,8 - 20,0 = 29,8$  mm, assim o solo está úmido.
  - Calcular o valor da coluna (11). Considerando o dia 4,  $AFDf = 29,8 - 3,8 = 26,0$  mm. Valores de  $AFDf$  iguais a “zero”, como nos dias 31, 01, 02 e 03, indicam que toda a água facilmente disponível foi consumida e no dia seguinte, se não houver irrigação, a cultura irá consumir água da fração pouco disponível no solo, sofrendo estresse hídrico.
  - Calcular o valor da coluna (12). Considerando o dia 4,  $LBr = 43,0 / 0,85 = 50,6$  mm.
  - Calcular o valor da coluna (13). O tempo de irrigação requerido para o dia 3 foi  $T_{irrig} = 50,6 / 7,7 = 6,6$  h.
  - Obter o valor da coluna (14), que corresponde ao tempo de irrigação utilizado pelo irrigante. Para o dia 3 foi  $I = 6,5$  h. Se anota este valor a cada evento de irrigação. Note que entre a irrigação do dia 14 para 24, e do dia 24 para o dia 3, há 10 dias, que corresponde ao turno de rega (TR).
  - Repete-se o procedimento para o próximo dia.
- c) Turno de rega fixo com lâmina de irrigação variável: neste caso observa-se pela Tabela 11, coluna (14), que há 10 dias entre a primeira e a segunda, e 10 dias entre a segunda e a terceira irrigação, ou seja, o turno de rega é fixo. Ainda, quanto às lâminas registradas, a primeira a ser considerada, após o preenchimento da CAD do solo, é de 41,7 mm no dia 25, a segunda de 43,4 mm no dia 4 do mês seguinte, ou seja, a lâmina é variável. O procedimento para este manejo segue o descrito:
- Calcular o valor da coluna (1). A  $ET_r$  foi obtida a partir de dados da estação meteorológica de Cacoal, RO.
  - Calcular o valor da coluna (2). Considerando o dia 24, o  $ET_c = 4,7 * 0,9 = 4,2$  mm.
  - Obter o valor da coluna (3). Não ocorreu chuva no dia 24, assim como em todo o período mostrado.
  - Calcular o valor da coluna (4). No dia 24,  $f = 0,0059*(4,2)^2 - 0,1184*(4,2) + 0,997 = 0,60$ , no caso exemplificado, o valor encontrado é 0,57, por questões de arredondamento.
  - Calcular o valor da coluna (5). No dia 24,  $CAFD = 50 * 0,57 = 28,5$  mm.

- Calcular o valor da coluna (6). No dia 24,  $CAPD = 50 - 28,5 = 21,5$  mm.
- Calcular o valor da coluna (7). No dia 24,  $LLa = 50 - 8,3 = 41,7$  mm. Como as irrigações foram feitas no período noturno a LLa foi creditada no dia seguinte (ver dia 25).
- Calcular o valor da coluna (8). No dia 24,  $ADi = 12,7 + 0 + 0 = 12,7$  mm. Para o dia seguinte, já se nota  $ADi = 8,5 + 0 + 41,5 = 50$  mm. No Manejo 3 a ADi sempre atingiu o valor máximo da CAD após os eventos de irrigação, o que significa que o solo sempre ficou na sua capacidade máxima de retenção de água após os eventos de irrigação.
- Calcular o valor da coluna (9). No dia 24,  $ADf = 12,7 - 4,2 = 8,5$  mm. Valores de ADf próximos a “zero”, como no dia 24, indicam que há pouca água disponível no solo e a umidade se aproxima do ponto de murcha permanente.
- Calcular o valor da coluna (10). No dia 24,  $AFDi = 12,7 - 21,5 = - 8,8$  mm. Valores de AFDi próximos a “zero”, como no dia 21, indicam que há pouca água facilmente disponível no solo já no início do dia. Valores de AFDi iguais a “zero”, como nos dias 22, 23 e 24, indicam que não há água facilmente disponível no solo, a cultura está consumindo da fração pouco disponível e está em déficit hídrico.
- Calcular o valor da coluna (11). No dia 20,  $AFDf = 10,2 - 3,9 = 6,3$  mm, indicando que existia pouca água facilmente disponível ao final deste dia. No entanto a ETc do dia 21, ocasionou  $AFDf = 3,4 - 4,7 = - 1,3$  mm, sendo na realidade registrado como  $AFDf = 0$  mm. Este valor indica que ao final do dia, as plantas estavam retirando água da porção de difícil extração. Valores de AFDf iguais a “zero”, como nos dias 21, 22, 23 e 24, indicam que toda a água facilmente disponível foi consumida e no dia seguinte, se não houver irrigação, a cultura irá consumir água da fração pouco disponível no solo, sofrendo estresse hídrico.
- Calcular o valor da coluna (12). A quantidade de água calculada para o dia 24 a ser irrigado à noite foi  $LBr = 41,5 / 0,85 = 48,8$  mm.
- Calcular o valor da coluna (13). A lâmina bruta de 48,8mm foi calculada para aplicar no tempo  $T_{irrig} = 48,8/7,7 = 6,3$  h.
- Anotar o valor da coluna (14). O tempo usado pelo irrigante no dia 24 foi a mesma que a calculada.  $I = 6,3$  h. Outra informação nesta coluna, é o intervalo entre irrigações, que neste caso é fixo e igual a 10 dias.
- Repete-se o procedimento para o próximo dia.

No primeiro manejo, pelo fato de a frequência e a lâmina de irrigação serem determinadas pelo status de água facilmente disponível no solo, isto é, quando o nível de AFD chegava a “zero” um novo evento de irrigação era realizado e a umidade do solo elevada à capacidade de campo, além da maior autonomia com relação à quantidade de água disponível a cultura gastou menos esforços para absorvê-la. Neste tipo de manejo não houve evidência de que a cultura tenha sofrido estresse hídrico nos últimos dias do intervalo de irrigação (turno de rega), pois, a disponibilidade ‘zero’ foi exatamente o indicador da necessidade pontual de irrigação.

No segundo manejo, em função da lâmina de irrigação ter sido fixa, a umidade do solo foi elevada à capacidade de campo apenas no primeiro e no segundo evento de irrigação e devido ao longo período compreendido entre um evento e outro de irrigação a água facilmente disponível atingiu nível “zero”, bem antes dos dias pré-estabelecidos para os eventos de irrigação, indicando que nesses dias a cultura sofreu estresse hídrico, pois,

não havia água facilmente disponível no solo. Além disso, nesse tipo de manejo podem ocorrer duas situações indesejáveis:

- a) A lâmina de irrigação pode ser maior que a necessária à depleção do solo, causando lixiviação de nutrientes e desperdício de água e de energia.
- b) A lâmina de irrigação pode ser menor que a necessária à depleção do solo, predispondo a cultura a estresses hídricos.

No terceiro manejo, como no primeiro manejo, a água disponível inicial sempre atingiu a capacidade de campo após o evento de irrigação, porém, verifica-se que a água facilmente disponível atingiu nível “zero”, bem antes dos dias pré-estabelecidos para os eventos de irrigação, indicando que nesses dias, a exemplo do segundo manejo, a cultura sofreu estresse hídrico, pois, não havia água facilmente disponível no solo.

## Considerações finais

Diante das vantagens proporcionadas pela tecnologia de irrigação, há uma perspectiva de aumento em produtividade e qualidade de grãos. Informações, tais como algumas apresentadas neste capítulo, e outras ainda a serem formuladas a partir de pesquisas permitirão um fundamento científico importante para a melhora do planejamento e manejo da irrigação nas lavouras de café do Estado de Rondônia. A mudança no setor cafeeiro em busca de maiores produtividades dependerá da aplicação técnica-científica dos diversos conhecimentos pelo cafeicultor, inclusive quanto à irrigação. A decisão racional em irrigar; a escolha reflexiva do sistema de irrigação; o dimensionamento considerando as condições específicas da propriedade; a aquisição, a montagem e funcionamento dos equipamentos de irrigação tal como descrito em um projeto de irrigação otimizado; o manejo de irrigação fundamentado em métodos não subjetivos; e o emprego da manutenção e de avaliações periódicas da uniformidade de aplicação de água são fatores diferenciais diante dos recursos naturais, humanos e financeiros investidos.

## Referências

- ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 528 p.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements**. Roma: FAO, 1998. 301 p. (FAO Irrigation and Drainage. Paper 56).
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 218 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29). Tradução de H.R. Gheyi et al.
- BOLETIM CLIMATOLOGICO DO ESTADO DE RONDÔNIA. Porto Velho: Sedam, 1999-2010.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Safra 2015, Primeiro Levantamento, Brasília, Janeiro de 2015. v.1, n. 3. Brasília: Conab, 2015. 41p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 20 mai. 2015.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Necessidades hídricas das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1997. 204 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 24). Tradução de H.R. Gheyi et al.
- DRUMMOND, L. C. D.; FERNANDES, A. L. T. **Utilização da aspersão em malha na cafeicultura familiar**. Uberaba, MG: UNIUBE, 2004. 88 p.



- FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Irrigação do cafeeiro conilon**. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória, ES: INCAPER, 2007. p. 347-373. 702 p.
- FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Planejamento de irrigação**: análise de decisão de investimento. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 626 p.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2007. 358 p.
- MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa, MG: UFV. 2008. 626 p.
- MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A. Manejo de irrigação. In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE MANEJO INTEGRADO DAS CULTURAS E DOS RECURSOS HÍDRICOS, 1998, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: SRH/UFV, 1998. p. 49-76.
- MARCOLAN, A. L.; RAMALHO, A. R.; MENDES, A. M.; TEIXEIRA, C. A. D.; FERNANDES, C. de F.; COSTA, J. N. M.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; OLIVEIRA, S. J. de M.; FERNANDES, S. R.; VENEZIANO, W. **Cultivo dos cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia**. 3. ed. rev. atual. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2009. 67 p. (Embrapa Rondônia. Sistema de produção, 33).
- MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. v. 1, 410 p.
- MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2003. v. 2, 703 p.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola**. Piracicaba: USP, 2007.
- RONCHI, C. P.; DAMATTA, F. M. Aspectos fisiológicos do café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007. p. 347-373.
- ROSA NETO, C.; OLIVEIRA, S. J. M.; ARAÚJO, L. V.; ARAÚJO, T. G. **Aspectos econômicos, de produção e comercialização da cadeia agroindustrial do café em Rondônia**. Porto Velho, RO: Sebrae: Embrapa Rondônia: Emater. 2012. 70 p.
- SANTINATO, R., FERNANDES, A. L. T., FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2.ed. Campinas: Uniube, 2008. 476 p.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n. 1).
- TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**. Porto Alegre: UFRGS, 2002.
- VERMEIREN, L.; JOBLING, G. A. **Irrigação localizada**. Campina Grande: UFPB, 1997. 184 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 36). Tradução de H.R. Gheyi et al.



## Capítulo 15

---

# Procedimentos de colheita do café

*Enrique Anastácio Alves  
José Nilton Medeiros Costa  
Júlio César Freitas Santos*





## Introdução

**D**entre todas as etapas que compõem a produção do café, a colheita é responsável por grande parte dos custos. Isto se dá principalmente durante o processo de derriça dos frutos, em que, se concentra a maior demanda de mão de obra. Esta dependência da mão de obra é, na atualidade, um dos principais gargalos do cultivo do café no país, o que se torna mais crítico em regiões montanhosas com dificuldade de mecanização.

Apesar de sua importância social e econômica, a cafeicultura na Amazônia Ocidental é pouco competitiva por causa de suas deficiências estruturais, logísticas e o baixo nível de adoção de tecnologias. E, segundo Veneziano (2002), existe uma grande demanda de pesquisa e geração de tecnologias aplicadas às características locais de produção. Estas deficiências têm como resultado baixa produtividade e a má qualidade do produto.

Os cuidados na colheita e pós-colheita do café interferem na manutenção da qualidade dos frutos, ou seja, é nessas duas etapas que o produtor precisa se atentar às recomendações técnicas para evitar a depreciação do seu produto. Entre as principais recomendações se pode citar: a colheita feita com o máximo possível de frutos em estágio cereja; secagem do fruto o quanto antes para evitar fermentação; processamento e armazenamento de forma a preservar as características químicas e físicas dos grãos.

Na Amazônia Ocidental, especialmente no Estado de Rondônia, é comum a colheita do café verde, amontoa do produto no terreiro, o uso inadequado de secador e colheita de frutos em diferentes níveis de maturação e sem separação. A antecipação da colheita é uma decisão não recomendável, que alguns produtores e meeiros fazem por estarem muitas vezes despreparados e descapitalizados. Isto faz com que o processo de venda seja realizado às pressas, ou até mesmo, antes da colheita, por necessidades financeiras e por compromissos assumidos com atravessadores.

Vale ressaltar que o momento ideal de colheita ocorre quando há baixa percentagem de frutos verdes, menos que 20% dos frutos. Isto implica que, percentagens maiores são consideradas desfavoráveis à produção de café de qualidade, uma vez que, no caso do café natural (não processado - verdes, verdoengos, maduros e passa), o lote apresentará, no momento da classificação, um grande número de grãos defeituosos que serão deletérios à qualidade do produto. Ainda que o produtor pratique o processamento do café por meio da lavagem e separação dos frutos, a colheita fora de época adequada acarretará em menor quantidade de frutos maduros. Ou seja, menos frutos com potencial de formar uma bebida de boa qualidade.

Os frutos maduros são a matéria-prima do café de qualidade por possuírem desenvolvimento pleno dos grãos, além de maior conteúdo de sólidos solúveis e açúcares. Estas características favorecerão para que, durante o processo de torra dos grãos, ocorram reações físico-químicas necessárias para a obtenção de características desejáveis de aroma, sabor, acidez, corpo e doçura.

Souza et al. (2005), em ensaios realizados no campo experimental da Embrapa Rondônia, avaliaram o número de defeitos presentes nas amostras de cafés canéfora com as seguintes proporções de cafés maduros: 0%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% e 100%, submetidos à seca em terreiro de cimento à 12% de umidade. Os autores concluíram que o número de defeitos foi inversamente proporcional ao nível de maturação das amostras no momento da colheita. Definiram que, para as condições

testadas, o índice de 90% de cafés maduros seria o recomendado como ideal para o início da colheita.

Assim como a época, o método de colheita (manual, semimecanizada e mecanizada) também é considerado importante para obtenção de um café de qualidade, pois, os procedimentos adotados nesta etapa final do ciclo produtivo podem ter influência direta nos parâmetros quantitativos e qualitativos dos grãos colhidos, interferindo em sua faixa de classificação física e sensorial. É importante observar que, tanto o produtor que realiza a colheita do café de forma manual, quanto o que faz a operação de forma mecanizada, pode produzir um café de qualidade. Entretanto, a adoção da prática de colheita mecanizada pode aperfeiçoar o processo com diminuição do custo e economia de tempo. Isso ocorre porque os produtores, principalmente os que têm áreas maiores, não conseguem colher os frutos de café no momento ideal, frequentemente por não contar com mão de obra suficiente. Isso acaba levando-o a colher o fruto verde ou em estágio que já passou do ponto de maturação (passa e ou seco), o que prejudica a qualidade do café.

De maneira geral, os preços recebidos pelos produtores na Amazônia Ocidental sempre foram baixos, em razão da má qualidade do café produzido, da não realização da devida classificação dos grãos e da descapitalização dos produtores, que vendem seu café diretamente ao atravessador, não tendo o retorno merecido, principalmente quando o preço se encontra em um patamar inferior, em época de muita oferta.

Dentre todos os segmentos que compõem a cadeia produtiva, o de cafés especiais é o que mais cresce no mercado cafeeiro internacional, atingindo 15% ao ano, o que sugere que a qualidade é, atualmente, o fator mais importante e vem norteando a estratégia de marketing brasileira e a busca por excelência na produção. No Estado de Rondônia, como vem acontecendo em outras regiões do país, existe uma demanda crescente pela produção deste tipo de café.

É preciso entender que a cafeicultura deve ser conduzida como uma atividade empresarial, levando-se em consideração os princípios fundamentais de aumento de produtividade, redução dos custos e melhoria da qualidade. Para o atendimento deste último princípio, além dos fatores que são inerentes ao desenvolvimento pleno do fruto ainda no campo, deve-se destacar a colheita e pós-colheita (processamento, secagem e armazenamento) como uma das principais etapas na produção do café de qualidade.

## **Época de colheita**

Dentre as dificuldades a serem superadas para realização de uma boa colheita do café, destaca-se a influência detrimental da desuniformidade de maturação dos frutos, decorrentes da ocorrência de diversas floradas em diferentes períodos. Cortez (2000) enfatiza que os ciclos fenológicos de frutificação das espécies de café são diferentes. Para o café arábica os intervalos entre a florada e a maturação dos grãos são cerca de 220 dias (ou 750 mm de evapotranspiração potencial) e para o café canéfora são em média 300 dias (ou 900 mm de evapotranspiração potencial). Isto implica que o café canéfora possui maior sensibilidade à broca do café, maior variabilidade do ponto de colheita, exigindo uma maior atenção, com relação ao manejo, durante o período de pré-colheita.

Mas, ainda que o produtor trabalhe com uma única espécie (canéfora), em regiões adequadas ao plantio do café, as condições adversas de clima, em função de

precipitações pluviométricas, temperatura ambiental e umidade relativa do ar, durante as fases de floração, frutificação e amadurecimento, podem promover maturações desuniformes, com vários frutos verdes na colheita e fermentações indesejáveis nos frutos maduros, o que leva à perda da qualidade até mesmo antes de iniciar a colheita (CHAGAS; LEITE, 1998).

A preocupação maior é quanto à realização da colheita antecipada com grande presença de frutos verdes, pois, conforme Bartholo e Guimarães (1997), o café verde causa prejuízos na classificação por tipo, no peso de grão, no rendimento de colheita, no desgaste da planta, na qualidade da bebida e no valor do produto. Os mesmos autores recomendam que para iniciar a colheita, os frutos verdes na planta sejam de no máximo 5%, sendo toleráveis quantidades de até 20%, que, no entanto, trazem prejuízos na qualidade. Ferrão et al. (2004) e Fonseca et al. (2007) também indicam o índice de 80% de frutos maduros como ponto de início das atividades de colheita.

Os grãos de frutos colhidos verdes têm menor massa que os de frutos maduros, e, o tempo de espera para se iniciar a secagem e o processamento também gera a perda de massa em virtude da respiração dos frutos e ao processo de fermentação. Esta perda de massa levando-se em conta os defeitos adquiridos ao longo de todo o processo de produção pode gerar prejuízo superior a 20%, isto sem considerar os danos causados à qualidade de bebida. Vale salientar que é de conhecimento do próprio produtor que os frutos colhidos no início da safra antecipada, ainda verdes, têm rendimento em latões por saca beneficiada, inferior aos dos frutos colhidos no final da safra. Entretanto, ainda assim, muitos preferem antecipar a colheita por causa da falta de mão de obra, estrutura de secagem, beneficiamento e armazenagem. Na prática isso gera uma perda em rendimento, qualidade e de oportunidade de comercialização da safra por melhores preços.

Muitos são os problemas causados em função da colheita fora da época ideal e pela demora da retirada dos frutos colhidos, que ficam armazenados na lavoura. Esta prática pode se estender por dias e até semanas, nos piores casos. Pode-se dizer que existe certo comodismo, por parte de alguns produtores, por considerarem que não terão a devida retribuição por realizarem o processo de colheita de forma correta. Esses recolhem os sacos com café apenas ao término da colheita do talhão ou quando julgam que já existe uma quantidade de frutos que justifique o transporte ao terreiro ou secador. Existe ainda, a crença equivocada de que este momento de “descanso” do café na lavoura dará ao produto uma qualidade melhor, este processo irá “igualar o café”. Apesar dos inúmeros argumentos sobre os motivos que levam o produtor a colher o café verde e deixá-lo no campo, pode-se dizer que este é um dos muitos hábitos adquiridos ao longo dos anos, ou seja, é um fator cultural.

Bartholo e Guimarães (1997) reforçam que o fruto cereja é considerado o ideal a ser colhido, pois o mesmo já atingiu seu estágio de maturação fisiológica, estando no seu ponto ótimo e fornecendo seu potencial máximo de qualidade. Todavia, deve-se também levar em consideração que quanto mais tempo o café permanecer na planta, maior será a incidência de grãos ardidos e grãos pretos, considerados os piores defeitos. A colheita tardia pode ser tão prejudicial quanto a precoce, pois, cria um ambiente favorável à proliferação acelerada da broca do café. Matiello (1998) recomenda que a colheita seja realizada respeitando-se as características de maturação de cada variedade, iniciando pelas plantas precoces.

Além da condição normal do café sujeita a existência de diversas floradas, conforme influência dos fatores climáticos existe o fator genético. Têm-se nas lavouras de ‘Conilon’

e 'Robusta' plantas com características típicas de maturação precoce, média e tardia, o que faz com que a maturação seja desuniforme, principalmente em lavouras de origem seminífera. Com o crescimento do uso de variedades clonais as lavouras têm apresentado maior uniformidade no campo o que tem facilitado o manejo e a programação da colheita, evitando-se a derriça com um número excessivo de frutos verdes ou com muitos frutos passas e secos (colheita tardia).

Outra característica importante das plantas de 'Conilon' e 'Robusta' é a retenção dos frutos nas plantas. Em genótipos (clones) destes grupos, os frutos não caem facilmente, ao contrário do que ocorre nos cafés arábica. Implicando que, após a maturação, pode ser realizada uma colheita mais concentrada, recolhendo os frutos em diversas fases de maturação, sendo que, os frutos em processo adiantado de secagem na planta (passas e secos), estarão retidos nos ramos produtivos diminuindo o risco de contato com o solo. Esta característica do canéfora o torna mais favorável a um processo de colheita seletiva de frutos maduros. Entretanto, apesar de possível, a viabilidade de sua realização deve ser avaliada com cautela pelo produtor por causa da maior necessidade de mão de obra nesse sistema de colheita.

## Métodos de colheita

Tão importante quanto a época da colheita é o tipo e os procedimentos do método a ser utilizado, os quais exercem influência determinante sobre a qualidade do café. Pode-se, de maneira geral, enquadrar os métodos de colheita na seguinte classificação:

- a) Manual – pode ser realizada por meio da coleta seletiva dos frutos maduros, também chamada de catação a dedo ou por meio da derriça total dos frutos (todos os estádios de maturação), ambas podem ser realizadas sobre o pano de colheita ou peneira.
- b) Semimecanizada – utiliza-se neste processo mecanismos derriçadores portáteis ou tracionados, desprovidos de recolhedores.
- c) Mecanizada – realizada por meio de máquinas colhedoras completas automatizadas ou tracionadas por trator.

### Colheita manual de derriça seletiva e total

Recomenda-se como ideal, a colheita a dedo do fruto de café maduro, no estágio cereja vermelho com o fruto neste ponto atingindo o seu padrão de qualidade máxima (Figura 1).



Foto: Renata Kelly da Silva

**Figura 1.** Coleta seletiva em uma planta de café com frutos em diversos estádios de maturação.



A coleta seletiva dos frutos tem o intuito de minimizar a influência detrimental destes frutos heterogêneos (CHALFOUN; CARVALHO, 1997). Todavia, esta coleta seletiva, apesar de potencializar a manutenção da qualidade de bebida, não é comumente utilizada pelos produtores brasileiros, pois é considerada onerosa e demorada, por causa do número de repasses necessários e do baixo rendimento operacional. Estes repasses estão vinculados ao número de floradas, que varia de acordo com clima, genética e tipo de manejo, o que faz com que ocorra a presença de frutos em diferentes estádios de maturação.

Corroborando com as dificuldades da colheita seletiva, acima citadas, observa-se que é praticada em Rondônia apenas a colheita manual não seletiva (Figura 2), ou seja, os frutos nos diferentes estádios de maturação são colhidos de uma só vez, no pano ou peneira. Este tipo de colheita demanda uma separação dos frutos maduros, durante a pós-colheita, por meio do processamento via úmida, muito utilizado na produção de cafés arábicas de qualidade, e, ainda incipiente nas áreas produtoras de canéfora. Ao contrário dos cafés do tipo arábica, em que a colheita envolve, normalmente, três etapas: a) arruação e varrição com recolhimento dos frutos caídos mantendo sempre limpo o chão; b) derrça ou retirada do café da planta; c) levantamento, abanação e transporte do café para o preparo), para o café canéfora não é necessária a arruação e varrição, pois, suas plantas tendem a reter os frutos com maior intensidade do que nos cafés do tipo arábica, isto faz com que a presença de frutos no chão, na maioria dos casos, não seja significativa.



Foto: Enrique Anastácio Alves

**Figura 2.** Processo de derrça total durante a colheita manual não seletiva, com índice de frutos maduros superior a 80% e com frutos secos retidos na planta.

Dentre todas as operações realizadas na colheita do café, a derrça é a que merece destaque, pois é responsável pela maior parte do custo da colheita. Sendo assim, qualquer trabalho que vise aperfeiçoar esta etapa, como, por exemplo, o uso da mecanização, pode ter efeito significativo na redução do custo final da saca de café beneficiado.



Considerando que os frutos do café canéfora ficam fortemente retidos aos ramos, inclusive os frutos secos, isto contribui para que seja possível a realização da colheita por derriça no pano. Esta por sinal é a mais indicada para Rondônia, dispensando a limpeza prévia do solo.

A derriça do café, sobre panos estendidos embaixo do cafeeiro, contribui muito para melhoria da qualidade do produto, pois o café derriçado não entra em contato com a terra e nem com outros grãos caídos no chão, além de conter poucas impurezas (TRENTO et al., 1999). Após a derriça deve ser realizada a fase de abanação, em que o café é separado das folhas, ramos e impurezas em geral, para em seguida ser encaminhado ao processo de preparo.

O método de derriça manual total, predominante no país, apresenta grande probabilidade de originar bebida de baixa qualidade quando não se respeita o ponto correto de colheita ou não se realiza a separação e processamento dos frutos. Atualmente, este método de colheita tem entrado em declínio em diversas regiões produtoras pela falta de mão de obra durante a colheita e o seu custo, cada vez mais elevado, em função da valorização do trabalho braçal e das leis trabalhistas vigentes no país.

## **Colheita semimecanizada**

Consiste de um sistema de transição, em que, há a utilização de máquinas de forma intercalada e parcial, durante o processo de colheita, sem dispensar o uso intensivo de mão de obra. Normalmente se concentra na derriça, podendo se estender a outras etapas da colheita. Trata-se de uma opção à colheita manual tradicional e pode atender tanto a pequenos e médios, quanto a grandes produtores. Outra vantagem é que, por se tratar de máquinas e implementos de menor porte, se adequa melhor a áreas em que a topografia, a arquitetura das plantas e a distribuição espacial das lavouras são limitantes ao uso das colhedoras automotrizes ou tracionadas.

Atualmente, em Rondônia, dois sistemas de colheita semimecanizada são utilizados, ainda que de forma experimental. Um trata do uso de derriçadoras portáteis de baixo custo e o outro no uso de máquinas que trilham as plantas e ramos do café baseados nos sistemas de poda empregados.

As derriçadoras portáteis são manejadas manualmente e acionadas por motores laterais ou costais com varetas nas extremidades de suas hastes (Figura 3). E, assim como o sistema mecanizado, utiliza o princípio da vibração e do impacto para promover a derriça dos frutos. Estes equipamentos de derriça são considerados como alternativa viável, principalmente para o agricultor familiar que pode associar a sua mão de obra a essas máquinas de baixo custo. Ensaio realizados em diversas situações de campo, principalmente em lavouras de café do tipo arábica, têm demonstrado que a redução dos custos da colheita nesse sistema pode ser superior a 30%, comparando-se à colheita manual.

Apesar de ser uma alternativa interessante e de baixo custo, as derriçadoras portáteis ainda não fazem parte da rotina de colheita da grande maioria dos produtores no Estado. A eficiência dessas máquinas portáteis é influenciada diretamente pelas condições das lavouras, índice de maturação dos frutos e pelo treinamento do operador. Isto quer dizer que, este tipo de equipamento pode aumentar a eficiência da colheita, mas esta continua vinculada a mão de obra e exige que o operador da derriçadora receba treinamento.

Além disso, quando a colheita é realizada com os frutos em estádios anteriores ao cereja, os frutos derrichados tendem a cair fora do pano, isso potencializa a chance de contaminação fúngica dos frutos e exigirá maior atenção nas etapas posteriores à derricha. Outro fato que pode explicar a pouca adesão dos produtores a esse sistema é a falta de assistência técnica e dificuldade de reposição das peças que apresentam defeito ou desgastes quando sob uso intenso.



Foto: Gilvan Ferro

**Figura 3.** Uso da derrichadora portátil na colheita semimecanizada do café, opção de baixo custo e necessidade de treinamento do operador.

Ainda na linha da colheita semimecanizada, está sendo testado em Rondônia e Espírito Santo um sistema de colheita que foi desenvolvido pelas Indústrias Colombo/MIAC, em parceria com produtores. São máquinas recolhedoras/ trilhadoras do café baseadas no sistema de podas anuais e/ou periódicas das lavouras. Estas podas podem ser realizadas de forma drástica ou apenas dos ramos que já produziram frutos em mais de 70% das gemas. Os ramos provenientes da poda anual dos ramos plagiotrópicos, contendo os frutos, formam leiras que são recolhidos e trilhados mecanicamente (Figura 4) ou podem simplesmente alimentar as máquinas de forma manual (Figura 5). Essa forma de colheita semimecanizada, possui grande potencial por utilizar máquinas mais compactas e de menor custo, além de não exigir a obrigatoriedade da adequação espacial das lavouras de café. Outra vantagem do sistema é que os resíduos do processo formam uma



Foto: Renata Kelly da Silva

**Figura 4.** Os ramos provenientes das podas, contendo os frutos, formam leiras que são recolhidos pela plataforma e trilhados mecanicamente.

macega que fica sobre o solo de forma melhor distribuída e fragmentada o que facilita a decomposição (Figura 6). Estas máquinas vêm sendo testadas pela Embrapa nas condições de Rondônia desde a safra de 2013, e os primeiros ensaios têm demonstrado que esse sistema tem grande potencial como alternativa à colheita manual, com diminuição dos custos de colheita entre 40% e 70%.



Foto: Enrique Anastácio Alves

**Figura 5.** Trilhadora de café durante ensaio de campo. Na imagem pode-se ver a trilha de partes do cafeeiro provenientes da simulação de uma situação de poda drástica. Esta máquina não possui plataforma de recolhimento e necessita ser alimentada manualmente.



Foto: Enrique Anastácio Alves

**Figura 6.** Resíduos do processo de trilha dos ramos de café que ficaram sobre o solo, os ramos e folhas são fragmentados e distribuídos na lavoura.

Existe ainda um conceito que vem sendo preconizado como uma alternativa viável de colheita. É um sistema conhecido como “supersafra”, em que, o processo de renovação da lavoura, por meio da poda, é realizado concomitantemente à colheita. O que acontece neste sistema é que a lavoura, de forma cíclica e programada recebe a poda drástica. Os defensores da “supersafra” argumentam que a média de produtividade, entre a safra e não safra é, em sistemas bem conduzidos, maior que a alcançada em sistemas convencionais (safra todos os anos), com a vantagem de menor custo por apresentar apenas uma colheita. A desvantagem fica pela necessidade de um manejo racional da poda, que no caso do café canéfora, pode ser problemático por causa da brotação intensiva dos ramos, ainda mais em regiões úmidas e quentes como Rondônia onde o crescimento vegetativo é intenso. Outro fato é que não se sabe ao certo qual seria o intervalo da poda programada e se tal sistema levaria a lavoura a um depauperamento precoce.

## Colheita mecanizada

Apesar de a cafeicultura em Rondônia ser baseada na agricultura familiar, a mão de obra tem sido um limitante ao desenvolvimento da produção em bases qualitativas e quantitativas. O desenvolvimento acelerado dos vários setores econômicos tem levado a uma alta taxa de migração rural-urbana, tornando a escassez de mão de obra no campo ainda mais evidente. Segundo o IBGE (2010) o Estado tem uma população rural de 243.113 indivíduos com mais de 14 anos (159.586 homens e 83.527 mulheres), e vem sofrendo um processo acelerado de êxodo rural nos últimos anos. A população rural do Estado era de 36% no ano de 2000 mudando para 27% em 2010. Junte-se a isso, o fenômeno do envelhecimento do trabalhador rural. Segundo um levantamento realizado pela Embrapa Rondônia em 2010, nas principais regiões cafeicultoras do Estado mais de 50% dos produtores rurais possui idade entre 48 e 72 anos (ROSA NETO, 2012). Assim, a cafeicultura estadual passou a ser um dos setores da economia rural mais afetado devido à elevação dos custos da mão de obra necessária na operação da colheita do café.

Uma forma de resolver esta questão seria o uso de técnicas que aumentem o rendimento das lavouras, a eficiência de colheita e a qualidade do trabalho em termos de segurança, conforto e ergonomia. Neste contexto a mecanização da colheita do café seria uma alternativa viável, uma vez que, não somente reduz a necessidade de mão de obra na colheita como gera uma nova demanda. Pois estas máquinas necessitam de manutenção, operadores, assistência técnica, ou seja, mão de obra qualificada.

Com a mecanização da colheita do café, o processo seria efetuado de forma mais ágil, o que implicaria em melhor qualidade do produto e redução de perdas, aumentando o lucro do cafeicultor que se tornaria menos dependente da mão de obra braçal cada vez mais escassa no campo. Além disso, Rondônia possui aptidão para o uso desse sistema por apresentar grandes extensões de terra de relevo plano ou levemente ondulado, portanto, mecanizável.

Contudo, a colheita mecanizada de *Coffea canephora*, é, atualmente, um dos grandes desafios nacionais. São muitos os fatores que influenciam o sucesso do processo de mecanização da colheita desta espécie, destacando-se a grande variabilidade apresentada pela cultura, a qual pode ser representada pela estrutura, forma, tamanho das plantas e desuniformidade de maturação, teor de umidade dos frutos, bem como as condições de relevo no qual as lavouras são implantadas. Em virtude desses fatores e da complexidade do problema, torna-se importante o uso de técnicas de manejo e análise do sistema de produção para que a colheita mecanizada possa ser realizada com sucesso.

A implantação das primeiras lavouras comerciais de café canéfora no Brasil na década de 1950 pode ser considerada recente. Em função disso, existem relativamente poucos estudos e projetos destinados a esta espécie nas mais diferentes áreas do conhecimento. Com relação à mecanização não seria diferente, existe uma demanda crescente por avaliação e desenvolvimento de máquinas e mecanismos de colheita que já são utilizados para o café arábica e pode-se trabalhar a transposição desta tecnologia para o canéfora.

Alguns trabalhos já realizados, na tentativa de implementar o sistema mecanizado em canéfora, apontam que são necessários ajustes tanto na máquina colhedora quanto na planta. Além da seleção de plantas com arquitetura adequada e maturação homogênea, merece ainda atenção o arranjo espacial da lavoura e o número de hastes por hectare. Estes fatores inerentes às plantas, junto à escolha correta de frequência e amplitude das varetas de vibração e velocidade de trabalho, garantirão a eficiência durante a derriça e coleta dos frutos, com uma menor desfolha e estresse às plantas de café.

As plantas de canéfora possuem características que as tornam distintas das plantas de arábica no que diz respeito à colheita mecanizada. O primeiro e talvez mais importante fator seja a arquitetura dessas plantas, vigorosas e com o desenvolvimento naturalmente em multicaule (Figura 7), que torna mais complexo o processo de derriça mecanizada para o canéfora. As plantas altas e com muitos ramos tornam-se obstáculos a serem vencidos pela colhedora e o amortecimento dos ramos, que no canéfora estão em maior profusão, afetam o desempenho da colheita mecânica que trabalha o fruto por meio do impacto e vibração.



Fotos: Alexandro Lara Teixeira

**Figura 7.** Plantas de *Coffea arabica* (A) e *Coffea canephora* (B). Observar a arquitetura das plantas, mais vigorosas e com o desenvolvimento naturalmente em multicaule no café canéfora.

A mecanização da colheita do café canéfora pode ser uma alternativa viável que, além de reduzir o tempo de colheita, a demanda de mão de obra e os custos variáveis de produção, permitem ao produtor melhor planejamento da colheita, diminuindo o risco de iniciar o processo com grande percentagem de frutos verdes. Por fim, poderá contribuir positivamente para a profissionalização qualificada e melhoria da renda dos trabalhadores autônomos responsáveis pela colheita do café no Estado. Em lavouras de

*Coffea arabica*, de acordo com Silva et al. (2013), foi possível colher 95% dos frutos, com duas passadas, e os custos obtidos demonstraram redução de 67% quando comparado à colheita manual. Tais números realçam o potencial do uso da mecanização em lavouras de canéfora.

## Boas práticas na colheita

Com o objetivo de se fazer uma colheita eficiente, obtendo-se um produto de qualidade, deve-se evitar falhas e superar limitações, observando em sua operacionalidade os seguintes procedimentos:

- a) Fazer o planejamento da colheita verificando instalações, equipamentos, materiais e pessoal necessário.
- b) Manter as plantas daninhas controladas sob as copas dos cafeeiros, facilitando a colocação dos panos de colheita.
- c) Programar o início da colheita dos talhões com maturação dos frutos mais precoces, depois colhendo os médios e tardios.
- d) Realizar a colheita com 80% dos frutos cereja, evitando colher frutos verdes, que produzem defeitos e pesam menos.
- e) Vistoriar a colheita, impedindo excessos no arranquio de folhas, quebra de ramos e permanência de frutos na planta.
- f) Evitar amontoar ou deixar o café secar na lavoura, devendo transportar no mesmo dia o café colhido para o processamento e/ou secagem.
- g) Efetuar o repasse, recolhendo frutos que ficaram na planta ou no chão após a colheita, evitando a reinfestação da broca.

## Referências

- BARTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e preparo do café. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 33-42, 1997.
- CHAGAS, S. J. R.; LEITE, I. P. **Alguns aspectos a serem observados na colheita para garantir a produção de um café de melhor qualidade**. Lavras, MG: EPAMIG, 1998. 2 p. (EPAMIG. Circular técnica, 91).
- CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. D. de. **Colheita e preparo do café**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 1997. 49 p.
- CORTEZ, J. G. A qualidade o café robusta. In: SEMINÁRIO PERSPECTIVAS DA CULTURA DO CAFÉ NA AMAZÔNIA, 2000, Ji-Paraná, **Anais...** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2000. p. 37-39. (Embrapa Rondônia. Documentos, 50).
- FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H.; VERDIM FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; MARQUES, E. M. G.; ZUCATELI, F. **Café conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas**. Vitória, ES: Incaper, 2004, 60 p. (Incaper. Circular Técnica, 03-I).
- FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; VERDIM FILHO, A. C.; VOLPI, P. S. Qualidade do café conilon: operações de colheita e pós-colheita. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (Ed.). **Café Conilon**. Vitória: INCAPER, 2007. p. 500-507.
- IBGE (Rio de Janeiro). **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.



MATIELLO, J. B. **Café conilon**: como plantar, tratar, colher, preparar e vender. Rio de Janeiro: MAA/SDR/PROCAFÉ, 1998. 162 p.

ROSA NETO, C.; OLIVEIRA, S. J. M.; ARAÚJO, L. V.; ARAÚJO, T. G. **Aspectos econômicos, de produção e comercialização da cadeia agroindustrial do café em Rondônia**. Porto Velho, RO: Sebrae: Embrapa Rondônia: Emater. 2012. 70 p.

SOUZA, F. de F.; SANTOS, M. M.; VENEZIANO, W. Análise da qualidade de grãos em duas variedades de café Robusta, preparados por via seca com diferentes percentuais de maturação à colheita. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5, 2005, Londrina-PR, **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2005. CD-ROM.

TRENTO, E. J.; MENOLI SOBRINHO, N.; FIGUEIREDO, R. **Colheita e processamento de café**. Curitiba: EMATER, 1999. 40 p. (Série Informação técnica, 47).

VENEZIANO, W.; PEQUENO, P. L. **Sistema de condução de cafeeiros Conilon (*Coffea canephora*) em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2002. 19 p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 62).



Capítulo 16

---

# **Café: preparo, secagem e armazenamento**

*Luís César da Silva  
Aldemar Polonini Moreli  
Álvaro José Herzog Siqueira*





## Introdução

O café torrado ou solúvel é o principal ingrediente para elaboração do café bebida. E para a sua obtenção, tomando como ponto de partida a colheita dos frutos maduros, são requeridas a condução das operações de preparo, secagem, armazenagem, beneficiamento e industrialização (Figura 1). Neste capítulo, são abordadas questões técnicas relacionadas ao preparo, secagem e a armazenagem.

### Preparo do café para secagem

O preparo do café inicia nos lavadores com as finalidades de remover impurezas, e estratificar o produto de acordo com a massa específica unitária dos frutos, sendo obtidos dois lotes – frutos maduros e verdes; e frutos passas e secos (REIS; CUNHA; CARVALHO, 2011; SILVA; BEBERT, 1999; MATIELLO, 2002).

Os frutos de café podem ser secos inteiros ou descascados. Quando se seca frutos inteiros essa forma de preparo é denominada “*via seca*” e ao se trabalhar com frutos descascados tem-se o preparo por “*via úmida*”.

No descascamento ocorre a remoção do epicarpo (casca) e no despulpamento a remoção do mesocarpo (polpa ou mucilagem) do fruto. Para tanto, são empregados os descascadores mecânicos em que calhas diferenciadas liberam: a) os frutos descascados envoltos em mucilagem; b) as cascas; c) os frutos verdes.

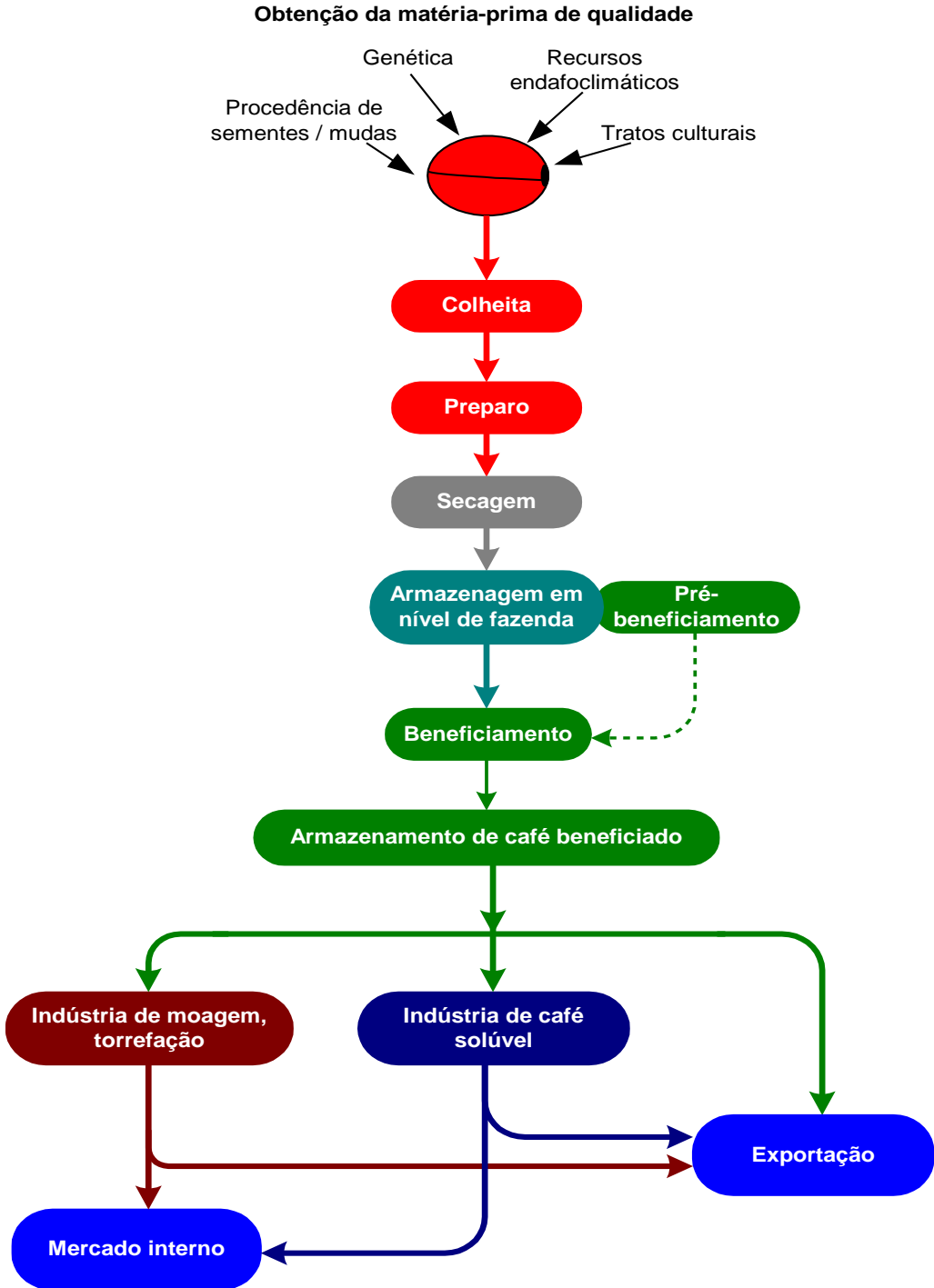
Os frutos descascados podem seguir direto para secagem ou passarem primeiro pelo processo de remoção da mucilagem utilizando de meios biológico, químico ou mecânico.

A remoção da mucilagem por meio biológico leva a condução do processo de fermentação, em que microrganismos como leveduras, fungos ou bactérias sintetizam enzimas que degradam componentes da mucilagem como açúcares simples, proteínas e lipídeos, o que causa o desprendimento do pergaminho (SILVA et al., 2008; VILELA et al., 2010). E para complementar a remoção da mucilagem o produto é lavado.

O processo de fermentação pode durar de 15 a 20 horas, no entanto, quando se empregam cepas de microrganismos selecionadas o tempo é reduzido para valores próximos de dez horas. O tempo da fermentação é também regulado por fatores, como: a) qualidade de água; b) temperatura ambiente; c) estágio de maturação dos frutos; d) teor de água dos frutos; e) grau de higienização dos tanques de fermentação.

A remoção química da mucilagem emprega soluções aquosas de soda, cal, carbonatos alcalinos ou de enzimas industriais. Os frutos descascados são acondicionados em tanques que contêm essas soluções aquosas. O processo pode ser conduzido com a solução em repouso ou empregando agitadores o que acelera o processo. No entanto, essa forma de degomagem demanda estudos comprobatórios quanto à sua eficiência e os impactos positivos no aprimoramento da qualidade da bebida.

Quanto à remoção da mucilagem por meio mecânico, são empregados os equipamentos denominados desmuciladores, que são instalados ao final das linhas de preparo, normalmente, constituídas de lavadores, descascadores e desmuciladores mecânicos.



**Figura 1.** Fluxograma do processamento de café.  
Fonte: Luis César da Silva.

## Cinética do processo de secagem

A secagem é um método de conservação de alimentos em que o teor de água dos produtos é reduzido a níveis que possibilitam a armazenagem em condição ambiente (BROOKER; BARKER-ARKEMA; HALL, 1992).

Usualmente, o teor de água dos grãos é expresso em base úmida, equação 1. Enquanto, em estudos técnico-científicos como, por exemplo, modelagem e simulação do processo de secagem, o teor de água é expresso em base seca, equação 2.

$$U_{bu} = \frac{Ma}{Mt} \cdot 100 \quad \text{eq. 1}$$

$$U_{bs} = \frac{Ma}{Mms} \quad \text{eq. 2}$$

Em que:

- $U_{bu}$  = teor de água, expresso em base úmida, %.
- $U_{bs}$  = teor de água, expresso em base seca, decimal.
- $Ma$  = massa de água da amostra, kg.
- $Mt$  = massa total da amostra, kg.
- $Mms$  = massa de matéria seca, kg.

Portanto, para uma carga com 1.000 kg de produto em que o teor de água é 13%, corresponde afirmar que 130 kg são água e 870 kg são matéria seca. Para esse caso, o teor de água em base seca equivale a 0,149.

A fração matéria seca corresponde a constituintes como: amidos, açúcares, lipídeos, proteínas, vitaminas e minerais. Esses constituintes são sintetizados pelas plantas e acumulados nos frutos ou sementes, desde a fecundação até o ponto de maturação fisiológica. A partir desse ponto, a quantidade de matéria seca tende a reduzir, em razão dos processos de respiração do produto, transformações químicas e infestações de microrganismos, ou de pragas como: roedores, insetos e pássaros.

Diante desse cenário, para preservar a quantidade e qualidade da matéria seca, um dos métodos de conservação recomendado é a secagem, por propiciar a desaceleração da atividade metabólica de frutos ou sementes e bloquear a infestação de fungos e bactérias (BROOKER; BARKER-ARKEMA; HALL, 1992; SILVA, 1995).

A desaceleração da atividade metabólica reduz a taxa de respiração, minimizando a perda quantitativa de matéria seca que é exaurida na forma de gás carbônico, água e calor. Outro benefício dessa desaceleração é a minimização da perda de qualidade, em razão da inviabilização da ocorrência de transformações químicas que degeneram constituintes associados à qualidade da bebida final.

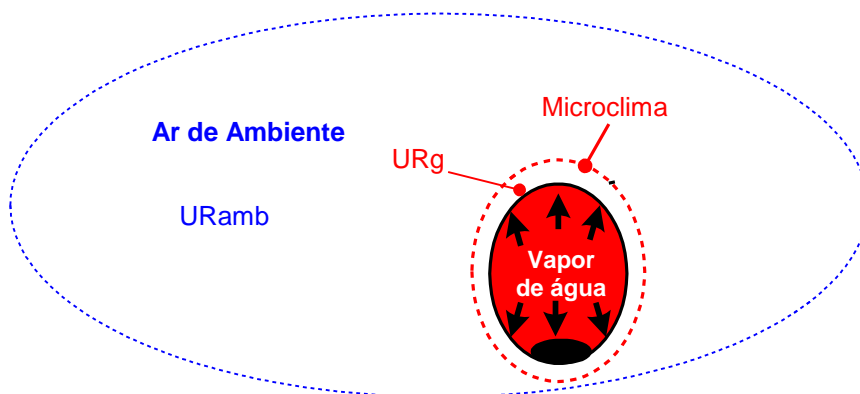
Quanto ao bloqueio da infestação de fungos e bactérias, sabe-se que sobre a superfície dos materiais biológicos é estabelecido um microclima, que tem as condições psicrométricas reguladas, principalmente, pelo teor de água e aporte de calor do produto. Uma das características de interesse nesse microclima é a atividade de água, que varia de zero a um, o que corresponde a níveis de umidade relativa de 0% a 100%, respectivamente.

Em massas de grãos armazenados, quando o teor de água é inferior a 13%, a atividade de água no espaço intergranular equivale a valores próximos de 0,60. Isso inviabiliza o desenvolvimento de fungos e bactérias, pois espécies de fungos associadas aos ambientes de armazenagem requerem níveis de atividade de água entre 0,65 e 0,90, enquanto as bactérias requerem valores acima de 0,90 (BROOKER; BARKER-ARKEMA; HALL, 1992; SILVA, 1995; SILVA; BEBERT, 1999).

Portanto, para conservação da maioria das sementes e grãos em condição ambiente, o teor de água deve ser inferior a 13%, e para café são indicados valores próximos de 12%.

## Equilíbrio higroscópico

Materiais biológicos como frutos de café, sementes e grãos são higroscópios, portanto, absorvem ou perdem água na forma de vapor para o ar circunvizinho. Sobre a superfície de materiais biológicos é estabelecido um microclima, que configura como uma camada delgada de ar cujas condições psicrométricas são regidas pelo aporte de calor e teor de água do produto (Figura 2).



$UR_{amb}$  - Umidade relativa do ar ambiente, %; e  
 $UR_g$  - Umidade relativa na superfície do grão, %;

**Figura 2.** Demonstração equilíbrio higroscópico para materiais biológicos.  
Fonte: Luís César da Silva.

Dentre as propriedades psicrométricas do ar, uma das mais citadas é a umidade relativa, que expressa em escala percentual o quanto da capacidade do ar em reter água na forma de vapor está comprometida. Desse modo, por exemplo, ao afirmar que o ar ambiente apresenta-se com temperatura de 32 °C e umidade relativa de 30% conclui-se que apenas 30% da capacidade do ar em reter vapor está sendo utilizada.

Considerando a propriedade umidade relativa para discutir a interação entre o microclima e o ar ambiente (Figura 2), observa-se que há a possibilidade de ocorrência de três cenários:

- Primeiro:** se  $UR_g$  é maior que  $UR_{amb}$  – o fluxo de massa de vapor de água ocorrerá do produto para o ar ambiente, até que os valores de umidade relativa tornem iguais.

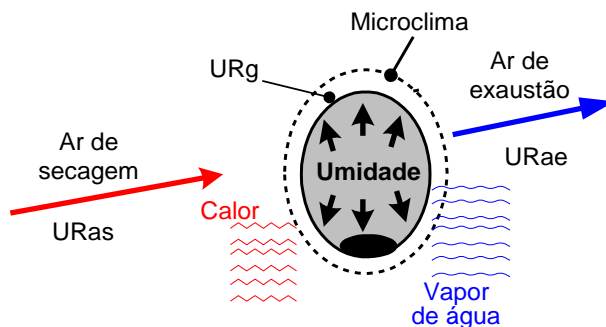
- b) **Segundo:** se  $UR_g$  é menor que  $U_{ramb}$  – ocorre a situação inversa a do primeiro cenário.
- c) **Terceiro:** se  $UR_g$  é igual a  $U_{ramb}$  – não há fluxo de massa de vapor, o que se denomina equilíbrio higroscópico.

## Fundamentos do processo de secagem

Para que ocorra secagem a umidade relativa na superfície do material tem que ser maior que a umidade relativa do ar circunvizinho. Portanto, para promover a secagem há de se promover o aumento da umidade relativa na superfície dos materiais e ou reduzir a umidade relativa do ar circunvizinho, que passa a ser denominado ar de secagem.

Conforme representado na Figura 3, o aumento da umidade relativa na superfície do produto, didaticamente, pode assim ser explicado:

- a) **Primeiro:** à medida que os grãos recebem calor do ar de secagem, internamente, ocorrem processos que levam a vaporização da água e a difusão do vapor para a superfície, conseqüentemente a umidade relativa na superfície do grão ( $UR_g$ ) aumenta. No caso da secagem de café em terreiros ou estufas, a maior parte do aporte de calor ao produto resulta da exposição à radiação solar.
- b) **Segundo:** como na superfície do produto a umidade relativa ( $UR_g$ ) torna-se maior que a umidade relativa do ar de secagem ( $UR_{as}$ ), é então estabelecido um gradiente, forçando o vapor a migrar da superfície do produto para o ar de secagem.
- c) **Terceiro:** pelo fato do ar de secagem ter cedido calor aos grãos e ter recebido água na forma de vapor, o ar de exaustão tem a umidade relativa aumentada e temperatura reduzida.



$UR_{as}$  - Umidade relativa do ar de secagem, %;  
 $UR_g$  - Umidade relativa na superfície do material, %; e  
 $UR_{ae}$  - Umidade relativa do ar de exaustão, %.

**Figura 3.** Representação do processo de secagem de grãos.  
 Fonte: Luís César da Silva.

É importante frisar que as três etapas supracitadas ocorrem simultaneamente em um leito de produto. A divisão proposta foi aplicada para facilitar a exposição de forma didática.

A redução da umidade relativa do ar de secagem, ou seja, o aumento do potencial de secagem do ar, é feito com incremento de temperatura deste ar. Este aumento de

temperatura origina-se da combustão da lenha, carvão ou gás, ou do uso de resistores elétricos, ou ainda do emprego de coletores solares.

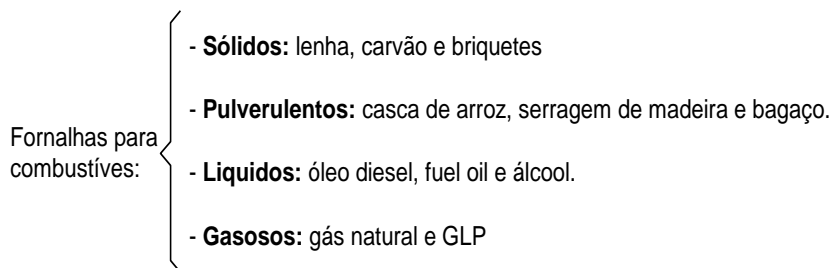
Desse modo, o ar com maior potencial de secagem, terá maior quantidade de calor para ceder ao produto, e maior capacidade de reter a quantidade extra de vapor de água proveniente do produto.

E para evitar que o ar atinja o estágio de saturação dentro da massa de produto, há a necessidade da constante renovação do ar em contato com o produto. O que é feito naturalmente por correntes convectivas, ou, artificialmente, empregando ventiladores. Assim, é conferida ao ar a capacidade de transportar massa de vapor adquirida, para fora do ambiente de secagem. Diante dessas necessidades os secadores normalmente dispõem de sistemas de geração de calor e de movimentação do ar.

## Sistemas de geração de calor

As fornalhas são os equipamentos utilizados para promover a combustão, gerando calor a ser transferido ao ar de secagem. Para tanto, uma fornalha deve ser dimensionada para: a) possibilitar o aquecimento do combustível até a temperatura de ignição autossustentável; b) promover a mistura homogênea do ar com o combustível a uma dose ideal; c) propiciar o espaço de tempo para que ocorra a combustão completa.

Quanto à natureza dos combustíveis as fornalhas são classificadas conforme representado na Figura 4.



**Figura 4.** Classificação das fornalhas segundo a natureza dos combustíveis.

E quanto à forma de aproveitamento do calor gerado, as fornalhas são classificadas em: a) fornalhas de fogo direto – quando os gases gerados na combustão misturam-se ao ar de secagem; b) fornalhas de fogo indireto – quando o calor gerado é repassado ao ar de secagem por meio de um trocador de calor.

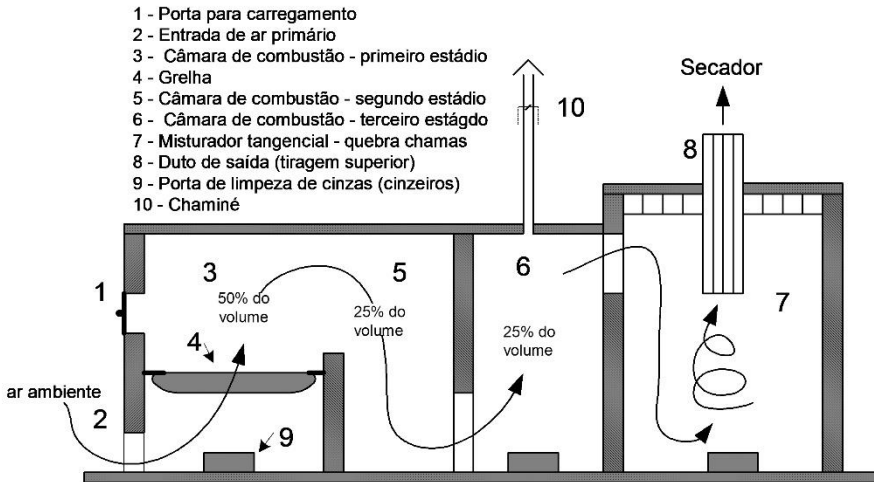
### Fornalhas para combustíveis sólidos

Nessa categoria se enquadram as fornalhas à lenha para geração de calor que é repassado ao ar de forma direta (Figura 5) ou indireta (Figura 6) (SILVA, 1995; SILVA; BEBERT, 1999; SILVA, 1991). Essas duas modalidades de fornalhas podem ser

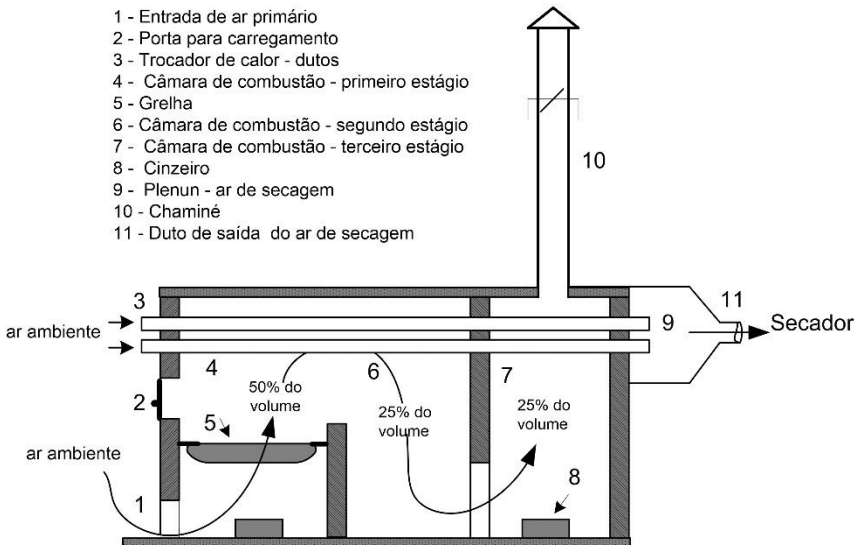


empregadas na secagem de café, no entanto, o emprego das de fogo direto requer maior atenção na operação, pois se a combustão não for completa alguns contaminantes poderão depreciar a qualidade do café.

Quanto às fornalhas de fogo indireto, a possibilidade de contaminação é menor, porém a eficiência operacional é menor em razão do trocador de calor.



**Figura 5.** Desenho esquemático de fornalha para lenha – tipo fogo direto.  
 Fonte: Luís César da Silva.



**Figura 6.** Desenho esquemático de fornalha para lenha – tipo fogo indireto.  
 Fonte: Luís César da Silva.

Observando os desenhos esquemáticos das fornalhas de fogo direto (Figura 5) e indireto (Figura 6), tem-se que os elementos básicos são: portas de abastecimento, câmara de combustão, grelha, entrada de ar primário, cinzeiros, chaminé, misturador tangencial (quebra chamas ou ciclone) e trocador de calor.



As portas de abastecimento são aberturas na câmara de combustão destinadas ao abastecimento de lenha. E devem ser abertas somente nos momentos de abastecimento.

A câmara de combustão é o espaço destinado ao processo de combustão. Esta deve ser projetada para que ocorra a combustão da lenha sobre a grelha e dos gases voláteis originados. Normalmente, a câmara de combustão é dividida em três estádios (Figuras 5 e 6). O primeiro estádio, que corresponde a 50% do volume da câmara, é onde ocorre a combustão da lenha. O segundo e terceiro estádios são utilizados para queima dos gases voláteis originados da combustão da lenha. Cada um deles corresponde a 25% do volume da câmara.

Nesses estádios força-se a recirculação dos gases da combustão por dois motivos: a) permitir a retenção dos gases voláteis por um intervalo de tempo que possibilite a combustão completa; b) eliminar a ocorrência de fagulhas.

A grelha, normalmente, é uma grade metálica localizada na câmara de combustão com a função de manter a lenha suspensa. Isso facilita o envolvimento da lenha pelo ar e promove a turbulência do ar.

As entradas de ar primário são aberturas abaixo da linha da grelha, situadas geralmente na parte frontal das fornalhas. Essas aberturas têm por função propiciar a entrada do volume de ar necessário para combustão.

Os cinzeiros são aberturas localizadas na parte inferior do corpo da fornalha utilizadas para remoção dos resíduos da combustão. Estas aberturas devem estar fechadas durante o uso da fornalha.

A chaminé tem por função gerar um gradiente de pressão que possibilita sucção do ar ambiente e retirada dos gases da combustão. Em fornalhas de fogo direto, as chaminés são utilizadas no início e término da operação, ou seja, quando os ventiladores dos secadores estão desligados. Desse modo, no início, o operador ao preparar-se para acender a fornalha deve abrir o registro da chaminé. E ao final da secagem, quando os ventiladores são desligados, o registro da chaminé deve ser aberto para liberar gases da combustão que com alto aporte de calor provocam rachaduras nas fornalhas. Para as fornalhas de fogo indireto o registro da chaminé permanece aberto durante a operação.

O misturador tangencial, também denominado de quebra chamas ou ciclone, é empregado em fornalhas de fogo direto. Essa estrutura promove a mistura dos gases provenientes da câmara de combustão com o ar ambiente em proporções que estabeleçam temperatura e fluxo de ar adequados a operação do secador. A denominação quebra chamas refere-se ao fato do misturador tangencial eliminar a ocorrência de faíscas de brasa no secador. E ciclone pela característica de movimentação circular do ar dentro do misturador tangencial. Outro benefício do misturador tangencial quando projetado e operado adequadamente é a redução da possibilidade de contaminação do café com possíveis odores associados à combustão da lenha.

Quanto ao trocador de calor, que está presente somente nas fornalhas de fogo indireto (Figura 6), poderá ser constituído de tubos metálicos que cruzam a câmara de combustão recebendo aporte de calor por condução, ao ter contato com os gases da combustão que atingem temperaturas de até 500 °C, e por radiação. Dentro dos tubos

do trocador de calor, flui o ar ambiente em razão da força de sucção imposta pelo ventilador do secador. Assim, à medida que o ar flui pelos dutos o aporte de calor aumenta, conseqüentemente, o potencial de secagem do ar é aumentado.

## Trocadores de calor à base de vapor

Na secagem de café procurando evitar o contato com gases gerados pela combustão de lenha podem-se empregar caldeiras à lenha para geração de vapor que são conduzidos por meio de tubulações até trocadores de calor instalados junto à entrada do ar das câmaras de secagem dos secadores.

## Sistemas de movimentação de ar

Determinados modelos de secadores requerem um sistema para movimentação de ar, o que inclui ventilador, dutos, registros e câmara “*plenum*” (BROOKER; BARKER-ARKEMA; HALL, 1992).

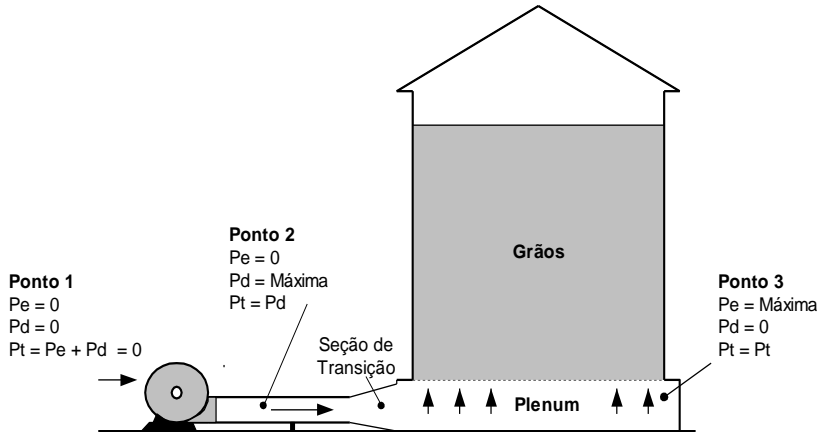
Os ventiladores são bombas projetadas para movimentação de gases ou mistura de gases como o ar. E, semelhantemente ao que ocorre com o processo de seleção de bombas de água, os ventiladores são selecionados segundo a pressão e vazão a ser imprimida ao fluxo de ar.

A pressão refere-se à resistência imposta a passagem do fluxo de ar, que é imposta pela rugosidade das paredes dos dutos, chapas perfuradas, registros, e principalmente a altura da camada de produto.

Associadas a um fluxo de ar constata-se três modalidades de pressão: estática, dinâmica e total, que são expressas em milímetros ou centímetros de coluna de água, abreviadas como “*mm. c.a.*” e “*cm c.a.*”, respectivamente.

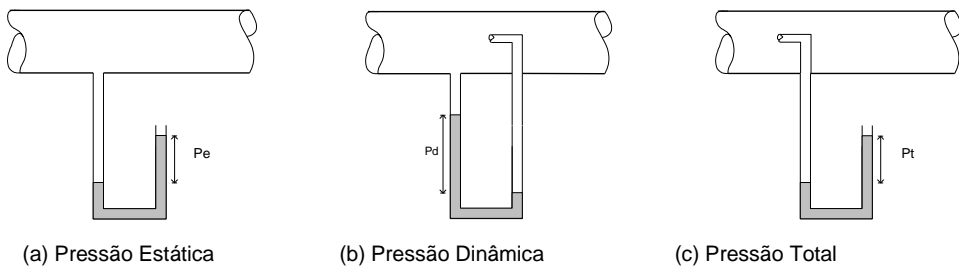
A pressão estática está associada ao potencial em colocar a massa de ar em movimento. Portanto, ao passar pelo rotor do ventilador a pressão estática do fluxo de ar é aumentada. À medida que a massa de ar entra em movimento ganhando velocidade, proporcionalmente, a pressão estática diminui enquanto a pressão dinâmica aumenta. Desse modo, quanto maior a pressão dinâmica maior é a velocidade do ar. A soma das pressões estática e dinâmica corresponde à pressão total.

Ao longo de um circuito de movimentação de ar há conversão da pressão estática em pressão dinâmica e vice-versa (Figura 7). Inicialmente, o ventilador imprime pressão estática ao ar, que ao passar pelo duto tem a pressão convertida em pressão dinâmica aumentando a velocidade. Com aproximação da câmara *plenum*, à medida que o fluxo de ar passa pela transição a velocidade é reduzida, indicando que a pressão dinâmica está sendo convertida em pressão estática. Na câmara *plenum* o esperado é que a pressão estática seja máxima e igualmente distribuída por toda a seção na base da coluna de grãos. Isso deve ocorrer para que o fluxo de ar estabelecido pela coluna de grãos tenha a mesma intensidade por toda a seção em estruturas como: silo armazenadores, tulhas e nas câmaras de secagem e de resfriamento dos secadores.



**Figura 7.** Representação das modalidades de pressão de um fluxo de ar em um sistema de aerção.  
 Fonte: Luís César da Silva.

Para medição das modalidades pressões (Figura 8), basta à abertura de orifício junto à parede de tubulações, silos, tulas ou câmaras *plenum* e o emprego de um manômetro em “U” tendo por líquido água. Os valores das pressões correspondem às alturas das colunas de água “ $P_e$ ”, “ $P_d$ ” e “ $P_t$ ” expressas em “*cm de c.a.*”, ou “*mm de c.a.*”.



**Figura 8.** Formas de medição das pressões estática, dinâmica e total de fluxos de ar.  
 Fonte: Luís César da Silva.

## Medidas associadas ao fluxo de ar

A caracterização de um fluxo de ar pode ser feita pelas seguintes propriedades:

- a) **Velocidade:** A velocidade do ar pode ser expressa nas seguintes unidades: m/min ou m/seg. Para determinação podem ser utilizados anemômetros ou então procedidos cálculos, equação 3.

$$V = 4,13\sqrt{Pd}$$

eq. 3

Em que:

$V$  = velocidade do ar, m/seg; e  
 $Pd$  = pressão dinâmica do ar, mm c.a.

- b) **Vazão:** Corresponde ao do volume de ar que passa por uma seção por unidade de tempo. Assim, a vazão de ar pode ser expressa em:  $m^3$  de ar/seg;  $m^3$  de ar/min;  $m^3$  de ar/h; L de ar/seg; L de ar/min; ou L de ar/h. Para determinação da vazão, conforme a equação 4, deve ser determinada a área da seção por onde flui o ar e a velocidade.

$$Q = A \cdot V \quad \text{eq. 4}$$

Em que:

$Q$  = vazão de ar,  $m^3$  de ar/seg.  
 $A$  = área da seção por onde passa o fluxo de ar,  $m^2$ .  
 $V$  = Velocidade do ar, m/seg.

- c) **Vazão específica:** A vazão específica de ar corresponde à razão da vazão de ar em relação a uma área, ou ao metro cúbico de produto, ou a tonelada de produto. Assim as medidas podem ser:
- Vazão específica por área  $\rightarrow m^3$  de ar/min.  $m^2$  de chapa ou seção do tubo; ou L de ar/min.  $m^2$  de chapa ou seção do tubo.
  - Vazão específica por metro cúbico de produto  $\rightarrow m^3$  de ar/min.  $m^3$  de produto; ou L de ar/min.  $m^3$  de produto.
  - Vazão específica por tonelada de produto  $\rightarrow m^3$  de ar/min. tonelada produto; ou L de ar/min. tonelada produto.

## Secagem

Para secagem de café no Brasil são empregados terreiros e secadores, ou ainda a combinação desses.

Nos terreiros, a radiação solar é empregada para aumentar os aportes de calor do produto e do ar de secagem, o que gera alta dependência das condições climáticas. Desse modo, no período de colheita são esperados: a) baixos índices de precipitação pluviométrica; b) baixa umidade relativa; c) baixos índices de nebulosidade. Se essas as condições climáticas forem favoráveis, essa modalidade de secagem deve ser a preferida, por propiciar menores danos térmicos e mecânicos ao café, o que contribui para preservação da qualidade.

Quanto aos secadores, são equipamentos que empregam artifícios para reduzir o tempo de secagem. Esses artifícios configuram nos seguintes acessórios: a) gerador de calor para aumentar o potencial de secagem do ar; b) sistema de movimentação de ar para acelerar a troca de calor entre o ar e o produto, e carrear água proveniente do produto para o ambiente; c) sistema de movimentação de grãos constituídos de transportadores, como: elevadores de caçamba, transportadores helicoidais e correias transportadoras. Esses transportadores propiciam a carga e descarga, bem como, a movimentação do produto pelas seções do secador durante a secagem.



Os secadores providos de elevadores de caçamba e transportadores helicoidais devem ser empregados somente se o teor de água do café estiver abaixo de 30%, para evitar danos mecânicos, como o esmagamento do produto. Como o café por ocasião da colheita apresenta teores de água entre 45% e 60%, é necessário proceder a “*meia seca*”, que consiste em reduzir o teor de água do café a valores próximos de 30%. Para condução da “*meia seca*” empregam-se terreiros ou secadores de leito fixo.

## Secagem em terreiros

Tradicionalmente, no Brasil a secagem de café é realizada em terreiros que podem ser de chão batido, asfalto, cimento ou tijolo de argila rejuntado. O terreiro de chão batido deve ser evitado por comprometer a qualidade do produto em razão do aumento da sujidade e da impregnação de odores indesejáveis, além de dificultar a movimentação do produto. O terreiro de asfalto apresenta absorção excessiva da radiação solar causando superaquecimento do café, o que impacta negativamente na qualidade. O terreiro de cimento apresenta alta reflexão da radiação solar o que pode estender o tempo de secagem, no entanto facilita o escoamento de água de chuvas. E o terreiro de tijolo de argila rejuntado apresenta-se como a melhor opção quanto à condução da secagem, no entanto apresenta menor durabilidade e a tendência de absorver mais água de chuvas ao ser comparado ao terreiro de cimento. Portanto, apesar da desvantagem descrita, o terreiro de cimento é preferido pela facilidade de construção, maior durabilidade e fácil escoamento de água de chuva.

Para construção do terreiro deve-se buscar um local com boa exposição à radiação solar, sem sombreamento e boa ventilação e drenagem. O terreiro deverá possuir: a) declividade de 0,5% a 1,5% para facilitar o escoamento de água; b) muretas de delimitação com altura de 0,20 m e largura de 0,15 m; c) canaletas nas laterais para drenagem superficial da água coletada. Essas canaletas podem ser cobertas por grades ou contar com ralos com grades que permitam a passagem da água e a retenção do café.

Pesquisadores brasileiros têm proposto aprimoramentos tecnológicos à secagem em terreiros visando potencializar os benefícios dessa modalidade, e reduzir o tempo de secagem. Dentre os aprimoramentos, podem ser destacados: o terreiro suspenso, o terreiro híbrido, a estufa e o terreiro barçaça.

### Terreiro suspenso

O terreiro suspenso se constitui em uma estrutura em que o leito de produto é colocado sobre uma tela perfurada suspensa por estrutura de madeira (Figura 9). Sobre a estrutura do terreiro suspenso pode também ser montada uma cobertura móvel, a ser deslocada sobre o leito de grãos nos períodos de não exposição à radiação solar.

O terreiro suspenso utiliza a radiação solar para aquecer a massa de produto, e o fato de ser elevado facilita a passagem do ar acelerando a troca de calor e o transporte da massa de vapor de água proveniente do produto. Outro benefício é evitar o ganho de sujidade.

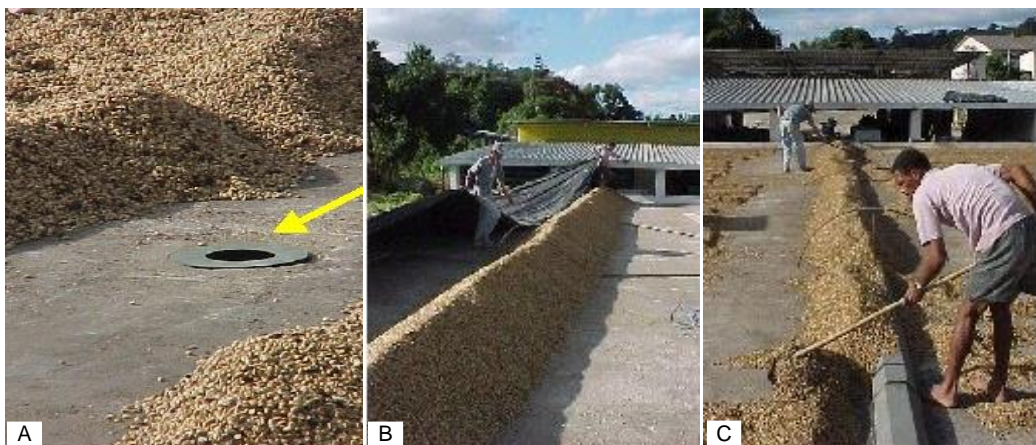


Foto: João Maria Diocleciano

**Figura 9.** Terreiro suspenso, montado no interior de uma estufa.

### Terreiro híbrido

O terreiro híbrido utiliza a mesma estrutura dos terreiros de cimento, sendo instalado no piso do terreiro um sistema de calefação. Esse sistema conta com uma fornalha para o aquecimento do ar, um ventilador para aplicar o fluxo de ar e dutos que possuem saídas pontuais ao longo do terreiro. Em períodos de baixo índice de insolação, ou de chuvas o produto é enleirado sobre dutos perfurados instalados sobre as saídas do sistema de calefação (Figura 10).



Fotos: Marcos Moulin Teixeira

**Figura 10.** Terreiro híbrido: (a) saída do sistema de calefação; (b) enleiramento do café; (c) leira de café sobre o duto perfurado.

Fonte: Incaper-CETCAF.

## Estufas

As estufas (Figura 11) são construídas empregando filmes plásticos que permitem a passagem da radiação solar, e retêm parte dessa radiação no ambiente aprimorando as trocas de calor que promovem o aquecimento de leito de produto e do ar. Assim, acelera-se a migração de vapor de água do produto para o ar ambiente.



Foto: Marcos Moulin Teixeira

**Figura 11.** Secagem em estufa.  
Fonte: Incaper-CETCAF.

Normalmente, os filmes plásticos empregados são permeáveis à passagem de radiações de ondas longas e curtas, mas retêm internamente as de ondas longas o que promove o aquecimento do ar ambiente, aumentando o seu potencial de secagem.

Portanto, ao se ter os benefícios do aquecimento da massa de produto e do aumento do potencial de secagem do ar ambiente, o tempo de secagem é reduzido, quando comparado com a secagem em terreiro.

Para acelerar o processo de secagem utilizando estufas, podem-se montar terreiros suspensos no interior das estufas, melhorando o contato da massa de ar com o leito de produto (Figura 9).

## Terreiro barcaça

O terreiro barcaça emprega a estrutura dos terreiros de cimento e sobre o terreiro é montada, sobre trilhos, uma cobertura com treliças em madeira ou em material metálico e telhas confeccionadas em material plástico (Figura 12). Durante os períodos de secagem, à noite e nos dias chuvosos a cobertura permanece sobre o leito de frutos de café. E quando da necessidade de revolvimento do produto a cobertura é deslocada.



Fato que propicia maior conforto ao operador, que não será exposto às condições ambientes desconfortáveis presentes no interior das estufas.



Fonte: Enrique Anastácio Alves

**Figura 12.** Terreiro barça idealizado.

## Secagem em secadores

Em função do valor da temperatura do ar têm-se a secagem à baixa temperatura e a secagem à alta temperatura. A secagem em baixa temperatura emprega ar com temperatura ambiente ou aquecido em no máximo mais 10 °C. O emprego de temperaturas do ar de secagem acima desses valores caracteriza a secagem em alta temperatura.

A secagem à baixa temperatura não é usual para café. No entanto, em regiões com padrões de baixa umidade relativa por ocasião da colheita essa poderia ser empregada para complementar a secagem. Nesse caso, faz-se necessário primeiro utilizar outra modalidade de secagem para reduzir o teor de água do produto a níveis de 18%, para então ser empregada a secagem à baixa temperatura.

Estruturalmente, os secadores à baixa temperatura, são silos que devem possuir as seguintes características: a) fundo perfurado; b) capacidade estática máxima de 300 t; c) altura de cilindro máxima de 6 m. Quanto aos parâmetros de secagem: a) o fluxo de ar deve estar entre 1,0 m<sup>3</sup>/min e 10 m<sup>3</sup>/min por toneladas de produto; b) o silo deve possuir área de suspiros equivalente a 1,0 m<sup>2</sup> para cada 300 m<sup>3</sup>/min de ar insuflado; c) o enchimento do silo pode ser feito por etapas ou em uma única vez.

Nesse tipo de secador a secagem poderá durar até 15 dias, fato que dependerá das condições de secagem. Desde modo, o dimensionamento do sistema deve ser feito de tal forma que a secagem seja completada antes que decorra a deterioração da massa de produto, principalmente, na parte superior do silo.

Quanto à secagem de café à alta temperatura os secadores podem ser classificados segundo: a) os sentidos de deslocamentos dos fluxos de produto em relação ao ar de secagem; b) a forma de operação.

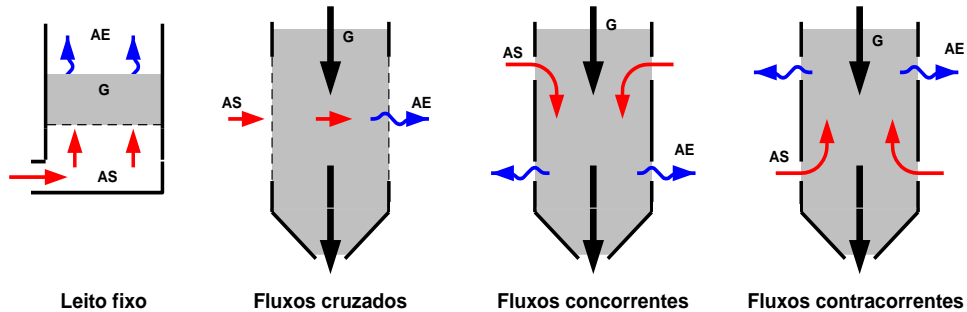
Quanto aos sentidos dos fluxos de produto e ar de secagem (Figura 13) os secadores são de: a) leito fixo; b) fluxos cruzados; c) fluxos contracorrentes; d) fluxos concorrentes; e) fluxos mistos (BROOKER; BARKER-ARKEMA; HALL, 1992; SILVA, 1991).

**Legenda**

AS - Fluxo de ar de secagem

G - Grãos

AE - Fluxo de ar exausto



**Figura 13.** Modalidades de secadores de grão para secagem a alta temperatura.  
Fonte: Luís César da Silva.

### Secadores de leito fixo

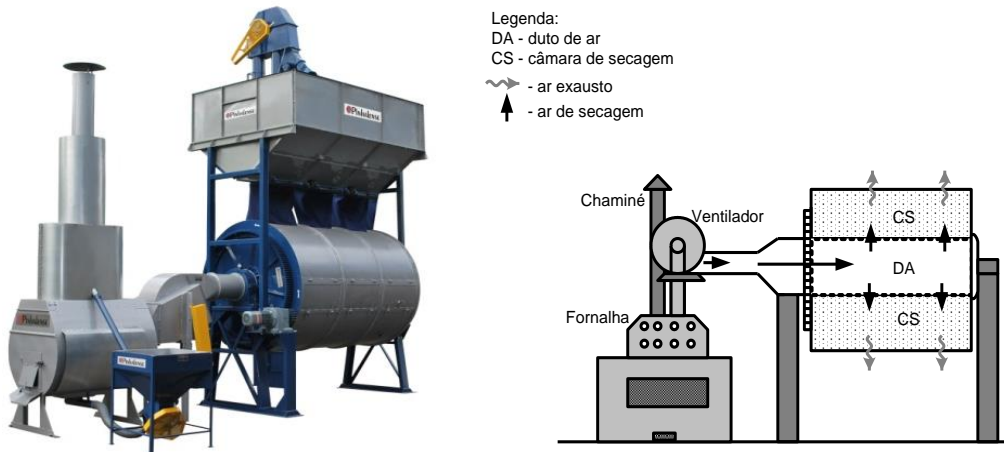
São secadores que o leito de produto permanece estático durante a secagem. Os empregados para secagem de café dispõem de fornalha de fogo direto, ventilador e câmara de secagem. A câmara de secagem pode ser circular ou retangular possuindo capacidade estática em torno de 5 t.

Nesse modelo de secador, empregam-se fluxos de ar de 1 m<sup>3</sup>/min.m<sup>2</sup> a 10 m<sup>3</sup>/min.m<sup>2</sup> e temperatura do ar de 40 °C a 55 °C. Pelo fato do leito de produto permanecer estático durante a secagem é recomendado o revolvimento a cada três horas. Isso pode ser realizado manualmente ou por meio de revolvedores mecânicos, que podem operar continuamente ou a determinados intervalos de tempo predeterminados. Com o revolvimento busca-se obter homogeneidade da temperatura e teor de água do produto.

No caso específico da secagem de café os secadores de leito fixo, podem ser empregados para: a) secar café em coco ou descascado; b) conduzir todo o processo de secagem do café com teor de água inicial acima de 55% e até a obtenção do teor final entre 11% e 12%. Assim é dispensado o uso do terreiro e de outras modalidades de secador; c) conduzir a “meia seca” do café em que a redução do teor de água se dá até 30%; ou d) complementar a secagem do café conduzida em terreiros.

### Secadores de fluxos cruzados

Conforme a denominação do secador, os fluxos de grãos e ar de secagem cruzam-se sob um ângulo de 90° na câmara de secagem. Este tipo de secador é o mais difundido, principalmente, devido à facilidade de construção. Nessa modalidade, um dos secadores mais empregados pelos cafeicultores é o secador horizontal rotativo (Figura 14). O ar de secagem é introduzido na parte central da câmara de secagem e cruza a camada de produto radialmente. A câmara de secagem tem movimento circular propiciando homogeneização e limpeza do produto.



**Figura 14.** Secador horizontal rotativo – modalidade fluxos cruzados (Gentileza Pinhalense).  
 Fonte: Luís César da Silva.

Nos secadores horizontais rotativos, por não serem empregados transportadores como elevadores de caçamba e helicoidais, estes podem ser utilizados para conduzir a secagem desde o estágio de colheita até que seja atingido o teor de água indicado para armazenagem. No entanto o usual é conduzir a “*meia seca*” em terreiros e complementar a secagem no secador.

Na secagem de café canéfora, o emprego desse tipo de secador tem ocorrido de forma incorreta, pois há relatos da utilização de temperaturas do ar de secagem superiores a 100 °C. Esses níveis de temperaturas para esse tipo de secador aumentam os danos mecânicos e térmicos depreciando qualidades físicas, organolépticas e da bebida.

### Secador de fluxos contracorrentes e concorrentes

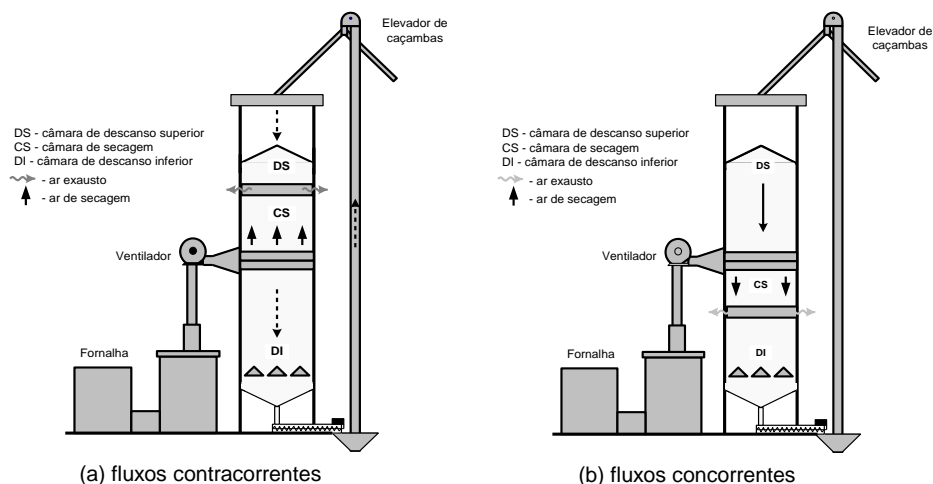
Na Figura 15 são apresentados desenhos esquemáticos de protótipos de secadores de fluxos contracorrentes e concorrentes desenvolvidos e avaliados por pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa. O que os difere são os sentidos dos fluxos de produto e ar de secagem nas câmaras de secagem. Enquanto nos secadores de fluxo contracorrentes o ar de secagem tem sentido ascendente em oposição ao fluxo de produto, nos secadores concorrentes os fluxos de produto e ar de secagem possuem o mesmo sentido.

## Classificação dos secadores quanto à forma de operação

Quanto ao funcionamento, os secadores são classificados em contínuos e intermitentes. São contínuos quando o produto passa uma única vez pelo secador para atingir o teor de água desejado, enquanto nos intermitentes, também denominada secagem por batelada, o produto necessita recircular várias vezes pelo secador até ser atingido o teor de água desejado. Normalmente os secadores de café que contam com sistema de movimentação de produto operam de forma intermitente.

Para melhoria da eficiência na secagem intermitente é indicado que o secador conte com uma câmara de descanso, pois possibilita a redução do tempo de secagem,

preserva a qualidade do produto por reduzir o tempo de exposição do produto ao fluxo de ar de secagem e minimizar a ocorrência de danos mecânicos. No período de descanso, a água do produto redistribui pelas camadas do grão, facilitando a difusão do vapor de água, do interior para a superfície do produto, e o processo de secagem.



**Figura 15.** Protótipos de secadores de fluxos contracorrentes e concorrentes – UFV.  
 Fonte: Luís César da Silva.

## Seca-aeração e secagem combinada

Seca-aeração é uma operação para a complementação da secagem, que consiste em: a) retirar o produto do secador quente e com até dois pontos a mais do teor de água recomendado para a armazenagem; (b) deixar o produto em descanso por período de 4 a 12 horas; c) complementar a secagem com a aplicação de ar à temperatura ambiente sob um fluxo de 1 m<sup>3</sup>/min a 3 m<sup>3</sup>/min por tonelada de produto. A seca-aeração propicia a redução de danos mecânicos e térmicos ao produto e racionaliza o uso do secador no período de colheita.

A secagem combinada consiste no emprego de duas modalidades de secagem. Exemplo, para secar café pode-se empregar primeiro um secador de leito fixo para reduzir o teor de água do produto de 60% para 30%, o que é denominado “*meia seca*”; e depois empregar um secador de fluxos cruzados para complementar a secagem até o teor de água final de 12%.

## Avaliação de eficiência de sistemas de secagem

Para a avaliação de sistemas de qualquer natureza pode-se adotar a metodologia de elencar as variáveis de entrada, parâmetros do sistema e variáveis de saída (BROOKER; BARKER-ARKEMA; HALL, 1992; SILVA, 1991).

No caso específico para o sistema secador pode-se elencar como variáveis de entrada:

- a) Quantidade de produto úmido, kg.

- b) Teor de água inicial do produto, %.
- c) Quantidade de combustível consumida, kg.
- d) Preço do combustível (lenha), R\$/kg.
- e) Preço de energia elétrica, R\$/kWh.
- f) Preço da mão de obra, R\$/h.

São parâmetros do sistema ou o mesmo que características técnicas e operacionais:

- a) Capacidade estática do secador, kg (ou sacas).
- b) Capacidade horária do secador, kg/h (ou sacas/h).
- c) Vazão de ar, m<sup>3</sup> de ar/mim.
- d) Custos de manutenção e depreciação, R\$/ano.

E quanto às variáveis de saída são elencadas:

- a) Quantidade de produto seco, kg.
- b) Teor de umidade final, %.
- c) Tempo de secagem, h.
- d) Quantidade de água removida do produto, kg.
- e) Quantidade de combustível consumida, kg.
- f) Quantidade de energia elétrica consumida, kW.h.
- g) Quantidade de calor empregada na secagem, k Caloria ou k Joule.

Utilizando as variáveis de entrada, parâmetros do sistema e variáveis de saída podem ser calculados os seguintes parâmetros para medida de eficiência operacional do secador:

- a) Consumo específico de energia calorífica: é a razão entre a quantidade de calor empregada na secagem e a quantidade de água removida do produto, expressando quantas quilocalorias foram gastas para evaporar um quilo de água do produto.
- b) Custo de secagem: é calculado pela razão do custo operacional com a quantidade de produto seco, sendo expresso em reais por kg, ou tonelada ou saca.

Além das avaliações de parâmetros técnicos e econômicos associados à operação dos secadores, devem ser também avaliados os impactos à qualidade do produto, como, por exemplo, os índices de grãos danificados antes e após a secagem, os impactos na qualidade de bebida do café comparando a outro tipo de secagem e os índices de germinação antes e após a secagem. A variação da germinação é uma forma de quantificar os efeitos do processo de secagem.

## **Influência da secagem sobre a qualidade do café**

Operacionalmente, o processo de secagem está regulado pelos seguintes fatores associados ao: a) ar de secagem: vazão, temperatura e umidade relativa; b) produto:

teor de água e temperatura iniciais; c) especificações técnicas do secador (BROOKER; BARKER-ARKEMA; HALL, 1992; SILVA, 1995; SILVA, 1991).

Os fatores associados ao ar de secagem definem o potencial de secagem o que está relacionado às capacidades de ceder calor ao produto e de carrear a quantidade de vapor proveniente do produto. Além disso, é também definida a velocidade do processo de secagem, pois quanto maior for a diferença dos valores das umidades relativas do ar de secagem e na superfície dos produtos mais rápida será a migração do vapor de água do produto para o ar. No entanto, por se tratar de material biológico não se deve utilizar ar de secagem com valores de umidade relativa inferiores a 10%, pois ocorrerá rápida secagem da camada externa do produto, formando uma crosta que impedirá a migração do vapor proveniente das camadas internas. Isso pode levar ao superaquecimento do produto causando danos térmicos associados a trincas, descoloração e ruptura da estrutura.

Portanto, para cada modelo de secador há de serem definidos os corretos valores para vazão, temperatura e umidade relativa do ar de secagem, o que está associado ao tipo de fornalha e ventilador empregados e as condições psicrométricas do ar ambiente.

Quanto aos fatores associados ao produto sabe-se que quanto maior é o teor de água inicial maior será o tempo de secagem e quanto maior a temperatura inicial da massa de grãos menor será a necessidade de consumo de combustível.

O teor de água do produto define a disponibilidade de água para o desenvolvimento de fungos. Portanto, após a colheita, o quanto antes o teor de água for reduzido aos níveis ideais para armazenagem, menores serão as perdas quantitativas e qualitativas do café e as possibilidades de metabolização de micotoxinas pelos fungos.

A temperatura do produto durante a secagem tende a aproximar-se da temperatura do ar de secagem, o que é prejudicial ao café por desencadear reações bioquímicas que degeneram substâncias associadas à qualidade da bebida. O ideal é que a temperatura da massa de grãos não ultrapasse 55°C. Para tanto, em secadores de leito fixo a massa de grãos deve ser revolvida periodicamente, no máximo a cada três horas de secagem.

Para secadores em que a massa de produto está em movimento durante a secagem, a velocidade deve ser definida em níveis onde o tempo de residência na câmara de secagem não promova o superaquecimento do produto. Infelizmente, alguns cafeicultores que trabalham com café canéfora, afoitos por executar a operação de secagem, insistem em utilizar altas temperaturas de secagem a valores próximos a 200°C, levando ao superaquecimento do café, o que degrada componentes bioquímicos que conferem qualidade à bebida.

Quanto às especificações técnicas do secador é importante observá-las para que o desempenho operacional do equipamento não comprometa a qualidade do produto e não leve ao aumento de custos quanto ao consumo de energias calorífica e elétrica.

Portanto, deve-se empregar o secador para a capacidade estática para qual o mesmo foi projetado. Deve-se verificar periodicamente se a temperatura e a vazão do ar de secagem estão dentro do especificado e se a pressão do ar no *plenum* da câmara de secagem está adequada, e para o caso dos secadores em que a massa de grãos está em movimento durante a secagem, deve-se certificar se a velocidade está adequada. Outro detalhe importante é proceder à manutenção preventiva do secador para garantir a operação adequada, como também, evitar panes durante a secagem.

## Armazenagem de café em coco, pergaminho ou beneficiado

Após a secagem, surgem duas modalidades de café a armazenar. Se o preparo foi por via seca, tem-se o café em coco, e se por via úmida, obtém o café revestido pelo pergaminho (endocarpo). Esses produtos podem ser armazenados a granel em silos ou tulhas, ou de forma convencional, acondicionados em sacarias ou *big-bags*.

O ideal é que a armazenagem estenda-se por no mínimo 15 dias, para então o produto ser beneficiado. Pois, nesse período, ocorre estabilização de transformações químicas e de propriedades físico-químicas associadas à qualidade da bebida.

O importante no período de armazenagem é que a umidade relativa do ar no espaço intergranular esteja próxima de 60%. Isso para inviabilizar a infestação de fungos e o reumedecimento do produto. Portanto, quando da escolha do local de construção dos armazéns devem ser avaliadas as condições microclimáticas, de tal forma propiciar em seu interior ocorrência de temperaturas entre 20 °C e 25 °C e valores de umidade relativa próximos de 60%.

## Referências

- BROOKER, D. B.; BAKKER ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: The Avi Publishing Company Inc., 1992. 450 p.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GRACIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura do café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: Mapa/PROCAFÉ, 2002. 387 p.
- REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da; CARVALHO, G. R. (Ed.). **Café arábica da pós-colheita ao consumo**. Lavras: U.R. EPAMIG SM, 2011. v.2. 734 p.
- SILVA, C. F.; BATISTA, L. R.; ABREU, L. M.; DIAS, E. S.; SCHWAN R. F. Succession of bacterial and fungal communities during natural coffee (*Coffea arabica*) fermentation. **Food Microbiology**, Inglaterra, v. 25, p. 951-957, jul. 2008.
- SILVA, J. S. (Ed.). **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. 509 p.
- SILVA, J. S.; BEBERT, P. A. **Colheita, secagem e armazenagem de café**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 1999. 146 p.
- SILVA, L. C. **Desenvolvimento e avaliação de um secador de café (*Coffea arabica* L.) intermitente de fluxos contracorrentes**. 1991. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- VILELA, D. M.; DE PEREIRA, G. V. M.; SILVA, C. F.; BATISTA, L. R.; SCHWAN, R. F. Molecular ecology and polyphasic characterization of the microbiota associated with semi-dry processed coffee (*Coffea arabica* L.). **Food Microbiology**, Inglaterra, v. 27, p. 1128-1135, 2010.





Capítulo 17

---

# **Café: beneficiamento e industrialização**

*Luís César da Silva  
Aldemar Polonini Moreli  
Tito Nahun Mancilla Joaquin*

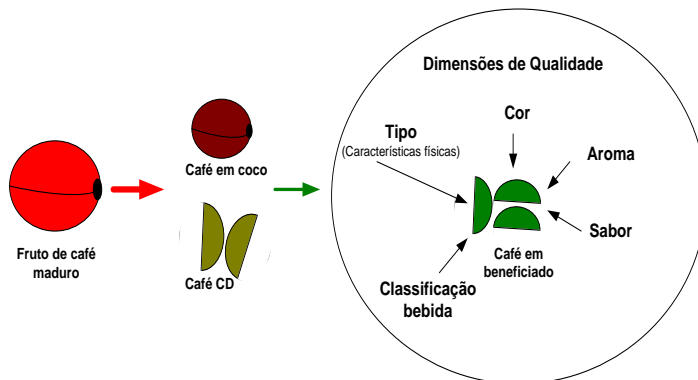




## Introdução

**P**ara elaboração da bebida café, o consumidor faz uso do café torrado ou do café solúvel, que são resultantes da industrialização de grãos de café beneficiados, também denominados de café cru, ou “green beans” no comércio exterior.

O beneficiamento de café configura-se como um conjunto de operações em que o objetivo é obter lotes homogêneos que atendam padrões de comercialização e ou industrialização (REZENDE; ROSADO; GOMES, 2007; MATIELLO et al., 2002). Para tanto, os frutos de café seco em coco ou em pergaminho devem ser limpos, descascados e classificados, observando parâmetros de qualidade como: o número de defeitos, o formato, a cor dos grãos e a bebida (Figura 1).



**Figura 1.** Ciclos para obtenção do grão de café beneficiado – grão cru (“green beans”).  
Fonte: Luis César da Silva.

Preferencialmente, o beneficiamento deve ocorrer a partir do 15<sup>o</sup> dia após secagem. Isso para que haja estabilização de propriedades físico-químicas do café que afetam a qualidade da bebida final (SILVA, 1995; SILVA; BEBERT, 1999; SILVA 1991).

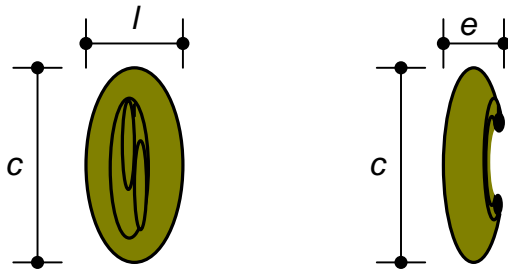
As operações do beneficiamento de café são executadas em unidades móveis e ou fixas. E os princípios de funcionamento dos equipamentos estão fundamentados em propriedades físicas dos frutos ou grãos (CARVALHO, 1979). Dentre estas propriedades destacam-se as dimensões e formato, massa específica, massa específica unitária, velocidade terminal e cor (BROOKER; BARKER-ARKEMA; HALL, 1992; SILVA; BEBERT, 1999).

## Dimensões

Para a limpeza e classificação de sementes ou grãos são empregadas peneiras escolhidas segundo três dimensões dos produtos (Figura 2).

As peneiras de crivos circulares são indicadas para separar materiais que possuem o mesmo comprimento (*c*) e espessura (*e*), mas diferem na largura (*l*). Estas peneiras são especificadas segundo o diâmetro dos crivos expressos em milímetros ou frações de

polegadas com denominador igual a sessenta e quatro avos. Especificamente, para café são empregadas peneiras com crivos circulares com diâmetro variando de 13/64 a 20/64 de polegadas. Normalmente, essas peneiras são identificadas pelo valor do numerador, portanto, a peneira 20 possui diâmetros dos crivos igual 20/64 de polegadas, o que equivale em milímetros a peneira oito, com diâmetros dos crivos igual a 8 mm.



**Figura 2.** Dimensões características do grão de café beneficiado: comprimento (*c*); largura (*l*) e espessura (*e*).

Fonte: Luís César da Silva.

Quanto às peneiras de crivo oblongo, estas são indicadas para separar materiais que possuem o mesmo comprimento (*c*) e largura (*l*), mas diferem na espessura (*e*). Estas peneiras são especificadas segundo a largura e comprimento dos crivos. Ao se utilizar polegadas, a indicação da largura segue a mesma nomenclatura empregada para as peneiras crivos circular e o comprimento pode ser 1/4, 5/16, 1/2 e 3/4 de polegadas, sendo que para café utilizam-se somente as de três quartos de polegada. Dessa forma, uma peneira 10 x 3/4 significa que a largura do crivo é dez sessenta e quatro avos de polegadas e o comprimento é três quarto de polegadas, o que equivale em milímetros a peneira 4 x 19 mm.

## Massa específica

A massa específica refere-se à relação entre a massa de produto e o volume ocupado, sendo normalmente expressa em quilogramas por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ). A determinação é simples, basta tomar um recipiente de volume conhecido, quantificar a massa de produto necessária para enchê-lo e por fim calcula-se a razão massa-volume.

Aproximadamente têm-se os seguintes valores de massa específica para café: frutos maduros cereja 450  $\text{kg/m}^3$  a 600  $\text{kg/m}^3$ ; frutos maduros descascados 445  $\text{kg/m}^3$  a 620  $\text{kg/m}^3$ ; frutos secos em coco 400  $\text{kg/m}^3$  a 530  $\text{kg/m}^3$ ; café beneficiado 550  $\text{kg/m}^3$  a 640  $\text{kg/m}^3$  (SILVA, 1995; SILVA; BEBERT, 1999).

## Massa específica unitária

A massa específica unitária refere-se à relação entre a massa e o volume de um grão, podendo ser expressa em gramas por centímetro cúbico ( $\text{g/cm}^3$ ) os valores podem variar de 0,7  $\text{g/cm}^3$  a 1,3  $\text{g/cm}^3$ .

Ao se comparar lotes de grãos crus com dimensões e formatos equivalentes, mas que diferem quanto ao valor de massa específica unitária, é então suposto que os lotes de grãos com maior massa específica unitária foram cultivados adequadamente e possuem maior potencial de ofertar um café com melhor qualidade de bebida.

## **Velocidade terminal**

A velocidade terminal refere-se à velocidade de um fluxo de ar capaz de suportar grãos flutuando. Nessa condição a força de empuxo aplicada pelo fluxo de ar iguala-se a força da gravidade. Utiliza-se esse princípio nas colunas de ventilação, sendo possível remover as impurezas mais leves do que os grãos ou promover a classificação de grãos em lotes com valores homogêneos ao que se refere às dimensões, formatos e massa específica unitária.

## **Equipamentos para o beneficiamento**

Os equipamentos normalmente utilizados para o beneficiamento de café são: máquinas de pré-limpeza e limpeza; descascadores; separador oscilante circular (sururuca); coluna de ventilação; catador de pedras e mesa densimétrica; classificadora por peneiras; classificadora por imagem eletrônica (CARVALHO, 1979; REIS; CUNHA; CARVALHO, 2011; REZENDE; ROSADO; GOMES, 2007).

### **Máquinas de pré-limpeza e limpeza**

As máquinas de pré-limpeza e limpeza são equipamentos projetados para remover impurezas da massa de produto. O princípio de extração baseia-se nas propriedades físicas dos materiais – velocidade terminal, dimensões e formatos. Estas máquinas são equipadas com ventiladores e peneiras, sendo denominadas MVP – Máquinas Ventilador Peneiras.

O ventilador gera um fluxo de ar com finalidade de remover impurezas com menor massa específica unitária, como pó, folhas e pedaços de galhos. Enquanto as peneiras são utilizadas para remover as impurezas em função das diferenças de dimensões e formatos.

Na operação das máquinas de pré-limpeza, primeiro o fluxo de produto é submetido a um fluxo de ar que arrasta as impurezas mais leves e as conduz a uma câmara de decantação e descarte em calhas específicas. O pó é conduzido de forma pneumática até um ciclone, onde é forçada a decantar. Em sequência o fluxo de grãos segue as caixas de peneiras que são constituídas de duas peneiras e um fundo. A peneira superior retém as impurezas maiores, a segunda retém o produto, e ao fundo as impurezas menores. Cada uma das peneiras e fundo possuem calhas de descargas específicas.

A diferença das máquinas de pré-limpeza e de limpeza é que as de pré-limpeza geralmente contam com apenas uma caixa de peneiras, enquanto as de limpeza têm no mínimo três caixas que operam em paralelo.

### **Descascadores**

O descasque visa remover cascas, pergaminhos e as películas prateadas dos frutos secos em coco ou em pergaminho. Para café, os tipos de descascadores mais empregados são os por fricção e por impacto.

Os descascadores por fricção são os mais utilizados e se caracterizam por possuir um cilindro alojado em uma calha com fundo confeccionado em chapas perfuradas que retêm os frutos não descascados, mas possibilita a passagem dos grãos descascados, pedaços de casca, pergaminho e películas. Ao fluxo destes materiais é submetido um fluxo de ar que arrasta os mais leves deixando fluir os grãos descascados e os não descascados apropriadamente.

Segundo as características do café a ser descascado, é definido para o cilindro a distância em relação à calha, à rugosidade, e à rotação.

Quanto aos descascadores por impacto, estes dispõem de um cilindro rotor contendo hastes fixadas ao mesmo que ao impactarem os frutos faz com que a casca, pergaminho e a película prateada desprendam, liberando os grãos de café.

### **Separador oscilante circular (*sururuca*)**

O separador oscilante circular, comumente denominado peneira *sururuca*, normalmente é instalada após o descascador, com a finalidade de separar os grãos descascados dos grãos não descascados adequadamente. Esse separador é acionado por um eixo excêntrico com movimento circular, o que faz com que os grãos descascados dirijam-se para periferia, enquanto os não descascados adequadamente acumulam-se ao centro.

Desse modo, junto a uma posição lateral tem uma calha para descarga dos grãos descascados e ao centro há outra calha que retorna ao descascador os grãos não descascados apropriadamente.

### **Coluna de ventilação**

A coluna de ventilação tem por princípio de funcionamento a velocidade terminal. Normalmente, o equipamento conta com quatro colunas, em que as velocidades do fluxo de ar são diferenciadas. Na primeira coluna a velocidade do ar é maior, deixando de arrastar os grãos com maior massa específica unitária, que precipitam para parte inferior da coluna e são descarregados por uma calha para serem ensacados. Para as colunas seguintes a intensidade da velocidade do ar decresce sequencialmente e o material que é arrastado pelo fluxo de ar da última coluna é tratado como impurezas e ou defeitos removidos.

### **O catador de pedras e mesa densimétrica**

O catador de pedras e a mesa densimétrica possuem o mesmo princípio de funcionamento, mas com finalidade de aplicações diferentes.

Os catadores de pedras possuem uma plataforma com inclinação regulável nas direções do comprimento e largura. Abaixo dessa plataforma é instalado um ou mais ventiladores que aplicam fluxo de ar por meio de pequenos orifícios pela área da plataforma. Esta plataforma também possui movimento oscilatório da direção do comprimento, que faz com que o leito de grãos avance sobre a plataforma. Desta forma, com a aplicação do fluxo ocorre a estratificação do leito de grãos em que os materiais com maior massa específica ficam ao fundo. E, aliado a essa ocorrência, o movimento oscilatório da plataforma faz com que os materiais com a maior massa específica concentrem no lado mais baixo da plataforma, enquanto os de menores concentram no lado oposto. Na

extremidade da plataforma, os catadores de pedras contam com três calhas: a) uma para coleta dos materiais com maior massa específica unitária como pedras, torrões, fragmentos do piso do terreiro e pedaços de partes mecânicas; b) a segunda para coleta dos grãos que concentra na parte central da plataforma; c) a terceira para coleta de impurezas mais leves.

As mesas densimétricas, também conhecidas como mesas de gravidade, são empregadas para estratificar lotes de café com dimensões e formatos semelhantes, mas com valores diferenciados de massa específica e massa específica unitária. Desse modo, diferente dos catadores de pedras, o leito de grãos que chega ao final da plataforma das mesas densimétricas pode ser direcionado a quatro ou mais calhas de descarga, obtendo lotes diferenciados quanto à massa específica unitária dos grãos.

## Classificadora por peneiras

As classificadoras por peneiras possuem o mesmo princípio de funcionamento das máquinas de pré-limpeza e limpeza quanto ao emprego das peneiras para estratificar lotes de produtos segundo a diferença das dimensões e formatos.

Para café beneficiado, empregam-se peneiras de crivos circulares para classificar lotes de grãos com formatos chatos, pois estes diferem segundo a largura, enquanto as de crivos oblongos são empregadas para estratificar lotes de cafés com formato moca. Na Tabela 1 é apresentada a relação de peneiras empregadas em laboratório para classificação de cafés nos formatos chato e moca (SEGGES, 2001; REZENDE; ROSADO; GOMES, 2007). E como exemplo operacional, apresenta-se na Figura 3 a disposição das peneiras em uma máquina classificadora por peneiras, que permitem estratificar a massa de grãos crus em até 11 lotes.

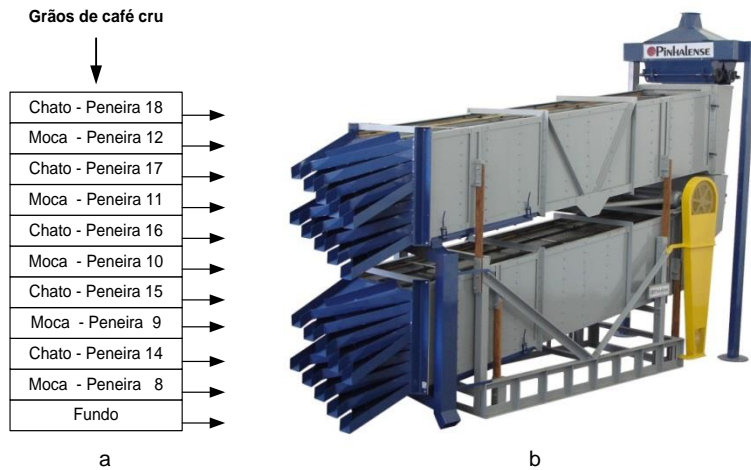
**Tabela 1.** Indicação de peneiras, com dimensões em polegadas, para classificação de café beneficiado em laboratório.

Classificação do café segundo o formato	Peneiras	Formato do crivo
Chato graúdo	17, 18 e 19	circular
Chato médio	15 e 16	circular
Chato miúdo	13 e 14	circular
Moca graúdo	12 e 13	oblongo
Moca médio	10 e 11	oblongo
Moca miúdo (moquinha)	8 e 9	oblongo

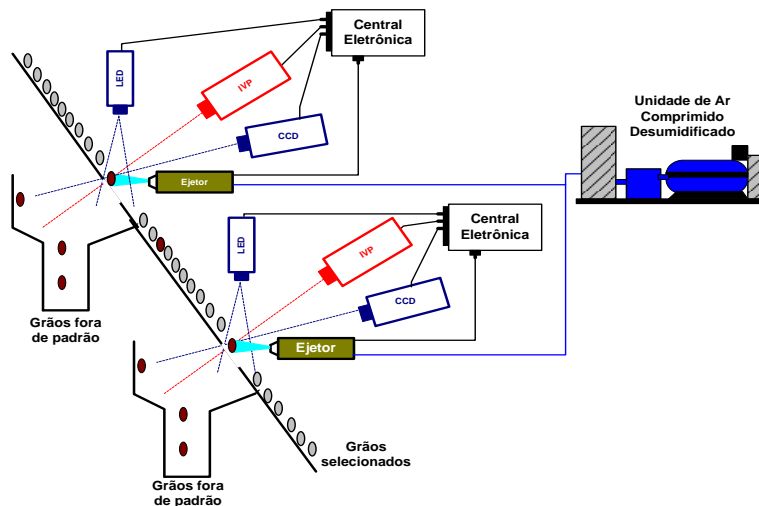
Nota: As peneiras de crivo oblongo têm comprimento de  $\frac{3}{4}$  de polegadas.

## Classificadora por imagem

A classificação por imagem, normalmente, é a última operação para obtenção de lotes homogêneos de grãos de café cru (REZENDE; ROSADO; GOMES, 2007). Nesse estágio os lotes se apresentam homogêneos segundo as dimensões, forma, massa específica unitária, massa específica e velocidade terminal. Portanto, o que pode diferenciar os grãos são suas imagens quando comparadas a um padrão. Para promover a classificação segundo padrões de imagem e cor são empregadas às classificadoras eletrônicas equipadas com 8 a 64 canais. Em cada um dos canais há duas unidades de classificação, sendo cada uma delas equipadas com uma fonte de iluminação LED, duas câmeras e um ejetor (Figura 4).



**Figura 3.** Representação da (a) disposição de peneiras indicadas para classificação de lotes de café em (b) selecionadoras por peneiras - cortesia - Pinhalense.  
Fonte: Luís César da Silva.



**Figura 4.** Representação esquemática de um canal de uma selecionadora eletrônica por cor.  
Fonte: Luís César da Silva.

A Câmera de Infravermelho Próximo (IVP) capta imagens com variação espectral de comprimento de ondas entre 600 e 1.100 nanômetros o que é aplicado, principalmente, para detecção de manchas. A câmera CCD (*Charge-Coupled Device*) emprega a mesma tecnologia de câmeras digitais, em que o número de pixel define o grau de definição das imagens para análise.

As imagens capturadas pelas câmeras são analisadas pela central eletrônica tomando por referência imagens padrão. Caso o padrão não seja atendido, o “Ejetor” é acionado liberando um fluxo de ar comprimido contra o grão analisado, removendo-o do canal. O ar comprimido empregado deve estar seco. Por isso, para o funcionamento das classificadoras eletrônicas (“*seletron*”) é necessário à instalação de um compressor de ar e uma unidade de desumidificação do ar.

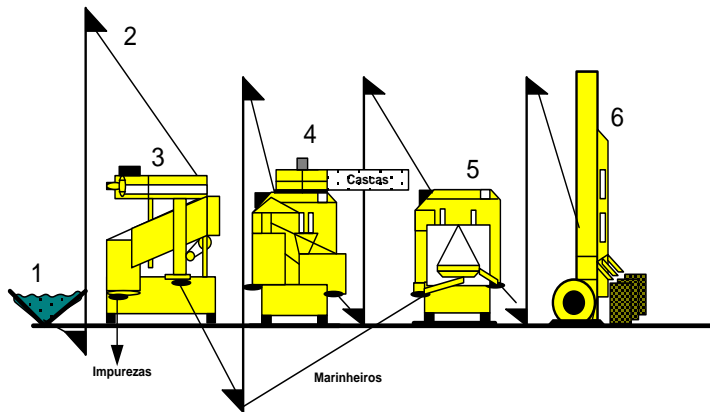


## Unidades de beneficiamento de café

As unidades de beneficiamento móveis, montadas em carrocerias de caminhões, são empregadas para beneficiar cafés em coco ou em pergaminho armazenados em nível de fazenda. Essas unidades normalmente possuem os seguintes equipamentos: máquina de pré-limpeza, descascador, separador circular oscilante ("surruca") e coluna de ventilação (Figura 5). E a força motriz desses equipamentos é proveniente de um motor a óleo diesel. Esse conjunto de máquinas promove a primeira fase do beneficiamento, que há de ser complementado nas unidades de beneficiamento fixas que são montadas em instalações projetadas para o rebeneficiamento e armazenagem de grãos beneficiados aguardando a comercialização ou industrialização.

### Legenda:

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| 1 - Moega                  | 4 - Descascador                              |
| 2 - Elevador de caçambas   | 5 - Separador circular oscilante ("surruca") |
| 3 - Máquina de pré-limpeza | 6 - Coluna de ventilação                     |

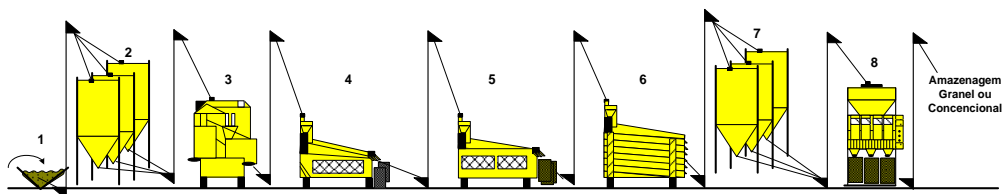


**Figura 5.** Fluxograma operacional de uma unidade móvel de beneficiamento de café.  
Fonte: Luís César da Silva.

Além dos equipamentos das unidades móveis, as unidades fixas contam com um conjunto de equipamentos que propiciam limpar e classificar os lotes de cafés descascados em outros lotes menores com padrões aprimorados segundo as dimensões, formatos, massa específica e cor. Para tanto, são empregados equipamentos como os representados na Figura 6.

### Legenda:

- |                           |                                 |
|---------------------------|---------------------------------|
| 1 - Moega                 | 5 - Mesa densimétrica           |
| 2 - Tulha café descascado | 6 - Classificadora por peneiras |
| 3 - Máquina de limpeza    | 7 - Tulhas café classificados   |
| 4 - Catador de pedras     | 8 - Classificadora por imagem   |



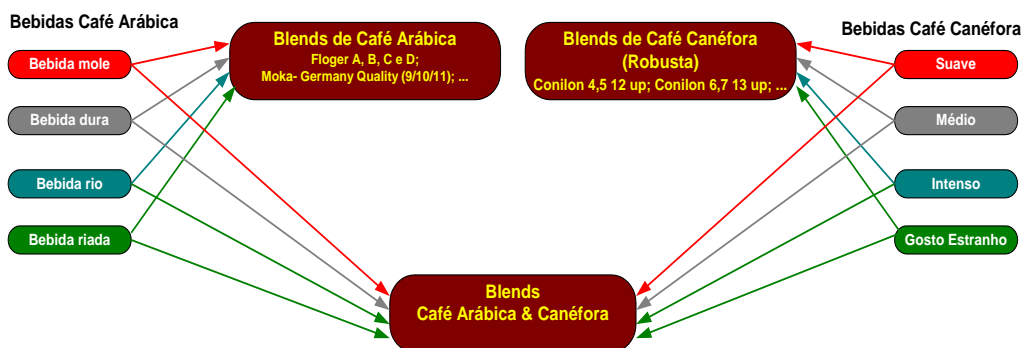
**Figura 6.** Fluxograma operacional de uma unidade fixa de beneficiamento de café.  
Fonte: Luís César da Silva.

## Armazenagem de café beneficiado

A armazenagem do café beneficiado pode ser realizada a granel empregando silos ou tulhas, ou convencional com o produto acondicionado em sacarias ou “big bags”. Em virtude da variabilidade de características dos lotes de café beneficiado, os ambientes de armazenagem devem possibilitar segregação. Este fato faz com que a armazenagem convencional prevaleça devido à possibilidade de segregação de pequenas e grandes quantidades de produtos no mesmo ambiente.

A segregação dos lotes além de atender as demandas impostas pela comercialização, facilita a elaboração de misturas (*blends*) de cafés crus que atendam aos requisitos apreciados pelos consumidores finais.

Os “*blends*” são elaborados somente de cafés arábica ou de cafés canéfora ou das combinações destes (Figura 7) (SEGGES, 2001; REZENDE; ROSADO; GOMES, 2007).



**Figura 7.** Representação da elaboração de “*blends*”.  
Fonte: Luís César da Silva.

Durante o período de armazenagem as condições psicrométricas do ambiente devem ser propícias, para não promover o ganho ou perda de água do produto, bem como, não favorecer a proliferação de fungos e perda de matéria seca. Cuidados também devem ser tomados quanto à exposição direta à luz por longo período, o que pode afetar a coloração dos grãos de café, quesito avaliado na classificação.

## Avaliação de qualidade

A mensuração de qualidade para café é complexa em razão dos diferentes fatores que podem depreciar a qualidade do produto desde o cultivo até a industrialização, e da dinâmica quanto ao estabelecimento de quesitos pelos consumidores finais em busca de novos sabores e usos do café na elaboração de outros produtos finais (SILVA; BEBERT, 1999; ROBERTO, 2008; CLARKE; VITZTHUM, 2001).

Portanto, a mensuração de qualidade deve ser feita nas várias fases de obtenção da matéria-prima. No entanto, o mais usual é a avaliação da qualidade do café beneficiado, principalmente por razões comerciais.

No Brasil a classificação de café beneficiado, segue a Instrução Normativa Nº 08 de 11 de junho de 2007, estabelecida pelo Mapa que trás o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para Classificação de Café Beneficiado Cru.

De acordo com este regulamento são critérios para a classificação de café beneficiado: categoria, subcategoria, grupo, subgrupo, classe e tipo, segundo a espécie, formato e granulometria, aroma e sabor, a bebida, a cor e a qualidade, respectivamente.

A categoria é definida pela espécie, sendo Categoria I e II correspondentes aos cafés provenientes das espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, respectivamente (Figura 8). As subcategorias referem-se aos formatos e granulometria. Quanto ao formato os grãos podem ser chato ou moca. Grãos chatos possuem superfície dorsal convexa e ventral plana ou ligeiramente côncava, enquanto grãos moca possuem formato ovoide.

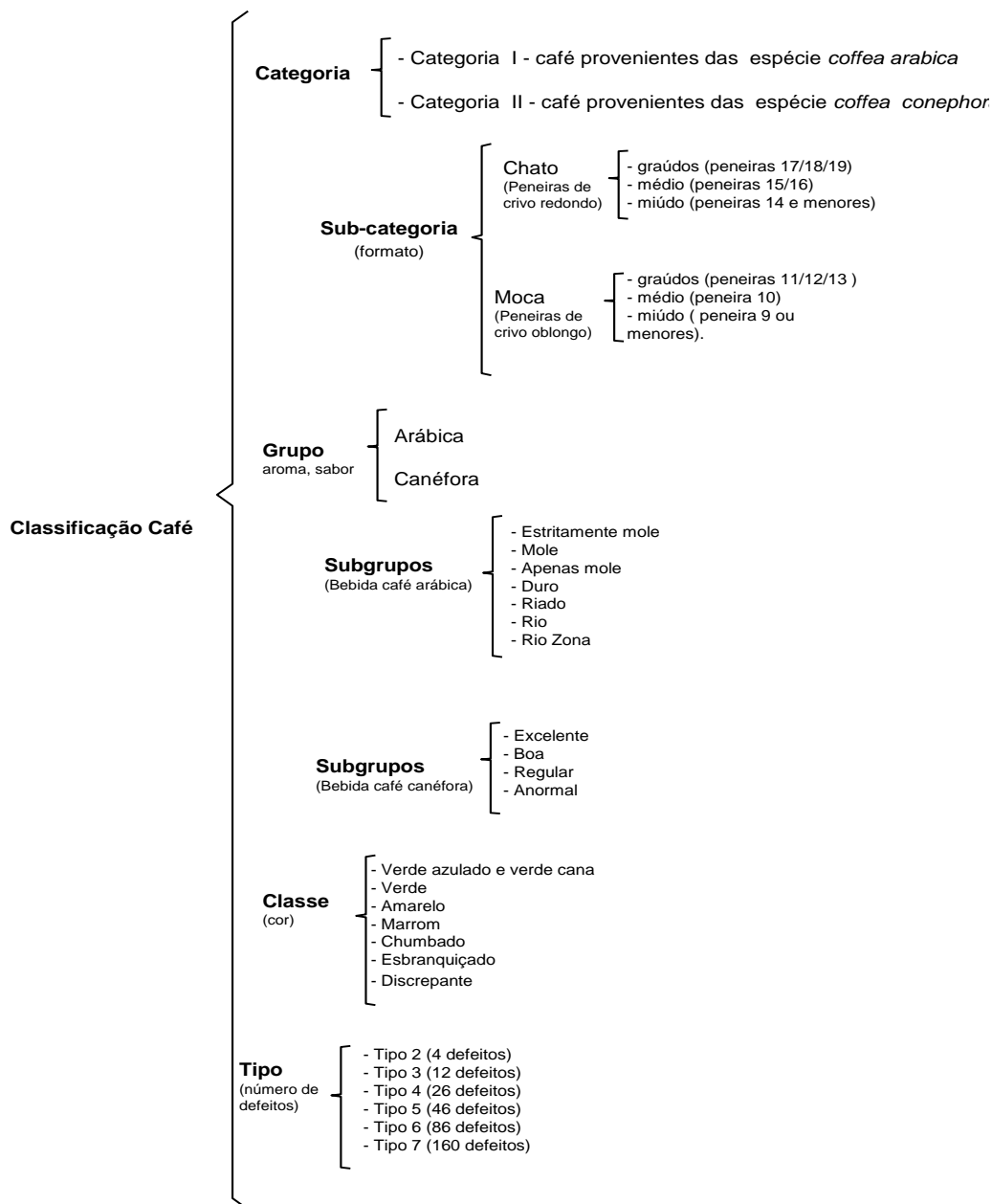
Para granulometria de grãos chatos empregam-se peneiras de crivo circular, sendo que para classificar grãos graúdos empregam-se as peneiras 17, 18 e 19, grãos médios peneiras 15 e 16 e grãos miúdos peneiras igual ou menor que 14.

Para os grãos moca utilizam-se as peneiras de crivos oblongos, sendo para moca graúdo peneiras 11, 12 e 13, moca médio peneira 10 e moca miúdo peneira igual ou menor que 9.

Os grupos, em número de dois, são definidos segundo o aroma e sabor da bebida, sendo Grupo I – Arábica e Grupo II – Canéfora ('Conilon' ou 'Robusta'), e cada grupo é dividido em subgrupos que se referem a tipo de bebida. Desse modo, para o Grupo I os subgrupos são: *estritamente mole*, *mole*, *apenas mole*, *duro*, *riado*, *rio* e *rio zona* e para o Grupo II os subgrupos são: *excelente*, *boa*, *regular* e *anormal*. Há um movimento no mercado para aperfeiçoar a classificação da bebida proveniente da espécie *Coffea canephora*. Em 2010, a *International Coffee Organization* (ICO) propôs o Protocolo de Degustação de Robustas Finos. Este protocolo destaca dez atributos a serem considerados em avaliações de sabor do café canéfora: *fragrância*, *aroma*, *sabor*, *salinidade*, *acidez*, *amargor*, *doçura*, *sensação na boca*, *equilíbrio*, *conjunto* (INTERNATIONAL..., 2010). Nessas avaliações são atribuídos pontos que depois de compilados expressam a qualidade da bebida conforme escala apresentada na Tabela 2.

A classificação por classe refere-se à cor do café cru que pode ser: a) verde azulada ou verde cana, que é característica de café despulpado ou degomado; b) verde; c) amarelada que é característica de grãos de determinada variedades ou pode ser indicativo de grãos envelhecidos de safras anteriores; d) amarela; e) marrom; f) chumbado, g) esbranquiçada; h) discrepante, o que decorre da mistura de cores em razão da elaboração de "blends" utilizando lotes não homogêneos.

A definição do Tipo é uma forma de mensuração da eficiência das operações do beneficiamento quanto à remoção de impurezas, matérias estranhas e defeitos. Segundo a legislação especifica-se como: a) impurezas – fragmentos de casca e pau e outros detritos provenientes do próprio grão; b) matérias estranhas – restos vegetais não oriundos do produto, grãos e sementes de outras espécies, pedras e torrões, que são oriundos da varrição ou de fragmentos do piso do terreiro de secagem; c) defeitos – grãos com aparência destoante do padrão que referem à ocorrência de grãos pretos, conchas, ardidos, verdes, quebrados, brocados ou mal granados ou chochos.



**Figura 8.** Critérios para classificação de café no Brasil.  
 Fonte: Brasil (2003).

**Tabela 2.** Escala da qualidade do Protocolo de Degustação de Robustas Finos.

5,00 - Médio	6,00 - Bom	7,00 - Muito bom	8,00 - Fino	9,00 - Excepcional
5,25	6,25	7,25	8,25	9,25
5,50	6,50	7,50	8,50	9,50
5,75	6,75	7,75	8,75	9,75

Fonte: International Coffee Organization (2010).

A escala de mensuração Tipo varia de 2 a 8, sendo que o Tipo é definido pelo número de pontos atribuídos à amostra, mediante a apuração do número de defeitos (Tabela 3).

**Tabela 3.** Classificação do café beneficiado por tipo em função do número de defeitos.

Tipo	Pontos	Número de defeitos
2	+100	4
3	+50	12
4	Base	26
5	50	46
6	100	86
7	150	160
8	200	360
Fora de tipo		>360

Fonte: Brasil (2003).

As atribuições dos números de defeitos são feitas conforme informações explicitadas nas Tabelas 4 e 5 no que se refere à constatação de anormalidades na aparência dos grãos e a presença de outras matérias na massa de grãos beneficiados, respectivamente.

Quanto à atribuição de pontos na amostra são seguidas duas escalas, em que a base de referência é o café Tipo 4 correspondente ao número de defeitos igual a 26. Para amostras com número de defeitos menor que 26, quanto menor for o número de defeitos mais pontos serão atribuídos até o limite de +100 pontos, que corresponde ao café Tipo 2 com número de defeitos igual a quatro. Quando as amostras apresentam número de defeitos maior que 26, o número de pontos irá aumentar com a ocorrência de defeitos até 200 pontos que corresponde ao café Tipo 8, em que o número de defeitos é 360.

**Tabela 4.** Classificação do café beneficiado grãos cru quanto à equivalência de defeitos (fator intrínseco) para uma amostra de 300 g.

Ocorrência de defeito	Número de ocorrências	Equivalência	Principais atribuições de origem
Grãos pretos	1	1	Frutos passas e ou deteriorados por causa do atraso da colheita e ou processamento
Grãos ardidos	2	1	Frutos ou grãos submetidos à infestação de fungos ou bactérias, por causa do retardo da colheita ou descuido durante a armazenagem
Grãos conchas	3	1	Fatores de ordem genética, ou fisiológica durante a fase de cultivo
Grãos verdes	5	1	Frutos verdes
Grãos quebrados	5	1	Frutos e ou grãos danificados por choque mecânicos e ou térmicos durante a secagem
Grãos brocados	2 a 5	1	Frutos e ou grãos que foram infestados por inseto
Grãos mal granados ou chochos	5	1	Fatores de ordem genética, ou fisiológica durante a fase de cultivo

Fonte: Brasil (2003).

Uma das importâncias do emprego da escala de pontos é a determinação dos valores intermediários entre os tipos. Assim, por exemplo, a amostra de café com +90 pontos enquadra no Tipo 2 – 10, pois a mesma possui número de defeitos igual a 5, situando menos 10 pontos em relação ao Tipo 2 que corresponde a +100 pontos. No entanto, uma amostra de café com 90 pontos, o correspondente a 75 defeitos, enquadra-se no

Tipo 5 – 40, pois o número de pontos da amostra está 40 unidades acima do número de pontos correspondente ao Tipo 5 que é 50 pontos.

**Tabela 5.** Classificação do café beneficiado grão cru quanto à equivalência de impurezas (fator extrínseco) para uma amostra de 300 g.

Matérias estranhas e impurezas	Número de ocorrências	Equivalência
Coco	1	1
Marinheiro	2	1
Pau, pedra e torrões grandes (material retido em peneiras crivo circular maior que 18)	1	5
Pau, pedra e torrões regulares (material retido em peneiras crivo circular 15, 16 e 17)	1	2
Pau, pedra e torrões pequenos (material extravasado de peneira crivo circular 15)	1	1
Casca grande	1	1
Casca pequena	2 a 3	1

Fonte: Brasil (2003).

## Industrialização do café

Para elaboração da bebida do café emprega-se o café torrado e moído, e um método de extração que leva a diferentes níveis de qualidade, de acordo com o gosto e o hábito de consumidor (CLARKE; VITZTHUM, 2001). Os métodos de extração mais comuns de elaboração da bebida são: filtragem, percolação, prensagem e pressão (REIS; CUNHA; CARVALHO, 2011). O método de filtragem, difundido no Brasil, Alemanha e Japão, consiste na infusão do café moído em água a temperatura de 80 °C a 90 °C, seguido da filtração em filtros de pano ou papel.

O método de percolação é configurado nas cafeteiras italianas, que dispõem de três compartimentos: primeiro – depósito de água na base inferior; segundo – depósito de café moído; terceiro – depósito da bebida na parte superior. Assim, quando a água é aquecida a temperaturas de aproximadamente 80 °C, esta é forçada a percolar em sentido ascendente pelo depósito de café moído, extraindo a bebida que é depositada no compartimento superior da cafeteira.

O método de prensagem empregado nos Estados Unidos, conhecido como prensa francesa ou “*french press*”, consiste na infusão do café moído em água aquecida em recipiente cilíndrico, após é introduzida uma haste com um filtro na forma de disco na extremidade, que arrasta o pó molhado para base do recipiente, separando-o da bebida.

Quanto ao método de pressão, idealizado pelos franceses, configura-se nas máquinas de café “*espresso*”, onde, o café moído na hora, é acondicionado em uma cuba sob pressão de nove quilogramas força (kgf). Por essa cuba é forçada a passagem de água a 90 °C, obtendo assim uma bebida cremosa e aromática. Esse método é considerado o mais apropriado para apreciação de todas as nuances (aroma e sabor) da bebida café.

## Torrefação e moagem

Na indústria de torrefação, a matéria-prima são lotes de cafés beneficiados resultantes de “*blends*” ou não. No caso de “*blends*” as massas de grãos misturadas devem apresentar

propriedades físicas semelhantes, a fim de proporcionar homogeneidade do produto após a torra (SEGGES, 2001; CLARKE; VITZTHUM, 2001; REZENDE; ROSADO; GOMES, 2007). Caso isso não seja possível o “blend” deve ser elaborado após a torra.

Para condução da torra são empregados torradores com troca de calor por condução e por convecção. Nos torradores por condução, a troca de calor ocorre por meio da superfície metálica aquecida de uma cuba, com formato esférico, cônico ou cilíndrico. Quanto aos torradores com troca de calor por convecção, empregam-se misturas de gases, ou ar, aquecidas a temperaturas próximas de 450 °C.

Durante a torrefação ocorrem alterações das propriedades químicas e físicas do café cru em razão do aporte de calor recebido. As alterações desencadeadas referem-se a: a) redução do teor de umidade de 11% a 12% para 2% a 3%; b) perda de massa em média 10%; c) caramelização de açúcares; d) ocorrência do processo de pirólise em que transformações químicas ocasionam formação de novos compostos e a liberação de óleo, gás carbônico e de diversos voláteis; e) expansão e ruptura de estruturas internas dos grãos; f) aumento da temperatura dos grãos alcançando valores próximos de 230 °C (CLARKE; VITZTHUM, 2001).

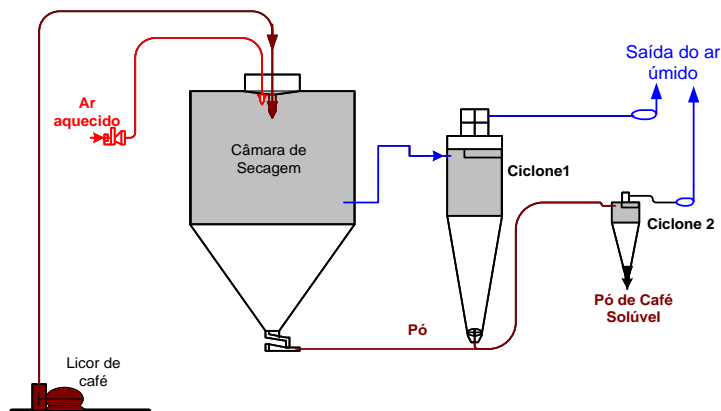
Na condução do processo de torra é importante a observância de três variáveis: tempo de execução, temperatura do produto e perda de massa. No que se refere ao tempo e temperatura, fez surgir no mercado duas modalidades de torradores os LTLT (“*low temperature and long time*”) e os HTST (“*high temperature and short time*”). Os LTLT referem ao emprego de baixas temperaturas, em que a massa de grãos atinge aproximadamente 211 °C e o tempo de execução varia de 9 a 15 minutos, enquanto nos HTST a temperatura da massa de grãos aproxima-se de 235 °C e a média do tempo de execução é de 3 minutos.

Após a torrefação, os grãos devem ser resfriados sob corrente de ar e embalados na forma de grãos ou moído. A granulometria dos grãos moídos é definida de acordo com o método de preparo da bebida.

## Café solúvel

Para produção de café solúvel, geralmente, emprega-se café canéfora ou “blends” dos cafés canéfora e arábica, que após torrados e moídos procede-se a extração do licor de café utilizando colunas de percolação (CLARKE; VITZTHUM, 2001). O licor é concentrado com remoção do excesso de água em evaporadores. A próxima fase está na obtenção da fração sólida do licor, empregando “*spray dryer*” ou liofilizadores. No “*spray dryer*” o licor concentrado é pulverizado por meio de um bico injetor, na câmara de secagem em forma de um ciclone (Figura 9). Na câmara também é injetado ar aquecido (130 °C a 280 °C) que captura o vapor de água e o transporta para o meio externo. A fração sólida decanta na parte inferior da câmara de secagem, sendo então transportada pneumáticamente até o ciclone 2. O ciclone 1 tem a função de resgatar partículas de pó, que não decantaram na câmara de secagem, mas estão presentes no ar de exaustão.

A empresa pode comercializar o café solúvel em pó ou em grânulos porosos. Para obtenção dos grânulos utiliza-se o aglomerador, que é constituído de uma câmara no formato de ciclone, onde o pó de café solúvel é colocado em contato com gotículas de água aquecidas, que constituem núcleos de adesão das partículas do café solúvel formando os grânulos. Em sequência, os grânulos são secos em secador de leito fluidizado, classificados e embalados.



**Figura 9.** Desenho esquemático do "spray dryer".  
Fonte: Luís César da Silva.

## Referências

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 8, de 11 de junho de 2003. Aprova o regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 14 jun. 2003. Seção 1, p. 4.
- BROOKER, D. B.; BAKKER ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: The Avi Publishing Company Inc., 1992. 450 p.
- CARVALHO, N. M. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Campinas: Fundação Cargill. 1979. 424 p.
- CLARKE, R. J.; VITZHUM, O. G. **Coffee: recent development**. Ames: Iowa, Blackweel Science Ltda, 2001. 256 p.
- INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Robusta cupping protocols**. PSCB 123/10. Londres, Inglaterra. 2010. Disponível em: <<http://dev.ico.org/documents/pscb-123-e-robusta.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2013.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GRACIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura do café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: Mapa/PROCAFÉ, 2002. 387 p.
- REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da; CARVALHO, G. R. (Ed.). **Café arábica da pós-colheita ao consumo**. Lavras: U.R. EPAMIG SM, 2011. v. 2. 734 p.
- REZENDE, M. A.; ROSADO, P. L.; GOMES, M. F. M. **Café para todos: a informação na construção de um comércio de café mais justo**. Belo Horizonte: Mapa/PROCAFÉ, 2007. 143 p.
- ROBERTO, C. D. **Aplicação dos princípios do sistema de análise de perigos e pontos críticos de controle para avaliação da segurança do café no processamento pós-colheita**. 2008. 132 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- SEGGES, J. H. **Focalizando o café e a qualidade**. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2001. 148 p.
- SILVA, J. S. (Ed.). **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. 509 p.
- SILVA, J. S.; BEBERT, P. A. **Colheita, secagem e armazenagem de café**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 1999. 146 p.
- SILVA, L. C. **Desenvolvimento e avaliação de um secador de café (*Coffea arabica* L.) intermitente de fluxos contracorrentes**. 1991. 74 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.



Capítulo 18

---

# **Propriedades físicas e químicas interferentes na pós-colheita do café**

*Paulo César Corrêa  
Gabriel Henrique Horta de Oliveira  
Fernando Mendes Botelho  
Pedro Casanova Treto  
Enrique Anastácio Alves*





## Introdução

O café é considerado um dos produtos agrícolas de maior importância para o Brasil, tanto pela receita gerada pela exportação e industrialização, como pelos empregos diretos e indiretos relacionados com o seu agronegócio. O café é uma das bebidas mais populares e mais consumidas diariamente no mundo. No Brasil, seu consumo fica atrás apenas do consumo de água e à frente de sucos, refrigerantes, energéticos e achocolatados, com a ressalva de que a quantidade e o tipo de bebida de café consumida dependem dos hábitos sociais, da cultura e da região (DUARTE et al., 2005).

Tradicionalmente, no Brasil, são cultivadas duas espécies do gênero *Coffea*, *Coffea arabica* L. (café arábica) e o *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (conhecido popularmente como café robusta, conilon ou canelão, sendo que a primeira corresponde a, aproximadamente, 75% do total produzido. Os termos “robusta” e “conilon” são denominações que agrupam os grupos botânicos dos cafeeiros mais plantados no Brasil pertencentes à espécie *C. canephora*. Apesar de representar apenas 25% da produção nacional, o *C. canephora* é o que vem apresentando a maior taxa de crescimento nos últimos anos. O aumento da produção do *C. arabica*, no Brasil, no período de 1990 a 2006, foi de 35%, passando de 26,5 milhões de sacas em 1990, para 35,8 milhões de sacas em 2006, enquanto o *C. canephora*, nesse mesmo período, registrou um crescimento de 137,8%, ou seja, quatro vezes mais que o crescimento apresentado pelo *C. arabica*, 4,5 milhões de sacas em 90, para 10,7 milhões de sacas em 2006 (CONAB, 2012).

Os grãos oriundos das variedades de *C. arabica* produzem uma bebida de melhor aceitação e são mais valorizados comercialmente que os cultivares da espécie *C. canephora*. Entretanto, o *C. canephora* apresenta maior produtividade sendo uma planta mais rústica, menos susceptível a doenças e adequada a regiões de baixa altitude e de temperaturas mais elevadas, além de produzir um café mais “encorpado”, muito utilizado em misturas (*blends*) com o *C. arabica* na industrialização dos cafés torrados e moídos e na produção de café solúvel.

Para consolidação do sucesso econômico e da sustentabilidade das atividades cafeeiras são fundamentais em um modelo tecnológico de produção, ações pontuais que contemplem a melhoria da qualidade do produto. O termo qualidade para grãos é amplo e pouco preciso, visto que seu significado depende da espécie e da finalidade a que se destina o grão. No caso do café, principalmente *C. arabica*, seu valor comercial está diretamente relacionado às características qualitativas desejáveis nos grãos que estão estritamente relacionados com a bebida gerada, sendo este o principal parâmetro usado para sua comercialização.

A qualidade do café é muito afetada pela composição do grão cru, gênero, variedade, clima, altitude, época e forma de colheita e condições do processamento pós-colheita utilizados (secagem, armazenamento, torra e moagem). Os critérios comumente utilizados para avaliar a qualidade dos grãos de café incluem o tamanho, cor, forma, potencial de torra, sabor e aroma ou teste de xícara e presença de defeitos, sendo os dois últimos, os mais importantes critérios empregados mundialmente na avaliação do café (AFONSO JÚNIOR et al., 2003; FRANCA et al., 2005).



A combinação do tipo e a qualidade da bebida estabelecem o preço pelo qual o café será comercializado no mercado interno e, principalmente, no externo (AFONSO JÚNIOR et al., 2003). Portanto, o preço a ser pago por uma saca de café depende de suas propriedades físicas e químicas.

Contrariamente ao *C. arabica*, o *C. canephora* é classificado basicamente por tipo e apenas recentemente o “teste de xícara” tem sido utilizado como parâmetro qualitativo para sua comercialização por algumas empresas e cooperativas, objetivando diferenciar grupos e agregar valor a cafés de melhor qualidade, visto que muitos produtores já utilizam tecnologias que proporcionam a melhoria da qualidade como a separação dos frutos cerejas pelo processamento via úmida. Desta forma, é fundamental que pesquisas que visem avaliar as peculiaridades relacionadas às operações de secagem, armazenamento, beneficiamento de *C. canephora* sejam intensificadas para se obter um produto final de boa qualidade, possibilitando agregação de valor e a busca por nichos especializados de mercado, como ocorre para o *C. arabica*.

O conhecimento das propriedades físicas de produtos agrícolas é de fundamental importância para uma correta conservação e para o dimensionamento e operação de equipamentos para as principais operações pós-colheita de produtos agrícolas. A fim de minimizar os custos de produção para maior competitividade e melhoria da qualidade do produto processado, a determinação e o conhecimento do comportamento das propriedades físicas dos frutos e grãos do café são os principais fatores a contribuir para o adequado desenvolvimento de processos e simulações, que visem aperfeiçoar o sistema produtivo dessa cultura.

Informações concernentes ao tamanho, volume, porosidade e massa específica, dentre outras características físicas dos produtos agrícolas, são consideradas de grande importância para estudos envolvendo transferência de calor e massa e movimentação de ar em massas granulares. Estes parâmetros mencionados são utilizados para determinar as condições de secagem e armazenagem de produtos agrícolas e, conseqüentemente, possibilitar a predição de perdas de qualidade do material até o momento de sua comercialização.

## Legislação

A legislação relativa ao café é ampla e bem conhecida, no entanto, o teste de xícara para a bebida proveniente do café canéfora é recente, instituída pela Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003 (BRASIL, 2003), em que o café canéfora é classificado em: excelente, bom, regular e anormal. Desde 2010 foi definido um “Protocolo para Degustação de Robustas Finos (PDRF)”, que tem uma tabela de classificação mais rica em critérios que a Instrução Normativa nº8. Entretanto, a sua utilização ainda pode ser considerada incipiente no país e é seguida apenas para alguns nichos de mercado que trabalham com canéforas de bebida especial. As normas e padronizações acerca dos processos pós-colheita de café podem ser visualizadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Legislação do café.

Categoria	Documento	Órgão	Assunto
Regulamento técnico	Instrução Normativa 16	Mapa	Estabelece o regulamento técnico para o café torrado em grão e café torrado e moído
Identidade e qualidade de café	Resolução 277/05	Anvisa	Regulamento técnico para café torrado e torrado moído
	Instrução Normativa 08/03	Mapa	Aprova o regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru
Metrologia	Portaria 153/08	Inmetro	Define as quantidades permitidas para comercialização de café em embalagens
Registro	Resolução 278/05	Anvisa	Mantém a dispensa da obrigatoriedade de registro para o café
Certificação	Portaria 219/02	MDIC	Trata sobre a emissão dos Certificados de Origem do Café
	AIC 2007	OIC	Acordo Internacional do Café
Acordo Internacional do Café	Decreto N° 806	Anvisa	Aprova o texto do acordo internacional do café de 2007

## Matéria-prima

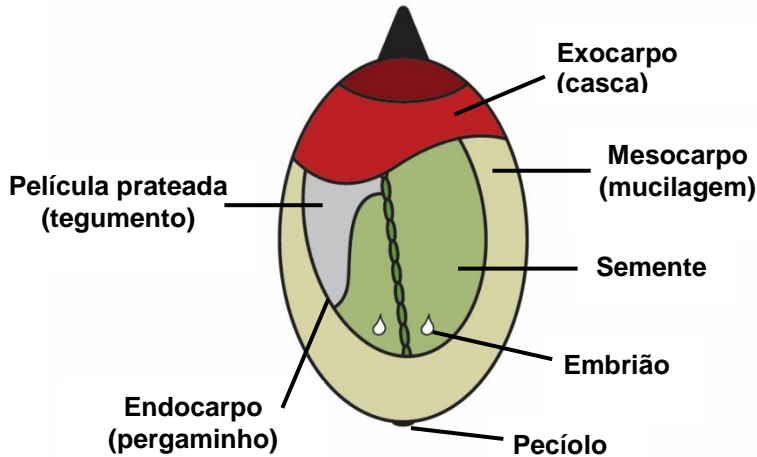
### Planta

A primeira descrição botânica de uma planta de café data de 1713. Nesse ano, Linnaeus a classificou em um gênero separado, chamando-o *Coffea*, que continha a única espécie *Coffea arabica*. Muitas outras espécies deste gênero foram identificadas durante explorações nas florestas tropicais da África, a partir da segunda metade do século 19. Os cafeeiros foram reunidos em dois gêneros, *Psilanthus* Hook e *Coffea* L. (BRIDSON; VERDCOURT, 1988; BRIDSON, 1994). Estes diferem por particularidades apresentadas nas estruturas florais. O gênero *Coffea* é subdividido nos subgêneros *Coffea* (mais de 80 espécies) e *Baracoffea* (sete espécies). São duas as principais espécies de cafeeiro: *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre. As demais espécies, embora não apresentem expressão comercial, são importantes para o melhoramento genético, pois se constituem em reservas gênicas de resistência às pragas, doenças e condições adversas de ambiente (MEDINA FILHO et al., 1984; CARVALHO; FAZUOLI, 1993).

O *Coffea arabica* é a espécie que se cultiva há mais tempo, do qual se produz um café fino e aromático, necessitando de um clima mais fresco. Sua produtividade, em comparação ao *Coffea canephora* é menor, e suas áreas de produção estão reservadas a terras altas, entre 900 e 2.000 metros. Já a espécie *C. canephora* oferece bebida mais rica em cafeína e ácido comparada ao café arábica. O café canéfora é mais adaptado a terrenos planos, com rendimentos mais elevados, além de apresentar maior resistência a pragas em relação ao café arábica. Geralmente, a florescência dura de 3 a 4 dias e 9 meses para a flor se transformar em fruto maduro; entretanto, atualmente existem variedades clonais em que o ciclo de maturação é menor.

## Fruto

O fruto desenvolvido do cafeeiro é dividido em exocarpo, mesocarpo e endocarpo, que formam o pericarpo. A semente é recoberta pelo pericarpo (Figura 1).



**Figura 1.** Esquema da estrutura do fruto de cafeeiro.

Fonte: adaptado de Sousa e Silva et al. (2013).

O exocarpo (ou casca) é o tecido mais externo do fruto, em que a coloração da casca é regida pela presença de antocianina (vermelho) e luteolina, responsável pela coloração amarelada (SALAZAR et al., 1994). As células do exocarpo são estreitas e muito juntas entre si, de paredes delgadas, com presença de estômatos entre elas. Durante toda a fase de maturação do fruto o exocarpo exibe coloração verde, tornando-se amarelo ou vermelho quando o fruto atinge a maturação.

O mesocarpo é carnosos, rico em mucilagem (açúcares e pectinas), sendo muitas vezes tratado apenas como mucilagem em virtude do alto teor deste componente. É uma região extensa formada por mais de 20 camadas de células parenquimatosas, grandes, frequentemente encerrando um conteúdo de cor escura, que é considerado um material tanóide. Ele pode representar entre 22% e 31% da massa do fruto seco (ZULUAGA, 1990). De acordo com Vidal e Vidal (1995), o mesocarpo é a camada intermediária entre o exocarpo e o endocarpo e provém do mesófilo carpelar.

O endocarpo (ou pergaminho) é a estrutura mais interna do pericarpo, sendo responsável por aproximadamente 3,8% da massa do fruto seco (BORÉM, 2008). É representado por cinco a sete camadas de células menores, formando um envoltório para as sementes que se apresenta menos colorido e irá constituir no fruto maduro o pergaminho da semente (DEDECCA, 1957). Este componente baseia-se principalmente de celulose (50%), hemicelulose (20%) e lignina (20%).

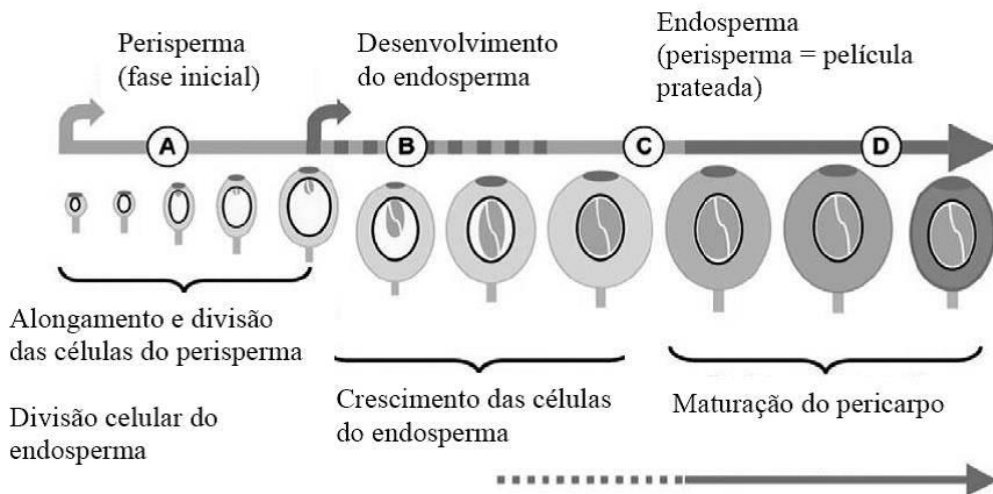
As sementes de café são formadas pela película prateada (pericarpo), pelo endosperma e pelo embrião. A manutenção do tegumento (película prateada) no processo de torrefação resulta nos grãos denominados “fox beans”; que são grãos com coloração caramelo, muito apreciado em algumas regiões. Entretanto, sua presença pode acarretar perda de qualidade com relação aos grãos imaturos: estes, na presença da película prateada, adquirem uma

coloração mais clara, deixando um aspecto ruim, além de poderem comprometer todo o lote do produto, e conferir adstringência à bebida.

A composição do endosperma (tecido de reserva) é de grande valia, pois apresenta a maior parte dos compostos responsáveis pelo sabor e aroma na bebida. Este possui frações solúveis e insolúveis em água, apresentando importantes componentes, tais como a cafeína, ácidos, proteínas, minerais, além de lipídeos.

## Desenvolvimento

O desenvolvimento do fruto de café canéfora requer de 9 a 11 meses, para seu completo amadurecimento (CANNELL, 1985) (Figura 2).



**Figura 2.** Esquema gráfico das alterações que ocorrem nos tecidos durante a formação do fruto do cafeeiro. Ovário antes da antese (A), fruto imaturo: 90 dias após a floração (DAF) (B), entre 120 e 150 DAF (C), entre 230 e 240 DAF (D). O esquema corresponde ao desenvolvimento de frutos de cafeeiros *Coffea arabica* Acaiaí Cerrado MG-1474.

Fonte: De Castro e Marraccini (2006).

A maturação dos frutos do cafeeiro é caracterizada pelo aumento da atividade respiratória, síntese de etileno, metabolismo de açúcares e ácidos, degradação da clorofila e a síntese de pigmentos responsáveis pela alteração da coloração da casca dos frutos.

## Composição química

A qualidade do café é definida como o resultado da somatória de atributos físicos e químicos. Dentre os atributos químicos sobressaem: os açúcares, ácidos, compostos fenólicos, cafeína, compostos voláteis, ácidos graxos, proteínas e algumas enzimas, cuja presença, teores e atividades conferem ao café sabor e aroma peculiares (COSTA; CHAGAS, 1997).

Entre esses constituintes, são mais de quatrocentos compostos orgânicos e inorgânicos que contribuem com o sabor distinto do café, sendo que o aroma está constituído por

mais de setecentas substâncias. Muitos desses compostos se encontram ligados e não se pode determinar um único componente primário do café. Alguns quando se separam têm sabor e odor diferente do característico do café, outros são instáveis, evaporam e combinam-se formando novos compostos (MEIJA et al., 1999). Esta composição química complexa dos grãos de café depende de fatores genéticos, ambientais e condições de manejo pré e pós-colheita (PRETE, 1992). A composição química do grão de café cru está apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2.** Composição química do café cru.

Componente	Café Canéfora <sup>(1)</sup>	Café Arábica <sup>(1)</sup>
Cafeína	2,2	1,2
Trigonelina	0,7	1,0
Cinzas (41% correspondem a K)	4,4	4,2
Ácidos:		
• Clorogênico total	10,0	6,5
• Alifáticos	1,0	1,0
• Quínico	0,4	0,4
Açúcares:		
• Sacarose	4,0	8,0
• Redutores	0,4	0,1
• Polissacarídeos	48,0	44,0
Lignina	3,0	3,0
Pectina	2,0	2,0
Proteína	11,0	11,0
Aminoácidos livres	0,8	0,5
Lipídeos	10,0	16,0

<sup>(1)</sup> Valores expressos em g 100g<sup>-1</sup> em base seca.

Fonte: Clarke (2003)

As principais características atribuídas à bebida do café advêm do processo de torrefação, no qual os constituintes presentes no grão cru sofrem alterações durante a torra. As proteínas contribuem para o sabor da bebida do café devido à sua degradação durante o processo de pirólise na torrefação, liberando carbonilas, aminas e sulfeto de dimetila. Além disso, as partículas insolúveis da proteína ligam-se às substâncias graxas, sendo esta combinação a responsável pela turbidez da bebida no café coado.

A cafeína é um alcalóide, pertencente ao grupo das xantinas. Ela é inodora e possui sabor amargo, contribuindo com o sabor e o aroma da bebida do café. Possui também a característica de controlar o crescimento microbiano e, por conseguinte, inibe a presença de micotoxinas no café. Ela está incluída entre os excitantes psicomotores que têm, principalmente, a propriedade de estimular a atividade mental. Trigonelina é um derivado da piridina, conhecido por contribuir indiretamente para a formação, durante a torra, de aromas desejados à bebida do café (KY, 2001).

A acidez é um importante indicativo da qualidade da bebida de café, uma vez que está diretamente relacionada com o grau de fermentação empregado durante o processamento dos grãos de café. Caso a fermentação seja realizada de forma imprópria, os açúcares presentes na mucilagem podem produzir ácido acético, láctico, propiônico e butírico, sendo que estes acarretam prejuízo à qualidade. É necessário o controle da fermentação para que os ácidos málico e cítrico sejam os principais ácidos presentes no café, uma vez que estes conferem o sabor ácido característico deste



produto. Segundo Maier (1987), o grão de café contém ácidos orgânicos incluindo os ácidos clorogênicos (7%), oxálico (0,2%), málico (0,3%), cítrico (0,3%) e tartárico (0,4%). 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 (SALVA; LIMA, 2007). Menores teores de ácido clorogênico nos grãos de café proporcionam bebidas menos adstringentes.

Assim como outros componentes químicos, o teor de açúcar nos grãos de café pode diferir por causa das variações de cultivares e estádios de maturação, bem como as condições climáticas e as características da região produtora. Durante o processo de torra de café, os açúcares reagem junto com os aminoácidos e proteínas (reações de Maillard) formando compostos desejáveis, responsáveis pela cor marrom e as características de aroma (MURKOVIC; DERLER, 2005). Além disso, valores mais elevados de açúcares podem indicar a presença de maior doçura na bebida, sendo responsáveis pela formação do sabor caramelo (ORGANIZACIÓN..., 1992).

Ainda é discutível qual o tipo e concentração de açúcares nos grãos que exerceria maior influência na qualidade da bebida. No entanto, sabe-se que a sacarose é degradada, praticamente em quase sua totalidade durante a torração, originando açúcares menores, precursores de ácidos e aldeídos, responsáveis pelo aroma. Pinto et al. (2001), que investigaram os teores de açúcares totais não redutores, e redutores em grãos torrados, não detectaram correlação linear entre os açúcares e a qualidade de bebida. A bebida estritamente mole apresentou maior teor de açúcares redutores, seguindo-se bebida dura, riada e mole, sendo que as bebidas estritamente moles e riadas obtiveram maiores teores de açúcares totais e açúcares não redutores.

As transformações bioquímicas que ocorrem no grão do café e que levam a uma depreciação da qualidade de bebida são, principalmente, de origem enzimática. Estas transformações envolvem glicosidades, polifenoloxidasas, proteases e lipases, levam a uma degradação de paredes e membranas celulares assim como mudanças na coloração do grão, e conseqüente prejuízo na qualidade.

A polifenoloxidase é uma enzima intracelular e encontra-se localizada, principalmente, na membrana dos cloroplastos, participando dos processos de respiração, resistência à infecção e na biossíntese de certos constituintes vegetais como os flavonoides e quinonas (ESKIN; HERDERSON, 1990). A ativação da enzima ocorre durante infecções ou injúrias mecânicas, resultando em formação de quinonas e, conseqüentemente, de polímeros insolúveis que proporcionam uma barreira prevenindo contra a expansão de infecções nas plantas.

Pimenta (1997) realizou um trabalho que determinou a atividade da polifenoloxidase e sua relação com a qualidade do café. Foram observados comportamentos bastante variados quanto aos teores destes constituintes nos diferentes estádios de maturação dos frutos; com a atividade maior da polifenoloxidase para grãos provenientes de frutos cereja, menor para frutos verdes; e intermediário para os estádios seco/passa e verde-cana. Carvalho et al. (1994) elaboraram uma tabela complementar à prova de xícara, que possibilita enquadrar os cafés nas diferentes classes de bebida segundo a atividade enzimática da polifenoloxidase. Estes autores determinaram que a atividade da polifenoloxidase diminui à medida que se diminui a qualidade do café.

Para Clifford (1999), a presença de compostos fenólicos no café em quantidades maiores que as verificadas para determinada espécie, são responsáveis pela adstringência e interferem no seu sabor sendo associadas, portanto, a desvalorização da qualidade. Estes



compostos, principalmente os ácidos caféico e clorogênicos, exercem ação protetora, antioxidante dos aldeídos. O ácido clorogênico (ACG) representa uma família de compostos fenólicos, cujo componente majoritário é o ácido cafeoilquínico (5-ACQ), presente em grande quantidade na bebida do café. O 5-ACQ foi o isômero encontrado em maior quantidade nos frutos, independente da parte do fruto analisada. De modo geral, as sementes contêm um teor muito baixo de ACG (CLIFFORD, 1985).

Fernandes (2003) estudando os teores do ácido clorogênico demonstrou que a classe de bebida dura apresentou o menor teor de ácido clorogênico (4,13%) diferindo-se dos demais blends, rio (5,00%), riada (4,82%), duro-rio (4,68%), duro-riada (4,80%) que foram iguais entre si.

Montavon et al. (2003) analisaram precursores específicos em amostras de diferentes qualidades (maduros, frutos vermelhos e imaturos e frutos verdes), ácido clorogênico, proteínas do grão verde do café e aminoácidos livres. O café maduro obteve melhor avaliação da qualidade pelo teste sensorial e foi identificada uma relação entre a maturação e o comportamento redutor da suspensão dos grãos de café. Os grãos imaturos foram mais sensíveis à oxidação por ácido clorogênico, além disso, obtiveram também menores valores para proteínas e aminoácidos livres.

Theodoro et al. (2009) caracterizaram a qualidade de grãos de cafés colhidos no pano e no chão, provenientes de sistemas de manejo orgânico, em conversão e convencional. Os cafés colhidos no chão apresentaram qualidade inferior, estando associados a maiores teores de fenólicos totais e acidez titulável. Os sistemas convencional e orgânico apresentaram melhor desempenho quando colhidos no pano, entretanto, assinalam-se diferenças quanto à maior concentração de açúcares redutores e não redutores no sistema convencional e maior atividade da polifenoloxidase, teor de cafeína e açúcares totais no sistema orgânico.

## **Propriedades físicas interferentes na pós-colheita do café**

O conhecimento das propriedades físicas dos produtos agrícolas não tem uso restrito à engenharia, podendo as informações ser de grande utilidade em outros ramos da ciência ou tecnologia relacionada com o comportamento físico e processamento de frutos e vegetais, de um modo geral. As principais aplicações desses conhecimentos se destinam ao dimensionamento adequado de máquinas utilizadas no processamento e a melhor caracterização do produto (MOHSENIN, 1986).

Projetos de máquinas para o processamento, classificação e dimensionamento de outros equipamentos destinados à pós-colheita de produtos agrícolas requerem dados relativos às propriedades físicas, especialmente as propriedades geométricas.

Informações a respeito do tamanho, volume, porosidade e massa específica, entre outras características físicas dos produtos agrícolas, são consideradas de grande importância para estudos envolvendo transferência de calor e massa e movimentação de ar em massas granulares. Juntamente com o teor de água, a massa específica, a porosidade e o volume são parâmetros utilizados para determinar as condições de secagem e armazenagem de produtos agrícolas e, conseqüentemente, possibilitar a predição de perdas de qualidade do material até o momento de sua comercialização.

## Massa específica aparente e real

Massa específica é definida como a razão entre a massa e o volume ocupado por determinado produto. Este conceito aplicado à massa e volume de apenas um grão determina a massa específica real ou unitária. Já a aplicação do conceito para uma determinada quantidade de produto estabelece a definição da característica massa específica aparente ou granular (PABIS et al., 1998), ou seja:

$$\rho = \frac{m_p}{V_p} \quad (1)$$

$$\rho_{ap} = \frac{m}{V} \quad (2)$$

Em que:

$\rho$  = massa específica real ou unitária do produto, kg m<sup>-3</sup>.

$\rho_{ap}$  = massa específica aparente ou granular do produto, kg m<sup>-3</sup>.

$m_p$  = massa unitária do produto, kg.

$m$  = massa de produto, kg.

$V_p$  = volume unitário do produto, m<sup>3</sup>.

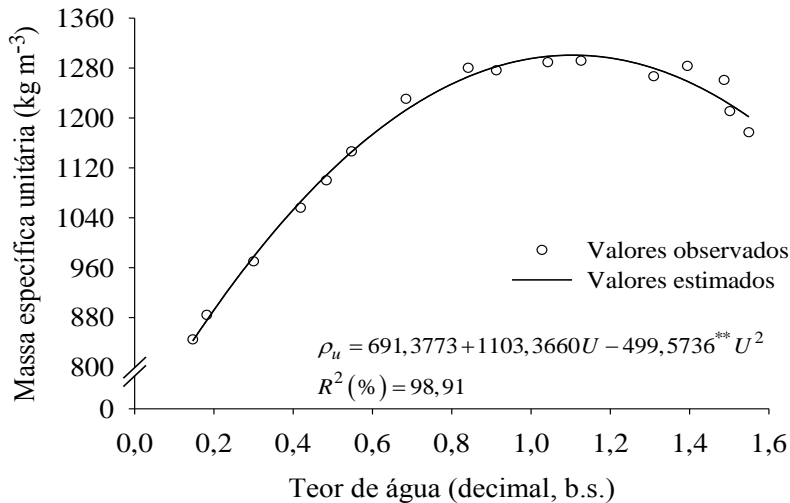
$V$  = volume ocupado pela massa de produto, m<sup>3</sup>.

A massa específica aparente ( $\rho_{ap}$ ) pode ser determinada, para os frutos de café, utilizando-se uma balança de peso hectolitro com capacidade de 1 L. Para a determinação da massa específica real ou unitária, utiliza-se o método do picnômetro (ASTM D 792, 1991; MOREIRA et al., 1985). A massa específica aparente de grãos agrícolas cresce, geralmente, com a diminuição do teor de água do produto. O crescimento depende da porcentagem de grãos danificados, do teor de água inicial, da temperatura alcançada durante a secagem, do teor de água final e da variedade do grão (COUTO et al., 1999; BROOKER et al., 1992). Uma exceção é o café em coco, onde o volume da casca que envolve os grãos não muda na medida em que o grão perde umidade. Estes conceitos são importantes para a cultura do café no dimensionamento de silos, secadores, depósitos e sistemas de transporte, podendo também ser empregado para estimar os teores de água e danos causados por insetos e roedores durante o armazenamento. Os valores observados e estimados da massa específica unitária e aparente dos frutos de *C. canephora* para a faixa de teor de água avaliada estão apresentados nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

Pelas Figuras 3 e 4, percebe-se que, no início do processo de secagem, as massas específicas unitária e aparente dos frutos de *C. canephora* apresentaram tendência semelhante ao observado para a maioria dos produtos agrícolas, ou seja, houve um aumento dessa propriedade à medida que a água foi sendo removida do produto. Todavia, ao atingir o teor de água de 1,126 (b.s.) para o caso da massa específica unitária e de 0,8013 (b.s.) para a massa específica aparente, inverteu-se a tendência inicial, de modo que as massas específicas começaram a diminuir com a redução do teor de água, seguindo a tendência normalmente observada para alguns produtos agrícolas que têm parte ou todo o tegumento enrijecido, como mamona (GONELI et al., 2008), girassol (GUPTA; DAS, 1997; FIGUEIREDO et al., 2011), arroz em casca (ZAREIFOROUGH et al., 2009), café (RIBEIRO et al., 2001).

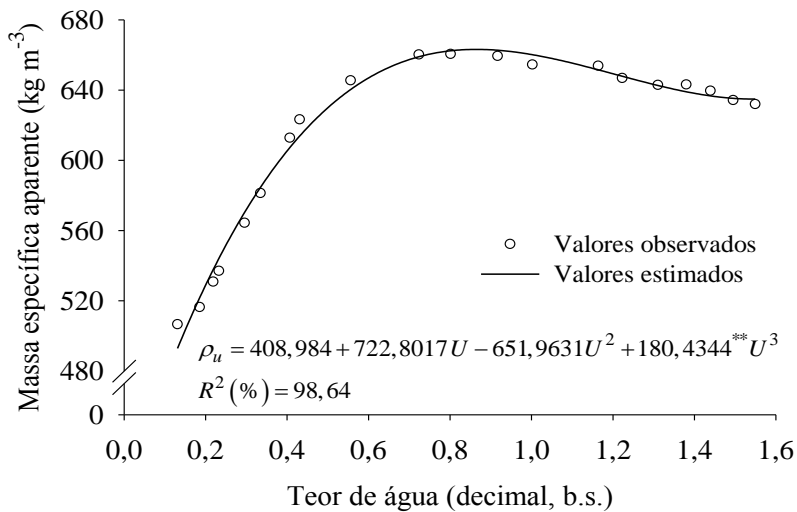
Chandrasekar e Viswanathan (1999) também observaram essa tendência estudando o efeito do teor de água sobre a massa específica do *C. arabica* e *C. canephora* com pergaminho. Esses autores observaram ainda que o *C. canephora* apresentou maiores

valores de massa específica aparente e real, em relação ao *C. arabica*, independentemente do teor de água. Afonso Júnior (2001) também observou essa tendência para a massa específica de cafés descascados e despulpados e, assim como Couto et al. (1999), Chandrasekar e Viswanathan (1999) e Ribeiro et al. (2001), atribuiu ao fato da casca e do pergaminho desses cafés se contraírem de modo diferenciado do grão, pois esse sofre mudanças volumétricas mais acentuadas que as estruturas que os envolvem.



(\*\*) Significativo pelo teste "t",  $p$ -valor < 0,001

**Figura 3.** Valores observados e estimados da massa específica unitária dos frutos de *C. canephora* em função do teor de água.



(\*\*) Significativo pelo teste "t",  $p$ -valor < 0,001

**Figura 4.** Valores observados e estimados da massa específica aparente dos frutos de *C. canephora* em função do teor de água.

Os valores observados para a massa específica unitária variaram de 1176,85 a 844,69 kg m<sup>-3</sup>, para teores de água entre 1,55 a 0,1468 b.s., apresentando um valor máximo de 1291,4 kg m<sup>-3</sup> para o teor de água de 1,126 b.s. Já para a massa específica aparente, os valores variaram de 632,00 a 506,61 kg m<sup>-3</sup> para uma faixa de teor de água de 1,55 a 0,131 b.s., alcançando um valor máximo de 660,55 kg m<sup>-3</sup> para o teor de água de 0,8013 b.s.

A massa específica unitária dos frutos de *C. canephora* apresentou uma variação quadrática em relação ao teor de água. A dependência dessa propriedade ao teor de água pode ser explicada (*p*-valor < 0,001) por um modelo polinomial de segundo grau, baseando-se no elevado coeficiente de determinação (*R*<sup>2</sup> > 98,5 %). Afonso Júnior (2001) e Couto et al. (1999) relataram resultados semelhantes avaliando a dependência da massa específica unitária dos frutos de *C. arabica* em função do teor de água.

Apesar dos valores da massa específica aparente terem apresentado variação semelhante em relação ao teor de água quando comparado à massa específica unitária, a dependência entre as variáveis foi mais bem explicada por uma equação polinomial de terceiro grau. Todos os coeficientes do polinômio ajustado se mostraram significativos pelo teste “t” (*p*-valor < 0,001), e o modelo apresentou coeficiente de determinação maior que 98,5 %.

## Porosidade

A porosidade de uma massa granular é definida como a relação entre o volume ocupado pelo ar nos espaços intergranulares e o volume total desta massa. Esta propriedade é usualmente representada da seguinte forma:

$$\varepsilon = \frac{V - V_p}{V} \quad (3)$$

Em que:

$\varepsilon$  = porosidade da massa de produto, decimal.

$V_p$  = volume unitário do produto, m<sup>3</sup>.

$V$  = volume ocupado pela massa de produto, m<sup>3</sup>.

A incorporação das equações 1 e 2 na expressão de porosidade resulta na seguinte equação:

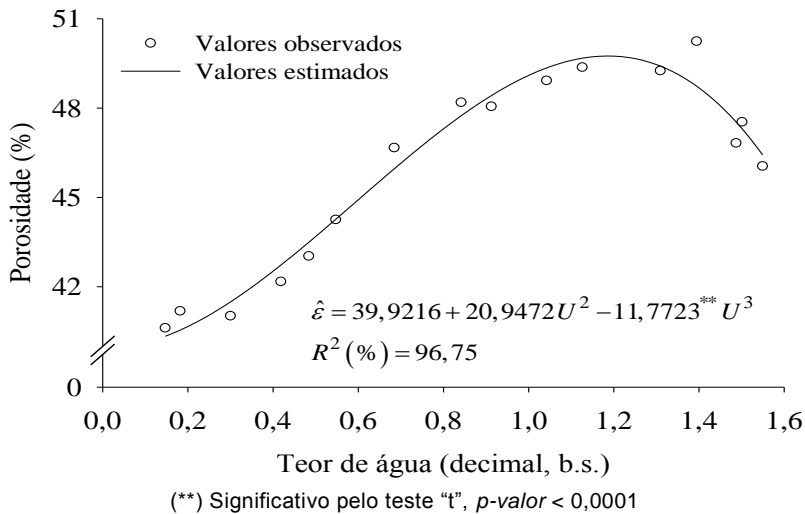
$$\varepsilon = 1 - \left( \frac{\rho_{ap}}{\rho} \right) \quad (4)$$

A porosidade de uma massa de grãos está associada à resistência que a camada de produto oferece ao movimento de ar, sendo amplamente utilizada no projeto de equipamentos de secagem e aeração (BROOKER et al., 1992).

A fração de espaços vazios de uma massa de grãos, ou porosidade, pode ser determinada pelos métodos direto e indireto. Segundo Mohsenin (1986), pelo método direto a porosidade é obtida acrescentando-se um volume de líquido conhecido e necessário para a complementação dos espaços vazios da massa granular. No método indireto, a porosidade pode ser determinada pelo uso de picnômetros, ou então, baseada em relações matemáticas (equação 4) que envolvem as massas específicas real ou aparente (COUTO

et al., 1999; RUFFATO et al., 1999). O picnômetro, ao contrário do método de complementação do volume, deve ser preferido, pois minimiza a incorporação de erros decorrentes da tensão superficial do líquido utilizado.

Alterações de características físicas como tamanho, volume, massas específicas, real e aparente e porosidade, em função do teor de água e outros fatores, durante e depois da secagem, têm sido adequadamente investigadas por diversos autores para vários produtos. De modo geral, observa-se que essas propriedades físicas, para a maioria dos produtos agrícolas, diminuem com o aumento do teor de água, enquanto a porosidade da massa granular aumenta (JAYAS; CENKOWSKI, 2006; MCMINN; MAGEE, 1997; BENEDETTI, 1987; CHUNG; CONVERSE, 1971). A Figura 5 mostra os valores da porosidade determinada indiretamente e a estimada em função do teor de água.



**Figura 5.** Valores observados e estimados da porosidade dos frutos de *C. canephora* em função do teor de água.

A porosidade dos frutos de *C. canephora* aumentou com a elevação do teor de água, atingindo um valor máximo e reduzindo sua magnitude a partir dele (Figura 5). Os valores da porosidade da massa de frutos de *C. canephora* variaram de 40,62% a 46,05% para teores de água de 0,13 a 1,55 (b.s.) respectivamente, atingindo seu maior valor, 50,24%, quando o teor de água atingiu 1,2 (b.s.).

Couto et al. (1999) observaram resultados e tendência semelhantes ao avaliar o efeito do teor de água sobre a porosidade dos frutos de *C. arabica*, sugerindo que esse parece ser o comportamento típico para a maioria dos produtos agrícolas (curvas ajustadas passam, em geral, por um máximo). Esses autores ressaltam ainda que esse fato ocorre apesar dos valores das massas específicas unitária e aparente apresentarem comportamento diferente da maioria dos produtos agrícolas, e a porosidade ser obtida indiretamente a partir desses índices.

A porosidade da massa de frutos e grãos de café tende a crescer com a elevação do teor de umidade até um determinado valor, passando em seguida a decrescer, independentemente da forma de preparo do produto. Uma explicação para tal fato se deve às modificações estruturais associadas às alterações celulares do produto, em virtude da retirada de água durante o processo de secagem (MCMINN; MAGEE (1987). Observa-se, ainda, que para a forma de preparo natural os valores de porosidade da

massa de produto foram inferiores àqueles das formas de preparo descascado e despulpado, indicando uma possível influência da casca, alterando a forma do produto e, conseqüentemente, na acomodação dos frutos, interferindo no volume de ar presente na massa granular. Nota-se também que o comportamento da porosidade da massa de frutos e grãos de café, em função do teor de umidade, apresenta a mesma tendência da maioria dos produtos agrícolas estudados. No entanto, há tendência das massas específicas real e aparente do produto diferirem daquelas observadas para outros tipos de grãos.

## Forma e tamanho

O tamanho e a forma são características específicas de cada produto definidas geneticamente, que podem ser influenciadas pelo ambiente durante e após o período de sua formação e que influenciam as demais propriedades físicas do produto. Esses dados são utilizados para o dimensionamento do tamanho e da forma dos furos das peneiras em equipamentos destinados à separação e classificação.

A determinação da forma do grão por meio da comparação visual entre a sua forma e as formas-padrões é considerada uma técnica muito simples, mas bastante questionada, em razão de sua subjetividade (MOHSENIN, 1986).

A circularidade e a esfericidade são os principais parâmetros a serem definidos, ou seja, quanto mais próximos da unidade estiverem estes valores, mais próximos de um círculo ou de uma esfera estará o grão em estudo. A circularidade é a razão entre a maior área projetada do grão em repouso natural ( $A_p$ ) e a área do menor círculo circunscrito ( $A_c$ ). Já a esfericidade é a razão entre o diâmetro do maior círculo inscrito ( $d_i$ ) e o diâmetro do menor círculo circunscrito ( $d_c$ ). A esfericidade ( $\varphi$ ) é calculada utilizando-se a equação 5, proposta por Mohsenin (1986):

$$\varphi = 100 \left[ \frac{\sqrt[3]{a b c}}{a} \right] \quad (5)$$

Em que:

$\varphi$ : esfericidade, adimensional.

a: maior dimensão característica do produto, mm.

b: dimensão característica intermediária do produto, mm.

c: menor dimensão característica do produto, mm.

A circularidade (C) é determinada pela equação 6 (MOHSENIN, 1986):

$$C = 100 \left( \frac{b}{a} \right) \quad (6)$$

Os frutos e grãos, de modo geral, não apresentam um formato geométrico definido, tornando necessário para a solução de problemas relacionados à sua geometria assumir para o produto uma forma conhecida, o que acarreta em aproximações e possíveis erros (AFONSO JÚNIOR, 2001).

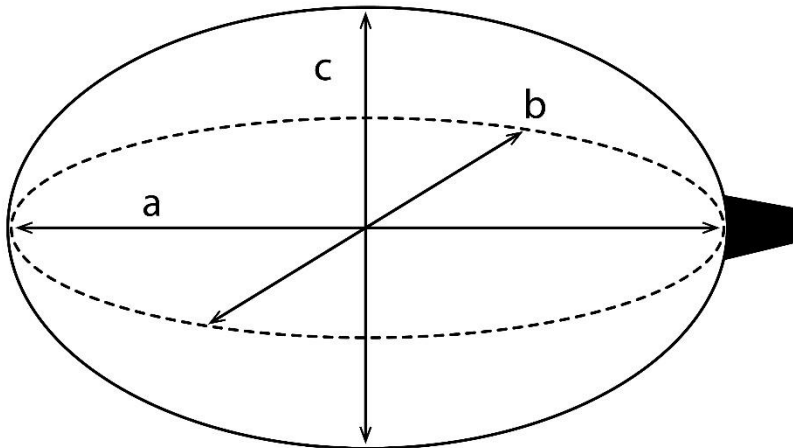
Alguns autores, entre os quais Soares (1988) e Almeida (1979), têm preferido, para estudar os processos de transferência de calor e massa durante a secagem, o uso do conceito de transformar o produto estudado em uma esfera de volume equivalente a

este e, desta forma, realizar análises como se o produto apresentasse essa geometria. Entretanto, para a maioria dos frutos e grãos, muitas dessas soluções são obtidas assumindo-se para o produto as formas geométricas de um esferoide ou elipsoide composto por três dimensões ortogonais características, que são os eixos maior, médio e menor (AGRAWAL et al., 1972). Outra solução, para alguns produtos agrícolas, consiste em aproximar, por simetria, a forma do corpo biológico a metade das formas geométricas do esferoide ou elipsoide (MOUSTAFA, 1969).

Mohsenin (1986) sugere, ainda, que o volume de alguns produtos agrícolas possa ser calculado assumindo-se a geometria de um esferoide oblato (Figura 6) aplicando-se a seguinte equação:

$$V_p = \frac{\pi a b c}{6} \quad (7)$$

Em que os valores de  $a$ ,  $b$  e  $c$  correspondem aos eixos maior, médio e menor, respectivamente.



**Figura 6.** Desenho esquemático de um esferoide oblato e suas dimensões características.  
Fonte: Corrêa et al. (2002).

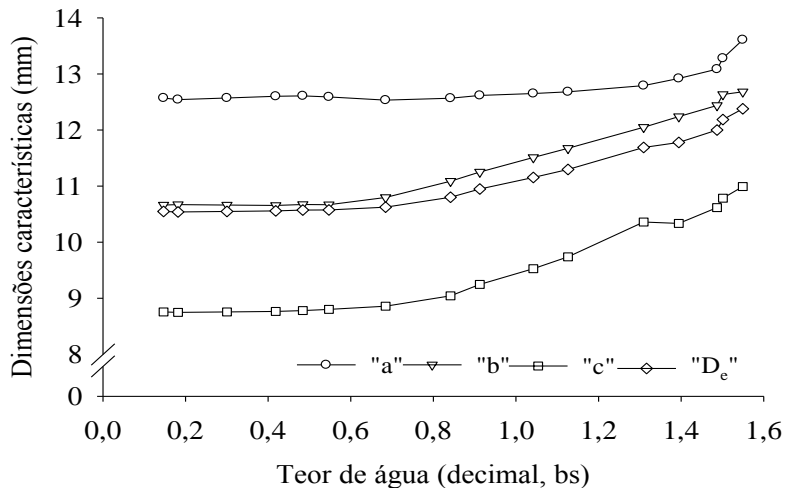
A variação das dimensões características principais ( $a$ ,  $b$  e  $c$ ) ao longo do processo de secagem, juntamente com o diâmetro equivalente (ou diâmetro geométrico) dos frutos de *C. canephora* estão apresentados na Figura 7.

Numa análise puramente descritiva da Figura 7, nota-se que, assim como as dimensões características principais, o diâmetro equivalente dos frutos de *C. canephora* diminuiu ao longo da secagem. Todavia, a redução não ocorreu para toda a faixa de teor de água analisada, mas apenas para valores mais elevados.

As dimensões características principais e o diâmetro equivalente se comportaram de maneira semelhante ao longo da secagem, de modo que a variação desses índices foi praticamente nula quando os frutos de *C. canephora* apresentaram teores de água entre 0,42 e 0,68 (b.s.). A redução total observada foi maior para as menores dimensões características, sendo de 7,6% para a maior ( $a$ ), 15,92% para a intermediária ( $b$ ), 20,3% para a menor ( $c$ ), além de uma variação de 14,8% para o diâmetro geométrico. A maioria



dos produtos biológicos porosos se contrai irregularmente nas direções longitudinal, tangencial e radial durante a secagem (FORTES; OKOS, 1980), como constataram Oliveira et al. (2011) para frutos de *C. arabica* e Corrêa et al. (2002) para frutos de *C. canephora* e *C. arabica*.



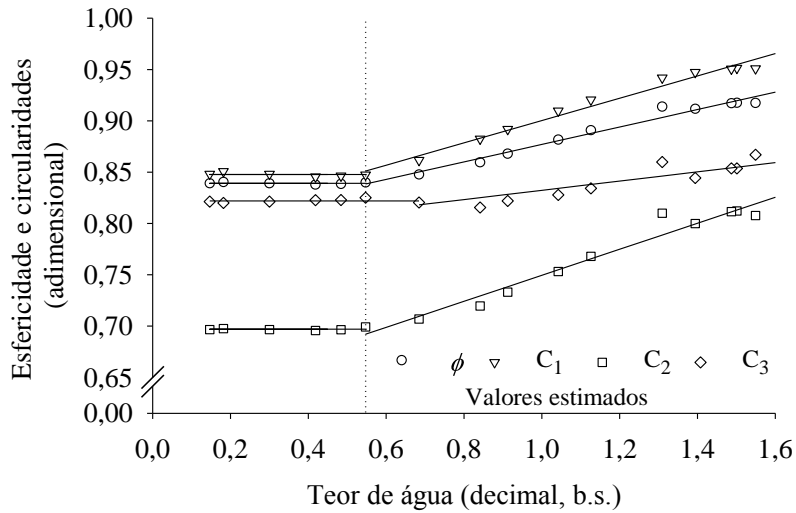
**Figura 7.** Valores observados das dimensões características principais (*a*, *b* e *c*) e do diâmetro equivalente (*D<sub>e</sub>*) dos frutos de *C. canephora* em função do teor de água.

A contração volumétrica é observada durante a secagem da maioria dos produtos agrícolas. Todavia, diferentemente do café e para outros produtos agrícolas que têm parte ou todo o tegumento enrijecido, a contração se estende até teores de água recomendados para o armazenamento, que para a maioria dos grãos é de, aproximadamente, 0,149 (b.s.). Desta forma, a estagnação das dimensões características dos frutos de *C. canephora* indica que o pergaminho que envolve os grãos passou a exercer grande influência no aspecto físico do produto, evitando variações na sua forma. Essa observação pode ser confirmada analisando os dados da esfericidade e das circularidades dos frutos de *C. canephora* (Figura 8).

Observa-se que tanto a esfericidade quanto as circularidades dos frutos de *C. canephora* diminuíram linearmente com a redução do teor de água (Figura 8). Como esses fatores de forma só dependem das dimensões características principais, sua variação também só ocorreu até o teor de água de 0,55 (b.s.).

Devido a variação desproporcional das dimensões características dos frutos de *C. canephora* durante a secagem, a esfericidade diminuiu de 0,92 para o teor de água de 1,55 (b.s.), até o valor constante de 0,84 para teores de água abaixo de 0,55 (b.s.), mantendo, ainda, sua forma predominantemente esférica. Para a mesma faixa de teor de água, as circularidades para as projeções sobre a menor (*C<sub>1</sub>*) e sobre a dimensão intermediária (*C<sub>2</sub>*) variaram de 0,95 e 0,81 até valores constantes de 0,85 e 0,70, sendo esses o maior e o menor valor observado para esse fator de forma. A circularidade para a projeção sobre o maior eixo (*C<sub>3</sub>*) alcançou um valor constante para o teor de água de 0,68 (b.s.), e variou de 0,87 a 0,82. Assim, a variação mais pronunciada da circularidade se deu na menor dimensão (*C<sub>1</sub>*), indicando que os frutos de *C. canephora* se tornaram mais oblongos, vistos dessa projeção. De forma contrária, a menor variação da circularidade ocorreu para a projeção no maior eixo, indicando que as dimensões características "*b*" e "*c*" variaram numa proporção mais aproximada em relação ao teor

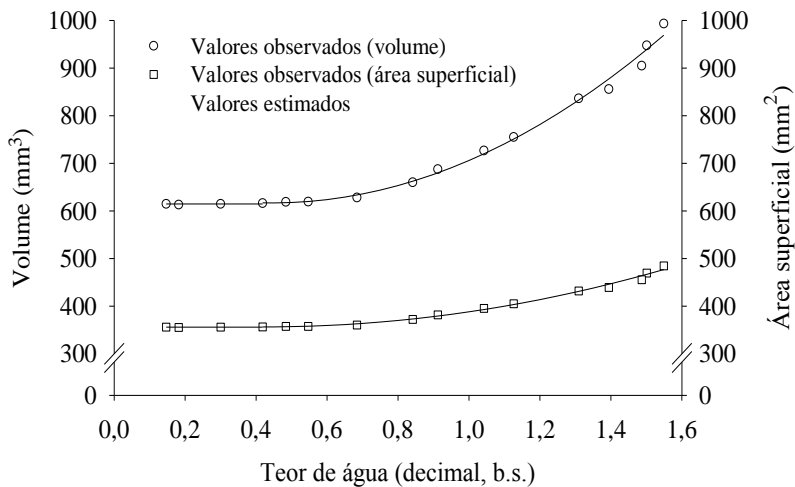
de água. Diminuições das magnitudes dessas propriedades com redução do teor de água também foram relatadas durante a secagem de café (MAGALHÃES et al., 2000; CORRÊA, et al., 2002), pinhão-manso (SIQUEIRA et al., 2012a), mamona (GONELI et al., 2011) e noz de *Areca catechu* (KALEEMULLAH; GUNASEKAR, 2002).



**Figura 8.** Valores observados e estimados da esfericidade ( $\phi$ ) e das circularidades ( $C_1$ ,  $C_2$  e  $C_3$ ) dos frutos de *C. canephora* em função do teor de água.

Corrêa et al. (2002) compararam a variação das dimensões características principais e da forma dos frutos de *C. canephora* e *C. arabica* e verificaram que entre as duas espécies, a primeira sofreu menores alterações na sua geometria ao longo do processo de secagem, e associaram essa observação à menor quantidade de mucilagem nos seus frutos.

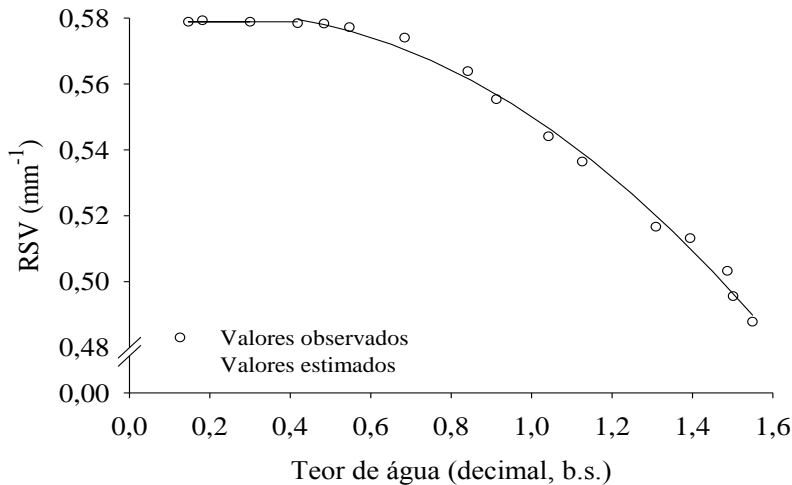
Os valores observados e estimados da área superficial e do volume para os frutos de *C. canephora* com diferentes teores de água estão apresentados na Figura 9.



**Figura 9.** Valores observados e estimados da área superficial e do volume dos frutos de *C. canephora* em função do teor de água.

A área superficial e o volume apresentaram um comportamento quadrático em relação ao teor de água, tendendo à estabilidade, reflexo da tendência apresentada pelas dimensões características, à medida que o produto tornou-se mais seco (Figura 9). O volume variou de 993,3 a 614,61 mm<sup>3</sup>, enquanto a área superficial variou de 484,6 a 355,8 mm<sup>2</sup> para a faixa de teor de água entre 1,55 e 0,15 (b.s.). Tanto a área superficial quanto o volume se mantiveram constantes para teores de água menores que 0,42 (b.s.).

Apesar do volume e da área superficial serem dependentes basicamente das dimensões características principais do produto analisado, observa-se que ocorreu uma variação desproporcional dessas características durante a secagem: de 38,1% para o volume e de 26,6% para a área superficial. Resultados semelhantes a este foram observados por Afonso Júnior et al. (2003), avaliando a secagem de diferentes espécies de *C. arabica* e de uma variedade de *C. canephora*. Essa desproporcionalidade observada em função dessas propriedades físicas é o que explica a variação da relação superfície-volume (RSV) dos frutos de *C. canephora* durante o processo de secagem (Figura 10).

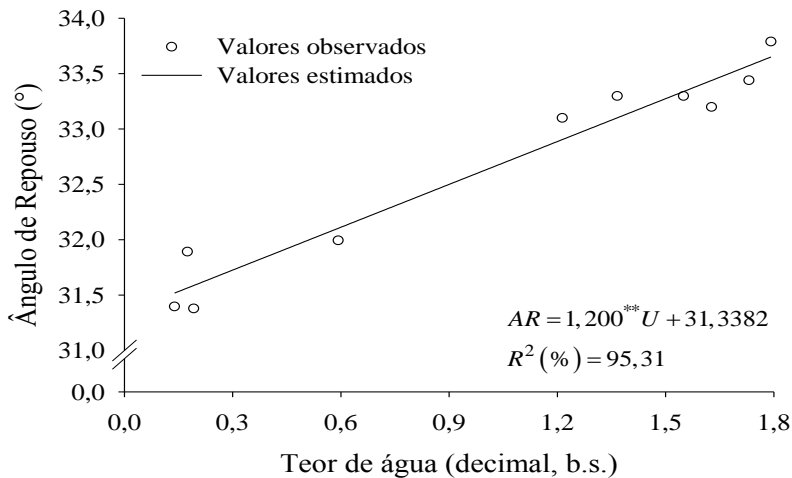


**Figura 10.** Valores observados e estimados da relação superfície-volume dos frutos de *C. canephora* em função do teor de água.

A relação superfície-volume aumentou com a redução do teor de água apresentando o valor mínimo de 0,49 para o teor de água de 1,55 (b.s.) e máximo de 0,58 para teores de água menores que 0,42 (b.s.). Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2011) e por Siqueira et al. (2012b), avaliando a secagem de frutos de *C. arabica* e sementes de pinhão-manso, respectivamente.

## Ângulo de repouso

O ângulo de repouso dos frutos de *C. canephora* diminuiu linearmente com a redução do teor de água, variando de 33,8° a 31,4°, para uma faixa de teor de água 1,73 a 0,139 (b.s.) (Figura 11). Os valores são inferiores aos relatados por Magalhães et al. (2000), que observaram valores variando de 53,9° a 36,7° para diferentes variedades de frutos de *C. arabica* maduros (cerejas), para uma faixa de teor de água de 2,33 a 0,124 (b.s.). A dependência do ângulo de repouso ao teor de água pode ser explicada ( $p$ -valor < 0,001) por meio de uma equação polinomial simples cujo coeficiente de determinação foi de 95%.



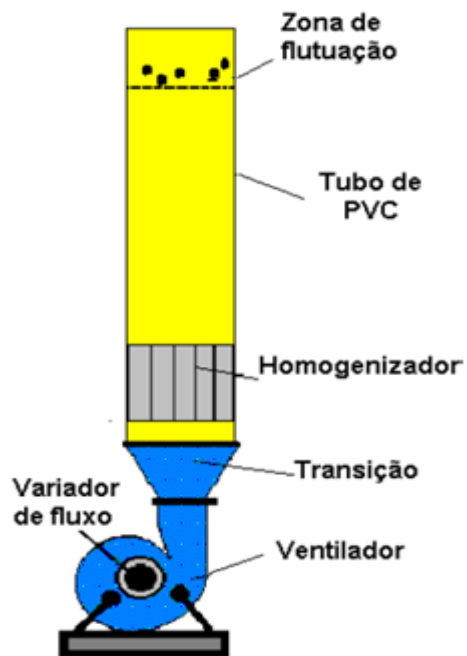
(\*\*) Significativo pelo teste "t",  $p$ -valor < 0,001

**Figura 11.** Valores observados e estimados do ângulo de repouso dos frutos de *C. canephora* em função do teor de água.

A diminuição do ângulo de repouso em relação à redução do teor de água é a tendência normalmente observada para a maioria dos produtos agrícolas, sendo a dependência linear entre essas variáveis também observada para sementes de coentro (COŞKUNER; KARABABA, 2007), sementes de moringa (AVIARA et al., 2013), sementes de pinhão-mansão (GARNAYAK et al., 2008) e para grãos de *C. arabica* e *C. canephora* em pergaminho (SILVA et al., 2003). O aumento do ângulo de repouso com o teor de água pode estar associado ao aumento da adesão entre as superfícies desses produtos, dificultando seu escoamento e, conseqüentemente, favorecendo a formação de maiores taludes durante sua acomodação natural.

### Propriedades aerodinâmicas

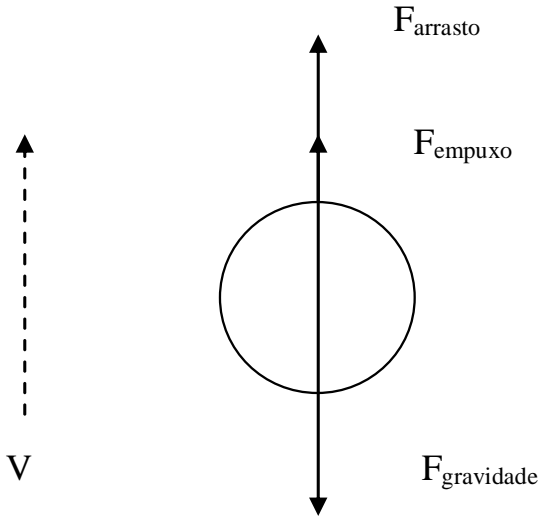
A velocidade terminal de um grão em uma máquina de separação ou de limpeza é atingida quando a força de arraste (o empuxo do ar) e o peso do grão se anulam. Na prática essa velocidade pode ser determinada experimentalmente quando o grão se encontra flutuando no ar a uma altura constante dentro de um tubo de acrílico conectado a um ventilador pela medição da velocidade de saída do ar (Figura 12). Para o café e a maioria dos produtos agrícolas a velocidade terminal decresce com a diminuição do seu teor de água.



**Figura 12.** Esquema do sistema utilizado para a determinação da velocidade terminal dos produtos agrícolas.  
Fonte: Corrêa; Sousa e Silva (2008).

Uma partícula em queda livre, em uma corrente de ar ascendente, está sujeita a

três tipos de forças: a força gravitacional, a força devido ao empuxo do ar e a força de resistência. Considerando a partícula: o peso atua para baixo, o empuxo para cima e a força de resistência para acima (MOHSENIN, 1986). A velocidade terminal será a velocidade constante da partícula, quando as forças citadas estiverem em equilíbrio (Figura 13).



**Figura 13.** Forças que atuam em uma partícula em movimento.

Desse modo ficaria:  $\text{Peso} - \text{Empuxo} = \text{Força de arraste}$

Segundo Fox et al. (2006), a força de arraste é dada por:

$$F_D = \frac{1}{2} C_D A_p \rho_f V^2 \quad (8)$$

Portanto:

$$m g - \rho_f g V_p = \frac{1}{2} C_D \rho_f A_p V^2 \quad (9)$$

E a velocidade terminal fica determinada por:

$$V_t = \left( \frac{2 m g (\rho_p - \rho_f)}{\rho_p \rho_f C_D A_p} \right)^{1/2} \quad (10)$$

Em que:

$V_t$  : Velocidade terminal da partícula,  $\text{m s}^{-1}$ .

$g$  : Aceleração da gravidade,  $\text{m s}^{-2}$ .

$m$  : Massa da partícula,  $\text{kg}$ .

$\rho_p$  : Massa específica da partícula,  $\text{kg m}^{-3}$ .

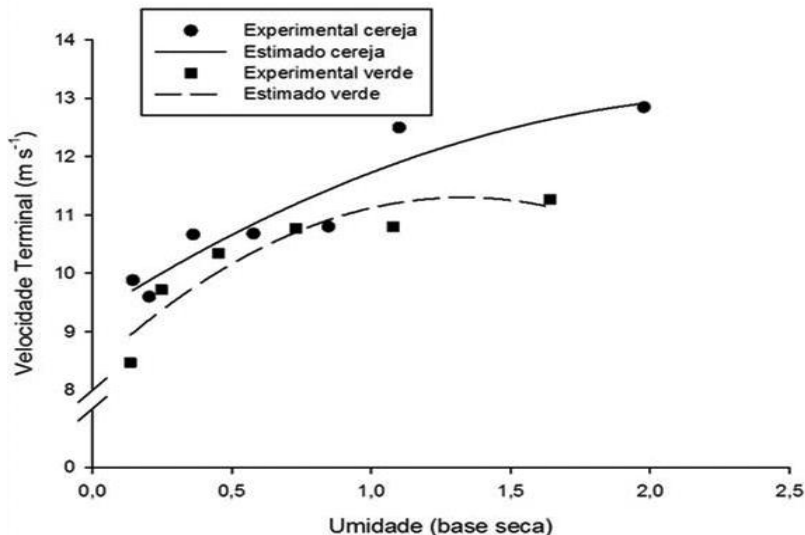
$\rho_f$  : Massa específica do fluido,  $\text{kg m}^{-3}$ .

$C_D$  : Coeficiente de arraste.

$A_p$  : Área da partícula,  $\text{m}^2$ .

Percebe-se que o coeficiente de arraste e a velocidade terminal estão ligados e não podem ser determinados individualmente somente por estas relações. O coeficiente de arraste é um adimensional aerodinâmico que depende da forma e do tamanho de uma partícula imersa em um fluxo de ar. Dois objetos com a mesma área se movendo à mesma velocidade experimentam uma força de arrasto proporcional ao seu coeficiente de arraste e coeficientes para objetos sólidos podem atingir valores bem maiores que para objetos ocos. A velocidade terminal e, conseqüentemente, o coeficiente de arraste de uma partícula são por demais influenciados pela sua forma, tamanho e orientação, pela viscosidade do meio e pelas densidades da partícula e do fluido. Para estimar a velocidade terminal de um grão é possível utilizar na Equação 10 os valores médios do coeficiente de arraste do produto obtidos experimentalmente.

Na Figura 14 apresenta-se o comportamento aerodinâmico de frutos de café canéfora cereja e verde para diferentes valores de umidade. Pode-se observar que, semelhante ao que acontece para a maioria dos grãos agrícolas, a velocidade terminal aumenta à medida que se aumenta o teor de água dos frutos. Também se observa que os valores de velocidade terminal são superiores para os frutos maduros, quando comparados aos verdes.



**Figura 14.** Valores experimentais e estimados de velocidade terminal de frutos de café canéfora em função do teor de água do produto.

## Considerações finais

A fim de minimizar os custos de produção para maior competitividade e melhoria da qualidade do produto processado, o conhecimento do comportamento das propriedades físicas e químicas dos frutos de café são os principais fatores a contribuir para o adequado desenvolvimento de equipamentos, processos e simulações que visem aperfeiçoar o sistema produtivo dessa cultura. Projetos de máquinas para o processamento, classificação e dimensionamento de outros equipamentos destinados à pós-colheita de produtos agrícolas requerem dados relativos às propriedades físicas, especialmente as propriedades geométricas. Informações a respeito do tamanho, volume, porosidade e massa específica, entre outras características físicas dos produtos agrícolas, são consideradas de

grande importância para estudos envolvendo transferência de calor e massa, e movimentação de ar em massas granulares. Juntamente com o teor de água, a massa específica, a porosidade e o volume são parâmetros utilizados para determinar as condições de secagem e armazenagem de produtos agrícolas e, conseqüentemente, possibilitar a predição de perdas de qualidade do material até o momento de sua comercialização.

## Referências

AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORREA, P. C.; PINTO, F. A. C.; SAMPAIO, C. P. Shrinkage evaluation of five different varieties of coffee berries during the drying process. **Biosystems Engineering**, Londres, v. 86, n. 4, p. 481-485, 2003.

AFONSO JÚNIOR, P. C. **Aspectos físicos, fisiológicos e da qualidade do café em função da secagem e do armazenamento**. 2001. 373 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

AGRAWAL, K. K.; CLARY, B. L.; SCHROEDER, E. W. Matematical models of peanut pod geometry. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, p. 30, 1972.

ALMEIDA, B. V. D. **Determinação das propriedades físicas de amêndoas de cacau**. 1979. 70 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ASTM D 792. **Standard test methods for density and specific gravity (relative density) of plastics by displacement**. Philadelphia: [ASTM], 1991.

AVIARA, N. A.; POWER, P. P.; ABBAS, T. Moisture-dependent physical properties of Moringa oleifera seed relevant in bulk handling and mechanical processing. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 42, p. 96-104, 2013.

BENEDETTI, B. C. **Influência do teor de umidade sobre propriedades físicas de vários grãos**. Campinas: Unicamp, 1987.

BORÉM, F. M.; MARQUES, E. R.; ALVES, E. Ultrastructural analysis of drying damage in parchment Arabica coffee endosperm cells. **Biosystems Engineering**, Londres, v. 99, p. 62-66, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru**. Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003. 11 p. Disponível em: < [http://www.abic.com.br/publique/media/CONS\\_leg\\_instnormativa08-03.pdf](http://www.abic.com.br/publique/media/CONS_leg_instnormativa08-03.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2012.

BRIDSON, D. M. Coffea. In: BRIDSON, D. M.; VERDCOURT, B. (Ed.). **Flora of Tropical East Africa: Rubiaceae 2**. Rotterdam: Balkema, 1988. p. 415-474.

BRIDSON, D. M. Additional notes on *Coffea* (Rubiaceae) from Tropical East Africa. **Kew Bulletin**, v. 49, p. 331-342, 1994.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: Springer, 1992. p. 450.

CANNELL, M. R. G. Physiology of the coffee crop. In: CLIFFORD, M. N.; WILSON, K. C. (Ed.). **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**. London: Croom Helm, 1985. p. 108-134.

CARVALHO, A.; FAZUOLI, L. C. Café. In: FURLANI, A. M. C.; VIEGAS, G. A. (Ed.). **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. p. 29-76.

CARVALHO, V. D. de; CHAGAS, S. J. de R.; CHALFOUN, S. M.; BOTREL, N.; JUSTE JÚNIOR, E. S. G. Relação entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 449-454, mar. 1994.

CHANDRASEKAR, V.; VISWANATHAN, R. Physical and thermal properties of coffee. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 73 (3), p. 227-234, 1999.

CHUNG, D. S.; CONVERSE, H. H. Effect of moisture content on some physical properties of grains. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 14, n. 3, p. 612-614, 1971.

CLARKE, R. J. Coffee: Green Coffee. In: CABALLERO, B.; TRUGO, L. C.; FINGLAS, P. (Ed.). **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**. London: Academic Press, 2003, vol. 3. p. 1486.

CLIFFORD, M. N. Chorogenic acids and other cinnamates nature, occurrence and dietary burden. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Londres, v. 79, p. 363-372, 1999.

CLIFFORD, M. N. **Coffee**: botany, Biochemistry and production of beans and beverage. New York: Elsevier Applied Science Publishers, 1985.

CONAB (Brasília). **Acompanhamento da safra brasileira de café. Segunda estimativa**: maio 2010. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2cafe\\_10.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2cafe_10.pdf). Acesso em 13 out. 2012.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; QUEIROZ, D. M.; SAMPAIO, C. P.; CARDOSO, J. B. Variação das dimensões características e da forma dos frutos de café durante o processo de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas Grande, v. 6, n. 3, p. 466-470, 2002.

CORRÊA, P. C.; SOUSA e SILVA, J. **Estrutura, Composição e Propriedades dos Grãos**. In: SOUSA e SILVA, J. (Ed.). Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. 2.ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. 560p. p. 19-36.

COSTA, L.; CHAGAS, S. J. R. Gourmets: uma alternativa para o mercado de café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, Qualidade do Café, p. 63-67, 1997.

COŞKUNER, Y.; KARABABA, E. Physical properties of coriander seeds (*Coriandrum sativum* L.). **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 80, n 2, p. 408 - 416, 2007.

COUTO, S. M.; MAGALHÃES, A. C.; QUEIROZ, D. M.; BASTOS, I. T. Massa específica aparente e real e porosidade de grãos de café em função do teor de umidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 61-68, 1999.

DE CASTRO, R. D.; MARRACINI, P. Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 18, n. 1, p. 175-199, 2006.

DEDECCA, D. M. Anatomia e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. *Typica* Cramer. **Bragantia**, Campinas, n. 16, p. 315-355, 1957.

DUARTE, S. M. S.; ABREU, C. M. P.; MENEZES, H. C.; SANTOS, M. H.; GOUVÊ, C. M. C. P. Effect of processing and roasting on the antioxidant activity of coffee brews. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p; 387-393, 2005.

ESKIN, N. A. M.; HERDERSON, H. M. Biochemistry of foods. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1990. p. 401-427.

FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; PINTO, N. A. V. D.; NERY, M. C.; PÁDUA, F. R. M. Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de cafés arábica (*Coffea arabica* L.) e canéfora (*Coffea canephora* Pierre) torrados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 27, n. 5, p. 1076-1081, 2003.

FIGUEIREDO, A. K.; BAÜMLER, E.; RICCOBENE, I. C.; NOLASCO, S. M. Moisture-dependent engineering properties of sunflower seeds with different structural characteristics. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 102, n. 1, p. 58-65, 2011.

FORTES, M.; OKOS, M. R. Changes physical properties of corn during drying. **Transaction of ASAE**, St. Joseph, v. 23, n. 4, p. 1004-1008, 1980.

FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; MENDONÇA, J. C. F.; SILVA, X. A. Physical and chemical attributes of defective crude and roasted coffee beans. **Food Chemistry**, v. 90 (1-2), p. 89-94, 2005.

GARNAYAK, D. K.; PRADHANA, R. C.; NAIKA, S. N.; BHATNAGARB, N. Moisture-dependent physical properties of jatropha seed (*Jatropha curcas* L.). **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 27, n. 1, p. 123-129, 2008.

GONELI, A. L. D. **Variação das propriedades físico-mecânicas e da qualidade da mamona (*Ricinus communis* L.) durante a secagem e o armazenamento**. 2008. 188 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; MAGALHÃES, F. E. A.; BAPTESTINI, F. M. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 1-8, 2011.

GUPTA, R. K.; DAS, S. K. Physical Properties of Sunflower seeds. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 66 (1), p. 1 - 8, 1997.



- JAYAS, D. S.; CENKOWSKI, S. Grain property values and their measurement. In: MUJUMDAR, A. (Ed.). **Handbook of Industrial Drying**. 3. ed. [Boca Raton]: CRC Press, 2006. doi: 10.1201/9781420017618.
- KALEEMULLAH, S.; GUNASEKAR, J. J. Moisture-dependent physical properties of arecanut kernels. **Biosystems Engineering**, Londres, v. 82, n. 3, p. 331-338, 2002.
- KY, C. L. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. **Food Chemistry: an international journal**, Essex, v. 75, p. 223-230, 2001.
- MAGALHÃES, A. C.; COUTO, S. M.; QUEIROZ, D. M.; ANDRADE, E. T. Dimensões principais, massa e volume unitários, esfericidade e ângulo de repouso de frutos de café. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 39-56, 2000.
- MAIER, H.G. Les acides du café. *Café Cacao Thé*, Paris, v. 31, n. 1, p. 49-57, 1987.
- McMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Physical characteristics of dehydrated potatoes – part I. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 33, n. 1-2, p. 37-48, 1997.
- MEDINA FILHO, H. P.; CARVALHO, A.; SONDAHL, M. R.; FAZUOLI, L. C.; COSTA, W. M. Coffee breeding and related evolutionary aspects. In: JANICK, J. (Ed.). **Plant Breeding Reviews**. Westport: AVI Publishing, 1984, v. 2. p. 157-193.
- MEIJA, G. R.; TASCÓN, C. E. O.; URIBE, J. R. S.; GALLO, J. Y. **Beneficio ecológico del café**. Chinchiná-Colômbia: Cenicafé, 1999. 300p.
- MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Publishers, 1986. p. 841.
- MONTAVON, P.; DURUZ, E.; RUMO, G.; PRATZ, G. Evolution of Green Coffee Protein Profiles with Maturation and Relationship to Coffee Cup Quality. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, v. 51, n. 8, p. 2328-2334, 2003.
- MOREIRA, S. M.; CHAVES, M.; OLIVEIRA, L. Comparação da eficiência de líquidos na determinação da massa específica aparente de grãos agrícolas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 9, n. 1, p. 22-24, 1985.
- MOUSTAFA, S. M. A. Theoretical prediction of volume, surface area, and center of gravity for agricultural products. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 12, n. 3, p. 549-552, 1969.
- MURKOVIC, M.; DERLER, K. Analysis of amino acids and carbohydrates in green coffee. **Journal of Biochemical and Biophysical Methods**, Netherlands, V. 69, n. 1-2, p. 25-32, mar. 2006.
- OLIVEIRA, G. H. H.; CORRÊA, P. C.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; CAMPOS, S. C. Modeling of the shrinkage kinetics of coffee berries during drying. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 423-428, 2011.
- ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL CAFÉ. El despulpado del café por medio de desmucilaginas mecánicas sin proceso de fermentación y su efecto en la calidad de bebida de café producido en la región de Apucarana en el Estado del Paraná en Brasil. Londres: [s.n.], 1992. (Reporte de Evaluación Sensorial).
- PABIS, S.; JAYAS, D. S.; CENKOWSKI, S. **Grain drying: theory and practice**. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1998. p.303.
- PIMENTA, C. J.; CHAGAS, S. J. R.; COSTA, L. Polifenoloxidase, lixiviação de potássio e qualidade de bebida do café colhido em quatro estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 171-177, fev. 1997.
- PINTO, N. A. V. D.; FERNANDES, S. M.; PIRES, T. C.; PEREIRA, R. G. F. A.; CARVALHO, V. D. Avaliação dos poli fenóis e açúcares em padrões de bebida do café torrado tipo expresso. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7 n. 3, p. 193-195, set-dez, 2001.
- PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudado de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. 1992. 125 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queirós”, Piracicaba.
- RIBEIRO, R. C. M. S.; BORÉM, F. M.; CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O. Porosidade e massa específica de cinco variedades de café cereja descascado. SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. Anais... Brasília, DF: Embrapa Café, 2002. 4 v. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, Especial Café, n. 3, p. 54-61, 2001.



- RUFFATO, S.; CORRÊA, P. C.; MARTINS, J. H.; MANTOVANI, B. H. M.; SILVA, J. N. Influência do processo de secagem sobre a massa específica aparente, massa específica unitária e porosidade de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 45-48, 1999.
- SALAZAR, G. M. R.; RIAÑO, H. N. M.; ARCILA, P. J.; PONCED, C. A. Estudio morfológico, anatómico y ultraestructural del fruto de café *Coffea arabica* L. **Cenicafe**, Colômbia, v. 45, n. 3, p. 93-105, 1994.
- SALVA, T. J. G.; LIMA, V. B. A composição química do café e as características da bebida e do grão. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 57-59, 2007.
- SILVA, R. F. **Qualidade do café cereja descascado produzido na região Sul de Minas Gerais**. 2003. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Determination of the volumetric shrinkage in *Jatropha* seeds during drying. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 3, p. 231-238, 2012a.
- SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H.; SOARES, F. A. L. Forma e tamanho dos frutos de pinhão-manso durante a secagem em cinco condições de ar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n. 8, p. 864-870, 2012b.
- SOARES, N. F. F. **Análise experimental do método de sonda para medição de condutividade térmica de grãos**: aplicação para milho (*Zea mays* L.). 1988. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- SOUSA e SILVA, J.; MORELI, A. P.; SOARES, S. F.; DONZELES, S. M. L.; VITOR, D. G. **Produção de Café Cereja Descascado – Equipamentos e Custo de Processamento**. Brasília: Embrapa, 2013.16 p. (Comunicado Técnico, nº 4).
- THEODORO, V. C. de A.; MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J. Resposta de lavouras cafeeiras em transição agroecológica a diferentes manejos de solo. **Coffee Science**, Lavras, MG, v. 4, n. 1, p. 56-66, 2009.
- VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. **Botânica organografia**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 1995. 114 p.
- ZAREIFOROUGH, H.; KOMARIZADEH, M.H.; ALIZADEH, M.R. Effect of moisture content on some physical properties of paddy grains. **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology**, Taiwan, v. 1, n. 3, p. 132-139, 2009.
- ZULUAGA, V. J. **Chemical Properties of coffee**. [S.l.: s.n.], 1999, v. 2.

## Capítulo 19

---

# **Café canéfora: em busca de qualidade e reconhecimento**

*Arthur Santos Fiorott  
Gustavo Martins Sturm*





## Introdução

**R**ecentemente, o café canéfora (*Coffea canephora* Pierre x Froeher) completou 100 anos de introdução no Brasil. No Estado de Rondônia teve sua introdução na década de 1970, por meio de sementes trazidas pelos produtores que imigraram das regiões sul e sudeste do país.

No início, foram implantadas lavouras de cafeeiros arábica (*C. arabica* L.), mas estas foram aos poucos sendo substituídas pelos cafeeiros *C. canephora* dos grupos 'Conilon' e 'Robusta' que apresentavam maior rusticidade e melhor adaptação às condições climáticas locais.

No decorrer desse período, o café canéfora foi discriminado e sempre desvalorizado, sendo rotulado como uma bebida neutra, sem sabor e destinado somente para a fabricação do café solúvel. Entretanto, tem-se mostrado cada vez mais imponente e com nuances que surpreendem e agradam diversos especialistas e consumidores em todos os continentes.

A produção de café canéfora tem apresentado cada vez mais importância nos fatores econômicos e sociais. Deste modo, é essencial que o governo, entidades parceiras do setor e produtores promovam ações que visem agregação de valor ao produto final, investindo na melhoria da qualidade e buscando garantir cada vez mais lugar no mercado.

Os consumidores estão cada vez mais exigentes com relação à qualidade dos produtos de origem agropecuária. Na cadeia do café, isso é confirmado pela demanda crescente de cafés de qualidade, que aumenta a taxas muito superiores aos produtos *commodities*. O café canéfora entra no cenário mundial de cafés de qualidade seguindo uma tendência do comportamento do consumidor.

## Café canéfora: em busca de qualidade e reconhecimento

O termo qualidade do café pode ser definido como um conjunto de atributos químicos, físicos, sensoriais e de segurança que atendam os gostos dos diversos tipos de consumidores (BRASIL, 2003; SIMÕES et al., 2008). Dentre os vários fatores relacionados a esta qualidade, os principais são os genéticos (espécies, variedades e linhagens), os ecológicos (condições ambientais de cultivo) e o processamento (colheita, preparo, secagem e armazenamento) ao qual é submetido (TEIXEIRA; TEIXEIRA, 2001).

A escolha do material genético, que pode ser clonal ou propagado por semente, é uma das mais importantes tecnologias para o sucesso da atividade, tanto no ponto de vista quantitativo quanto qualitativo. As variedades clonais são formadas pelo agrupamento de genótipos superiores e compatíveis entre si. Para formação destas variedades são selecionados genótipos com base em características agronômicas, dentre as quais se destacam o ciclo de maturação dos frutos e a qualidade de bebida. No plantio de variedades clonais, os genótipos são plantados individualmente no sistema denominado 'clone em linha', em que cada clone (genótipo) é plantado em uma linha de plantio. Esta técnica permite a padronização da maturação dos frutos uma vez que as plantas de uma

mesma linha são geneticamente idênticas e, por isso, atingem a maturação no mesmo período. O plantio em linha também permite uniformizar o tamanho e formato dos frutos proporcionando menor perda de qualidade durante o beneficiamento.

Nas principais regiões brasileiras produtoras de cafés canéfora existem variedades clonais registradas ou conjunto de genótipos, não registrados, mas comerciais (selecionados por viveiristas particulares). Muitos destes materiais ainda necessitam ser explorados com o objetivo de identificar não apenas características agrônômicas satisfatórias, mas também particularidades que atendam ao padrão das indústrias. Desta forma, o café continuará abrindo mercados e conquistando o paladar exigente dos consumidores.

Outro fator que merece atenção com relação à qualidade são os cafés provenientes de cultivos consorciados, que normalmente apresentam atributos sensoriais que se destacam durante a degustação. Os exemplos mais frequentes de consórcios do café canéfora com espécies frutíferas ou florestais são a grevilha, seringueira, cedro australiano, teca, bandararra, pinho cuiabano, macadâmia, coqueiro, bananeira, pupunha e mamoeiro.

O objetivo do cultivo consorciado na cafeicultura é amenizar situações climáticas adversas. Contudo, este modo de cultivo favorece a uniformidade de maturação dos frutos, além de retardar tal período, permanecendo o fruto por mais tempo no estágio cereja, o que contribui para a qualidade do produto (MATIELLO et al., 1989).

Com relação ao processamento do café, Pimenta e Vilela (2002) relatam que os frutos colhidos fora do estágio ideal de maturação têm potencial para apresentar defeitos pretos, verdes e ardidos, que comprometem a classificação por tipo e a qualidade sensorial. Mesmo assim, muitos produtores iniciam a colheita com grande quantidade de frutos verdes nas plantas, pois, têm receio de não conseguir colher todo o café, por causa da escassez de mão de obra em algumas regiões produtoras.

Foi pensando nesse aspecto que algumas empresas começaram a trabalhar no desenvolvimento, junto aos produtores e instituições de pesquisa, de máquinas para colheita semimecanizada de café canéfora. A adoção desta tecnologia pode aprimorar o processo de produção do café, por proporcionar maior agilidade, possibilitando o adiamento da colheita e a colheita dos frutos no estágio ideal de maturação, o que implicaria em melhor qualidade do produto final e redução de perdas, aumentando o lucro do cafeicultor. Esta técnica ainda está em fase experimental, mas, já apresenta resultados promissores.

Os procedimentos pós-colheita devem ser iniciados imediatamente após a colheita dos frutos. O café pode ser preparado de duas vias: seca e úmida. Na via seca, o fruto é seco de forma integral (com casca e mucilagem), sem separar os frutos verdes dos cerejas, dando origem ao café denominado coco, de terreiro ou natural. Na via úmida, origina-se o café desmucilado, despulpado e cereja descascado (SILVA, 1999). A produção predominante no Brasil é de café natural.

Vale ressaltar que nos dois modos de preparo é possível se obter cafés com qualidade superior de bebida. Porém, entre os vários atributos sensoriais que são avaliados, como acidez, doçura, fragrância, aroma e corpo, alguns apresentam maior intensidade no modo de preparo via seca, já outros no via úmida.

Depois de seco, com no máximo 12% de umidade, o café deve ser armazenado em sacos de juta ou à granel, em locais apropriados, para não sofrer alterações nos atributos sensoriais, que definem a qualidade do produto final.

Para a comercialização de café canéfora no Brasil são utilizados critérios baseados em uma série de avaliações do produto, com o objetivo de estabelecer sua classificação. Atualmente a classificação quanto ao tipo, que é feita para identificar e quantificar os defeitos no café, como grãos alterados (preto, verde e ardido) e impurezas, como pedras, paus e cascas, é a mais usual. Porém, nos últimos anos a análise sensorial tem apresentado importância significativa.

A análise sensorial do café canéfora é um fator essencial na classificação dos cafés quanto a sua qualidade. A busca constante por qualidade, que vem ocorrendo nos últimos anos, está proporcionando uma mudança, que é lenta, porém gradual, em que muitos produtores já estão sendo beneficiados pela agregação no valor da saca de café de melhor qualidade, com base na análise sensorial. Deste modo, devemos observar os sinais do mercado para capturar as oportunidades que surgirão.

## **Protocolo de Degustação de Robustas Finos**

O mercado sempre teve uma grande dificuldade em definir o que é um café canéfora de qualidade e qual seria o padrão que o mercado de cafés especiais exigia para os cafés desta espécie. Diante disso, foi introduzido no Brasil um Protocolo de Degustação de Robusta/Conilon Finos, usado mundialmente, o que facilita a negociação de cafés e aumenta a fonte de fornecimento desses cafés de forma estruturada e transparente.

O Protocolo de Degustação de Robustas Finos foi lançado, pela Organização Internacional do Café (OIC) em setembro de 2010. Embora tenha recebido a denominação relacionada a cafés do grupo 'Robusta', este protocolo foi desenvolvido para avaliação de cafés dos grupos 'Conilon' e 'Robusta', neste livro generalizados como canéfora. Com o referido protocolo pode-se avaliar a qualidade de bebida do café canéfora, analisando vários atributos sensoriais. Esse protocolo foi um trabalho realizado pelo Coffee Quality Institute (CQI) com a colaboração de diversos profissionais do setor cafeeiro mundial (EQUIPE CONILON BRASIL, 2011).

O Protocolo de Degustação de Robustas Finos contém um formulário que oferece um meio sistemático para registrar 10 importantes atributos de sabor do café canéfora: fragrância/aroma; sabor; retrogosto; relação salinidade/acidez; relação amargor/doçura; sensação na boca; equilíbrio; uniformidade; limpeza e conjunto. Defeitos, tanto leves quanto graves, também podem ser objetos de registro no formulário. Os atributos de sabor específicos levam a pontuações positivas da qualidade, refletindo o julgamento do degustador; os defeitos levam a pontuações negativas, denotando sensações desagradáveis de sabor. O conjunto se baseia na experiência de sabor de cada degustador, como avaliação pessoal.

O resultado final é calculado primeiro pela soma das pontuações de cada atributo primário no campo "Total de Pontos". O valor correspondente aos defeitos é, então, subtraído do "Total de Pontos" para se obter um "Resultado Final". A seguinte Chave dos Resultados tem se mostrado uma maneira significativa de descrever a série de

qualidades do café para o Resultado Final, com pontuações superiores a 80 correspondendo aos “Robustas Finos” (Tabela 1).

**Tabela 1.** Chave de resultados para descrever a qualidade do café.

Pontuação total	Descrição de qualidade	Classificação
90 - 100	Excepcional	Muito fino
80 - 90	Fino	Fino
70 - 80	Muito bom	Prêmio
60 - 70	Bom	Boa qualidade usual
50 - 60	Médio	Boa qualidade usual
40 - 50	Razoável	Comercial
< 40		Comercializável
< 30		Abaixo da mínima
< 20		Não classificável
< 10		Escolha

Fonte: adaptado de Equipe Conilon Brasil (2011).

Com o constante aumento da demanda mundial por cafés de qualidade superior, pesquisadores brasileiros estão procurando desenvolver variedades, que contenham atributos de qualidade global, como: fragrância, aroma, doçura, amargor, acidez, corpo, sabor, dentre outros atributos sensoriais, favoráveis para a obtenção de uma bebida de qualidade (CAFÉ CLUBE, 2009).

Recentemente, os degustadores (R Graders) da Conilon Brasil, provaram diversas amostras provenientes de lavouras do Estado de Rondônia, utilizando para avaliação a escala de qualidade do Protocolo de Degustação de Robustas finos. Um fator que chamou a atenção dos profissionais foi com relação à riqueza de sabores dos cafés analisados, sendo que alguns foram classificados como cafés finos.

Isso ocorre em virtude da grande variabilidade genética desta espécie, além de outros fatores, como nutrição, clima, a forma de preparo e de cultivo, influenciando diretamente no sabor, acidez, doçura, aroma, dentre outras características da bebida. Portanto, já que existe esta diversidade é importante a busca por materiais produtivos e com qualidade de bebida, assim como mais pesquisas com o intuito de desvendar os fatores que mais contribuem para a melhoria da bebida do café canéfora.

## Considerações finais

Uma nova realidade de mercado está se inserindo na cadeia do café canéfora e, assim como existem muitos desafios na busca e no reconhecimento da qualidade, existem também muitos potenciais.

Para que o produto final atinja qualidade satisfatória é fundamental a adoção de boas práticas agrícolas, do plantio à colheita, bem como, de pós-colheita. Além das práticas culturais, o mercado tende a valorizar cada vez mais os fatores ambientais e sociais envolvidos na produção desses cafés. Assim, vislumbra-se a inserção dos cafés de qualidade em mercados de 'comércio justo' onde todos os agentes sejam conhecedores do valor do produto que estão vendendo ou adquirindo.



## Referências

- BRASIL. Instrução Normativa nº 8, de 11 de Junho de 2003. Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, Seção 1, p. 22-29, 13 jun. 2003.
- CAFÉ CLUBE. **Nova safra dos cafés do Brasil**. Disponível em: <<http://www.cafeclube.com.br/novasSafra.php>>. Acesso em: 14 mar. 2009.
- EQUIPE CONILON BRASIL. Novo protocolo de degustação de robustas é testado: Cafés capixabas obtiveram resultados animadores. **Revista Conilon Brasil**, Vitória-ES, v.2, n.8, p. 10-11, 2011.
- MATIELLO, J. B.; FERNANDES, D. R. Observação sobre arborização de cafezais em regiões de chapada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 15., 1989, Maringá. **Anais...** Maringá: MAA/PROCAFE, 1989. p. 238-239.
- PIMENTA, C. J.; VILELLA, E. R. Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) colhido em sete épocas diferentes na região de Lavras/MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, Edição Especial, p. 1481-1491, dez. 2002.
- SILVA, J. S. Colheita, secagem e armazenamento do café. In: ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE CAFÉ COM QUALIDADE, 1999, Viçosa, MG. **Livro de palestras**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p.39-80.
- SIMÕES, R. O.; FARONI, L. R. A.; QUEIROZ, D. M. Qualidade dos grãos de café (*Coffea arabica* L.) em coco processados por via seca. **Caatinga**, Mossoro, v.21, n.2, p.139-146, 2008.
- TEIXEIRA, A. A.; TEIXEIRA, A. R. R. **Cuidados na colheita, secagem e armazenamento**. In: SEMINÁRIO SOBRE A QUALIDADE DOS CAFÉS DESCASCADOS, 2001, Venda Nova do Imigrante, ES. **Palestras...** Venda Nova do Imigrante, ES: Universidade Illy do Café, 2001. p. 1-5.



Capítulo 20

---

# **Sistemas agroflorestais com cafeeiro**

*Vanda Gorete Souza Rodrigues  
Rogério Sebastião Corrêa da Costa  
Francisco das Chagas Leônidas  
Angelo Mansur Mendes*





## Introdução

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são formas de uso e manejo dos recursos naturais, com a associação de espécies lenhosas (árvores, arbustos e palmeiras) com cultivos agrícolas ou animais (ALMEIDA et al., 1995). A utilização de tais sistemas tem por base se aproximar da estrutura e dinâmica de uma vegetação natural, otimizando os efeitos benéficos das interações que ocorrem entre os componentes arbóreos e as culturas e ou animais, a fim de obter maior diversidade de produtos, diminuir a necessidade de insumos externos e reduzir os impactos ambientais (NAIR, 1993).

Os sistemas agroflorestais recuperam a cobertura vegetal e a biodiversidade, restabelecendo funções ecológicas como a ciclagem de nutrientes e a proteção do solo. A presença das árvores no sistema incrementa a entrada de matéria orgânica que beneficia as características físicas, químicas e biológicas do solo, conduzindo o sistema para uma situação mais sustentável. O aumento da diversidade vegetal contribui para maior diversidade da comunidade microbiológica e da fauna do solo que atuam como agentes de controle biológico e condicionadores de solo (YOUNG, 1994).

As árvores podem aumentar os teores de nutrientes no solo, explorando as reservas minerais mais profundas, recuperando os nutrientes lixiviados e depositando-os na superfície como serapilheira. Outro aspecto importante é a capacidade de árvores e arbustos presentes nos SAFs se associarem com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos, o que aumenta o aporte de nitrogênio no sistema e o nível de exploração de nutrientes disponíveis no solo pelas raízes das plantas, respectivamente (VAZ, 2001; ALTIERI, 2002; ASSIS JUNIOR et al., 2003; COSTA, 2010).

Apesar de a técnica agroflorestal ser antiga, a atenção científica para essa forma de uso da terra é recente. Os sistemas agroflorestais têm dificuldades de inserção bem-sucedida nos agroecossistemas e cadeias produtivas locais, por diferirem das outras formas de uso agropecuário ou florestal bem mais estudadas e dominadas.

Atualmente o mundo se preocupa com a sustentabilidade e preconiza os sistemas agroflorestais como alternativa viável para atingir o desenvolvimento sustentável. Desta forma, os SAFs passaram a fazer parte de diretrizes centrais de desenvolvimento rural sustentável pelo potencial de serem implantados em diversos tipos de solo, inclusive em áreas degradadas, reincorporando-as ao processo produtivo e minimizando, assim, o desmatamento sobre florestas primárias. É uma opção estratégica para pequenos produtores pelo maior rendimento líquido por unidade de área em comparação com sistemas convencionais de produção, pela interferência na demanda de insumos e por fornecerem inúmeros serviços socioambientais. Esses serviços podem ser valorados, e convertidos em créditos ambientais, propiciando agregação de valor à propriedade agrícola (GANDARA; KAGEYAMA, 2000).

O Estado de Rondônia se caracteriza por uma agricultura de base familiar, e, em alguns municípios, predominantemente dependente do cultivo do café. Em geral, os agricultores ficam a mercê da cotação do café que em situações de baixos preços vivenciam sérios transtornos socioeconômicos. Assim, os cultivos são manejados de acordo com esta instabilidade, provocando períodos de maior dedicação à cafeicultura, alternados com períodos de menor dedicação. Em alternativa a esta dependência, a agricultura familiar associada aos SAFs é uma opção nas propriedades com cafezais e um indicativo de redesenho do sistema de produção em busca da sustentabilidade. O consórcio de árvore



com cafeeiro é uma prática comum em países de regiões tropicais. Para os pequenos produtores de Rondônia, a inclusão de árvores nas lavouras cafeeiras se constitui em alternativa para promover a sustentabilidade do sistema agrícola, favorecendo interações ecológicas e econômicas entre os componentes.

Apesar de algumas experiências de associação de café com árvores terem sinalizado para a redução de produtividade de grãos, por causa das diferentes formas de competição e, possivelmente, outros fatores como alelopatia, esta não é uma situação generalizada. A sombra pode beneficiar o sistema quando há limitações ambientais e socioeconômicas, caso típico que ocorre na maior parte das zonas cafeeiras da Amazônia Ocidental. Exemplos dessas limitações ambientais podem ser os solos de baixa fertilidade natural, clima quente e úmido e uma estação seca bem definida (MUSCHLER, 2001; ARCHANJO, 2007).

## Experiência de agricultores familiares com arborização de lavouras de café

Em Rondônia, os sistemas de arborização do café são datados no início dos anos 1970, época em que eram plantadas espécies como seringueira (*Hevea brasiliensis*), cedro (*Cedrela odorata*), freijó-louro (*Cordia alliodora*), bandarra (*Schizolobium amazonicum*), teca (*Tectona grandis*) e fruteiras regionais, tais como cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), guaraná (*Paullinia cupana*) e pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), porém sem o enfoque sustentável atual. O objetivo principal era a exploração da madeira e frutas, o que deixava o cafeeiro em segundo plano.

Na década de 1990 a Embrapa Rondônia iniciou pesquisas envolvendo o monitoramento de propriedades com cafeeiro arborizado na região central do Estado com o objetivo de avaliar aspectos do uso e da decisão dos cafeicultores em associar árvores em suas lavouras de café (*Coffea canephora*). Verificou-se que aproximadamente 20.000 ha das lavouras possuíam árvores em seu interior (Figura 1). Entretanto, devido ao conhecimento limitado sobre estratégias de manejo e sobre o desenvolvimento e crescimento das espécies, as associações café-árvore apresentam combinações, muitas vezes, sem critérios técnicos.

Os consórcios foram geralmente implantados em espaçamentos recomendados para o cafeeiro na época, 4,0 m x 2,0 m e a inclusão das árvores em espaçamentos variados. Aliado a isso, verificou-se, em estudo realizado na região central do Estado, onde foram analisados sistemas com café arborizado, com idades entre 5 e 20 anos, em 25 propriedades, que apenas 16% dos produtores, receberam capacitação da extensão rural sobre manejo de sistemas agroflorestais (RODRIGUES et al., 2001).



Foto: Vanda Gorete Souza Rodrigues

**Figura 1.** Sistema agroflorestal no Município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia.

No mesmo estudo, observou-se que, os agricultores não levaram em consideração na implantação dos sistemas agroflorestais, o tipo de raiz, a forma da copa e o tamanho da árvore e que o objetivo era produzir madeira para o mercado, pois a madeira é mais rentável, sendo o café uma complementação da renda familiar. Além disso, verificou-se uma variabilidade de espécies florestais entre os sistemas de café arborizado e que a decisão sobre associar árvores nas lavouras de café, pesa mais sobre os fatores socioeconômicos que os biofísicos. As observações demonstraram que os cafezais consorciados foram implantados, geralmente, com freijó-louro, bandarria, seringueira, pinho-cuiabano, pupunha entre outras (Tabela 1), nos seguintes espaçamentos: 8 m x 8 m, 10 m x 10 m, 12 m x 12 m.

**Tabela 1.** Espécies em lavouras de café nos municípios de Ouro Preto do Oeste e Machadinho d'Oeste, Rondônia. 2010.

Nome Local	Nome Científico
Bandarra	<i>Schizolobium amazonicum</i>
Freijó-louro	<i>Cordia alliodora</i>
Mogno	<i>Swietenia macrophylla</i>
Seringueira	<i>Hevea brasiliensis</i>
Banana	<i>Musa sp.</i>
Pinho-cuiabano	<i>Parkia multijuga</i>
Ingá	<i>Inga sp.</i>
Pupunha	<i>Bactris gasipaes</i>
Teca	<i>Tectona grandis</i>
Para-para	<i>Jacaranda copaia</i>
Castanha-do-brasil	<i>Bertholetia excelsa</i>
Coco	<i>Cocos nucifera</i>
Cacau	<i>Theobroma cacao</i>

Os sistemas agroflorestais de cafeeiros com seringueiras eram os mais antigos, com 20 anos, em média. Eram sistemas tradicionais, orientados pelos órgãos de extensão e difusão, onde a seringueira foi plantada em espaçamento de 4 m x 3 m, em linhas duplas distanciadas uma da outra 20 m; o café com 2 a 4 linhas entre as linhas de seringueiras a 4 m x 2 m. O consórcio café x bandarria é o sistema agroflorestal mais utilizado atualmente pelos agricultores, pela facilidade do estabelecimento e o rápido crescimento da espécie e, principalmente, em virtude da demanda das indústrias de compensados por madeira leve (Figura 2).

Em pesquisa sobre a agricultura na zona da mata de Rondônia, Miranda e Dorado (1998) detectaram estratégias produtivas diferenciadas que convergiam para sistemas e estruturas de produção bem características: umas de produção de monocultivo, outras marcadas pela produção animal e outras de caráter agroflorestal. Para os autores, a diferenciação e adequação progressiva dos sistemas e

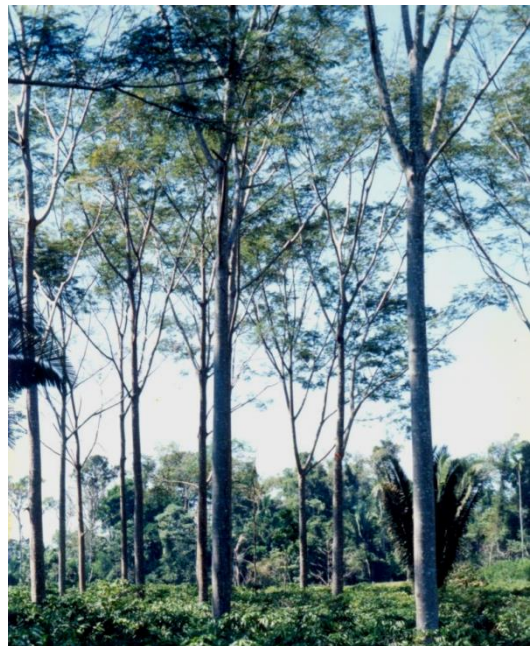


Foto: Yanda Gorete Souza Rodrigues

**Figura 2.** Sistema agroflorestal café x bandarria em Machadinho d'Oeste, Rondônia.

estruturas de produção às condições ambientais, como os sistemas agroflorestais, aconteceram, sem a incorporação de tecnologias agrícolas modernas. E isso ocorreu pela inadequação das tecnologias oferecidas às condições socioeconômicas e ambientais da região. Os autores verificaram também que, naquela época, nas lavouras em monocultivo, o tipo de poda mais utilizado era a recepa total do cafeeiro, sendo realizada, em média, de sete em sete anos. Já nos sistemas consorciados o manejo adotado era a poda de limpeza, sendo a recepa realizada no momento da retirada das árvores, que ocorria entre 15 e 20 anos (Figura 3). Atualmente, tanto em monocultivos quanto em sistemas agroflorestais, os sistemas de podas têm sido aprimorados, passando pelo sistema de poda tradicional e recepa parcial e com ciclos menores, a cada três ou quatro safras.



Foto: Marcelo Curitiba Espindula

**Figura 3.** Sistema agroflorestal em São Miguel do Guaporé, Rondônia, conduzido com poda tradicional segundo recomendações técnicas. Média de 30 sacas ha<sup>-1</sup>.

Segundo Da Matta e Rodriguez (2007), as principais limitações para o estabelecimento de espécies florestais em lavouras cafeeiras, citadas por produtores, são: falta de informação sobre crescimento, densidade de plantio e espaçamentos adequados para árvores associadas com café; falta de semente e seu manejo (muitas espécies perdem o poder germinativo rapidamente), conhecimento limitado sobre estratégia de manejo e sobre o desenvolvimento e crescimento das espécies florestais. Os produtores são geralmente descapitalizados, utilizam exclusivamente mão de obra familiar e conduzem os sistemas consorciados com baixo nível tecnológico, o que compromete a realização de alguns procedimentos básicos para o bom desenvolvimento dos cafeeiros. Quanto ao controle fitossanitário, a preocupação dos agricultores é em relação ao ataque da broca do café, que tem sido a responsável pela maior causa de perda da qualidade e da renda do produto.

## **Algumas avaliações biofísicas e ambientais dos sistemas agroflorestais com cafeeiro em Rondônia**

Durante 10 anos, foi monitorada uma lavoura de café 'Conilon' (*C. canephora*) em sistema agroflorestal e monocultivo, no Município de Machadinho d'Oeste, latitude de 9°19' 1" S e



longitude de 61°47' W, em área plana a suavemente ondulada e em um solo classificado como Latossolo Amarelo aluminoso. As espécies florestais presentes no sistema eram: bandarria (*S. amazonicum*); cedro-australiano (*Toona ciliata*, var. *australis*); teca (*T. grandis*) e pinho-cuiabano (*P. multijuga*). O espaçamento no sistema em monocultivo foi de 4 m x 2 m e no sistema consorciado para as espécies florestais foi de 8 m x 8 m e para o café foi de 4 m x 2 m.

## Comportamento das espécies florestais

Aos 12 meses de idade observou-se que a taxa de sobrevivência das espécies foi superior a 80% para bandarria, pinho cuiabano e teca e 60% para o cedro-australiano. A taxa de sobrevivência do café foi de 90% (Tabela 2).

**Tabela 2.** Sobrevivência de quatro espécies florestais estabelecidas em consórcio com caféiros canéfora aos 12 meses de idade em Machadinho d'Oeste, Rondônia, 2001.

Espécies florestais e café	Sobrevivência aos 12 meses de idade (%)
Bandarra	90
Cedro-australiano	60
Teca	80
Pinho-cuiabano	80
Caféiro	90

Aos 12 meses, a maior altura foi determinada em bandarria (2,45 m), espécie que se caracteriza por apresentar rápido crescimento. A teca teve comportamento semelhante ao crescimento observado em diferentes regiões do Brasil (2,07 m) (Tabela 3). Uma característica positiva da teca em sistemas de arborização de lavoura de café, em fase de estabelecimento, é a área de projeção da copa (APC) reduzida. As espécies pinho-cuiabano e o cedro-australiano tiveram comportamentos semelhantes ao relatado na literatura.

O diâmetro basal (DB) apresentou diferença entre as espécies, determinando-se correlação positiva entre DB e o diâmetro a altura do peito (DAP) ( $r=0,73$ ) e entre o DB e a altura ( $0,81$ ). Os maiores valores de DB foram teca e bandarria, com, 9,5 cm e 9,4 cm, respectivamente. O DAP mostrou ser diferente entre espécies existindo uma correlação significativa ( $p<0,0001$ ) e positiva ( $r=0,81$ ) entre DAP e altura. As espécies que apresentaram maiores valores de DAP foram teca e bandarria (Tabela 3).

**Tabela 3.** Diâmetro a altura do peito (DAP), diâmetro basal (DB) e altura de quatro espécies florestais consorciadas com caféiros canéfora aos 12 meses de idade em Machadinho d'Oeste, Rondônia, 2001.

Espécies florestais	DAP (cm)	DB (cm)	Altura (m)
Bandarra	4,8a	9,5 a	2,45 a
Cedro-australiano	3,4c	6,3 c	1,70 c
Teca	5,2a	9,4 a	2,08 b
Pinho-cuiabano	4,1b	8,3 b	2,10 b
<b>CV%</b>	<b>12</b>	<b>10,5</b>	<b>12,2</b>

As pragas observadas foram mais abundantes durante o período seco. A exceção de formigas do gênero *Atta* presentes na área do experimento, não verificou-se efeito negativo na sobrevivência e crescimento das árvores por ataque de pragas e microrganismos causadores de enfermidades.

Nas condições em que se realizaram os tratamentos deste experimento pode-se concluir que as condições edafoclimáticas da região são favoráveis ao estabelecimento de espécies florestais em consócio com café canéfora.

## Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro em lavoura arborizada e em sistema a pleno sol

No cafeeiro arborizado e a pleno sol, após sete anos de implantação, foi avaliada a altura das plantas, os diâmetros da copa e do caule à meia altura da planta, número de ramos produtivos (plagiotrópico) e de nós por ramo (Tabela 4).

**Tabela 4.** Comprimento de ramo, diâmetro da copa, diâmetro de caule e altura em café em monocultivo e consorciado com espécies florestais. Machadinho d'Oeste, Rondônia. 2007.

Desenvolvimento vegetativo do café					
Sistemas de cultivo	Comprimento de ramo (cm)	Número de nós/ramo	Diâmetro da copa (m)	Diâmetro do caule (cm)	Altura da planta (m)
Café a pleno sol	52,72b	11a	1,83a	3,1 <sup>a</sup>	2,1a
Café x bandarra	75,45a	12a	1,57a	2,9 <sup>a</sup>	2,5a
Café x teca	74,76a	12a	1,48a	3,2a	2,3a
Café x pinho-cuiabano	72,64a	7b	1,65a	2,9 <sup>a</sup>	2,8a
Café x cedro-australiano	71,87a	8b	1,35a	2,7 <sup>a</sup>	2,4a
<b>CV %</b>	<b>12,3</b>	<b>14,7</b>	<b>10,3</b>	<b>12,8</b>	<b>11,7</b>

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

O comprimento médio dos ramos plagiotrópicos dos cafeeiros consorciados com bandarra, teca, pinho-cuiabano e cedro-australiano, 75,45 cm, 74,76 cm, 72,64 cm e 71,87 cm, respectivamente, foi maior que o comprimento dos ramos plagiotrópicos dos cafeeiros a pleno sol, 52,72 cm (Tabela 4). No entanto, é importante destacar que é o número de nós dos ramos plagiotrópicos que influencia na produção e, apesar do sombreamento causar estiolamento nos ramos, o número de nós dos cafeeiros a pleno sol não diferiu dos cafeeiros dos sistemas café x bandarra e café x teca. Porém, os cafeeiros a pleno sol apresentaram maiores números de nós que os dos sistemas café x pinho cuiabano e café x cedro australiano. A possível explicação para o menor número de nós, nos sistemas cafeeiro x pinho-cuiabano e café x cedro-australiano, foi o excesso de sombra das espécies, dada sua densidade de copa, característica não recomendada para o consócio em lavouras de café.

Em relação ao diâmetro da copa, do caule e altura dos cafeeiros não houve diferença entre os sistemas. Lunz (2006), avaliando plantas jovens de cafeeiro em condição de campo, também não observou diferença no diâmetro da copa.

## Aspectos produtivos

Os dados produtivos de cinco anos mostraram que os sistemas agroflorestais produziram 15% menos que quando o café foi estabelecido a pleno sol (Tabela 5). A diferença deve-

se ao excesso de sombreamento que as espécies proporcionaram por causa de suas arquiteturas de copa; característica que deve ser observada na escolha da espécie para implantação da lavoura de café arborizado. Entretanto, experimentos realizados com cafeeiro arábica, no Município de Mococa (SP), mostraram produtividade superior nos cultivos arborizados com grevilea e seringueira em relação aos sistemas em monocultivo (PEZZOPANE; CAMARGO, 2007).

**Tabela 5.** Produtividade média de seis anos de café em coco em monocultivo e consorciado com espécies florestais. Machadinho d'Oeste, Rondônia. 2010.

Ano	Café solteiro	Café x Bandarra	Café x Teca	Café x Pinho-cuiabano
	Sacos de 40 kg (café em coco)			
2005	50	45	47	39
2006	55	43	45	38
2007	52	41	48	37
2008	50	47	50	36
2009	56	43	47	39
2010	49	41	43	38
<b>Média</b>	<b>52</b>	<b>43,3</b>	<b>46,6</b>	<b>37,8</b>

\*O sistema café x cedro australiano não chegou a produzir devido à morte das plantas.

Existe grande controvérsia sobre os efeitos da arborização na produtividade dos cafeeiros. Na literatura se encontram exemplos de incrementos, de reduções ou de nenhuma variação na produtividade das lavouras de café em função da arborização (DA MATTA; RODRIGUEZ, 2007).

Da Matta e Rodriguez (2007) consideram três fatores, ao menos teoricamente, para explicar a redução da produção na medida em que se incrementa a arborização ou se proporciona excesso de sombra nas plantações de café. Esses fatores são: a) menor assimilação de carbono pela planta inteira sob condições de sombra excessiva; b) maior estímulo à emissão de gemas vegetativas e redução da formação e gemas florais; c) redução do número de nós produtivos nos ramos plagiotrópicos. O número de nós formados é o principal componente da produção de café, logo, o excesso de sombreamento pode reduzir a produção em função do menor número de nós formados e diminuir o número de botões florais por nós. Para os autores, a produtividade de lavouras de café arborizadas (SAFs com cafeeiro) depende de uma série de fatores que incluem clima, intensidade de radiação solar, tipo de solo, práticas de manejo do sistema e características das espécies utilizadas nos consórcios.

### **Formação de serrapilheira e estabelecimento de plantas daninhas em lavoura de café arborizado e em sistema a pleno sol**

A serrapilheira, além de ser um indicador da produtividade primária de agroecossistema e de ter importante papel na cobertura e proteção do solo, funciona como uma contínua e importante fonte de nutrientes para o solo, devido a sua rápida renovação e decomposição (SILVA, 2005).

Nos sistemas agroflorestais consorciados com cafeeiros observou-se que a área do solo coberta com a serrapilheira foi acima de 85% e apenas 30% no cafeeiro a pleno sol (Tabela 6). A quantidade de biomassa de serrapilheira produzida pelas árvores, comparada com os sistemas de café a pleno sol, foi maior por causa da queda de folhas, galhos, flores e frutos das árvores.

**Tabela 6.** Cobertura de plantas daninhas e depósito de serrapilheira em agrossistemas de café arborizado e em monocultivo em Machadinho d'Oeste, Rondônia. 2009.

Agrossistemas	Cobertura de plantas daninhas (%)	Biomassa de plantas daninhas (t/ha)	Cobertura de serrapilheira (%)	Biomassa de liteira (t/ha)
Café em pleno sol	60 a	3,6 a	30 b	0,5 c
Café x Bandarra	15 b	0,2 b	100 a	3,6 b
Café x Teca	5 c	0,1 b	100 a	4,8 a
Café x Pinho-cuiabano	14 b	0,13b	85 a	3,8 a
CV%	6,5	8,77	12,9	6,4

Medidas seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A presença de plantas daninhas, principalmente gramíneas, nos sistemas arborizados foi menor que no sistema a pleno sol, principalmente, pela maior parte do solo estar coberta pela serrapilheira, que criou uma barreira física acima do solo, impedindo a germinação de sementes de plantas daninhas (Tabela 6).

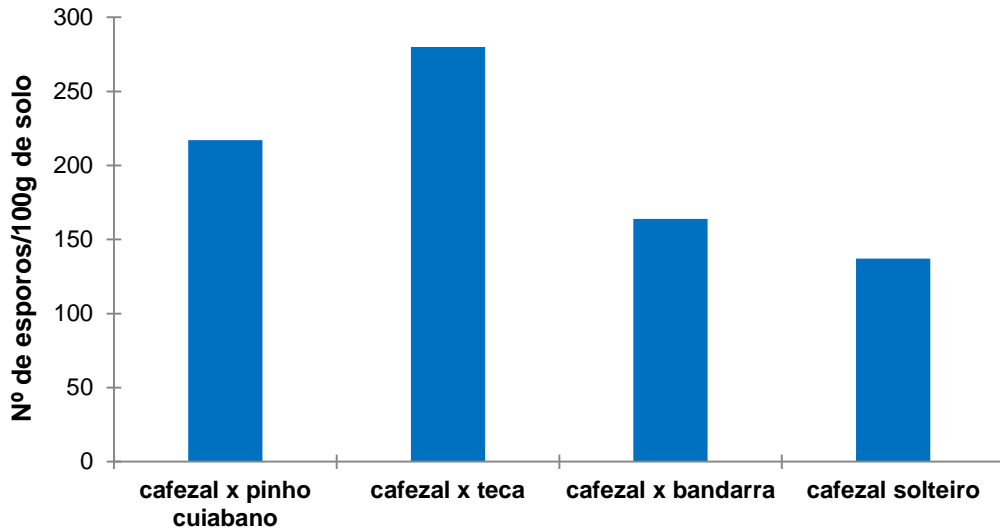
Nas condições amazônicas, onde a temperatura e a alta umidade favorecem o desenvolvimento de plantas daninhas, a biomassa depositada no solo e a sombra proporcionada pelas árvores em lavouras de cafeeiros são mecanismos que diminuem o custo de manejo com as plantas daninhas, seja de mão de obra ou herbicidas, além de proteger o solo e reciclar nutrientes. Da Matta e Rodriguez (2007), também observaram que há diminuição do custo para manejar as plantas daninhas, devido à sombra das árvores e a cobertura do solo com a maior quantidade de serrapilheira.

### **Micorrizas arbusculares em sistemas agroflorestais com cafeeiro (*C. canephora*)**

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são habitantes comuns no solo e formam associações mutualísticas com as raízes da maioria das plantas. Colonizando as raízes, estabelecem uma série de inter-relações biotróficas: a planta fornece substrato energético ao fungo, e este, por meio da rede de hifas externas, capta nutrientes da solução do solo e os transfere à planta hospedeira, sendo o mais importante benefício, o aumento da absorção do fósforo. Vários trabalhos de pesquisas vêm comprovando a importância da micorrização para a cafeicultura brasileira.

Costa et al. (2002), verificaram em um sistema agroflorestal com cafeeiro, no Município de Ouro Preto do Oeste, consorciado com pinho cuiabano (*P. mutijuga*), teca (*T. grandis*), bandarra (*S. amazonicum*) e cafeeiro em monocultivo que a população de esporos de FMAs aumentou com a introdução de essências florestais nos cafezais, concordando com Toro e Herrera (1987) e Toro-Garcia (1987), que verificaram, na Venezuela, que a ocorrência de esporos foi maior em cafeeiros sombreados que em monocultivos. Entre os consórcios destacou-se o consórcio cafeeiro com teca, com a maior população de esporos de FMAs, seguido do consórcio cafeeiro com pinho-cuiabano e em último o consórcio cafeeiro com bandarra (Figura 4), concordando com Siqueira (1994), que afirma que os principais fatores que afetam a formação e ocorrência de FMAs são o solo, a planta, o ambiente e o manejo.

Importante destacar que, além do estudo da população de esporos, é necessário determinar a colonização radicular das plantas envolvidas, a diversidade de espécies e, principalmente, a seleção de espécies com elevada eficiência simbiótica para recomendar uma possível aplicação no campo.



**Figura 4.** Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares (nº esporos/100g solo), em cafezal solteiro e arborizado em Ouro Preto do Oeste, Rondônia.

## Estoque de carbono em lavoura de café arborizado e em sistema a pleno sol

O estabelecimento de sistemas agroflorestais acumula carbono ao longo do tempo, que pode recuperar quantidades perdidas durante a derrubada e queima de sistemas de florestas primárias. A recuperação da perda de carbono como resultado das mudanças na cobertura vegetal depende do tempo de permanência dos sistemas em uso.

Para medir o estoque de carbono, na vegetação e no solo, tomou-se como ponto de referência a floresta primária, que foi comparada com o cafeeiro em monocultivo e os cafeeiros arborizados com bandararra, teca e pinho-cuiabano localizados nas regiões de Ouro Preto do Oeste e Ji-Paraná. O carbono contido na fitomassa das árvores, troncos mortos, vegetação de sub-bosque e liteira, foram calculados assumindo que o conteúdo de carbono na biomassa é 45%. A fitomassa com diâmetro à altura do peito (DAP) acima de 5 cm foi medida e aplicada à equação alométrica de Brown et al. (1989).

Os dados mostraram que a floresta primária estoca em média  $148 \text{ t ha}^{-1}$  de C na fitomassa acima do solo. Nos sistemas agroflorestais com café x bandararra, café x teca e café x pinho-cuiabano o carbono acima do solo foi de  $57,4 \text{ t C ha}^{-1}$ ,  $64,5 \text{ t C ha}^{-1}$  e  $46,8 \text{ t C ha}^{-1}$ , respectivamente. No sistema em monocultivo de café o carbono máximo estocado na parte aérea, no período de avaliação, foi  $16,60 \text{ t C ha}^{-1}$ , ou seja, 16% do estoque de carbono em floresta (Tabela 7).

Apesar dos sistemas apresentarem índices elevados quando se refere ao estoque de carbono avaliado em uma determinada fase da cultura, há que se considerar a importância dos valores da taxa de acúmulo anual de carbono ( $I_c = \text{t C/ha/ano}$ ) nos sistemas (Tabela 7). Esta taxa é calculada levando em consideração o estoque de carbono no período avaliado e a idade que cada sistema permanece em produção ou em uso. A recuperação da perda de carbono como resultado das mudanças na cobertura vegetal depende do tempo de permanência dos sistemas em uso. O cálculo do tempo médio do estoque de carbono para o plantio do café com uma fase de estabelecimento

de sete anos, onde a fitomassa é máxima, seguido de cinco anos de produção até o corte e restabelecimento (total de 12 anos), poderá acumular 16% do carbono contido num sistema de floresta primária (Tabela 7).

**Tabela 7.** Valores médios do carbono acima do solo ( $C_{acima}$ ), taxa de acumulação e carbono/ano ( $I_c$ ), tempo para máxima acumulação de carbono ( $T_{max}$ ), carbono máximo acumulado em  $T_{max}$  ( $C_{max}$ ) e relação do carbono nos sistemas de uso da terra com floresta primária. Rondônia, 2008.

Sistema de uso da terra (aos sete anos de idade)	$C_{acima}$ t/ha	$I_c$ t/ha/ano	$T_{max}$ anos	$C_{max}$ t/ha	$C_{max}/C_{floresta}$
Floresta primária	148,0	-	$\infty$	148,0	1,00
Café x Bandarra	57,4	7,17 a	15	107,5	0,72
Café x Teca	64,5	8,06 a	15	121,0	0,81
Café x Pinho-cuiabano	46,8	5,85 a	15	87,7	0,59
Monocultivo de café	16,6	2,07 b	12	24,8	0,16
<b>CV%</b>	<b>10,3</b>	<b>12,7</b>	-	-	-

Medidas seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O potencial máximo de estoque de carbono dos sistemas agroflorestais, estimados em um tempo de rotação de 15 anos, foi, respectivamente, a 72%, 81% e 59% de carbono contido na floresta primária, respectivamente, para café x bandarra, café x teca e café x pinho-cuiabano. Apesar de perda de carbono pela fitomassa, quando da derrubada e queima da floresta primária, é possível capturar e armazenar no espaço e no tempo quantidades significativas em agroecossistemas como as agroflorestas (Tabela 7).

Valores semelhantes de taxa de estoque de carbono foram encontrados por Kotto-Same et al. (1997) em sistemas agroflorestais com cacau em Camarões e por Palm et al. (1999) na Indonésia, em plantações de seringueira com 25 anos de idade. Dixon (1995) avaliando sistemas agroflorestais em mais de 50 países de diferentes ecorregiões, observou que estes sistemas poderiam reduzir as emissões de gases de efeito estufa e conservar ou capturar carbono. Os valores dos estoques de carbono, incluindo carbono abaixo e acima do solo, segundo o autor, oscilam entre  $12 \text{ t C ha}^{-1}$  e  $228 \text{ t C ha}^{-1}$ , estando nos trópicos úmidos o maior potencial para acumulação de carbono por meio da biomassa.

Pode-se inferir que o estabelecimento de sistemas agroflorestais acumula carbono ao longo do tempo, que podem recuperar quantidades perdidas durante a derrubada e queima de sistemas de florestas primárias. Os sistemas agroflorestais estudados podem funcionar como banco de estoque de carbono, recuperando entre 54% a 81% do carbono contido na floresta, num período de 15 anos.

## Considerações finais

As espécies florestais utilizadas nos estudos apresentam características desejáveis à arborização de lavoura de café em Rondônia. As vantagens da arborização em lavouras de café observadas foram: maior acúmulo de carbono; produção adicional de serrapilheira; menor variabilidade entre as plantas; aumento da presença de fungos micorrízicos, produção de madeira, menor ocorrência de plantas daninhas e redução potencial de requerimento de insumos, como fertilizantes, defensivos e herbicidas.

A arborização nas lavouras de café é uma estratégia de uso da terra e de tecnologia que potencializa as condições de uso dos recursos naturais disponíveis na região. A arquitetura da copa, o crescimento e o desenvolvimento das espécies em altura e diâmetro são atributos importantes que determinam a escolha das espécies florestais no estabelecimento dos sistemas agroflorestais com café.

Existe demanda por conhecimento sobre os sistemas de produção de café arborizados em termos agronômicos e econômicos. As informações sobre práticas de manejo que permitam um desempenho favorável destes sistemas de produção, com conhecimento sobre a escolha das espécies arbóreas adequadas, seu espaçamento, a frequência da poda, a nutrição dos cafeeiros e a seleção de cultivares mais adaptadas a estas condições, ainda não são suficientemente claras para sua inserção bem sucedida nos agroecossistemas e cadeias produtivas locais, necessitando de mais estudos.

## Referências

ALMEIDA, C. M. V. C. de; SOUZA, V. F. de; LOCATELLI, M.; COSTA, R. S. C.; VIEIRA, A. H.; RODRIGUES, A. N. A.; COSTA, J. N. M.; RAM, A.; SÁ, C. P. de; VENEZIANO, W.; MELLO JÚNIOR, R. da S. **Sistemas agroflorestais como alternativa autossustentável para o Estado de Rondônia. I – Histórico, aspectos agronômicos e perspectivas de mercado**. Porto Velho: PLANAFORO: PNUD: Embrapa-CPAF Rondônia, 1995. 59 p.

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

ARCHANJO, K. M. P de A. Respostas ecofisiológicas de cafeeiros em sistemas agroflorestais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Espírito Santo, v. 2, n. 2, p 702-705, out. 2007.

ASSIS JUNIOR, S. L.; ZANUNCIO, J. C.; KASUYA; M. C. M.; COUTO L.; MELIDO, R. C. N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27 n. 1, 2003.

BROWN, S. A.; GILESPIE, J. R.; LUCO, A. E. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. **Forest Science**, v. 35, n. 4, p. 881-902, 1989.

COSTA, R. S. C.; CARMO, L. A.; MENDES, A. M.; RODRIGUES, V. G. S.; COSTA, N. L. Ocorrência de micorrizas arbusculares em cafezal solteiro e arborizado em Ouro Preto do Oeste, Rondônia. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., 2002, Ilhéus. **Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida. Anais...** Ilhéus: CEPLAC: UESC, 2002.

COSTA, R. S. C. da. **Micorrizas arbusculares em sistemas agroflorestais em duas comunidades rurais do Amazonas**. 2010, 401f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Amazonas, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

DA MATTA, F. M.; RODRÍGUEZ, N. Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del Neotrópico: una vision agronómica y ecofisiológica. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 25, n. 1, p. 113-122, 2007.

DIXON, R. K. Sistemas agroflorestais y gases invernadero. **Revista Agroforestería en las Américas**, Turrialba, v. 2, n. 7, p. 22-26, 1995.

GANDARA, F. B.; KAGEYAMA, P. Y. Sistemas agroflorestais: diversidade e dinâmica. In CONFERENCIA BRASILEIRA DE AGRICULTURA BIODINAMICA, 3., 1998, Piracicaba. **A agroecologia em perspectiva: anais**. Piracicaba: IBDR/GAOA/FEALQ, 1998. p. 186-189.

KOTTO-SAME, J.; WOOMER, P. L.; MOUKAM, A.; ZAPFAK, L. Carbon dynamics in slash and burn agriculture and land use alternatives of the humid forest zone in Cameroon. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 65, p. 245-256, 1997.

LUNZ, A. M. P. **Crescimento e produtividade do café sombreado e a pleno sol**. 2006.94 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.



MIRANDA, E. E. de; DORADO, A. J. Como anda a agricultura na floresta tropical de Rondônia? Dez anos de monitoramento. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO CONTEXTO DA QUALIDADE AMBIENTAL E COMPETITIVIDADE, 2., 1998, Belém. **Anais...** S.l.: s.n. p.150-152.

MUSCHLER, R. G. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 51, n. 2, p. 131-139, 2001.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer, 1993. 499 p.

PALM, C. A.; WOOMER, P. L.; ALEGRE, L.; AREVALO, L.; CASTILLA, C. CORDEIRO, D. G.; FEIGL, B.; HAIRIAH, K.; KOTTO-SAME, J.; MENDES, A.; MOUKAM, A.; MURDIYARSO, D.; NJOMGANG, R.; PARTON, W.J.; RICSE, A.; RODRIGUES, V.; SITOMPUL, S. M.; NOORDWIJK VAN, M. **Carbon sequestration and trace gas emissions in slash-and-burn and alternative land-uses in the humid tropics. Alternative to Slash-and-Burn (ASB) – Climate Change Working Group. Final report, Phase II.** Nairobi: ASB Coordination Office, 1999. 18 p.

PEZZOPANE, J. R. M.; CAMARGO, M. B. P. de Arborização de cafezais. Informações técnicas. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 2, 2007.

RODRIGUES, V. G. S.; DA COSTA, R. S. C.; LEONIDAS, F. C.; FREITAS, J. **Arborização em lavouras de café Conilon: experiência de agricultores em Rondônia – Brasil.** 2001. Disponível em: <<http://www.asb.cgiar.org/content/arborizacao-em-lavouras-de-caf-conilon-experincia-de-agricultores-em-rondonia-0#sthash.mZY0Kw6u>>. Acesso em: 8 fev. 2010.

SILVA, G. C. Fluxos e estoques de nutrientes, colonização por micorrizas arbusculares e influência das raízes na decomposição da liteira em sistemas agroflorestais e vegetação secundária na Amazônia Central. 2005. 154 p. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Inpa/Ufam.

SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares. In: ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Microrganismo de importância agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. p. 155-194.

TORO, M.; HERRERA, R. Existence of mycorrhizal spores in two different coffee plantations. In: NORTH AMERICAN CONFERENCE ON MYCORRHIZAE, 7., Gainesville, 1987. **Proceedings**. Gainesville: Institute of Food and Agricultural Sciences, 1987. p. 60.

TORO-GARCIA, M. **Efectividad Del hongo *Gigaspora margarita* como micorriz de cafetos a exposición solar.** 1987. 108 p. (Tese de Licenciatura) – Universidade Central de Venezuela, Caracas.

VAZ, P. **Agroforesteria en Brasil: uma experiencia de regeneración análoga.** Lima: LEISA, 2001. p.5-7. (Boletín de ILEIA).

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. 4. ed. Wallingford: CAB International, 1994. 276 p.



Capítulo 21

---

**Aspectos de produção e  
comercialização da cadeia  
agroindustrial do café  
em Rondônia**

*Calixto Rosa Neto  
Leonardo Ventura de Araújo  
José Edny de Lima Ramos*





## **Introdução**

**A** intervenção em qualquer setor da economia requer dos planejadores e dos seus atores o conhecimento adequado dos fatores que, de alguma forma, interferem ou poderão interferir na formulação de políticas e na execução das estratégias concebidas. Conhecer, portanto o ambiente em que estão inseridos, a situação atual e as tendências que se projetam, pode se constituir em fator diferencial para a competitividade de um setor e das organizações que dele participam.

Na esfera agropecuária essa realidade não difere do conjunto de outros setores da economia. A evolução do conceito de agricultura, onde o elo de produção era visto de forma isolada e estanque, para uma visão ampliada, passou a considerar também todas as operações que ocorrem no âmbito de determinado segmento produtivo, incluindo oferta de insumos, processamento, comercialização e consumo.

Nesse contexto, a cafeicultura se apresenta como atividade de suma importância econômica e social no agro brasileiro, responsável por parcela substancial na balança comercial brasileira, aparecendo como o décimo principal produto da pauta de exportações brasileiras, cujos valores exportados atingiram a cifra de 8,7 bilhões de dólares em 2011 (BRASIL, 2011).

Em Rondônia, a cafeicultura representa importante fator de geração de emprego e renda para aqueles que a exercem, principalmente considerando-se que a maioria se caracteriza como produtores familiares. De acordo com dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2009), existiam cerca de 30.000 estabelecimentos rurais no Estado, cujas famílias trabalhavam com café na época em que o levantamento foi realizado.

Objetivando conhecer as características socioeconômicas desses produtores, os sistemas de produção utilizados, bem como os aspectos de negociação tanto no setor de produção quanto no de comercialização propriamente dito, realizou-se o diagnóstico da cadeia produtiva do café em Rondônia englobando esses dois elos.

Utilizando-se o método da pesquisa descritiva no setor de produção, aplicou-se instrumento de coleta de dados semiestruturado junto a uma amostra de 260 produtores. Já no segmento de comercialização, a abordagem metodológica foi a da pesquisa exploratória, com aplicação de questionários com questões abertas junto a 17 cerealistas, três cooperativas e uma associação, perfazendo 21 empresas comercializadoras de café no Estado.

O trabalho realizado buscou conhecer as características de cada setor e de como se dá o relacionamento dentro de cada elo e entre eles, visando possibilitar a identificação dos principais gargalos e servir como instrumento de apoio para a elaboração de políticas públicas que possam alavancar a cafeicultura rondoniense.

## **Procedimentos metodológicos**

### **Metodologia e natureza da pesquisa**

Este trabalho se caracterizou pelo uso da pesquisa descritiva, no caso do setor de produção, e exploratória, no de comercialização, sendo de natureza quali-quantitativa.

Para Sellitz et al. (1974) a pesquisa descritiva objetiva “apresentar precisamente as características de uma situação, um grupo ou um indivíduo específico (com ou sem hipóteses específicas iniciais a respeito da natureza de tais características”. Já a pesquisa exploratória busca familiarizar-se com o fenômeno ou conseguir nova compreensão deste, com o intuito de poder formular um problema mais preciso de pesquisa ou gerar novas hipóteses.

O trabalho foi concebido e executado utilizando como roteiro básico a metodologia desenvolvida pelo Sebrae (METODOLOGIA..., 2000) para análise de cadeias produtivas agroindustriais. O estudo parte da visão sistêmica de Davis e Goldberg (1957), no qual os setores que formam determinado arranjo agroindustrial devem ser vistos e analisados em uma dimensão mais ampla, haja vista que as ações em um segmento podem ter implicações em outro, afetando o funcionamento da cadeia como um todo.

Os resultados aqui apresentados abrangem somente as linhas de produção e comercialização, tendo sido utilizadas fontes de dados primários, obtidos por meio da aplicação de instrumentos de coletas de dados junto aos atores dos dois segmentos envolvidos.

## **Delimitação geográfica, universo e amostra do estudo**

Para fins de definição da abrangência da área de estudo foram selecionados os nove principais municípios produtores de café do Estado de Rondônia, mais o Município de Vale do Paraíso, escolhido por sua posição estratégica, na região central do Estado (Tabela 1).

O universo da pesquisa está representado pelos produtores e cerealistas, tendo sido aplicados instrumentos de coleta de dados específicos para cada um deles.

No caso do setor de produção foi definida amostra probabilística aleatória simples, com base no universo de estabelecimentos rurais produtores de café dos dez municípios selecionados, obtidos do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2009). O processo de amostragem considerou primeiramente o universo de 13.566 produtores existentes nos municípios escolhidos e foi definido utilizando-se a fórmula abaixo (PINHEIRO et al., 2004):

$$n = (S^2 * Z^2 * N) / (S^2 * Z^2 + e^2 * (N - 1))$$

Onde:

N= 13.566 (Tamanho do universo)  
S<sup>2</sup> = 0,25 (Variância desconhecida)  
Z= 1,96 (Desvio padrão)  
e= 0,06 (Erro amostral)  
n = Tamanho da amostra

Após a delimitação da amostra, calculou-se o percentual de produtores de cada município<sup>1</sup>, chegando-se ao número de entrevistados de cada um deles (Tabela 1).

---

<sup>1</sup> O percentual de produtores foi calculado com base no número de estabelecimentos produtores de café de cada município em relação ao total deles. Após, foi aplicado o percentual encontrado em cada município sobre o total da amostra.

**Tabela 1.** Definição do universo e amostra da pesquisa no setor de produção.

Município	Nº de produtores	Amostra	%
Cacoal	2.421	46	17,8
São Miguel do Guaporé	1.951	38	14,4
Machadinho d'Oeste	1.740	33	12,8
Nova Brasilândia d'Oeste	1.430	27	10,5
Buritis	1.292	25	9,6
Alto Paraíso	1.201	23	8,9
Alta Floresta d'Oeste	1.144	22	8,4
Ministro Andreazza	1.119	21	8,2
Rolim de Moura	719	14	5,3
Vale do Paraíso	549	11	4,1
<b>Total</b>	<b>13.566</b>	<b>260</b>	<b>100</b>

Fonte: IBGE (2009).

Aplicou-se, nesse segmento, instrumento de coleta de dados semiestruturados, ou seja, com questões abertas e fechadas.

Já no elo de comercialização – cerealistas – foi definida uma amostragem intencional, não probabilística. Uma estratégia comum na amostragem intencional é escolher casos julgados como típicos da população em que o pesquisador está interessado, supondo que os erros de julgamento tenderão a contrabalançar-se (SELLTIZ et al., 1974). As entrevistas, utilizando-se questionários não estruturados, foram realizadas nos municípios mais significativos em termos de mercado do café, incluindo Ouro Preto do Oeste, que embora não tenha feito parte da amostra na pesquisa com o setor de produção, foi incluída na pesquisa com este segmento em virtude da sua importância como centro de comercialização de café no Estado. A Tabela 2 apresenta os locais onde foram realizadas as entrevistas e o número de estabelecimentos participantes.

**Tabela 2.** Número de unidades de comercialização pesquisadas, por município.

Município	Nº de entrevistas	%
Alta Floresta d'Oeste	3	14,3
Cacoal	3	14,3
Machadinho d'Oeste	3	14,3
Nova Brasilândia d'Oeste	3	14,3
Alto Paraíso	2	9,5
Buritis	2	9,5
Ministro Andreazza	2	9,5
Ouro Preto do Oeste	2	9,5
Rolim de Moura	1	4,8
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>100</b>

## O setor de produção

De acordo com dados do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2009), Rondônia contava, no ano da realização do levantamento, com 29.638 produtores de café, sendo que os dez municípios que compuseram a amostra do estudo respondiam por 45,9% deste total, perfazendo 13.566 estabelecimentos.

A pesquisa junto a esse segmento da cadeia agroindustrial do café no Estado buscou conhecer aspectos relacionados ao sistema de produção utilizado pelos produtores. Foram obtidas informações das características deles; disponibilidade e uso de insumos; origem do material utilizado no plantio; nível tecnológico das lavouras; tamanho das propriedades e da área plantada com café; práticas culturais; gestão da propriedade; comercialização da produção; grau de relação com os outros elos da cadeia; origem e capacitação dos produtores e outros afins. O levantamento das informações foi realizado no período de maio a junho de 2011.

## **Características das propriedades e dos produtores de café em Rondônia e importância econômica da atividade**

Os responsáveis pelos estabelecimentos produtores de café no Estado se caracterizam pela faixa etária avançada e nível educacional baixo. Dos 260 produtores entrevistados, 56,9% têm acima de 48 anos, sendo que a média de idade deles é de 50,02 anos, com desvio padrão de 12,52. A maioria estudou pouco, porquanto 53,5% cursaram da 1ª à 4ª série do ensino fundamental e 21,2% da 5ª à 8ª série deste mesmo nível. Outros 10,8% disseram ser apenas alfabetizados e 5,4% se declararam analfabetos.

São dados que trazem preocupação e podem se apresentar como limitantes para a atividade. No primeiro caso, da alta faixa etária, pelo fato dos filhos desses produtores estarem migrando para as cidades em busca de melhores condições de vida e a contratação de mão de obra para a atividade cafeeira ser onerosa e difícil, sendo apontada como um dos principais problemas enfrentados pelos cafeicultores, como se verá mais adiante neste trabalho. A produção de café é exigente em termos de mão de obra, principalmente na época da colheita. Já a segunda situação, do baixo nível educacional, pode se constituir em fator limitante para o processo de aprendizagem desses produtores. A falta de conhecimentos, reflexo da inadequada formação e capacitação dos agricultores, apresenta-se como o principal obstáculo para que esses utilizem técnicas mais adequadas no processo produtivo (LACKI, 1999). Entretanto, os produtores entrevistados possuem experiência considerável na atividade, quando analisado o tempo que a exercem, cuja média é de 19,94 anos, com desvio padrão de 8,29, indicando que a maioria deles está na atividade há bastante tempo.

A área média das propriedades onde as entrevistas foram realizadas é de 39,8 ha, sendo que 72,3% possuem entre 10 ha e 70 ha. Esta área média dos produtores entrevistados, conforme dados da Agência de Defesa Sanitária Agrosilvopastoril do Estado de Rondônia (DADOS..., 2011) reflete a situação fundiária do Estado, já que cerca de 80% dos estabelecimentos rurais possuem até 100 ha.

A área média plantada com café é de 6,38 ha, considerando café em formação, em produção e abandonado. A maior área média da cultura foi constatada em Alta Floresta d'Oeste, com 12,2 ha e a menor em Rolim de Moura, com 4,06 ha (Tabela 3).

A extrapolação da área média das propriedades objeto da pesquisa para o conjunto de propriedades de cada um dos municípios, levando-se em conta o número de estabelecimentos constantes no Censo Agropecuário 2006, indica a área plantada com a cultura em cada município (Tabela 4).

A área total plantada com café nestas localidades corresponde a 58% da consignada no Levantamento Sistemático da Produção Agropecuária de Rondônia na safra 2011/2012, correspondente a 149.007 ha (LEVANTAMENTO..., 2012). Portanto, esses dez

municípios representam importante polo produtor de café em Rondônia, requerendo especial atenção na formulação de políticas públicas para o setor.

**Tabela 3.** Área média ocupada com café nos municípios selecionados.

Município	Área de café			
	Produção	Abandonado	Formação	Total
	----- ha -----			
Alta Floresta d'Oeste	9,34	0,55	2,33	<b>12,22</b>
Alto Paraíso	4,82	0,13	0,25	<b>5,20</b>
Buritis	5,67	0,39	0,64	<b>6,70</b>
Cacoal	2,88	1,24	0,43	<b>4,55</b>
Machadinho d'Oeste	5,31	0,05	0,17	<b>5,53</b>
Ministro Andreazza	6,15	0,38	0,19	<b>6,72</b>
Nova Brasilândia d'Oeste	6,71	1,41	0,25	<b>8,37</b>
Rolim de Moura	3,67	0,00	0,39	<b>4,06</b>
São Miguel do Guaporé	4,68	0,62	0,67	<b>5,97</b>
Vale do Paraíso	4,25	1,12	0,00	<b>5,37</b>
<b>Média geral</b>	<b>5,20</b>	<b>0,64</b>	<b>0,54</b>	<b>6,38</b>

**Tabela 4.** Extrapolação da área plantada com café considerando os municípios da amostra.

Município	Área média	Nº de produtores	Área do município
	---- ha ----		----- ha -----
Alta Floresta d'Oeste	12,22	1.144	13.980
Alto Paraíso	5,20	1.201	6.245
Buritis	6,70	1.292	8.656
Cacoal	4,55	2.421	11.015
Machadinho d'Oeste	5,53	1.740	9.622
Ministro Andreazza	6,72	1.119	7.520
Nova Brasilândia d'Oeste	8,37	1.430	11.970
Rolim de Moura	4,06	719	2.919
São Miguel do Guaporé	5,97	1.951	11.588
Vale do Paraíso	5,37	549	2.948
<b>Média geral</b>	<b>6,38</b>	<b>13.566</b>	<b>86.463</b>

Outro dado de suma importância para se analisar a tendência da cafeicultura no Estado é o comportamento em relação à formação de novas áreas de plantio em comparação com áreas abandonadas e erradicadas. A Tabela 5 apresenta as médias comparativas entre café em formação, abandonado (considerando os últimos cinco anos) e erradicado (últimos dois anos)<sup>2</sup>, por município.

Observa-se uma tendência de retração da área plantada com café (Tabela 5), ainda que o café abandonado não possa ser considerado como extinto, haja vista que continua

<sup>2</sup> Considerou-se o interstício de dois anos para café erradicado para contrastar com a área de café em formação, pois em tese o produtor pode ter feito a substituição de café velho por uma nova lavoura, embora em muitas situações a substituição foi por pasto.

ocupando sua área, embora sem os cuidados devidos, sendo índice de erradicação futura. Nesse contexto, tem-se uma redução de área média de 0,93 ha que, multiplicada pelo número de produtores (13.566), implica na redução de 12.618 ha no conjunto dos dez municípios pesquisados. Os maiores índices de redução/abandono de área foram observados nos municípios de Vale do Paraíso e Cacoal, enquanto somente Alta Floresta d'Oeste e Rolim de Moura apresentaram desempenho positivo neste critério.

**Tabela 5.** Médias comparativas de café em formação, erradicado e abandonado, por município.

Município	Café			Soma (b+c)	Diferença (a-(b+c))
	Formação (a)	Erradicado (b)	Abandonado (c)		
Alta Floresta d'Oeste	2,33	1,49	0,55	2,04	0,29
Alto Paraíso	0,25	0,16	0,13	0,29	-0,04
Buritis	0,64	0,52	0,39	0,91	-0,27
Cacoal	0,43	1,52	1,24	2,76	-2,33
Machadinho d'Oeste	0,17	0,39	0,05	0,44	-0,27
Ministro Andreazza	0,19	1,66	0,38	2,04	-1,85
Nova Brasilândia d'Oeste	0,25	0,18	1,41	1,59	-1,34
Rolim de Moura	0,39	0,07	0,00	0,07	0,32
São Miguel do Guaporé	0,67	0,77	0,62	1,39	-0,72
Vale do Paraíso	0,00	1,32	1,12	2,44	-2,44
<b>Média geral</b>	<b>0,54</b>	<b>0,83</b>	<b>0,64</b>	<b>1,47</b>	<b>-0,93</b>

A idade média das lavouras é de 7,7 anos, tendo ocorrido no âmbito dos 260 produtores entrevistados 369 citações em relação a este item, com 13 não respostas. Considerando este conjunto de menções, 38,1% dos plantios têm até cinco anos, 36,4% têm entre seis e dez anos e os demais 25,5% possuem mais de dez anos de plantados.

Analisando cada município separadamente, Rolim de Moura é o que apresentou o maior índice de cafezais novos, com 57,7% dos plantios com idade de até cinco anos. É interessante observar que esse município foi o único onde inexistiu área abandonada com a cultura e também o menor com área erradicada (Tabela 5). Entretanto, Machadinho d'Oeste possui plantios mais antigos, haja vista que 44,5% do seu parque cafeeiro foram implantados há dez anos ou mais. A Tabela 6 apresenta os intervalos quinquenais de idade das lavouras nos municípios selecionados.

**Tabela 6.** Idade dos plantios nos municípios selecionados – em %.

Município	Idade (anos)				
	< 5	6 a 10	11 a 15	16 a 20	> 20
Alta Floresta d'Oeste	36,5	21,2	36,5	5,8	0,0
Alto Paraíso	30,0	43,2	26,8	0,0	0,0
Buritis	50,1	47,3	2,6	0,0	0,0
Cacoal	45,0	29,4	19,6	2,0	4,0
Machadinho d'Oeste	22,3	52,7	19,4	5,6	0,0
Ministro Andreazza	27,8	33,4	30,4	2,8	5,6
Nova Brasilândia d'Oeste	36,6	46,9	13,2	3,3	0,0
Rolim de Moura	57,7	23,1	19,2	0,0	0,0
São Miguel do Guaporé	43,1	34,5	17,2	5,2	0,0
Vale do Paraíso	15,4	53,8	30,8	0,0	0,0
<b>Média geral</b>	<b>38,1</b>	<b>36,3</b>	<b>21,4</b>	<b>3,1</b>	<b>1,1</b>

Nota: Os valores são os percentuais em linha, estabelecidos sobre 369 citações.



Embora 74,4% das lavouras tenham dez anos ou menos, os produtores entrevistados possuem experiência na atividade, com média de 19,9 anos trabalhando com a cultura do café em Rondônia, não existindo diferenças significativas em termos regionais.

A mão de obra utilizada na produção de café nos dez municípios estudados é tipicamente familiar, havendo contratação basicamente na época de colheita, período mais intensivo na utilização de mão de obra, tanto a familiar quanto a contratada. É comum também a figura do meeiro, principalmente na etapa de colheita (Tabela 7). A mão de obra contratada, em geral, é paga com produto, tendo como referência o valor da diária praticado em cada região. O valor médio pago em 2010, considerando os dez municípios pesquisados, foi de R\$ 33,04, sendo que Alto Paraíso teve a média mais alta, de R\$ 42,00 e São Miguel do Guaporé a menor, de R\$ 30,63.

**Tabela 7.** Característica da mão de obra utilizada na produção de café.

Tipo da mão de obra	Média de trabalhadores	Frequência <sup>(1)</sup>	Desvio padrão
Mão de obra familiar na colheita	2,71	251	1,43
Mão de obra familiar outras operações	2,11	251	1,26
Mão de obra contratada colheita	1,48	251	2,20
Mão de obra contratada outras operações	0,34	251	0,90
Meeiro colheita	0,18	251	0,93
Meeiro outras operações	0,11	251	0,53

<sup>(1)</sup> Frequência com dedução de nove não respostas.

Com relação à mão de obra familiar, geralmente trabalham na atividade o proprietário, seu cônjuge, os filhos e outros familiares (Tabela 8). A análise dos dados (Tabela 8) indica a existência de grande concentração do trabalho nos proprietários e suas esposas, com menor participação de outros membros da família, o que pode se constituir em fator crítico para o futuro da atividade, comprometendo sua permanência ao longo do tempo.

**Tabela 8.** Composição da mão de obra familiar utilizada na atividade cafeeira.

Mão de obra familiar	Frequência	%
Proprietário	233	89,6
Esposa/companheira	172	66,2
Filhos até 15 anos	27	10,4
Filhos de 15 a 20 anos	69	26,5
Filhos maiores de 20 anos	57	21,9
Parentes (irmão, sobrinho, primo etc.)	28	10,8
<b>Média geral</b>	<b>260</b>	<b>-</b>

Nota: Respostas múltiplas.

A produção de café na safra 2010/2011 foi afetada por fatores climáticos, em virtude da irregularidade das chuvas no período de floração das lavouras, além da influência da bienalidade, que se caracteriza pela alternância de safras altas com baixas safras. Quando esta pesquisa foi realizada, a colheita da precitada safra estava no início, de forma que os dados apresentados foram baseados em previsão dos próprios produtores. A Tabela 9 apresenta a produção média das propriedades amostradas, por município considerando as safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011. Já a Tabela 10 evidencia a evolução da produção com base na extrapolação das médias das propriedades selecionadas em relação ao universo de produtores de cada município e do seu total.

**Tabela 9.** Produção média (em sacas de 60 kg beneficiadas) das propriedades amostradas, por município, safras 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011.

Município	Safr/Produção		
	2008/2009	2009/2010	2010/2011 <sup>(1)</sup>
Alta Floresta d'Oeste	179,86	225,64	100,59
Alto Paraíso	28,44	51,65	25,35
Buritis	45,48	74,24	29,92
Cacoal	59,57	65,30	20,48
Machadinho d'Oeste	35,73	40,21	29,67
Ministro Andreazza	92,19	153,48	57,33
Nova Brasilândia d'Oeste	80,74	124,11	81,67
Rolim de Moura	36,57	91,43	48,79
São Miguel do Guaporé	70,24	92,03	43,68
Vale do Paraíso	19,64	43,00	13,55
<b>Média geral</b>	<b>66,08</b>	<b>92,94</b>	<b>46,77</b>

<sup>(1)</sup> Previsão.

As vendas de café, leite e bezerros constituem-se nas principais fontes de receita das propriedades rurais, sendo que o café está entre as três principais atividades produtivas, em termos de geração de receita, de 94,2% dos estabelecimentos que compuseram a amostra da pesquisa, seguido da pecuária de leite (59,6%) e da venda de bezerros (58,5%).

**Tabela 10.** Evolução da produção dos 10 municípios selecionados, safras 2008/2009, 2009/2010, 2010/ 2011 – em sacas de 60 kg beneficiadas.

Município	Safr/Produção		
	2008/2009	2009/2010	2010/2011 <sup>(1)</sup>
Alta Floresta d'Oeste	205.760	258.132	115.075
Alto Paraíso	34.156	62.032	30.445
Buritis	58.760	95.918	38.656
Cacoal	144.219	158.091	49.582
Machadinho d'Oeste	62.170	69.965	51.626
Ministro Andreazza	103.160	171.744	64.152
Nova Brasilândia d'Oeste	115.458	177.477	116.788
Rolim de Moura	26.294	65.738	35.080
São Miguel do Guaporé	137.038	179.551	85.220
Vale do Paraíso	10.782	23.607	7.439
<b>Média geral</b>	<b>897.797</b>	<b>1.262.255</b>	<b>594.063</b>

<sup>(1)</sup> Previsão.

Nota: A produção foi calculada multiplicando-se a média dos produtores entrevistados pelo número de produtores dos municípios selecionados.

O café assume uma dimensão ainda maior quando considerada a geração de receita propriamente dita, ou seja, o quanto cada atividade proporciona em moeda para o sustento do estabelecimento rural. A receita média anual advinda de todas as atividades agropecuárias nas propriedades estudadas, tendo como base o ano de 2010, foi de R\$ 23.582,00, com o café representando 49,5% deste montante. Buritis, Ministro Andreazza e Nova Brasilândia d'Oeste foram os municípios em que a participação do café na receita total foi mais significativa. Alta Floresta d'Oeste foi a localidade com maior receita média,

tanto no conjunto das atividades agropecuárias quanto na obtida com a comercialização do café (Tabela 11).

**Tabela 11.** Receita média anual das propriedades e participação do café na receita das propriedades – 2010.

Município	Receita média anual da propriedade	Participação do café na receita da propriedade		%
		R\$		
Alta Floresta d'Oeste	51.034,27	30.159,96		59,0
Alto Paraíso	16.998,52	3.908,96		23,0
Buritis	16.480,00	15.064,00		91,4
Cacoal	23.582,61	8.278,04		35,1
Machadinho d'Oeste	12.482,55	4.994,33		40,0
Ministro Andreazza	23.245,24	15.685,00		67,5
Nova Brasilândia d'Oeste	25.611,11	16.142,22		63,0
Rolim de Moura	21.344,07	11.000,71		51,5
São Miguel do Guaporé	24.249,26	10.596,97		43,1
Vale do Paraíso	28.074,64	3.487,55		12,4
<b>Média geral</b>	<b>23.581,55</b>	<b>11.676,58</b>		<b>49,5</b>

As receitas oriundas da exploração de atividades agropecuárias nas propriedades são, no caso de 35% das famílias, complementadas por outras fontes de renda, tais como aposentadoria, venda de serviços etc. Machadinho d'Oeste, onde a receita proveniente de atividades agropecuárias é a mais baixa dentre os dez municípios objeto deste estudo (Tabela 11), é aquele em que os rendimentos advindos de outras origens são mais significativos. Entretanto, Vale do Paraíso, Nova Brasilândia d'Oeste e Ministro Andreazza, apresentam-se como os municípios onde a receita rural é predominante, ou seja, nesses municípios a atividade agropecuária é a maior geradora de receita para os produtores (Tabela 12).

**Tabela 12.** Percentual das propriedades que utilizam outras fontes de rendas para a sua manutenção e sustento das famílias nelas residentes.

Município	Fonte de renda <sup>(1)</sup>			
	Aposentadoria	Venda de serviços	Outras Atividades	Outros <sup>(2)</sup>
	----- % -----			
Alta Floresta d'Oeste	18,2	18,2	0,0	4,6
Alto Paraíso	39,1	4,4	0,0	4,4
Buritis	12,0	4,0	4,0	4,0
Cacoal	19,6	0,0	10,9	0,0
Machadinho d'Oeste	30,3	30,3	6,1	0,0
Ministro Andreazza	14,3	0,0	0,0	9,5
Nova Brasilândia d'Oeste	7,4	11,1	0,0	0,0
Rolim de Moura	14,3	14,3	7,1	0,0
São Miguel do Guaporé	21,1	5,3	0,0	5,3
Vale do Paraíso	9,1	9,1	0,0	0,0
<b>Média geral</b>	<b>19,6</b>	<b>9,2</b>	<b>3,5</b>	<b>2,7</b>

<sup>(1)</sup> Na mesma propriedade podem existir membros com mais de uma fonte de renda (por exemplo, aposentadoria e bolsa família).

<sup>(2)</sup> Comércio, aluguel de imóveis, bolsa família etc.

Nota: Respostas múltiplas com base em 260 observações.

## Caracterização dos sistemas de produção e uso de tecnologias no processo produtivo

A espécie de café predominantemente utilizada pelos produtores é a *Coffea canephora* dos grupos 'Conilon' e 'Robusta', que ocupa 99,8% da área plantada com café nos dez municípios estudados, enquanto que a espécie *Coffea arabica* compõe apenas 0,2% do parque cafeeiro desses municípios. A produção das mudas que formam as lavouras é, na sua maioria, preparada pelos produtores com grãos oriundos de plantios próprios, o que origina lavouras de baixa produtividade, agravado pelo baixo uso de insumos e tratos culturais inadequados. A propagação é feita majoritariamente por sementes, sendo que apenas 3,6% da área plantada com café nos municípios pesquisados estão cobertos com mudas clonais, sobressaindo-se nesta forma de produção de mudas o município de Cacoal, com 15,1% da área de café plantada com mudas clonais, seguido do de Buritis, com 6,3%.

A densidade de plantio varia muito. Foram identificados 32 espaçamentos diferentes, sendo que o mais utilizado é o de 3,0 m x 2,0 m (entre linhas e plantas), que representa aproximadamente 1.667 plantas por ha, já que há certa variação em virtude deste espaçamento não ser uniforme. A Tabela 13 apresenta os oito espaçamentos mais utilizados pelos produtores, bem como a forma de condução da lavoura, em número de hastes, sendo que o recomendado é que se deixe uma haste por m<sup>2</sup>. A maioria dos produtores (90%) realiza a prática da desbrota, cuja média anual é de 2,15 vezes.

**Tabela 13.** Espaçamentos mais utilizados pelos produtores e forma de condução em nº de hastes.

Espaçamentos	Número de hastes													Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	+12	
	----- N° de lavouras -----													
3 x 2	3	1	6	27	28	37	14	14	7	8	1	7	12	<b>165</b>
3 x 3	0	2	2	7	10	8	7	9	7	4	0	2	6	<b>64</b>
4 x 2	1	0	1	5	3	7	1	3	1	2	0	2	14	<b>47</b>
3 x 2,5	0	0	1	3	4	4	8	4	3	3	0	3	3	<b>36</b>
4 x 3	0	0	2	5	5	4	1	0	2	2	1	3	7	<b>32</b>
4 x 1	0	0	0	7	4	2	6	2	1	2	0	1	3	<b>28</b>
3,5 x 2	0	0	0	3	3	7	2	1	1	1	1	0	1	<b>20</b>
3 x 1,5	0	0	1	3	3	4	1	0	1	0	0	0	2	<b>15</b>

O emprego de tecnologias no plantio e condução das lavouras é consideravelmente baixo em praticamente todos os municípios pesquisados, sendo quase inexistente o uso de correção de solo e adubação. As práticas de conservação do solo são desconhecidas pelos produtores e, conseqüentemente, não utilizadas. Poucos produtores fazem análise de solo e, desses, menos ainda promovem sua correção e/ou adubam suas lavouras. As práticas culturais mais comuns são a desbrota, poda, roço e capina química (Tabela 14).

Os melhores indicadores em termos de correção (18,2%) e adubação química do solo (50%) foram verificados em Alta Floresta d'oeste, enquanto os municípios de Ministro Andreazza e Cacoal apresentaram índices superiores no uso de irrigação (42,9% e 32,6% respectivamente) em comparação aos demais. O tipo de irrigação mais utilizado é o por aspersão, citado por 71,1% dos produtores que adotam tal prática.

Especificamente em relação ao uso de irrigação, verificou-se que as lavouras das propriedades que a usam apresentaram produtividade superior àquelas que não adotam tal prática, mesmo que essa seja feita em apenas parte da área plantada com café de

cada propriedade (Tabela 15). Os dados apresentados permitem inferir que as propriedades que adotam o uso de irrigação, além de conseguirem maior produtividade, possuem também maior área com café em produção.

**Tabela 14.** Práticas culturais utilizadas pelos produtores.

Tratos culturais	Frequência	%
Desbrota	231	88,9
Poda	204	78,5
Roçada	194	74,6
Capina química	171	65,8
Capina manual	84	32,3
Adubação química	47	18,1
Recepa	46	17,7
Irrigação	45	17,3
Adubação Orgânica	33	12,7
Capina mecânica	15	5,8
Calagem	9	3,5
Capina com tração animal	1	0,4
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>-</b>

Nota: Respostas múltiplas.

**Tabela 15.** Comparativo de produtividade entre lavouras irrigadas e não irrigadas – safra 2010/2011.

Uso de irrigação	Previsão de produção (média sacas beneficiadas)	Café em produção (área média/ha <sup>-1</sup> )	Produtividade (sc/ha <sup>-1</sup> )
Sim	87,23	6,50	13,4
Não	37,83	5,14	7,4
<b>Total</b>	<b>46,77</b>	<b>5,20</b>	<b>9,0</b>

A colheita da safra é feita entre os meses de março e julho, com maior concentração em maio, mês em que a maturação dos frutos ocorre de forma mais uniforme. Entretanto, poucos produtores colhem o café no nível de maturação ideal, que é de 80% dos frutos maduros (Tabela 16).

**Tabela 16.** Índice de maturação dos frutos no processo de colheita do café.

Colheita	Frequência	%
Não resposta	10	3,9
Com menos de 50% dos frutos maduros	16	6,2
Entre 50% e 60% dos frutos maduros	118	45,4
Entre 60% e 70% dos frutos maduros	76	29,2
Entre 70% e 80% dos frutos maduros	34	13,1
Com mais de 80% dos frutos maduros	06	2,3
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>100</b>

A maioria dos produtores utiliza terreiros de chão batido para efetuar a secagem do café (Tabela 17). No entanto, o tempo médio de permanência do café na lavoura antes de ser submetido a este processo é alto, em torno de 8,5 dias, comprometendo seriamente a qualidade do produto final. O ideal é que o café seja transportado no mesmo dia e posto a secar imediatamente, de acordo com os procedimentos recomendados (GONZAGA, 2007).

**Tabela 17.** Forma de secagem do café utilizada pelos produtores.

Secagem do café	Frequência	%
Em terreiro de chão batido	166	63,9
A secagem é feita por terceiros	78	30,0
Em terreiro cimentado	55	21,2
Em secadores próprios	15	5,8
Não resposta	10	3,9
Em terreiro suspenso	0	0,0
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>-</b>

Nota: Respostas múltiplas.

## Pragas e doenças e métodos de controle

### Pragas

A ocorrência de pragas nas lavouras de café foi citada por 62,3% dos produtores entrevistados, sendo que a broca-do-cafeeiro e a lagarta-da-roseta foram relatadas como as que mais ocorrem. A Tabela 18 apresenta as frequências e percentual dos produtores que relataram o ataque das principais pragas do cafeeiro em Rondônia.

**Tabela 18.** Principais pragas da lavoura cafeeira relatadas pelos produtores.

Pragas	Frequência	%
Broca	100	38,5
Lagarta-da-roseta	95	36,5
Ácaro	90	34,6
Cochonilha	74	28,5
Bicho-mineiro	59	22,7
Outras	10	3,9
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>-</b>

Notas: Respostas múltiplas, sem considerar cinco não respostas e 93 não ocorrência de pragas.

A frequência de ocorrência e de área atacada apresentaram variações, havendo relatos de incidência durante o ano todo ou durante alguns meses do ano, sendo que, nos casos da broca-do-cafeeiro, da lagarta-da-roseta e do ácaro o índice de ataque mais evidenciado foi de 10% da área plantada.

Considerando os 162 produtores que afirmaram ter problemas com pragas em suas lavouras, 57,4% disseram não fazer qualquer tipo de controle, enquanto 42,6% utilizam produtos químicos e apenas um (0,6%) faz uso de produto alternativo.

### Doenças

A existência de doenças nas lavouras cafeeiras foi informada por 68,5% dos entrevistados, sendo a principal delas a seca-dos-ponteiros, com 60% das citações, seguida da ferrugem-do-cafeeiro, com 41,9%. Também foram citadas a mancha-manteigosa (20,4%), cercosporiose (19,2%) e mal-de-koleroga (15,1%). Do conjunto de produtores que afirmaram ter problemas com doenças em seus cafezais, 66,9% não realizam qualquer tipo de controle visando combatê-las. Dos que disseram fazer controle

(44 produtores), 93,2% recorrem a produtos químicos e os demais 6,8% usam produtos alternativos.

## Características do processo de comercialização pelo setor de produção

De forma geral, tão logo o café é colhido ele é imediatamente vendido, sendo que apenas 26,2% dos produtores armazenam o produto na propriedade, geralmente por períodos que variam de dois a oito meses. Este armazenamento, via de regra do café em coco, permite que o produtor venda o produto na entressafra, conseguindo preços melhores. Exemplo disso é o fato de que, na safra 2009/2010, os produtores entrevistados que guardaram o produto para venda posterior conseguiram, em média, obter R\$ 156,00 por saca beneficiada, enquanto os que não armazenam o produto obtiveram valor menor, de R\$ 135,00.

A venda é feita, em grande parte, sem a classificação do produto, sendo esta feita em etapas posteriores, pelos compradores, conforme se verá quando da abordagem do setor de comercialização deste capítulo. Apenas 15,5% dos produtores vendem o café classificado (Tabela 19).

**Tabela 19.** Forma de comercialização do café pelos produtores entrevistados, em termos de classificação.

Classificação do café	Frequência	%
Não sabe/não foi classificado	210	80,8
De 400 a 600 defeitos	22	8,5
De 200 a 400 defeitos	15	5,8
Não respostas	10	3,9
De 100 a 200 defeitos	02	0,8
De 600 a 800 defeitos	01	0,4
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>100</b>

Dentre os 40 produtores que declararam vender o café já classificado, apenas dez disseram receber preço adicional por isso. Entretanto, esse valor pode ser considerado pouco atrativo, representando acréscimo médio de apenas 4,5% em relação ao preço do café não classificado.

Quanto ao beneficiamento do café, esse é feito majoritariamente pelos compradores, porquanto apenas 11,9% afirmaram realizá-lo em suas propriedades.

Os principais compradores do café em Rondônia são os cerealistas, que retiram o produto diretamente nas propriedades, sendo o mais importante canal de venda para 93,9% dos produtores, ocorrendo situações em que a venda de parte da produção é feita também coletivamente, por meio de associações e cooperativas. A Tabela 20 apresenta os canais de comercialização utilizados pelos produtores para comercializar sua produção.

Com relação aos preços recebidos pelos produtores, observa-se variações regionais. Entre os dez municípios onde a pesquisa foi realizada, a média de preços mais alta foi em Alta Floresta d'Oeste, R\$ 163,18 a saca beneficiada e a menor em Bunitis, R\$ 113,08, considerando os preços praticados na safra 2009/2010 (Tabela 21).

**Tabela 20.** Canais de venda acessados pelos produtores.

<b>Mercado comprador</b>	<b>Frequência</b>	<b>%</b>
Vende para cerealistas	244	93,9
Vende coletivamente por meio de associações	26	10,0
Não resposta	10	3,9
Vende para torrefadores	03	1,2
Vende coletivamente por meio de cooperativa	03	1,2
Outro	01	0,4
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>-</b>

Nota: Respostas múltiplas.

É importante ressaltar que os preços médios constantes na Tabela 21 é a média aritmética dos valores citados nominalmente pelos produtores entrevistados e correspondem ao que efetivamente receberam quando da venda do produto.

**Tabela 21.** Preço médio da saca beneficiada – safra 2009/2010.

<b>Município</b>	<b>Preço sc beneficiada (R\$)</b>
Alta Floresta d'Oeste	163,18
Alto Paraíso	146,91
Buritis	113,08
Cacoal	153,09
Machadinho d'Oeste	127,94
Ministro Andreazza	152,38
Nova Brasilândia d'Oeste	145,37
Rolim de Moura	152,21
São Miguel do Guaporé	130,62
Vale do Paraíso	135,33
<b>Preço médio total</b>	<b>140,84</b>

Uma questão importante que deve ser considerada no processo de comercialização são os instrumentos contratuais, quer sejam formais ou informais, pois os compromissos firmados poderão garantir ao produtor a venda do seu produto com base em critérios previamente acordados. Entretanto, esta não é uma prática comum na relação dos produtores com seus compradores, porquanto 80,4% terem afirmado não possuir compromisso de venda com os adquirentes de sua produção. Acerto meramente verbal foi citado por 15% dos entrevistados e acordo expresso por apenas 0,8%. Esses acordos envolvem basicamente quantidade a ser entregue e preços, haja vista que o comprador, não raro, faz adiantamentos aos cafeicultores, geralmente mediante assinatura de notas promissórias, com base na previsão de produção. Quando da análise do setor de comercialização, ainda neste capítulo, voltar-se-á a esta questão dos contratos.

## **Administração do empreendimento rural e acesso aos meios de produção**

Um preceito elementar na administração é que se deve ter instrumentos que permitam a uma empresa, seja de que porte for, estabelecer procedimentos de planejamento, execução, acompanhamento e avaliação das suas atividades, visando monitorar as inúmeras variáveis que possam afetar seu negócio, já que não há como controlá-las.



Partindo desse pressuposto, procurou-se identificar junto aos produtores os instrumentos de que dispõem – e utilizam – na administração de seus empreendimentos rurais. O resultado é pouco auspicioso, além de preocupante. Exatamente 250 produtores, correspondendo a 96,2% da amostra, afirmaram não fazer qualquer tipo de controle escrito em relação à atividade cafeeira desenvolvida nas suas propriedades. Outros 1,9% declararam fazê-lo parcialmente e 0,8% o fazem de forma mais completa. Os registros escritos mais citados foram: número de sacas produzidas, controle de vendas realizadas, despesas com adubo e mão de obra.

Reflexo deste baixo uso de técnicas administrativas básicas é o desconhecimento, por 71,9% dos produtores, do seu custo de produção de café. Mesmo os que disseram conhecer o quanto gastam no processo produtivo o fazem mais baseado em suas percepções do que em informações concretas, já que poucos têm controles sistemáticos do dia a dia da atividade, revelando a fragilidade na mensuração desse custo.

O uso de maquinário, equipamentos e implementos nos sistemas de produção também é restrito, sendo que o equipamento mais utilizado é o pulverizador costal manual (Tabela 22).

**Tabela 22.** Máquinas e equipamentos utilizados na atividade cafeeira.

Tipo de máquina/equipamento	Frequência	%
Pulverizador costal manual	253	58,8
Roçadora	79	29,6
Pulverizador costal motorizado	18	6,9
Roçadora motorizada	12	3,8
Trator	08	3,1
Grade/arado	04	1,5
Motosserra para poda de café	04	1,5
Microtrator	03	1,2
Enscadeira (em coco)	01	0,4
Pulverizador tratorizado	01	0,4
Roçadora elétrica manual	01	0,4

Nota: Respostas múltiplas.

Quase metade dos produtores (45,8%) teve acesso a crédito bancário no período de 2006 a 2010, a maior parte para custeio. As linhas de crédito acessadas são oferecidas exclusivamente pelo Banco do Brasil e Banco da Amazônia, com prevalência do primeiro na concessão do crédito, principalmente por meio do Programa Nacional de Agricultura Familiar (Pronaf). Ainda assim, é significativo o número de produtores que não tem acesso ao crédito bancário, limitando a capacidade financeira deles para o incremento de melhorias na lavoura, fazendo com que eles tenham que vender sua produção antes mesmo de colhê-la, a preços desvantajosos.

No tocante à forma de obtenção de informações sobre a cafeicultura, prevalece a comunicação interpessoal, com técnicos da extensão e vizinhos se constituindo nos principais meios acessados pelos produtores na busca de orientação sobre a atividade cafeeira (Tabela 23).

**Tabela 23.** Fontes de informação sobre a cultura do café.

Fontes de informações	Frequência	%
Técnico da Extensão	192	73,9
Vizinhos	126	48,5
Programas de TV	123	47,3
Parentes	69	26,5
Reuniões na comunidade/associação/sindicato	48	18,5
Programas de rádio	42	16,2
Técnicos de casas agropecuárias	39	15,0
Dias de Campo	38	14,6
Cerealista	34	13,1
Treinamento (curso, palestra)	32	12,3
Não recebe informações	16	6,2
Técnico da Embrapa	10	3,9
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>-</b>

Nota: Respostas múltiplas.

Poda, desbrota e adubação são as informações mais buscadas pelos produtores junto aos agentes e meios de informação que utilizam (Tabela 24).

**Tabela 24.** Informações/orientações técnicas mais acessadas pelos produtores.

Informações sobre café	Frequência	%
Poda	175	67,3
Desbrota	131	50,4
Adubação	96	36,9
Controle de pragas e doenças	68	26,2
Mercado do café	43	16,5
Plantio	39	15,0
Irrigação	37	14,2
Nenhuma	33	12,7
Colheita	26	10,0
Recepa	21	8,1
Secagem	17	6,5
Produção de sementes e mudas	16	6,2
Planejamento da produção	12	4,6
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>-</b>

Nota: Respostas múltiplas.

Já a necessidade de informações declaradas pelos produtores aponta demandas diferenciadas, com adubação e mercado do café emergindo como as mais prementes, sendo citadas por 40% e 39,6% dos produtores, respectivamente, seguidas de informações sobre controle de pragas e doenças e cálculo do custo de produção (Tabela 25).

De certa forma, os produtores têm participado de eventos de transferência de tecnologia, principalmente palestras organizadas pelo serviço de extensão rural, a cargo da Emater-RO (Tabela 26).

**Tabela 25.** Informações sobre café mais demandadas pelos produtores.

Necessidade de informações	Frequência	%
Adubação	104	40,0
Mercado do café	103	39,6
Controle de pragas e doenças	84	32,3
Cálculo do custo de produção	78	30,0
Poda	77	29,6
Novas variedades	70	26,9
Planejamento da produção de café	62	23,9
Desbrotas	49	18,9
Secagem do café	18	6,9
Outras	08	3,1
Colheita	06	2,3
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>-</b>

Nota: Respostas múltiplas.

**Tabela 26.** Participação em eventos técnicos – 2008-2010.

Eventos	Frequência	%
Palestra	144	55,4
Nenhum	74	28,5
Dia de campo	73	28,1
Curso	29	11,2
Dia especial	28	10,8
Outros	04	1,5
Seminário	03	1,2
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>-</b>

Nota: Respostas múltiplas.

A busca e obtenção de informações, por si só, não significa, necessariamente, maior apropriação do conhecimento por parte dos produtores, já que existem fatores que limitam seu uso. Falta de recursos financeiros, baixo retorno econômico e falta de interesse foram os motivos mais alegados pelos produtores pela não utilização das informações recebidas (Tabela 27).

**Tabela 27.** Dificuldades para utilização das informações recebidas.

Limitações de uso de informações	Frequência	%
Falta de recursos financeiros	158	60,8
Não compensa financeiramente	65	25,0
Não resposta	36	13,9
Não tem interesse	34	13,1
Falta de assistência técnica	29	11,2
As informações são insuficientes	20	7,7
Tem dificuldade de compreender	16	6,2
Outra	04	1,5
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>-</b>

Nota: Respostas múltiplas.

Não obstante as dificuldades alegadas pelos produtores na apropriação e uso das informações recebidas, 5,8% afirmaram que sempre as usam, 28,5% quase sempre, 49,6% às vezes e 3,5% disseram que nunca usam. A diferença de 12,7% refere-se a não respostas à questão.

A pesquisa junto a este setor buscou identificar os principais problemas enfrentados pelos produtores no tocante à atividade cafeeira. O principal entrave apontado, fatores climáticos, decorre do fato de que, nos últimos anos tem ocorrido irregularidade das chuvas no período da floração da lavoura, prejudicando sobretudo a produtividade. Isso indica a necessidade de maior atenção por parte dos formuladores de políticas públicas para o setor, principalmente na questão de irrigação. A Tabela 28 apresenta os principais problemas citados pelos produtores quanto às suas dificuldades em relação à exploração cafeeira.

**Tabela 28.** Principais problemas que afetam a atividade cafeeira.

Principais problemas citados	Frequência	%
Fatores climáticos	155	59,6
Baixo preço do café	55	21,2
Falta de mão de obra	53	20,4
Baixa fertilidade do solo	25	9,6
Falta de recursos financeiros	22	8,5
Alto custo de produção	20	7,7
Falta de correção/adubação do solo	18	6,9
Ataque de pragas e doenças	15	5,8
Falta de tratamentos culturais	10	3,8
Alto preço dos insumos	7	2,7
Falta de assistência técnica	6	2,3
Falta de irrigação	6	2,3
Baixo potencial genético da variedade plantada	5	1,9
Dificuldade de acesso a crédito	5	1,9
Falta de políticas públicas para o setor	5	1,9
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>-</b>

Nota: Respostas múltiplas.

Mesmo diante deste conjunto de problemas relatados pelos produtores, são positivas as perspectivas deles quanto ao futuro da atividade, considerando um horizonte de cinco anos, uma vez que 72,3% dos entrevistados se mostram dispostos a melhorar as tecnologias empregadas (Tabela 29).

**Tabela 29.** Perspectivas dos produtores quanto ao futuro da atividade.

Futuro da atividade	Frequência	%
Melhorar as tecnologias	188	72,3
Melhorar a qualidade para obtenção de melhor preço	81	31,2
Aumentar a área plantada	35	13,5
Abandonar a atividade	34	13,1
Reduzir a área plantada	30	11,5
Continuar como está	16	6,2
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>-</b>

Nota: Respostas múltiplas.

Essas ações futuras pretendidas estão associadas a um conjunto de ações que os produtores pretendem levar a termo, conforme se verifica na Tabela 30.

**Tabela 30.** Ações de melhorias citadas pelos produtores.

Ações de melhoria	Frequência	%
Implementar melhores tratamentos culturais (desbrota, poda etc.)	137	52,7
Adubar o cafezal	119	45,8
Fazer calagem da área plantada	69	26,5
Melhorar o processo de colheita	65	25,0
Construir um terreiro de cimento	38	14,6
Fazer a recepção de lavouras velhas	36	13,9
Nenhuma	35	13,5
Não resposta	18	6,9
Outros	08	3,1
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>-</b>

Nota: Respostas múltiplas.

## O setor de comercialização

Em virtude da não disponibilização de dados oficiais sobre o número de empresas comercializadoras de café em Rondônia, definiu-se, com a colaboração de um técnico da área de comercialização e classificação de café da Emater-RO<sup>3</sup>, profundo conhecedor do setor no Estado, uma amostra de 21 cerealistas nos municípios listados na Tabela 2, dada a sua localização e importância no processo de comercialização do café produzido no Estado.

No conjunto das empresas amostradas, 11 se caracterizam como microempresas, conforme critério adotado pelo IBGE (2003), que classifica as empresas de acordo com o número de funcionários que possuem<sup>4</sup>. A Tabela 31 apresenta a categorização das empresas objeto do estudo, por município.

**Tabela 31.** Personalidade jurídica das empresas, por município.

Município	Personalidade jurídica						Total
	Micro empresa	Pequena empresa	Média empresa	Grande empresa	Cooperativa	Associação	
Alta Floresta d'Oeste	3	0	0	0	0	0	3
Alto Paraíso	1	0	0	0	0	1	2
Buritis	2	0	0	0	0	0	2
Cacoal	0	1	0	1	1	0	3
Machadinho d'Oeste	1	1	0	0	1	0	3
Ministro Andreazza	1	0	0	0	1	0	2
Nova Brasilândia d'Oeste	2	1	0	0	0	0	3
Ouro Preto do Oeste	1	1	0	0	0	0	2
Rolim de Moura	0	1	0	0	0	0	1
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>21</b>

O escopo de abrangência no processo de aquisição do café por parte dessas empresas varia de acordo com a característica e o tamanho delas, sendo que algumas atuam localmente e outras têm uma amplitude geográfica maior (Tabela 32).

<sup>3</sup> Trata-se do técnico Benedito Alves, lotado no escritório da Emater-RO em Ouro Preto do Oeste.

<sup>4</sup> A classificação adotada pelo IBGE é a seguinte: microempresa: até nove funcionários; pequena empresa: de 10 a 49 funcionários; média empresa: de 50 a 99 funcionários; grande empresa: mais de 100 funcionários.

**Tabela 32.** Locais de aquisição de café pelas empresas pesquisadas.

Localização da empresa	Personalidade jurídica	Locais de aquisição do café
Alta Floresta d'Oeste	Microempresa	Buritis, Campo Novo de Rondônia, Cacoal, Santa Luzia d'Oeste, Rio Pardo (Porto Velho) e Alta Floresta d'Oeste
	Microempresa	Alta Floresta d'Oeste e Buritis
	Microempresa	Santa Luzia d'Oeste, Alta Floresta d'Oeste, Alto Alegre dos Parecis e Rolim de Moura
Alto Paraíso	Microempresa	Alto Paraíso
	Associação	Alto Paraíso
Buritis	Microempresa	Buritis, Campo Novo de Rondônia, Monte Negro, e Rio Pardo (Porto Velho)
	Microempresa	Buritis e Campo Novo de Rondônia
Cacoal	Pequena empresa	Todo o Estado
	Grande empresa	Todo o Estado
	Cooperativa	Cacoal
Machadinho d'Oeste	Microempresa	Machadinho d'Oeste
	Pequena empresa	Machadinho d'Oeste, Vale do Anari e Cujubim
	Cooperativa	Machadinho d'Oeste
Ministro Andreazza	Microempresa	Ministro Andreazza e São Miguel do Guaporé
	Cooperativa	Ministro Andreazza e Cacoal
Nova Brasilândia d'Oeste	Microempresa	Nova Brasilândia, Novo Horizonte e São Miguel
	Microempresa	Nova Brasilândia
	Pequena empresa	Nova Brasilândia, São Miguel, Seringueiras e Urupá
Ouro Preto do Oeste	Microempresa	Ouro Preto do Oeste, Vale do Paraíso, Nova União e Teixeiraópolis
	Pequena empresa	Ouro Preto do Oeste, Vale do Paraíso, Nova União, Teixeiraópolis, Vale do Anari, Theobroma e Machadinho d'Oeste
Rolim de Moura	Pequena empresa	

A compra do café por parte das cooperativas e associação é realizada diretamente do produtor, sendo que, no caso das microempresas, 86,3% das aquisições são feitas da mesma forma (Tabela 33).

**Tabela 33.** Percentual de compra de café diretamente do produtor pelas empresas.

Personalidade jurídica	% de compra de produtor
Microempresa	86,3
Pequena empresa	46,0
Média empresa	0,0
Grande empresa	5,0
Cooperativa	100,0
Associação	100,0
<b>Total</b>	<b>75,4</b>

Excetuando a associação e cooperativas, as outras empresas adquirem o produto de intermediários informais, principalmente as micro e pequenas empresas. No caso da grande empresa participante da pesquisa, a compra é feita majoritariamente de outros cerealistas, haja vista que adquire somente 5% do café diretamente dos produtores. A aquisição engloba tanto o café em coco quanto beneficiado, exceto a grande empresa citada, que o faz somente na forma beneficiada.

O café comercializado é praticamente todo da espécie *Coffea canephora*. Apenas uma cooperativa do Município de Ministro Andreazza afirmou adquirir café arábica, mesmo

assim em percentual pouco significativo, correspondendo a apenas 0,5% do total que costuma comprar. Com relação à potencialidade de mercado para o café arábica em Rondônia, 31,8% dos comerciantes entendem ser factível sua produção em Rondônia, enquanto outros 68,2% são céticos quanto a esta possibilidade, por considerarem ser difícil produzir café desta espécie com qualidade, em virtude das condições de clima, solo e altitude desfavoráveis.

A maioria das empresas comercializadoras (76,2%) faz adiantamento aos compradores na compra da produção, por meio da emissão de Nota Promissória, que é resgatada mediante a entrega do produto. Esta é uma prática que acaba redundando na realização da colheita com os grãos com índice de maturação fora dos padrões adequados, dada a pressão feita pelos cerealistas junto aos produtores, com prejuízo para esses últimos, pois há menor rendimento decorrente do fato de a colheita ser feita com os grãos, em grande parte, ainda verdes.

Este compromisso de venda por parte dos produtores não é visto por parcela significativa deles como um ato formal com os compradores, pois conforme visto neste capítulo, 80,4% desses produtores afirmaram não ter vínculo contratual com os adquirentes do café que comercializam. No entanto, esta mesma questão, quando posta aos cerealistas, teve resposta diferente, com 66,7% dos entrevistados afirmando existir instrumento contratual formal com os produtores, certamente tendo como parâmetro a Nota Promissória assinada por ocasião do adiantamento de recursos. Outros 19,1% disseram possuir apenas compromisso verbal e os demais 23,9% não possuem compromisso com os fornecedores do produto que adquirem. Os compromissos, tanto formal quanto informal, envolvem, basicamente, quantidade a ser entregue e preço.

O café adquirido pelos cerealistas transita por diferentes canais de comercialização. Há aqueles que vendem o produto para outros cerealistas dentro do próprio Estado e os que o negociam junto a outros compradores fora do Estado (Tabela 34).

**Tabela 34.** Canais de comercialização utilizados pelos cerealistas.

Canais de comercialização	Frequência	%
Cerealistas locais (dentro do Estado)	11	52,4
Indústrias de transformação (torrefadoras, indústrias de café solúvel) fora do Estado	10	47,6
Por meio de corretores	07	33,3
Indústrias de transformação (torrefadoras) dentro do Estado	02	9,5
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>-</b>

Nota: Respostas múltiplas.

São Paulo e Paraná são os principais destinos do café produzido em Rondônia e as empresas Iguazu e Cacique as principais compradoras.

A venda do café pelos produtores é feita sem a classificação do produto, que é realizada pelo cerealista antes de vendê-lo novamente, agregando valor e, certamente, obtendo preço mais vantajoso. A classificação feita obedece ao critério por número de defeitos, conforme metodologia proposta por Cortez (2000), semelhante à utilizada no café arábica, porém com diferença nos números de defeitos permitidos e nas notas de cada categoria, como pode ser observado na Tabela 35.

O café classificado nesta fase é predominantemente do tipo 8 e acima de 8, sendo que apenas três comerciantes não perpetraram a classificação nesta fase, processo que é efetuado pelos adquirentes da etapa seguinte da comercialização. Somente uma

empresa (cooperativa de Machadinho d'Oeste) declarou comercializar café classificado como tipo 7 (200 defeitos).

**Tabela 35.** Classificação do café *C. canephora* quanto ao tipo.

Tipo	Nº de defeitos
2	06
3	12
4	25
5	50
6	100
7	200
8	400
Acima de 8	Acima de 400

Fonte: Cortez (2000).

Os tipos de instrumentos contratuais existentes neste degrau da mercancia não diferem muito dos observados no nível anterior, ou seja, entre produtores e os compradores do seu café, conforme se observa na Tabela 36.

Nas circunstâncias em que existem instrumentos formais de negociação, as condições contratuais mais exigidas são quantidade a ser entregue, preço e padrões de qualidade, ambas com 61,9% de citações. Época de entrega foi outro aspecto mencionado por 42,9% dos respondentes, numa questão de respostas múltiplas.

**Tabela 36.** Compromissos entre os agentes do setor de comercialização.

Instrumentos contratuais	Frequência	%
Contrato formal (escrito) entre os agentes	14	66,6
Compromisso informal (verbal)	1	4,8
Não existe compromisso de venda	6	28,6
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>100,0</b>

Mais da metade das empresas comercializadoras (52,2%) utilizam capital próprio nos trâmites negociais, inclusive adiantando recursos para os produtores. Os demais 47,8% buscam recursos no mercado financeiro, por intermédio de bancos e cooperativas de crédito.

As principais dificuldades enfrentadas pelas empresas no negócio café dizem respeito à alta competitividade no setor e escassez do produto, notadamente na safra 2010/2011, ano de baixa produção. Vale ressaltar que essas duas questões estão intrinsecamente relacionadas, sendo uma, a alta concorrência, decorrente da segunda, escassez do produto. Com a diminuição da oferta, há um acirramento entre os concorrentes, que utilizam artifícios para conseguir maior quantidade de fornecedores, sendo o principal deles a compra antecipada da safra, buscando gerar compromisso do produtor, que nem sempre o cumpre. A Tabela 37 apresenta os obstáculos preponderantes neste processo de comercialização do café no Estado, apontados pelos entrevistados.

Na outra ponta do negócio, ou seja, na escala posterior do processo de comercialização, quando o café é vendido para outros compradores, alguns deles finais, o grau de dificuldade relatado é menor, sendo que 52,2% das empresas afirmaram não ter problemas para comercializar o café. Algumas questões pontuais foram colocadas, como legislação tributária, conferência de tipo e peso, pouco conhecimento do mercado externo (fora do Estado) e oscilação nos preços.



**Tabela 37.** Principais dificuldades no processo de aquisição de café citadas pelas empresas.

Dificuldade de aquisição	Frequência	%
Concorrência	06	28,6
Escassez do produto	06	28,6
Não tem dificuldade para adquirir o produto	04	19,0
Estradas ruins	02	9,5
Falta de fidelidade do associado/cooperado	02	9,5
Falta de capital de giro	02	9,5
Dificuldade de receber o produto dos produtores que têm adiantamento na máquina	01	4,8
Dificuldade de se adequar à legislação da vigilância sanitária	01	4,8
Falta de conhecimento do contrato de venda	01	4,8
Falta de mão de obra	01	4,8
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>-</b>

Nota: Respostas múltiplas.

Nota-se, neste rol de dificuldades reclamadas tanto na fase de aquisição quanto na de venda do café, que não há menções a problemas no que diz respeito à qualidade do produto, questão recorrente quando se discute os entraves da cafeicultura em Rondônia. Pelo contrário, os entrevistados foram assertivos na declaração de não terem maiores problemas quanto a esse aspecto. Apenas dois deles apontaram o fato do café não ser bem seco, apresentando índice de umidade fora do padrão requerido. Muitos deles, quando indagados sobre o indicador qualidade, relegaram-no com a seguinte frase: “o que tiver de café a gente vende”. Até quando?

A percepção dos agentes do setor de comercialização é a de que está havendo diminuição da área plantada com café no Estado, conforme observação feita por 90,5% dos entrevistados, em virtude da diminuição da oferta do café ao longo dos anos. Na concepção desses atores da cadeia produtiva do café, menor disponibilidade do produto tem relação direta com a retração da área plantada, o que explicaria a menor produção. Essa percepção de diminuição da área plantada procede, já que, de acordo com dados do IBGE/SIDRA (2012), no Estado de Rondônia houve uma redução de área de café destinada à colheita de quase 10.000 ha no período entre 2006 e 2011. Isso representa um decréscimo na área em torno de mais de 6%. Entretanto, a adoção de melhores práticas de cultivo e de melhoria das técnicas de colheita e preparo pode proporcionar uma maior produtividade e, conseqüentemente, maior produção, sem necessariamente ter que aumentar a área plantada ou manter a atualmente existente.

As causas indicadas como contribuintes dessa diminuição da área plantada são diversas, e muitas delas têm a ver mais com circunstâncias e questões de fato do que necessariamente com o tamanho do parque cafeeiro, conforme pode ser observado na Tabela 38.

Na concepção desse segmento da cadeia do café, os fatores elencados na Tabela 38 podem se apresentar como críticos para o desenvolvimento da cafeicultura local, daí preverem uma diminuição futura da área plantada com a cultura, embora parte deles perceba que a tendência seja o contrário, ou seja, de aumento da área. Há também os que esperam uma melhoria na qualidade do produto, implicando em ganhos significativos para o segmento da cadeia como um todo. A Tabela 39 apresenta a expectativa dos comerciantes, em um horizonte de cinco anos, concernente à atividade cafeeira rondoniense.

**Tabela 38.** Principais causas de redução da área plantada com café, na percepção dos agentes do setor de comercialização.

Causas de redução da área plantada	Frequência	%
Fatores climáticos	09	42,9
Falta de mão de obra	06	28,6
Oscilações no preço do café	05	23,8
Maior incentivo à pecuária	05	23,8
Falta de incentivo governamental	04	19,0
Cafezais velhos	04	19,0
Falta de assistência técnica	03	14,3
Falta de tratos culturais	02	9,5
Baixa produtividade	01	4,8
Barreiras ambientais	01	4,8
Falta de correção do solo	01	4,8
Migração para outras atividades	01	4,8
Pragas	01	4,8
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>-</b>

Nota: Respostas múltiplas.

**Tabela 39.** Perspectivas do segmento de comercialização em relação à atividade cafeeira.

Expectativas de produção futura	Frequência	%
Vai diminuir a área plantada	11	52,4
Vai melhorar a qualidade do café	08	38,1
Vai aumentar a área plantada	07	33,3
A atividade cafeeira tende a desaparecer	01	4,8
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>-</b>

Nota: Respostas múltiplas.

Quando indagados sobre quais ações o governo do Estado poderia empreender no sentido de incentivar e melhorar as condições do setor cafeeiro, emergiu como prioritária a implantação de um plano específico para a atividade, englobando todos os seus elos (Tabela 40). Interessante notar que todas as citações são convergentes na busca de melhorar, principalmente, as condições de produção, o que, de resto, implica na formulação de políticas públicas que possam alavancar, definitivamente, a cafeicultura local, visando torná-la efetiva e em condições de competir no cenário nacional e internacional.

**Tabela 40.** Ações sugeridas para melhoria da competitividade do setor cafeeiro.

Ações de melhoria sugeridas	Frequência	%
Plano de governo específico para a cafeicultura	10	47,6
Facilitar linhas de crédito específicas para o setor cafeeiro	06	28,6
Disponibilidade de material genético superior	06	28,6
Incentivar adubação e correção do solo, visando melhorar a produtividade	06	28,6
Incentivar a qualidade	04	19,0
Investir em assistência técnica	04	19,0
Incentivar a irrigação	04	19,0
Palestras e dias de campo para produtores	02	9,5
Financiar estudos básicos	01	4,8
Reduzir ICMS do frete	01	4,8
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>-</b>

Nota: Respostas múltiplas.

## Considerações finais

A compreensão do funcionamento de um setor produtivo não se limita às interfaces que ocorrem dentro dele próprio. É necessário analisar e compreender as inter-relações existentes entre os diversos agentes econômicos que estão à sua volta, ou seja, é imperativo que se estabeleçam vínculos que permitam uma análise das suas perspectivas e desafios, de modo a propor e realizar intervenções que possam equacionar ou minimizar as dificuldades identificadas, bem como aprimorar os pontos positivos.

O advento do conceito de sistema agroindustrial ampliou a base de análise da agricultura, vista anteriormente como um setor isolado e estanque, como se outras operações não ocorressem no seu entorno e não fossem interdependentes, como é o caso do setor de comercialização.

O café é uma atividade agrícola de grande importância tanto no cenário nacional quanto internacional, responsável pela geração de emprego, renda e de divisas para o país, dada a sua participação significativa na balança comercial brasileira.

Rondônia tem figurado entre os seis principais estados produtores de café do Brasil, sendo o segundo maior produtor da espécie *Coffea canephora*, atrás apenas do Espírito Santo. A atividade tem expressiva importância econômica e social, sendo importante fonte de renda para cerca de 30.000 produtores rurais, a maioria de agricultores familiares. Quase toda produção de café do Estado é direcionada à indústria de solúvel, tendo como principais estados compradores São Paulo e Paraná.

Considerando que a intervenção em qualquer setor econômico depende fundamentalmente da identificação dos fatores que interferem no seu desenvolvimento, foi proposta e realizada pesquisa junto aos setores de produção e comercialização do café em Rondônia, de forma a possibilitar a análise da situação atual, dos desafios e das perspectivas, com base no conjunto de informações e dados levantados.

A pesquisa realizada junto aos produtores revelou que o índice tecnológico empregado é baixo, resultando em produtividade média também baixa, indicando a necessidade de adoção de tecnologias básicas que permitam melhorar a competitividade e eficiência do setor, tais como correção de solo, adubação e tratamentos culturais adequados.

Já o setor de comercialização se caracteriza pela presença de microempresas, com atuação mais regional e até mesmo local. Em virtude da diminuição da oferta do produto em decorrência de quebras nas safras, tem aumentado a concorrência no setor. Este segmento assume grande importância na medida em que acaba exercendo também o papel de agente financeiro, adiantando recursos aos produtores para financiar a colheita do café. Entretanto, esta prática, não rara, redundando em dependência do produtor, que finda vendendo seu produto por preços pouco compensadores. O ideal é que todos os produtores tivessem acesso a crédito por meio de agentes financeiros oficiais.

Desta forma, os resultados obtidos pela análise conjunta desses dois segmentos da cadeia produtiva do café no Estado de Rondônia indicam haver grandes desafios pela frente, que precisam de ações conjuntas e de melhor interação não só desses dois setores, mas principalmente da formulação de políticas públicas efetivas, que sejam indutoras do desenvolvimento, visando garantir a continuidade da atividade cafeeira, de forma a proporcionar melhores condições socioeconômicas para os que dela dependem,

ou seja, as quase 30.000 famílias que obtêm do café boa parte da renda que garantem seu sustento.

## Referências

CORTEZ, J. C. A qualidade do café robusta. In: SEMINARIO PERSPECTIVAS DA CULTURA DO CAFE NA AMAZONIA, 2000, Ji-Paraná. **Anais...** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2000. 157 p. il. (Embrapa Rondônia. Documentos, 50). p. 37-39.

DADOS da primeira etapa de vacinação contra febre aftosa em Rondônia. Porto Velho: IDARON, 2011. Não publicado.

DAVIS, J. H.; GOLDBERG, R. A. **A concept of agribusiness**. Boston: Harvard University, 1957.

GONZAGA, D. S. M.; FERNANDES, S. R. **Preparo do café em Rondônia**. 2. reimp. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2007. 1 folder.

IBGE. **As Micro e pequenas empresas comerciais e de serviços no Brasil**: 2001. Rio de Janeiro: IBGE, 2003.

IBGE. **Censo agropecuário 2006**: Brasil, grandes regiões, unidades de federação, mesorregiões geográficas e municípios. Rio de Janeiro, 2009.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Área colhida de café em Rondônia, 2006 - 2011**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1613&z=p&o=26&i=P>>. Acesso em: 13 dez. 2012.

LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO ESTADO DE RONDÔNIA. Porto Velho: IBGE, Safra 2011/2012, dez. 2012.

LACKI, P. O que pedem os agricultores e o que podem os governos: mendigar dependência ou proporcionar emancipação? **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 16, n. 2, p. 157-162, maio/ago. 1999.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Departamento de Planejamento e Desenvolvimento do Comércio Exterior – DEPLA, da Secretaria de Comércio Exterior – SECEX. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Balança comercial brasileira**: dados consolidados. Brasília: MDIC, 2011. Disponível em: <[http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwn\\_1331125742.pdf](http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwn_1331125742.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2012.

PINHEIRO, R. M.; CASTRO, G. C.; SILVA, H. H.; NUNES, J. M. G. **Comportamento do consumidor e pesquisa de mercado**. Rio de Janeiro: FGV, 2004.

METODOLOGIA do programa SEBRAE cadeias produtivas agroindustriais. Brasília, DF: SEBRAE/NA, 2000. 56 p. (Série agronegócios)

SELLTIZ, C.; JOHODA, M.; DEUTSEH, M.; COOK, S. W. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: EPU, 1974. 687 p.



**Embrapa**

**Rondônia**

Parceiro

USINA  
**JIRAU**

**S** Energia  
Sustentável  
do Brasil

Apoio

Secretaria de Estado da  
Agricultura, Pecuária, Desenvolvimento  
e Regularização Fundiária

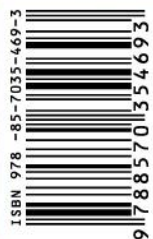


**RONDÔNIA**  
Governho do Estado



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PÁTRIA EDUCADORA



CGPE 12240