



Tópicos Especiais na Produção de

Cafés de Qualidade

Incapêr
Instituto Capixaba de Pesquisa,
Assistência Técnica e Extensão Rural

Tópicos especiais na produção de

Cafés de Qualidade

Tópicos especiais na produção de **Cafés de Qualidade**

Organizadores

João Felipe de Brites Senra
Marianna Abdalla Prata Guimarães
Maria Amélia Gava Ferrão
Luiz Carlos Santos Caetano
Josimar Aleixo da Silva
Tássio da Silva de Souza
Fabiano Tristão Alixandre



Vitória, ES
2025

© 2025 - Incaper

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
Rua Afonso Sarlo, 160, Bento Ferreira, Vitória-ES, Brasil
CEP: 29052-010 - Telefones: (27) 3636-9888/ 3636-9846
<http://incaper.es.gov.br>
<https://editora.incaper.es.gov.br>
coordenacaoeditorial@incaper.es.gov.br

ISBN: 978-85-89274-51-7
DOI: 10.54682/livro.9788589274517
Editor: Incaper
Formato: Impresso
Tiragem: 500
Janeiro 2025

Conselho Editorial

Antonio Elias Souza da Silva – Presidente	José Aires Ventura
Agno Tadeu da Silva	José Altino Machado Filho
Anderson Martins Pilon	José Salazar Zanuncio Junior
André Guarçoni Martins	Marianna Abdalla Prata Guimarães
Fabiana Gomes Ruas	Mauricio Lima Dan
Felipe Lopes Neves	Vanessa Alves Justino Borges

Aparecida L. do Nascimento - Coordenadora Editorial
Marcos Roberto da Costa - Coordenador Editorial Adjunto

Equipe de Produção

Projeto gráfico, capa e diagramação: Thiago Fagner dos Santos Sousa
Revisão textual: Danielle Cristine de Paula Santos
Coordenação de Diagramação: Laudeci Maria Maia Bravin
Coordenação de Revisão Textual: Marcos Roberto da Costa
Ficha catalográfica: Eugênia Magna Broseguini Keys

Fotos: Crédito na imagem
Ilustrações: Elaboradas pelo(s) autor(es)

Todos os direitos reservados nos termos da Lei 9.610/1998, que resguarda os direitos autorais. É proibida a reprodução total ou parcial por qualquer meio ou forma, sem a expressa autorização do Incaper e dos autores.

Incaper - Biblioteca Rui Tendinha
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

633.73 T674	Tópicos especiais na produção de cafés de qualidade / Organizadores João Felipe de Brito Senra ... [et al.]. 1. Ed. – Vitória : Incaper, 2025. 224 p. : il., color. ; 21 x 28 cm. ISBN: 978-85-89274-51-7 DOI: 10.54682/livro.9788589274517 1. Cafeicultura. 2. Sistema de cultivo. 3. <i>Coffea arabica</i> – Espírito Santo. 4. Café Robusta – Espírito Santo. 5. Plantio. I. Senra, João Felipe de Brito. II. Guimarães, Marianna Abdalla Prata. III. Ferrão, Maria Amélia Gava. IV. Caetano, Luiz Carlos Santos. V. Silva, Josimar Aleixo da. VI. Souza, Tássio da Silva de. VII. Alixandre, Fabiano Tristão. VIII. Espírito Santo (Estado). IX. Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). X. Título.
----------------	--

ORGANIZADORES:

João Felipe de Brites Senra

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas, Agente de Extensão em Desenvolvimento Rural, joaofelipeagronomo@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7915-2821, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

Marianna Abdalla Prata Guimarães

Engenheira Agrônoma, M.Sc. Ciências Florestais, Agente de Extensão em Desenvolvimento Rural, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

Maria Amélia Gava Ferrão

Engenheira Agrônoma, D.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas. Pesquisadora Embrapa Café/Incaper (Aposentada).

Luiz Carlos Santos Caetano

Engenheiro Agrônomo, DSc. Produção Vegetal, Agente de Pesquisa e Inovação em Desenvolvimento Rural, Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Sul, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

Josimar Aleixo da Silva

Engenheiro Agrônomo, DSc. Fitotecnia, Bolsista FAPES.

Tássio da Silva de Souza

Técnico em agropecuária, M.Sc. Agroecologia, Técnico em Desenvolvimento Rural, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

Fabiano Tristão Alexsandre

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Produção Vegetal, Agente de Extensão em Desenvolvimento Rural, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).



DEMAIS AUTORES:

Abraão Carlos Verdin Filho

Bacharel Administração Rural, D.Sc. Produção Vegetal, Pesquisador, Fazenda Experimental de Marilândia, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

André Guarçoni Martins

Engenheiro Agrônomo, DSc. Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador, Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Sul, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

André Rostand Ramalho Figueiredo

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Fitotecnia, Pesquisador Embrapa Café.

Alexsandro Lara Teixeira

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador Embrapa Café.

Aymbiré Francisco Almeida da Fonseca

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Fitotecnia, Pesquisador Embrapa Café/Incaper (Aposentado).

Elaine Manelli Riva Souza

Engenheira Agrônoma, D.Sc. Produção Vegetal/Fitomelhoramento, Pesquisadora, Centro Regional Centro-Serrano, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

Fabiano Tristão Alixandre

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Produção Vegetal, Agente de Extensão em Desenvolvimento Rural, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

Idalina Sturião Milheiros

Técnica em Agropecuária, Bacharel em Administração (Incaper).

João Maria Diocleciano

Engenheiro Agrônomo, Pesquisador Embrapa Café.

José Altino Machado Filho

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Fisiologia Vegetal, Pesquisador, Centro de Pesquisa Desenvolvimento e Inovação Norte, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

Lucas Louzada Pereira

Bacharel Administração Rural, D.Sc. Engenharia de Produção, Professor IFES.

Lucimara Cruz de Souza

Bióloga, D.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas, Professora UFLA.

Marcelo Curitiba Espindula

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Fitotecnia, Pesquisador Embrapa Café.

Marcone Comério

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Produção Vegetal, Agenda de Extensão em Desenvolvimento Rural, Fazenda Experimental de Marilândia, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

Patrícia Fontes Pinheiro

Química, DSc. Agroquímica, Professora UFV.

Patrícia Moraes da Matta Campbell

Engenheira Agrônoma, D.Sc. Ciências Ambientais e Florestais, Agente de Extensão em Desenvolvimento Rural, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

Paulo Sergio Volpi

Bacharel Administração Rural, Pesquisador, Fazenda Experimental de Marilândia, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

Rodrigo Barros Rocha

Biólogo, D.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas, Pesquisador Embrapa Café.

Rodrigo Scherer

Bacharel Farmácia e Bioquímica. D.Sc. Ciência de Alimentos, Professor UVV.

Romário Gava Ferrão

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Genética e Melhoramento de Plantas. Pesquisador do Incaper (Aposentado) e professor Multivix.

AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, em especial aos pesquisadores e extensionistas que contribuíram com seu conhecimento sobre a cultura e aos demais servidores do Incaper que estiveram envolvidos diretamente nos trabalhos que levaram ao desenvolvimento das tecnologias apresentadas nesta publicação.

Às instituições de fomento à pesquisa que em diferentes momentos, seja com financiamento de projetos, seja com concessão de bolsas de produtividade, de apoio técnico, de iniciação científica, entre as quais a FAPES, o Consórcio Pesquisas café e o CNPq.

Ao Incaper e a Seag, que ao longo dos anos apoiaram os diferentes projetos de desenvolvimento das tecnologias apresentadas.

Aos colegas que atuaram como revisores, agradecemos pelas observações e considerações que melhoraram substancialmente a qualidade da obra.

Aos produtores que colocaram suas propriedades à disposição para a condução das pesquisas de campo e que se dedicaram no compartilhamento das atividades de acompanhamento dos trabalhos de campo e afins.



APRESENTAÇÃO

O Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) orgulha-se do lançamento e disponibilização do livro Tópicos especiais na produção de cafés de qualidade.

Esta obra, sob a organização de João Felipe de Brites Senra, Marianna Abdalla Prata Guimarães, Maria Amélia Gava Ferrão, Luiz Carlos Santos Caetano, Tássio da Silva de Souza e o colaborador externo do Incaper Josimar Aleixo da Silva contempla 5 capítulos com informações atualizadas para a cafeicultura capixaba. O livro faz referência às principais cultivares de cafeeiro arábica e conilon recomendados para o estado do Espírito Santo, apresenta a origem e potencialidade dos cultivares Robustas Amazônicos, discute as recomendações de adubação e calagem de lavouras cafeeiras, os aspectos físico-químico e sensoriais dos cafeeiros conilon do programa de melhoramento genético do Incaper e finaliza com um capítulo abordando aspectos vitais para produção de cafés especiais.

O Incaper se orgulha de entregar aos pesquisadores, extensionistas, professores, estudantes, produtores e aos diferentes elos da cadeia produtiva do café uma obra com potencial para impulsionar a produção de cafés especiais. O livro centraliza um conjunto específico de informações para auxiliar aos técnicos na orientação dos cafeicultores rumo à produção de xícaras superiores.

Cleber Guerra

Diretor Setorial Administrativo-Financeiro

Antonio Elias Souza da Silva

Diretor-Geral (respondendo)

Diretor Setorial Técnico



SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	16
1 INTRODUÇÃO	17
2 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A RECOMENDAÇÃO DE CULTIVARES DE CAFÉ	34
3 CULTIVARES DE <i>COFFEA CANEPHORA</i> RECOMENDADAS PARA O ESTADO DO ESPÍRITO SANTO ..	42
3.1 EMCAPA 8111, EMCAPA 8121 E EMCAPA 8131 - CULTIVARES DE MATURAÇÃO PRECOCE, INTERMEDIÁRIA E TARDIA	42
3.2 'EMCAPA 8141' ROBUSTÃO CAPIXABA.....	42
3.3 EMCAPER 8151 'ROBUSTA TROPICAL'	45
3.4 'VITÓRIA INCAPER 8142'	46
3.5 'DIAMANTE ES8112', 'ES8122' JEQUITIBÁ E 'CENTENÁRIA ES8132' - NOVAS CULTIVARES DE MATURAÇÃO PRECOCE, INTERMEDIÁRIA E TARDIA LANÇADAS EM 2013.....	47
3.6 'MARILÂNDIA ES8143'	49
3.7 'ES8152' CONQUISTA	49
4 AVANÇOS EM PRODUTIVIDADE	50
5 CULTIVARES DE <i>COFFEA ARABICA</i> RECOMENDADAS PARA O ESTADO DO ESPÍRITO SANTO	52
5.1 CULTIVARES DESENVOLVIDAS PELO INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS – IAC	52
5.1.1 'Catuaí vermelho' (IAC 44 e IAC 81) e 'Catuaí amarelo' (IAC 62 e IAC 86)	52
5.1.2 'IAC Obatã 1669-20'	53
5.2 CULTIVARES DESENVOLVIDAS PELA FUNDAÇÃO DE APOIO À TECNOLOGIA CAFEIEIRA – FUNPROCAFÉ	54
5.2.1 'Acauã' e 'Acauã Novo'	54
5.2.2 'Catucaí Amarelo 24/137' e 'Catucaí Amarelo 2SL'	54
5.3 CULTIVARES DESENVOLVIDAS PELA EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG	56
5.3.1 'Araponga'	56
5.3.2 'Catiguá MG1' E 'Catiguá MG2'	56

5.3.3 ‘Oeiras MG 6851’	57
5.3.4 ‘Pau Brasil MG1’	58
5.3.5 ‘Rubi MG 1192’	59
5.3.6 ‘Topázio MG 1190’	58
5.3.7 ‘MGS Paraíso 2’	59
5.4 CULTIVAR DESENVOLVIDA PELO INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ – IAPAR/EMATER	61
5.4.1 ‘IPR 103’	62
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
REFERÊNCIAS	63

CAPÍTULO 2	68
1 INTRODUÇÃO	69
2 ROBUSTAS AMAZÔNICOS: ORIGEM	70
3 DE 1981 A 2023: 42 ANOS DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO DE CAFÉ DA EMBRAPA RONDÔNIA	73
4 GANHO DE SELEÇÃO ESTIMADOS E REALIZADOS DE GENÓTIPOS AVALIADOS EM QUATRO AMBIENTES DA AMAZÔNIA OCIDENTAL NO PERÍODO DE 2003 A 2019	83
5 DESAFIOS DE INOVAÇÃO PARA O PROGRAMA DE MELHORAMENTO DE CAFÉ DA EMBRAPA RONDÔNIA NO CICLO 2018-2030	90
6 REDE DE AVALIAÇÃO DE CLONES DO ESTADO DE RONDÔNIA	92
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
REFERÊNCIAS	97

CAPÍTULO 3	100
1 INTRODUÇÃO	101
2 QUALIDADE SENSORIAL E NUTRIENTES	102
2.1 MACRONUTRIENTES	103
2.2 COMPOSTOS QUÍMICOS	105
2.3 SOMBREAMENTO	106
2.4 MICRONUTRIENTES	107

3 NUTRIENTES E FERTILIZANTES	108
3.1 FERTILIZANTES APLICADOS VIA SOLO	109
3.1.1 Fertilizantes Nitrogenados	109
3.1.2 Fertilizantes fosfatados	111
3.1.2.1 Fontes solúveis de fósforo	112
3.1.2.2 Fosfatos parcialmente solúveis	113
3.1.2.3 Fosfatos naturais	113
3.1.2.4 Localização do fertilizante fosfatado	114
3.1.3 Fertilizantes potássicos	114
3.1.4 Fertilizantes cálcicos e magnesianos	116
3.1.5 Fertilizantes sulfurados	117
3.1.6 Fertilizantes contendo micronutrientes	118
3.1.7 Formulações	120
3.1.8 Compatibilidade	120
3.1.9 Poder acidificante e alcalinizante dos fertilizantes	122
3.1.10 Índice salino	122
3.2 FERTILIZANTES APLICADOS VIA FOLIAR	120
3.2.1 Fertilizantes contendo macronutrientes	124
3.2.2 Fertilizantes contendo micronutrientes	125
3.2.3 Sais x Quelatos	126
3.2.4 Coquetéis	127
3.3 FERTILIZANTES APLICADOS VIA FERTIRRIGAÇÃO	127
3.3.1 Solubilidade em água e pureza	127
3.3.2 Compatibilidade	128
3.3.3 pH da água de irrigação	129
3.3.4 Corrosão	129
3.3.5 Acidificação e salinidade	129
REFERÊNCIAS	130

CAPÍTULO 4	140
1 INTRODUÇÃO	141
2 FUNDAMENTAÇÃO DA PESQUISA	142
3 PESQUISAS RELACIONADAS A COMPARAÇÕES ENTRE ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS E SENSORIAIS DE MATERIAIS GENÉTICOS DE CAFÉ ARÁBICA E CONILON DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO DO INCAPER	146
3.1 PRINCIPAIS RESULTADOS DAS PESQUISAS DAS AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS	149
3.2 PRINCIPAIS RESULTADOS DE PESQUISA DAS AVALIAÇÕES SENSORIAIS	163
4 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS E SENSORIAIS RELACIONADOS À QUALIDADE DA BEBIDA DO CAFÉ	166
5 CONCLUSÃO	168
REFERÊNCIAS	169

CAPÍTULO 5	174
1 INTRODUÇÃO	175
2 CAFÉS ESPECIAIS	177
2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	177
2.2 ESPÉCIES E VARIEDADES	178
2.3 PONTO DE MATURAÇÃO	178
2.4 PROCESSOS DE PRODUÇÃO	179
2.4.1 Processamento natural	179
2.4.2 Processamento via úmida	180
2.4.2.1 Cereja descascado	180
2.4.2.2 Honey	182
2.4.3 Fermentados	183
3 ANÁLISE FÍSICA	185
4 ANÁLISE SENSORIAL	189
4.1 GRÃOS QUAKER	197
4.2 DEFEITOS	199
5 SUSTENTABILIDADE	200

6 CERTIFICAÇÃO	201
6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	201
6.2 SELO DE PUREZA ABIC	202
6.3 SELO DE QUALIDADE ABIC	202
6.4 BRAZILIAN SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION (BSCA)	203
6.5 SELO ORGÂNICO	203
6.6 RAINFOREST ALLIANCE CERTIFIED	204
6.7 UTZ CERTIFIED	205
6.8 FAIR TRADE (FT)	205
7 INDICAÇÃO GEOGRÁFICA	206
7.1 INDICAÇÃO DE PROCEDÊNCIA	206
7.2 DENOMINAÇÃO DE ORIGEM	206
8 TORRA	207
8.1 AROMAS E SABORES DO CAFÉ	207
8.2 AÇÚCARES	208
8.3 CICLO DE TORRA	209
8.3.1 Etapa física (Desidratação)	209
8.3.2 Etapa química	209
8.3.2.1 Etapa Química 1 (Q1)	209
8.3.2.2 Química 2 (Q2) - Reações de Maillard + Pirólise	210
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	212
REFERÊNCIAS	213

CAPÍTULO 1

CULTIVARES DE CAFEEIROS INDICADOS PARA O ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Elaine Manelli Riva Souza
João Felipe de Brites Senra
Josimar Aleixo da Silva



CAPÍTULO 1

CULTIVARES DE CAFEIROS INDICADOS PARA O ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das principais atividades do agronegócio mundial, uma commodity presente na pauta de exportações e importações de muitos países, centralizada em apenas duas espécies, *Coffea arabica* (café arábica) e *Coffea canephora* (café conilon/robusta). Os cafeeiros arábica e conilon diferem quanto aos parâmetros genéticos, citológicos e fenotípicos, devido aos distintos centros de origem e diversidade, bem como aos processos de evolução, domesticação e reprodução e reprodução. O *C. arabica* é uma espécie alotetraplóide ($2n = 4x = 44$ cromossomos) autofértil com 10% de polinização cruzada (Carvalho e Mônaco, 1964), oriundo da hibridação natural entre *C. canephora* e *C. eugenoides* (Lashermes *et al.*, 1999; Maurin *et al.*, 2007). O café conilon é uma espécie diploide ($2n = 2x = 22$ cromossomos), alógama e apresenta incompatibilidade do tipo gametofítica (Conagin; Mendes, 1961). O café conilon possui um grande destaque com relação a sua facilidade de propagação vegetativa por segmentos de ramos ortotrópicos, enquanto o café arábica não possui propagação vegetativa viável economicamente. O café arábica tem seu centro de origem na Etiópia e no Sudão do Sul (DAVIS *et al.*, 2012) e o café conilon na África tropical úmida (Davis *et al.*, 2006).

O café arábica é cultivado há centenas de anos (Davis *et al.*, 2018) e o conilon por sua vez tem o primeiro registro de cultivo na África no século XIX (Wrigley, 1988). No Brasil o café arábica foi introduzido no ano de 1727 (Filho *et al.*, 2007). Sua base genética é muito limitada (Carvalho, 1993) e todas as cultivares conhecidas da espécie são derivadas de duas formas botânicas Typica e Bourbon (Anthony *et al.*, 2001). O café conilon foi introduzido no Brasil no ano de 1912 (Merlo, 2012), no Estado do Espírito Santo, como uma resposta à necessidade de cultivo de materiais genéticos resistentes ou tolerantes a ferrugem, provocada pelo fungo *Hemileia vastatrix*. A exploração comercial do café conilon passou a ter maior expressão a partir da década de 60.

O café conilon ganhou rapidamente uma grande importância no mercado internacional devido a sua maior resistência genética a ferrugem (Wrigley, 1988). O café conilon se transformou, em um curto período de aproximadamente 150 anos, de uma pequena cultura africana para uma importante commodity global (Davis *et al.*, 2018). Salienta-se que o café conilon tem sido

vital para o desenvolvimento de cultivares de café arábica resistentes a ferrugem, por meio de hibridações interespecíficas seguidas de retrocruzamentos (Avelino *et al.*, 2015). Um grande exemplo é o Híbrido de Timor (Clarindo *et al.*, 2013), que é uma hibridação espontânea entre *C. arabica* e *C. canephora* com prováveis retrocruzamentos espontâneos com *C. arabica*. Constitui uma importante fonte de resistência a ferrugem nos programas de melhoramento de *Coffea arabica*. Outras espécies do gênero *Coffea* spp. podem ser aplicadas nos programas de melhoramento, tanto do arábica quanto do conilon, conforme o exemplificado na Tabela 1.

Tabela 1 – Espécies do gênero *Coffea* spp. com genes de interesse para os programas de melhoramento de *Coffea arabica* e *Coffea canephora*

Espécie	Caraterísticas de interesse	Autor
<i>C. racemosa</i>	Tolerância ao estresse hídrico	
<i>C. eugenoides</i>	Baixo teor de cafeína	Charrier e Berthaud, 1988
<i>C. salvatrix</i>	Resistência a nematoides	
<i>C. stenophylla</i>		
<i>C. racemosa</i>		
<i>C. salvatrix</i>		
<i>C. liberica</i>	Resistência ao bicho-mineiro (<i>Leucoptera coffeella</i>)	Carvalho <i>et al.</i> , 1991
<i>C. kapakata</i>		
<i>C. eugenoides</i>		
<i>C. dewevrei</i>		
<i>C. congensis</i>	Resistência a doenças foliares	Monaco; Carvalho; Fazuoli, 1974; Fazuoli, 1991
<i>C. liberica</i>	Resistência a nematoides e cochonilha-das- raízes	
<i>C. pseudozonquebaries</i>	Ausência de cafeína nos grãos	

A variabilidade genética presente na espécie *C. canephora* é grande ao passo que para o *C. arabica* é pequena. A introdução do café arábica no Brasil se deu com poucas plantas das cultivares Typica e Bourbon e devido ao fato da espécie ser autógama, a variabilidade só é obtida por meio de cruzamentos controlados em programas de melhoramento, cruzamentos espontâneos em campo (baixa frequência de ocorrência), mutações espontâneas e introdução de germoplas-

ma de outros países. A grande variabilidade genética do cafeeiro conilon se deve à alogamia da espécie e à incompatibilidade gametofítica, que mantém o processo de polinização cruzada criando novas combinações genotípicas a cada geração. Com base nestas fontes de diversidade genética, os institutos de pesquisa em melhoramento genético no Brasil desenvolveram até a presente data 141 cultivares de *C. arabica* e 45 cultivares de *C. canephora* (Figura 1, Tabela 2).

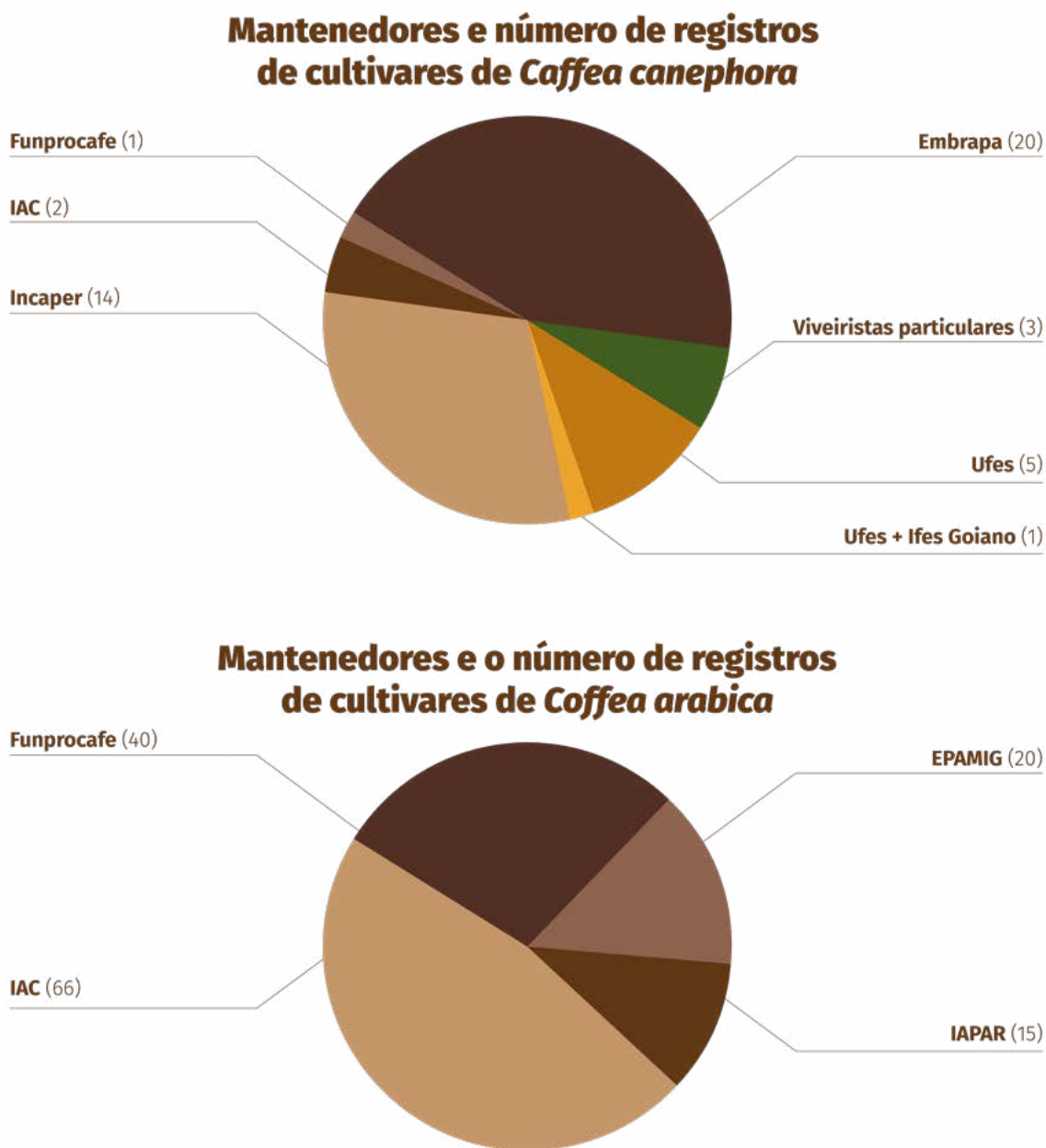


Figura 1 – Instituições de pesquisa e o número de cultivares registradas no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de Cultivarweb (2023).

Tabela 2 – Cultivares de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* registradas no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento

(continua)

Denominação	Mantenedor	Nº do Registro	Cultivar
Acaiá Cerrado - MG 1474	EPAMIG	04392	<i>Coffea arabica</i>
Araponga MG1	EPAMIG	18635	<i>Coffea arabica</i>
Catiguá MG1	EPAMIG	18632	<i>Coffea arabica</i>
Catiguá MG2	EPAMIG	18633	<i>Coffea arabica</i>
MGS Ametista	EPAMIG	36830	<i>Coffea arabica</i>
MGS Aranãs	EPAMIG	33348	<i>Coffea arabica</i>
MGS Catiguá 3	EPAMIG	22098	<i>Coffea arabica</i>
MGS Epamig 1194	EPAMIG	36335	<i>Coffea arabica</i>
MGS Guaiçara	EPAMIG	46710	<i>Coffea arabica</i>
MGS Paraíso 2	EPAMIG	30413	<i>Coffea arabica</i>
MGS Travessia	EPAMIG	23302	<i>Coffea arabica</i>
MGS TURMALINA	EPAMIG	49085	<i>Coffea arabica</i>
MGS Vereda	EPAMIG	46549	<i>Coffea arabica</i>
Oeiras MG 6851	EPAMIG	04755	<i>Coffea arabica</i>
Paraíso MG H 419-1	EPAMIG	15981	<i>Coffea arabica</i>
Pau Brasil MG1	EPAMIG	18634	<i>Coffea arabica</i>
Rubi - MG 1192	EPAMIG	04391	<i>Coffea arabica</i>
Sacramento MG1	EPAMIG	18631	<i>Coffea arabica</i>
Sarchimor MG8840	EPAMIG	30412	<i>Coffea arabica</i>
Topázio MG 1190	EPAMIG	04393	<i>Coffea arabica</i>
Acauã	FUNPROCAFE	04995	<i>Coffea arabica</i>
Acauãma	FUNPROCAFE	47726	<i>Coffea arabica</i>
Acauã novo	FUNPROCAFE	28883	<i>Coffea arabica</i>
Arara	FUNPROCAFE	28884	<i>Coffea arabica</i>
Araraçu	FUNPROCAFE	51133	<i>Coffea arabica</i>
Asabranca	FUNPROCAFE	32737	<i>Coffea arabica</i>
Azulão	FUNPROCAFE	28887	<i>Coffea arabica</i>
Beija flôr	FUNPROCAFE	32739	<i>Coffea arabica</i>
Canário	FUNPROCAFE	04994	<i>Coffea arabica</i>
Catucaí 785-15	FUNPROCAFE	04996	<i>Coffea arabica</i>

Denominação	Mantenedor	Nº do Registro	Cultivar
Catucaí Amarelo 2SL	FUNPROCAFE	04915	<i>Coffea arabica</i>
Catucaí Amarelo 3SM	FUNPROCAFE	04913	<i>Coffea arabica</i>
Catucaí Amarelo Multilínea F5	FUNPROCAFE	04914	<i>Coffea arabica</i>
Catucaí Vermelho 19/8	FUNPROCAFE	04909	<i>Coffea arabica</i>
Catucaí Vermelho 20/15	FUNPROCAFE	04910	<i>Coffea arabica</i>
Catucaí Vermelho 24/137	FUNPROCAFE	04911	<i>Coffea arabica</i>
Catucaí Vermelho 36/6	FUNPROCAFE	04912	<i>Coffea arabica</i>
Catucaí Vermelho Multilínea F5	FUNPROCAFE	04869	<i>Coffea arabica</i>
Catucaí-açu	FUNPROCAFE	05149	<i>Coffea arabica</i>
Catucaiam 2015479	FUNPROCAFE	28885	<i>Coffea arabica</i>
Catucaiam 24137	FUNPROCAFE	28888	<i>Coffea arabica</i>
Catucaiam 78515	FUNPROCAFE	28886	<i>Coffea arabica</i>
Graúna	FUNPROCAFE	44545	<i>Coffea arabica</i>
Guará	FUNPROCAFE	32736	<i>Coffea arabica</i>
IBC-Palma - 1	FUNPROCAFE	04993	<i>Coffea arabica</i>
IBC-Palma - 2	FUNPROCAFE	04998	<i>Coffea arabica</i>
Icatu Tuiuiu	FUNPROCAFE	28889	<i>Coffea arabica</i>
Japy	FUNPROCAFE	28891	<i>Coffea arabica</i>
Japyam	FUNPROCAFE	28892	<i>Coffea arabica</i>
Katipó	FUNPROCAFE	28890	<i>Coffea arabica</i>
Maracatiá	FUNPROCAFE	28893	<i>Coffea arabica</i>
Rouxinol	FUNPROCAFE	28894	<i>Coffea arabica</i>
Sabiá médio	FUNPROCAFE	04990	<i>Coffea arabica</i>
Sabiá precoce	FUNPROCAFE	04997	<i>Coffea arabica</i>
Sabiá tardio	FUNPROCAFE	04992	<i>Coffea arabica</i>
Sabiá-una	FUNPROCAFE	51114	<i>Coffea arabica</i>
Saíra	FUNPROCAFE	28895	<i>Coffea arabica</i>
Siriema 842	FUNPROCAFE	04991	<i>Coffea arabica</i>
Siriema AS 1	FUNPROCAFE	32738	<i>Coffea arabica</i>
Siriema VC 4	FUNPROCAFE	34014	<i>Coffea arabica</i>
Acaiá IAC 474 - 1	IAC	02921	<i>Coffea arabica</i>
Acaiá IAC 474 - 19	IAC	02925	<i>Coffea arabica</i>

Denominação	Mantenedor	Nº do Registro	Cultivar
Acaiá IAC 474 - 20	IAC	02926	<i>Coffea arabica</i>
Acaiá IAC 474 - 4	IAC	02922	<i>Coffea arabica</i>
Acaiá IAC 474 - 6	IAC	02923	<i>Coffea arabica</i>
Acaiá IAC 474 - 7	IAC	02924	<i>Coffea arabica</i>
Bourbon Amarelo IAC J10	IAC	02903	<i>Coffea arabica</i>
Bourbon Amarelo IAC J19	IAC	02904	<i>Coffea arabica</i>
Bourbon Amarelo IAC J2	IAC	02901	<i>Coffea arabica</i>
Bourbon Amarelo IAC J20	IAC	02905	<i>Coffea arabica</i>
Bourbon Amarelo IAC J22	IAC	02906	<i>Coffea arabica</i>
Bourbon Amarelo IAC J24	IAC	02907	<i>Coffea arabica</i>
Bourbon Amarelo IAC J9	IAC	02902	<i>Coffea arabica</i>
Bourbon Vermelho IAC 662	IAC	02900	<i>Coffea arabica</i>
Catuaí Amarelo IAC 100	IAC	02942	<i>Coffea arabica</i>
Catuaí Amarelo IAC 17	IAC	02935	<i>Coffea arabica</i>
Catuaí Amarelo IAC 32	IAC	02936	<i>Coffea arabica</i>
Catuaí Amarelo IAC 39	IAC	02937	<i>Coffea arabica</i>
Catuaí Amarelo IAC 47	IAC	02938	<i>Coffea arabica</i>
Catuaí Amarelo IAC 62	IAC	02939	<i>Coffea arabica</i>
Catuaí Amarelo IAC 74	IAC	02940	<i>Coffea arabica</i>
Catuaí Amarelo IAC 86	IAC	02941	<i>Coffea arabica</i>
Catuaí Vermelho IAC 144	IAC	02934	<i>Coffea arabica</i>
Catuaí Vermelho IAC 15	IAC	02927	<i>Coffea arabica</i>
Catuaí Vermelho IAC 24	IAC	02928	<i>Coffea arabica</i>
Catuaí Vermelho IAC 44	IAC	02929	<i>Coffea arabica</i>
Catuaí Vermelho IAC 51	IAC	02930	<i>Coffea arabica</i>
Catuaí Vermelho IAC 72	IAC	02931	<i>Coffea arabica</i>
Catuaí Vermelho IAC 81	IAC	02932	<i>Coffea arabica</i>
Catuaí Vermelho IAC 99	IAC	02933	<i>Coffea arabica</i>
Caturra Amarelo IAC 476	IAC	02896	<i>Coffea arabica</i>
Caturra vermelho IAC 477	IAC	02897	<i>Coffea arabica</i>
IAC 125 RN	IAC	28587	<i>Coffea arabica</i>
IAC Catuaí SH3	IAC	34813	<i>Coffea arabica</i>

Denominação	Mantenedor	Nº do Registro	Cultivar
IAC Obatã 4739	IAC	30009	<i>Coffea arabica</i>
IAC Ouro Verde	IAC	29871	<i>Coffea arabica</i>
Ibairi IAC 4761	IAC	02899	<i>Coffea arabica</i>
Icatu Amarelo IAC 2907	IAC	02952	<i>Coffea arabica</i>
Icatu Amarelo IAC 2944	IAC	02954	<i>Coffea arabica</i>
Icatu Amarelo IAC 3686	IAC	02953	<i>Coffea arabica</i>
Icatu Precoces IAC 3282	IAC	02955	<i>Coffea arabica</i>
Icatu Vermelho IAC 2941	IAC	02943	<i>Coffea arabica</i>
Icatu Vermelho IAC 2942	IAC	02944	<i>Coffea arabica</i>
Icatu Vermelho IAC 2945	IAC	02945	<i>Coffea arabica</i>
Icatu Vermelho IAC 4040	IAC	02946	<i>Coffea arabica</i>
Icatu Vermelho IAC 4041	IAC	02947	<i>Coffea arabica</i>
Icatu Vermelho IAC 4043	IAC	02948	<i>Coffea arabica</i>
Icatu Vermelho IAC 4045	IAC	02949	<i>Coffea arabica</i>
Icatu Vermelho IAC 4046	IAC	02950	<i>Coffea arabica</i>
Icatu Vermelho IAC 4228	IAC	02951	<i>Coffea arabica</i>
Laurina IAC 870	IAC	02898	<i>Coffea arabica</i>
Mundo Novo IAC 376 - 4	IAC	02908	<i>Coffea arabica</i>
Mundo Novo IAC 379 - 19	IAC	02909	<i>Coffea arabica</i>
Mundo Novo IAC 382 - 14	IAC	02910	<i>Coffea arabica</i>
Mundo Novo IAC 388 - 17	IAC	02912	<i>Coffea arabica</i>
Mundo Novo IAC 388 - 17 - 1	IAC	02913	<i>Coffea arabica</i>
Mundo Novo IAC 388 - 6	IAC	02911	<i>Coffea arabica</i>
Mundo Novo IAC 464 - 12	IAC	02915	<i>Coffea arabica</i>
Mundo Novo IAC 467 - 11	IAC	02914	<i>Coffea arabica</i>
Mundo Novo IAC 480 - 6	IAC	02916	<i>Coffea arabica</i>
Mundo Novo IAC 501 - 5	IAC	02917	<i>Coffea arabica</i>
Mundo Novo IAC 502 - 1	IAC	02918	<i>Coffea arabica</i>
Mundo Novo IAC 515 - 11	IAC	02919	<i>Coffea arabica</i>
Mundo Novo IAC 515 - 20	IAC	02920	<i>Coffea arabica</i>
Obatã IAC 1669 - 20	IAC	02956	<i>Coffea arabica</i>
Tupi IAC 1669 - 33	IAC	02957	<i>Coffea arabica</i>

Denominação	Mantenedor	Nº do Registro	Cultivar
Iapar 59	IAPAR-EMATER	02324	<i>Coffea arabica</i>
IPR 100	IAPAR-EMATER	09948	<i>Coffea arabica</i>
IPR 101	IAPAR-EMATER	09947	<i>Coffea arabica</i>
IPR 102	IAPAR-EMATER	09946	<i>Coffea arabica</i>
IPR 103	IAPAR-EMATER	09945	<i>Coffea arabica</i>
IPR 104	IAPAR-EMATER	09944	<i>Coffea arabica</i>
IPR 105	IAPAR-EMATER	09943	<i>Coffea arabica</i>
IPR 106	IAPAR-EMATER	09942	<i>Coffea arabica</i>
IPR 107	IAPAR-EMATER	09941	<i>Coffea arabica</i>
IPR 108	IAPAR-EMATER	09940	<i>Coffea arabica</i>
IPR 97	IAPAR-EMATER	09951	<i>Coffea arabica</i>
IPR 98	IAPAR-EMATER	09950	<i>Coffea arabica</i>
IPR 99	IAPAR-EMATER	09949	<i>Coffea arabica</i>
IPR Alvorada	IAPAR-EMATER	48400	<i>Coffea arabica</i>
IPR Pérola	IAPAR-EMATER	48402	<i>Coffea arabica</i>
BRS 1216	EMBRAPA	39561	<i>Coffea canephora</i>
BRS 2299	EMBRAPA	41306	<i>Coffea canephora</i>
BRS 2314	EMBRAPA	39560	<i>Coffea canephora</i>
BRS 2336	EMBRAPA	39562	<i>Coffea canephora</i>
BRS 2357	EMBRAPA	41305	<i>Coffea canephora</i>
BRS 3137	EMBRAPA	39557	<i>Coffea canephora</i>
BRS 3193	EMBRAPA	41304	<i>Coffea canephora</i>
BRS 3210	EMBRAPA	39559	<i>Coffea canephora</i>
BRS 3213	EMBRAPA	39556	<i>Coffea canephora</i>
BRS 3220	EMBRAPA	39555	<i>Coffea canephora</i>
BRS Ouro Preto	EMBRAPA	29486	<i>Coffea canephora</i>
BRS Primalta	EMBRAPA	46372	<i>Coffea canephora</i>
BRS Primalta 20	EMBRAPA	46373	<i>Coffea canephora</i>
BRS Primalta 30	EMBRAPA	46383	<i>Coffea canephora</i>
BRS Primalta 40	EMBRAPA	46384	<i>Coffea canephora</i>
BRS Primalta 50	EMBRAPA	46385	<i>Coffea canephora</i>
BRS Primalta 60	EMBRAPA	46386	<i>Coffea canephora</i>

Denominação	Mantenedor	Nº do Registro	Cultivar
BRS Primalta 70	EMBRAPA	46387	<i>Coffea canephora</i>
BRS Primalta 80	EMBRAPA	46411	<i>Coffea canephora</i>
BRS Primalta 90	EMBRAPA	46412	<i>Coffea canephora</i>
Ipiranga 501	Francisco Luis da Silva Felner	26043	<i>Coffea canephora</i>
Colatina PR6	FUNPROCAFE	34015	<i>Coffea canephora</i>
Apoatã IAC 2258	IAC	02958	<i>Coffea canephora</i>
IAC Herculândia	IAC	52409	<i>Coffea canephora</i>
Centenária ES8132	INCAPER	31001	<i>Coffea canephora</i>
Conilon	INCAPER	05381	<i>Coffea canephora</i>
Diamante ES8112	INCAPER	31002	<i>Coffea canephora</i>
EMCAPA - 8111 - PRECOCE	INCAPER	05384	<i>Coffea canephora</i>
EMCAPA - 8131	INCAPER	05382	<i>Coffea canephora</i>
EMCAPA - 8121	INCAPER	05383	<i>Coffea canephora</i>
EMCAPA 8141 Robustão Capixaba	INCAPER	05385	<i>Coffea canephora</i>
EMCAPER 8151 - Robusta Tropical	INCAPER	06382	<i>Coffea canephora</i>
ES8122	INCAPER	31003	<i>Coffea canephora</i>
ES8152	INCAPER	41517	<i>Coffea canephora</i>
ES8161 Goytacá	INCAPER	49201	<i>Coffea canephora</i>
Marilândia ES8143	INCAPER	37678	<i>Coffea canephora</i>
Vitória Incaper 8142	INCAPER	20471	<i>Coffea canephora</i>
ANDINA	IFES Goiano e UFES	39441	<i>Coffea canephora</i>
SV 2010	José Jânio Bizi	27053	<i>Coffea canephora</i>
FORTE GUARANI	UFES	49301	<i>Coffea canephora</i>
MONTE PASCOAL	UFES	44082	<i>Coffea canephora</i>
PLENA	UFES	50300	<i>Coffea canephora</i>
SALUTAR	UFES	45722	<i>Coffea canephora</i>
Tributun	UFES	37808	<i>Coffea canephora</i>
Verdebrás G30/G35	Wanderlino Medeiros Bastos	06380	<i>Coffea canephora</i>

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de Cultivarweb (2023).

A cafeicultura ocupa uma significativa área do território brasileiro. Segundo as estimativas da Conab para o ano de 2022, o Brasil possui 2.242 mil hectares com lavouras cafeeiras e destes 1.841 mil hectares estão em produção, com 1.452 mil hectares de café arábica e 389 mil hectares de café conilon (Figura 2). Segundo o mesmo levantamento de safra, espera-se uma produção de pouco mais de 50.000 mil sacas de 60 kg no país, sendo aproximadamente 32.410 mil sacas de café arábica e 17.970 mil sacas de café conilon (Figura 3). Os principais estados produtores são Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo. O Espírito Santo possui um grande destaque no agronegócio do café, pois, apesar de ocupar apenas 0,5% do território nacional, ainda é o maior produtor de café conilon e o segundo maior de arábica. Essa produção de ambas as espécies se deve à diversidade de microclimas no território capixaba, ao nível tecnológico adotado pelos cafeicultores e à eficiência dos programas de pesquisa, assistência técnica e extensão rural.

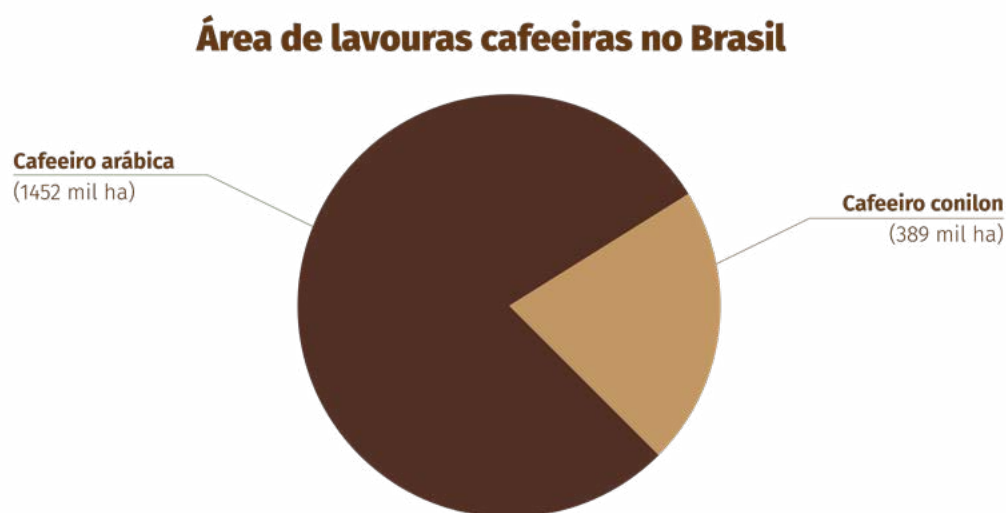
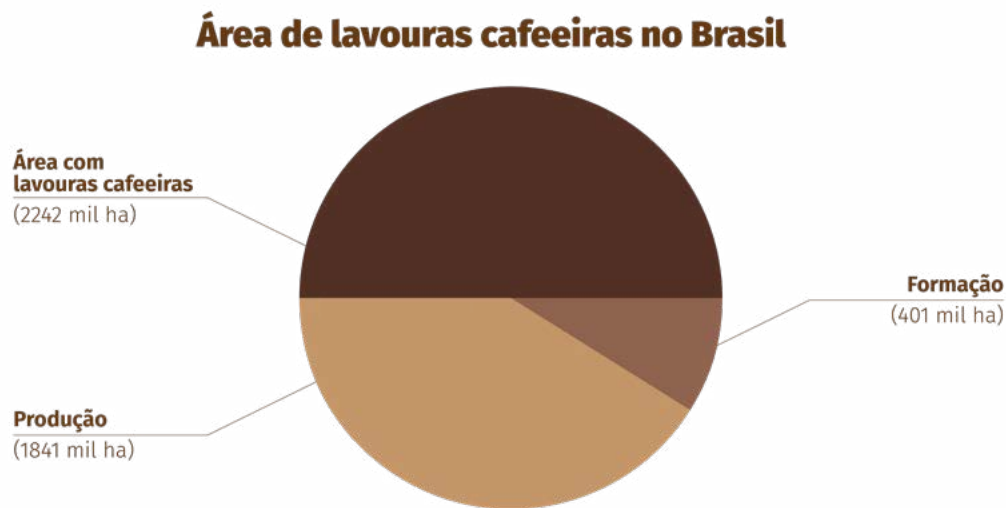


Figura 2 – Distribuição de área ocupada com lavouras cafeeiras em produção e formação no Brasil.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de Conab (2022).

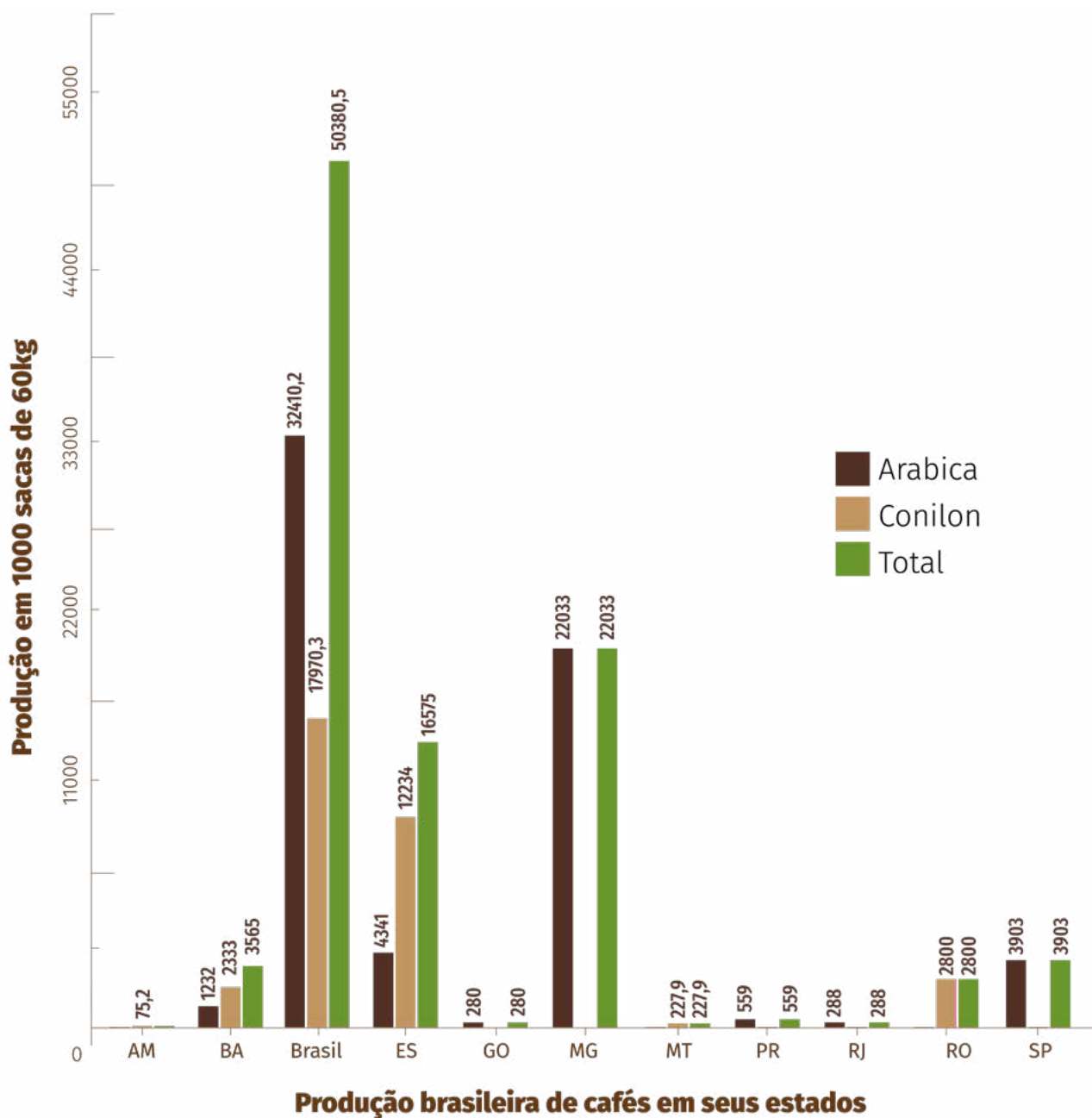


Figura 3 – Estimativa de produção de cafés arábica e conilon no Brasil e seus principais estados produtores em mil sacas de 60kg.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de Conab (2022).

O grande desenvolvimento do setor cafeeiro capixaba deve-se à cultura cafeeira e ao grande desenvolvimento tecnológico dos últimos anos. Os trabalhos desenvolvidos por instituições como o Incaper, UFES e IFES vem gerando conhecimento científico e tecnologias que estão à disposição dos cafeicultores, para atender da melhor forma possível as diferentes necessidades dos agricultores. Os avanços em fitotecnia, fitossanidade, colheita, pós-colheita, manejo de recursos hídricos, solos e melhoramento genético possibilitaram o avanço da cafeicultura em produtividade e qualidade (Figura 4, 5 e 6).

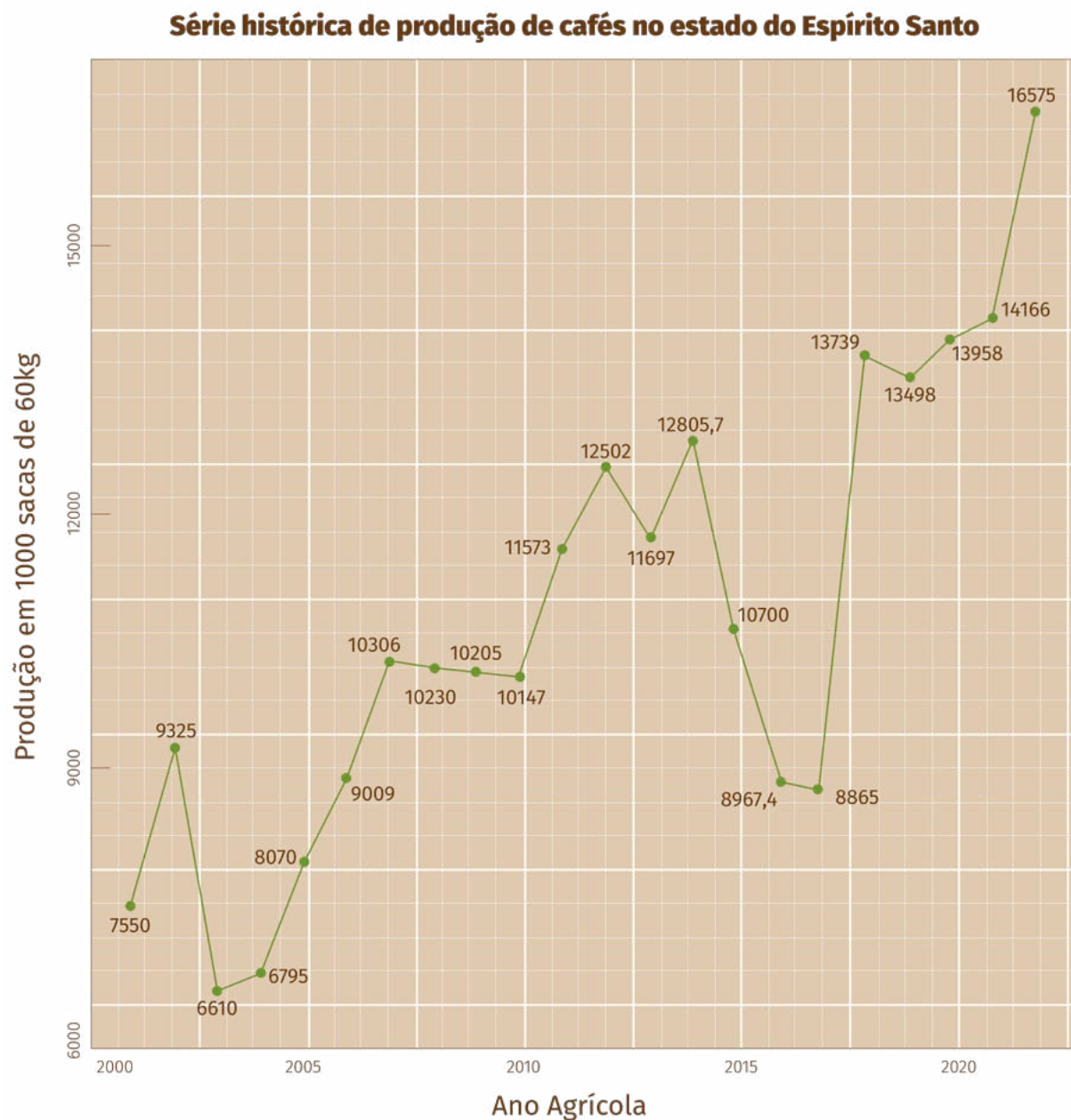


Figura 4 – Série histórica de produção de cafés no estado do Espírito Santo de 2001 a 2022.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de Conab (2022).



Série histórica de produção de café arábica no estado do Espírito Santo

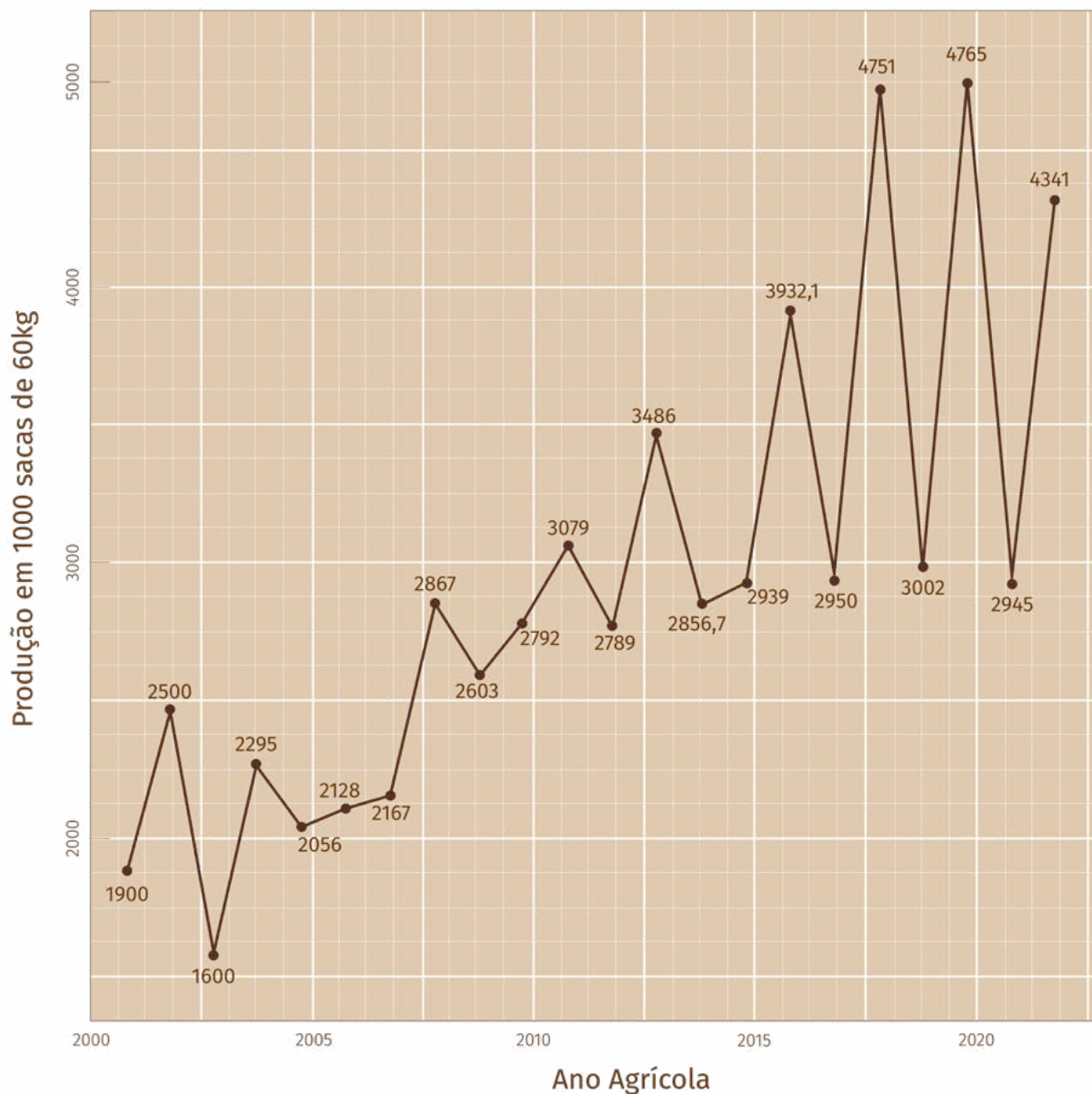


Figura 5 – Série histórica de produção de café arábica no estado do Espírito Santo de 2001 a 2022.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de Conab (2022).

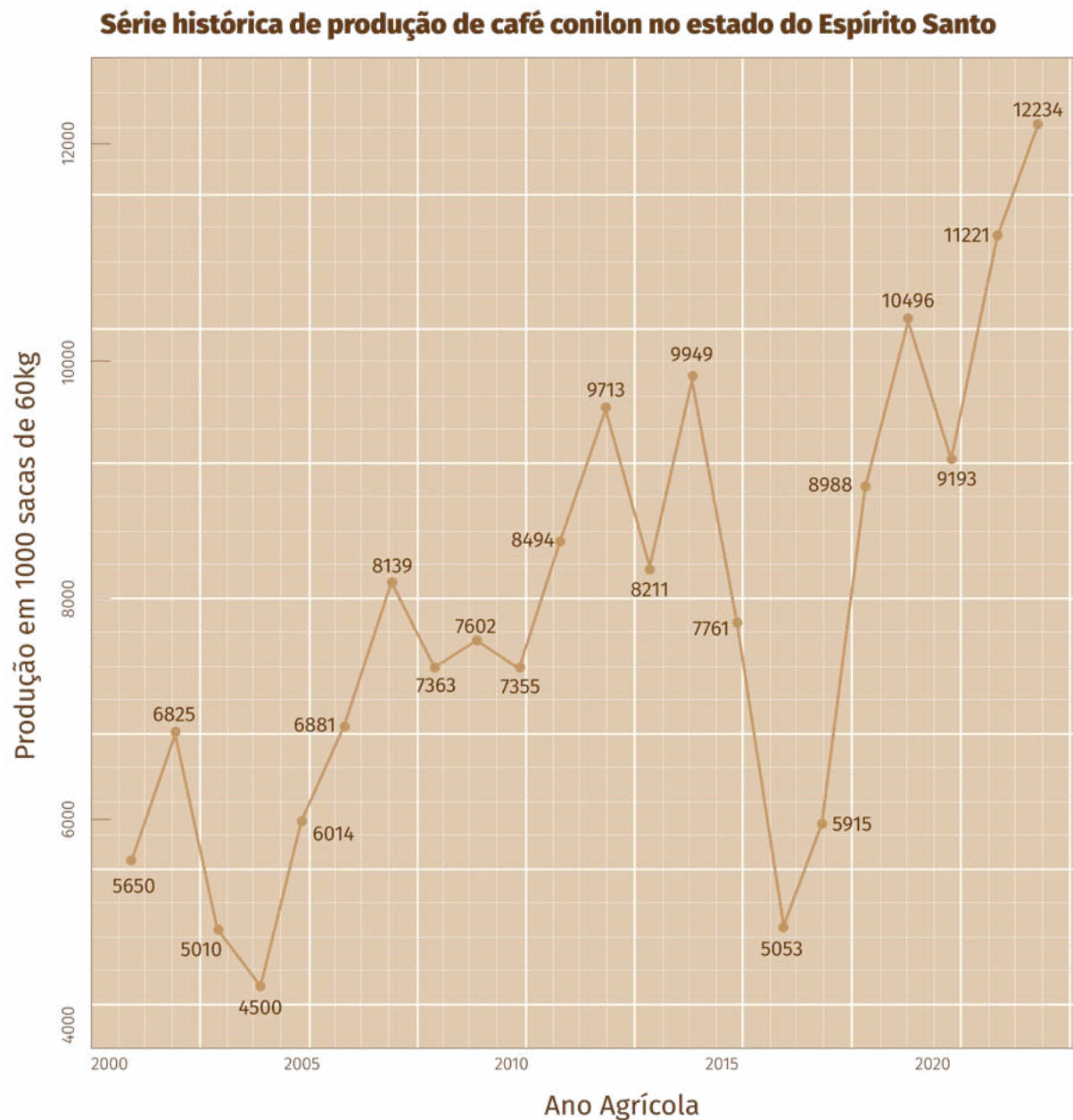
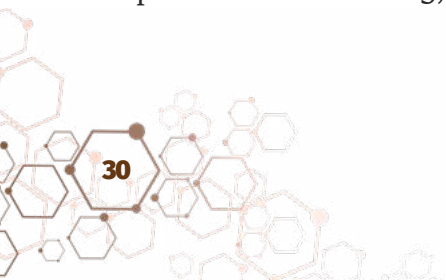


Figura 6 – Série histórica de produção de café conilon no estado do Espírito Santo de 2001 a 2022.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de Conab (2022).

De 2001 a 2022, a produção de cafés no Espírito Santo passou de 7.550 para 16.757, a produção de café arábica de 1.900 para 4.341 e café conilon de 5.650 para 12.234 (dados de produção em mil sacas de 60 kg). A produtividade de 2008 a 2022 prosperou de 14,67 para 30,29 sacas.ha⁻¹ para café arábica e 25,03 para 47,20 sacas.ha⁻¹ para café conilon (Figura 7, 8 e 9).



Série histórica de produtividade de cafés no estado do Espírito Santo

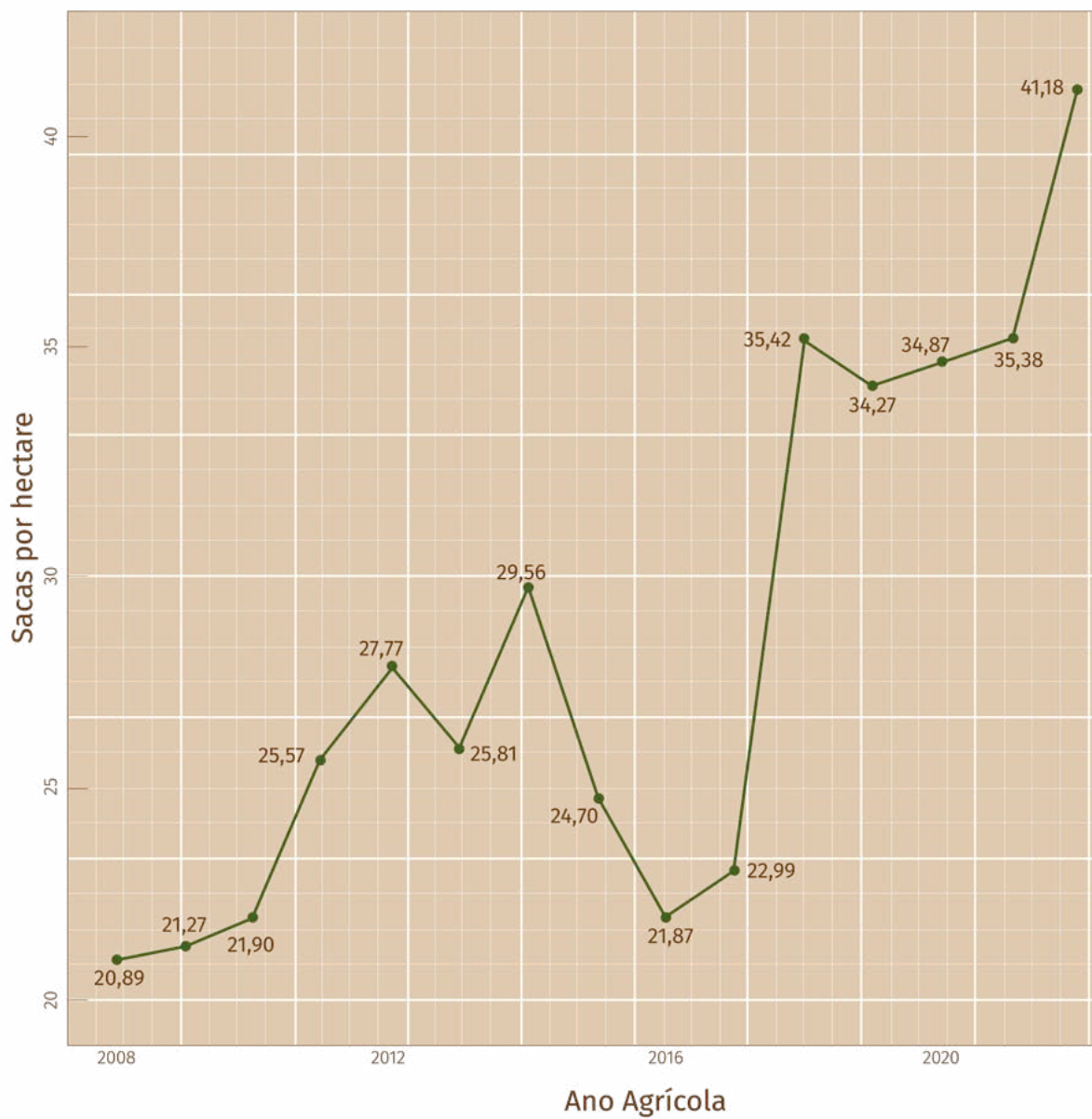


Figura 7 – Série histórica de produtividade de cafés no estado do Espírito Santo de 2008 a 2022.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de Conab (2022).

Série histórica de produtividade de café arábica no estado do Espírito Santo

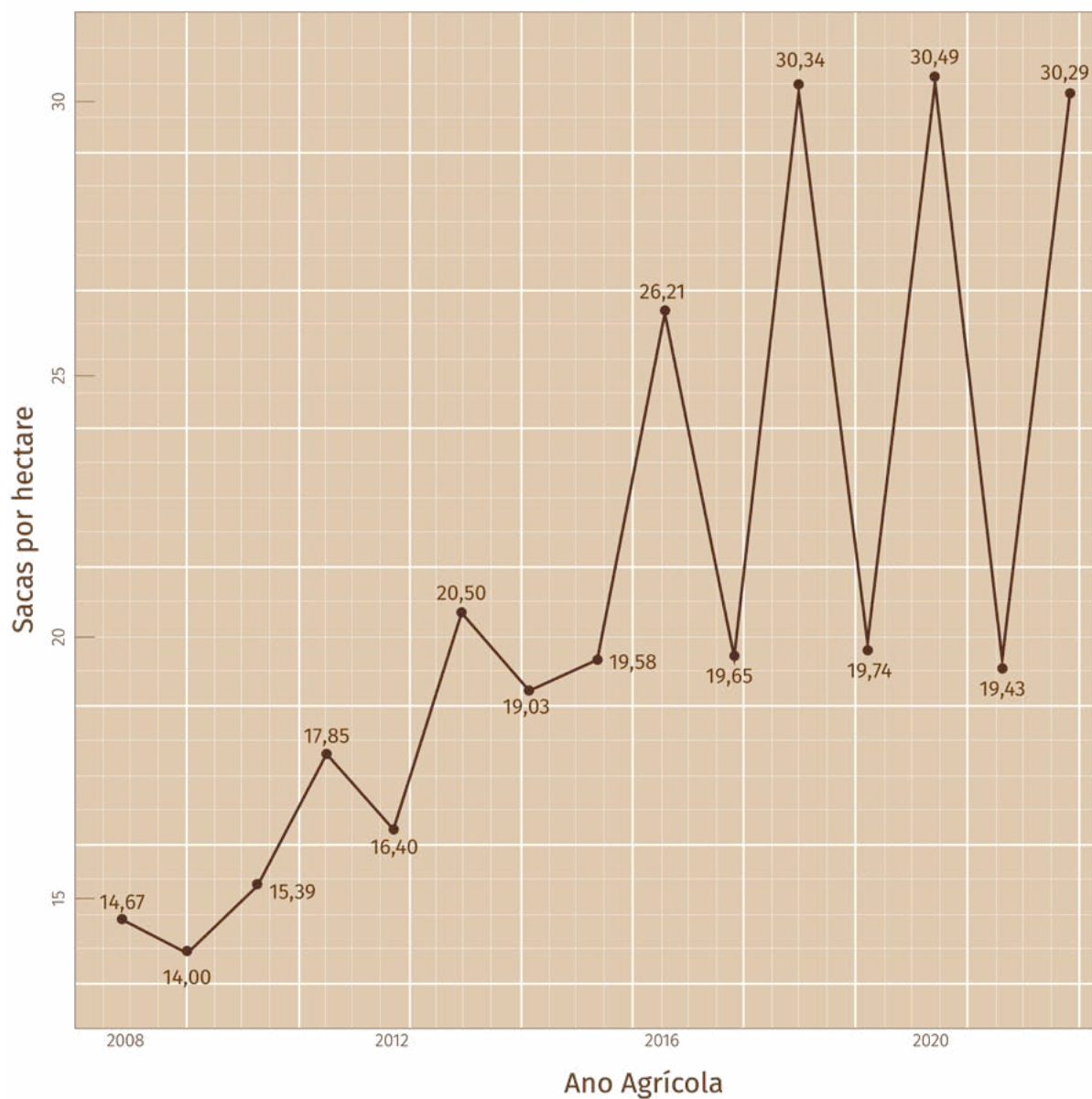


Figura 8 – Série histórica de produtividade de café arábica no estado do Espírito Santo de 2008 a 2022.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de Conab (2022).

Série histórica de produtividade de café conilon no estado do Espírito Santo

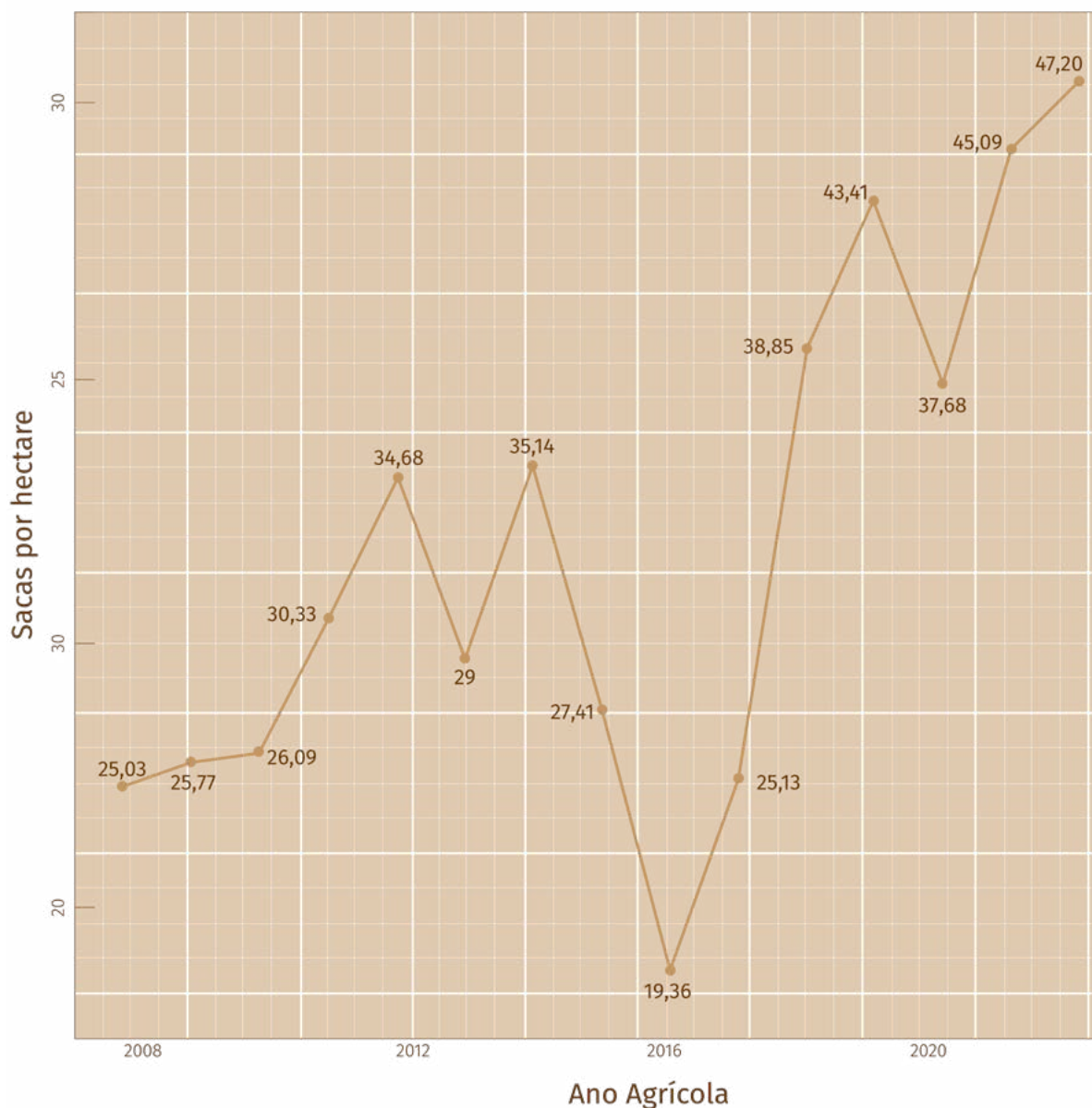


Figura 9 – Série histórica de produtividade de café conilon no estado do Espírito Santo de 2008 a 2022.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de Conab (2022).

Esses ganhos foram possíveis graças à aplicação de tecnologia e à extensão rural. Contudo, a produtividade das lavouras pode aumentar ainda mais, pois, encontra-se abaixo do mínimo esperado para as cultivares recomendadas para o estado do Espírito Santo. O programa de melhoramento genético de cafés do Incaper, no Espírito Santo, começou no ano de 1985, com o

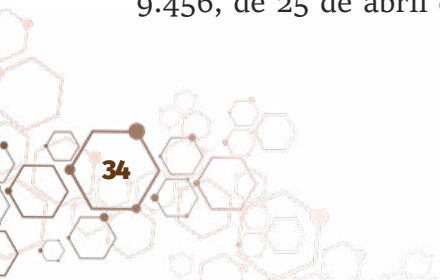
objetivo de desenvolver e validar cultivares de *C. canephora* e *C. arabica*. Até o momento foram desenvolvidas, registradas e disponibilizadas 14 cultivares de cafeeiro conilon, sendo duas propagadas por sementes, 11 clonais e um porta enxerto com resistência ao nematoide das galhas (Tabela 2). Destaca-se que as cultivares ‘ES8122’ “Jequitibá”, ‘Diamante ES8112’ e ‘Centenária ES8132’ são também protegidas e receberam o Certificado de Proteção de Cultivar, desde 2013. Este Certificado é concedido pelo Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), órgão pertencente ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). As produtividades médias estaduais estão aquém do esperado para as cultivares recomendadas. Portanto, é necessário um maior conhecimento sobre os materiais genéticos recomendados para que a cafeicultura capixaba atinja o seu potencial.

2 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A RECOMENDAÇÃO DE CULTIVARES DE CAFÉ

Na recomendação de cultivares, independente da cultura e espécie trabalhada, é necessário o registro dos materiais genéticos a serem distribuídos aos produtores rurais, independente se a distribuição é conduzida por instituições públicas ou privadas. No processo de lançamento e registro de uma cultivar, esta deve apresentar características (fenotípicas e/ou, moleculares) distintas das demais, valor de cultivo e uso estimado corretamente para os locais (ou local) a serem recomendadas, caracterização agrônômica para o maior número possível de características, descrição com relação aos descritores do gênero *Coffea* spp. de acordo com o preconizado pelo MAPA e adaptabilidade e estabilidade para os locais de recomendação.

As cultivares devem ser ponderadas como ferramentas tecnológicas para que os produtores possam atingir suas metas, ou seja, deve-se considerar suas características e peculiaridades para que a cultivar possa responder ao agricultor com todo o seu potencial genético. A grosso modo, podemos dividir os agricultores em relação ao nível tecnológico adotado em suas propriedades. Existem aqueles de alto nível que utilizam sistemas de irrigação adequadamente projetados, acompanham a fertilidade do solo por meio de análises, realizam o controle fitossanitário das lavouras e têm um cuidado maior com a colheita e pós-colheita dos frutos, visando ganhos em produção e qualidade física e sensorial dos cafés. E existem os produtores que não dispõem de alto nível tecnológico por um ou outro motivo, como limitações econômicas, má gestão das propriedades ou simplesmente enxergam a cafeicultura do conilon como inferior à do arábica e, por esse motivo, trabalham em um sistema similar ao extrativismo.

O processo de obtenção do Certificado de Proteção de Cultivar segue o estabelecido na Lei Nº 9.456, de 25 de abril de 1997, que descreve todas as obrigações para obtenção do certificado



e os direitos da pessoa física ou jurídica que obteve a proteção. A proteção de uma cultivar do gênero *Coffea* spp. é de 15 anos segundo essa lei. Transcorrido o prazo de vigência do direito de proteção a cultivar cairá em domínio público e dessa forma nenhuma exigência quanto a sua utilização será permitida. Um ponto importante desta lei é a exigência do teste de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE). Este é um procedimento técnico para comprovar que a nova cultivar ou a cultivar essencialmente derivada são distinguíveis de outras cujos descritores são conhecidos, homogêneas quanto às suas características em cada ciclo reprodutivo e estáveis quanto à repetição das mesmas características ao longo de gerações sucessivas.

Os testes de DHE são realizados por instituições públicas de pesquisa e ensino para cumprir com as exigências do MAPA, ao passo que muitos viveiristas “recomendam” cultivares clonais que nunca foram submetidos a tais testes e, desta forma, não são registradas no MAPA. O Incaper, desde o início da sua trajetória, recomenda cultivares de *C. canephora* que foram avaliadas em centros de pesquisa ou em áreas representativas das regiões norte, noroeste e sul do estado do Espírito Santo para serem estudadas e validadas. Dessa forma, suas adaptabilidades e estabilidades foram comprovadas. Os viveiristas que “recomendam” materiais genéticos que não passaram por esse processo de avaliação e proteção das cultivares ou recomendam cultivares registrados que não foram avaliados no Espírito Santo estão prestando um desserviço à cafeicultura capixaba além de colocar em risco econômico os pequenos produtores rurais. A cafeicultura capixaba se encontra em uma era de grandes avanços tecnológicos na produção do café. Tecnologias de espaçamento, nutrição mineral, manejo da irrigação, manejo fitossanitário, técnicas de colheita e pós-colheita e uma grande diversidade de materiais genéticos. Os cultivares recomendados, popularmente divulgados como clones, são vendidos e popularizados por viveiristas no Espírito Santo. Cada um desses clones tem as suas vantagens, desvantagens e valor genético. Contudo, nem todos são registrados no Ministério da Agricultura e muito menos avaliados em múltiplos ambientes como os materiais recomendados pelo Incaper e pela UFES (ver Figura 1 e Tabela 2).

Os materiais genéticos do Incaper são registrados com o nome popular e um código de série com quatro dígitos. Geralmente, inicia-se sempre com o número 81, que representa o programa de melhoramento de *C. canephora*. O terceiro dígito representa a especificidade do cultivar e o último, a ordem que foi lançada (Tabela 3). Cada uma dessas cultivares apresenta certas características que as tornam únicas e adequadas para cada agricultor de acordo com seu nível tecnológico. As cultivares com os três primeiros números 811- são os materiais de maturação precoces, com colheita entre abril e maio, as 812- são os materiais de maturação intermediária, com colheita em junho e a 813- são os materiais de maturação tardia, com colheita a partir de julho. As cultivares com código 814- são aquelas com características especiais (como tolerância à seca) e com agrupamento de clones de diferentes épocas de maturação. As cultivares com 815- são os materiais de *C. canephora* propagados por sementes. A cultivar mais recente teve código 816, por ser um porta enxerto clonal com resistência ao nematóide das galhas (*Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita*).

Tabela 3 – Cultivares de *Coffea canephora* desenvolvidas e disponibilizadas pelo Incaper

Cultivar	Propagação	Ano de lançamento	Nº de Clones	Características
EMCAPA 8111	Clonal	1993	9	Maturação Precoce
EMCAPA 8121	Clonal	1993	14	Maturação Intermediária
EMCAPA 8131	Clonal	1993	9	Maturação Tardia
Emcapa8141 Robustão Capixaba	Clonal	1999	10	Tolerância ao estresse hídrico
Emcaper8151 Robusta Tropical	Semente	2000	---	Rusticidade
Vitória Incaper 8142	Clonal	2003	13	Qualidade e ampla adaptação
Diamante ES8112	Clonal	2013	9	Maturação Precoce
ES8122 “Jequitibá”	Clonal	2013	9	Maturação Intermediária
Centenária ES8132	Clonal	2013	9	Maturação Tardia
Marilândia ES8143	Clonal	2017	12	Tolerância ao estresse hídrico
ES8152 “Conquista”	Semente	2019	---	Rusticidade
ES 8161 Goytacá	Clonal	2022	1	Porta enxerto tolerante a nematóide

No Brasil, a espécie *C. arabica* é cultivada em regiões com temperaturas médias anuais na faixa de 18 °C a 22 °C (Assad *et al.*, 2004) e em altitudes mais elevadas. Além da temperatura e da altitude, condições hídricas, tipo de solo, relevo e fatores topográficos influenciam o cultivo de café arábica (Sediyama *et al.*, 2001). Faz-se necessário também estar atento às mudanças climáticas globais (Assad *et al.*, 2004; Davis *et al.*, 2012; IPCC, 2022). Ao estudar o zoneamento agroclimático do café, Pezzopane (2009) concluiu que, no Espírito Santo, as áreas consideradas aptas para o desenvolvimento do café arábica representam 12% da área total do estado. As áreas aptas que necessitam de irrigação representam 5%; as áreas inaptas são 74%, e as áreas com restrição térmica correspondem a 9% da área do Estado.

Percebendo-se, então, que: então, que: 1) as condições edafoclimáticas podem influenciar fortemente o desenvolvimento das plantas, a produtividade e a qualidade da bebida do café; 2) existem mais de 141 cultivares de café arábica e 46 cultivares de café conilon registradas no Registro Nacional de Cultivares do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA);

e 3) o estado do Espírito Santo apresenta uma grande diversidade de ambientes e condições climáticas (Feitoza *et al.*, 2012; Seki *et al.*, 2021), é importante avaliar a interação entre genótipos e ambientes, ou seja, a resposta diferencial da cultivar de café em relação aos diferentes ambientes de cultivo, facilitando ao cafeicultor a escolha da cultivar mais adequada para iniciar o plantio de sua lavoura. Squilassi (2003) ressalta que a interação genótipo por ambiente é um grande desafio, uma vez que, no caso de sua existência, possivelmente o melhor genótipo em um ambiente não apresentará o mesmo comportamento em outro.

O melhoramento genético de plantas visa desenvolver cultivares com boas características agrônômicas por meio da recombinação de genes e da seleção dos melhores genótipos. As cultivares podem ser desenvolvidas em resposta às mudanças nas condições de cultivo e de acordo com as demandas dos produtores e consumidores de café (Medeiros *et al.*, 2021). Há mais de três décadas, o Incaper se dedica ao desenvolvimento de pesquisas científicas com melhoramento genético de café arábica e conilon, contribuindo significativamente, juntamente com outros fatores, para a evolução da cafeicultura capixaba. Num contexto mais amplo, é válido ressaltar o aumento da produção que ocorreu nos últimos 10 anos (Figura 10) e da produtividade de café arábica no Espírito Santo, que praticamente dobrou (Figura 11), enquanto a região Sudeste e o Brasil apresentaram resultados diferentes. Neste período, houve redução na área em produção (Figura 12) do estado, em torno de 15%, reforçando a importância das pesquisas que culminaram na recomendação de novas tecnologias.

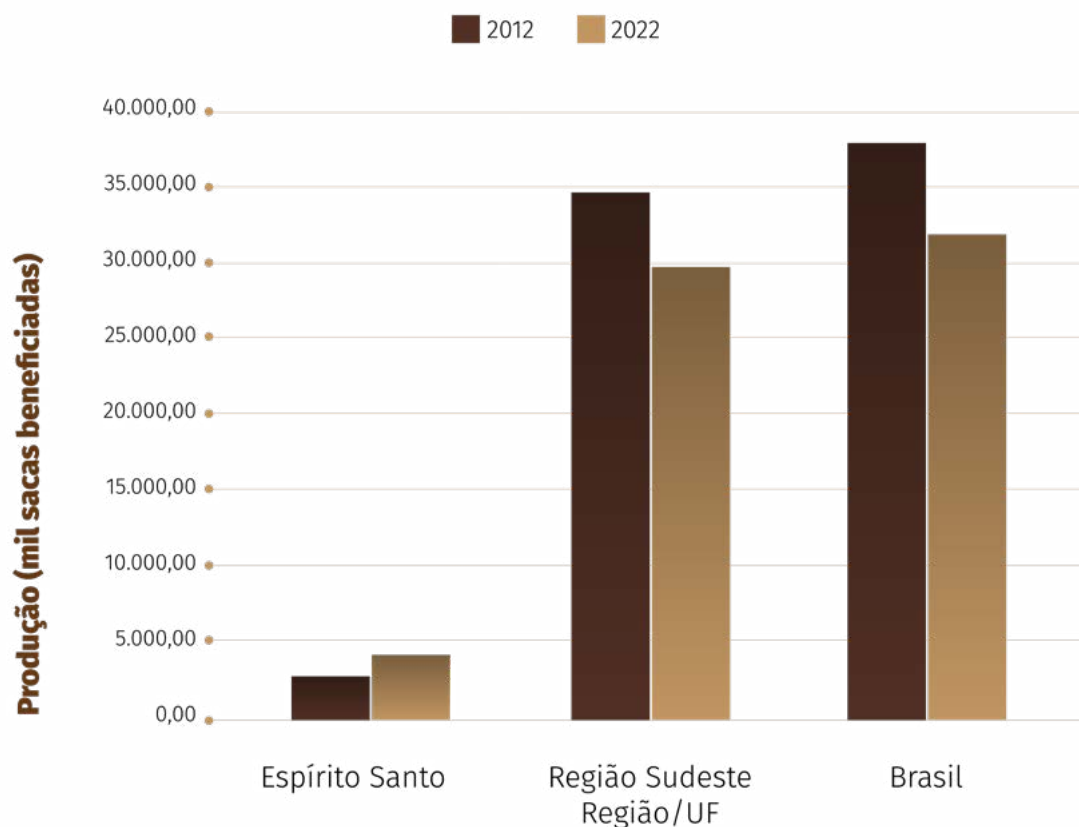


Figura 10 – Produção de café arábica no Estado do Espírito Santo, Região Sudeste e Brasil.

Fonte: Adaptado de Conab (2022).

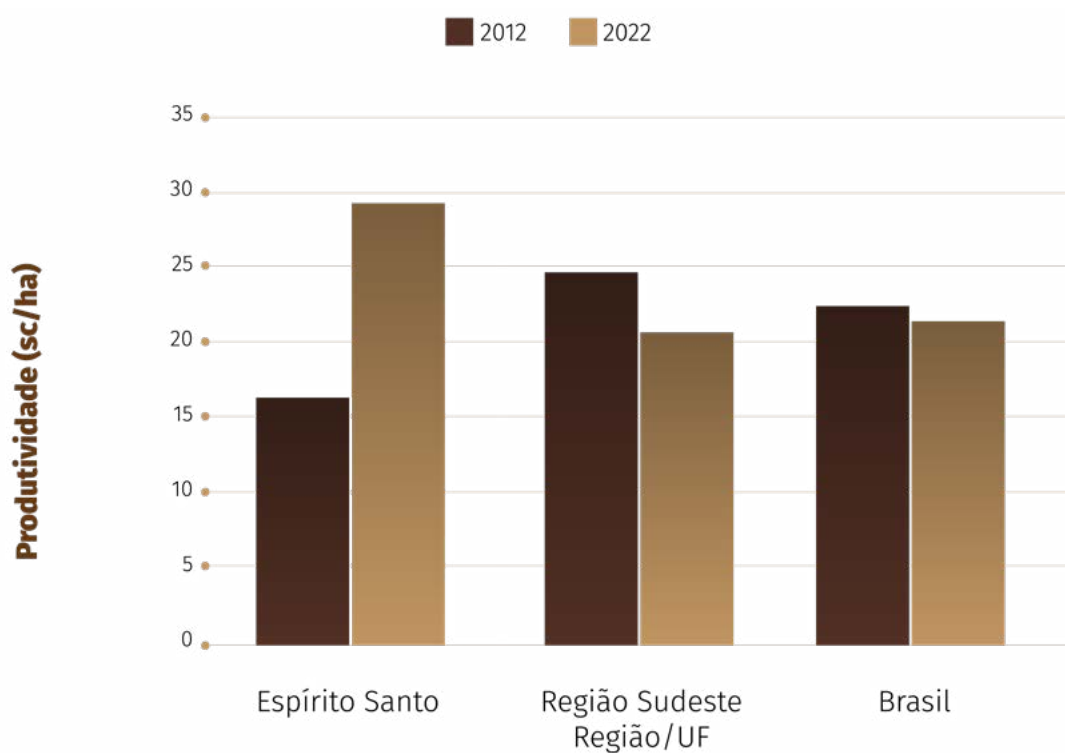


Figura 11 – Produtividade de café arábica no Estado do Espírito Santo, Região Sudeste e Brasil..
Fonte: Adaptado de Conab (2022).

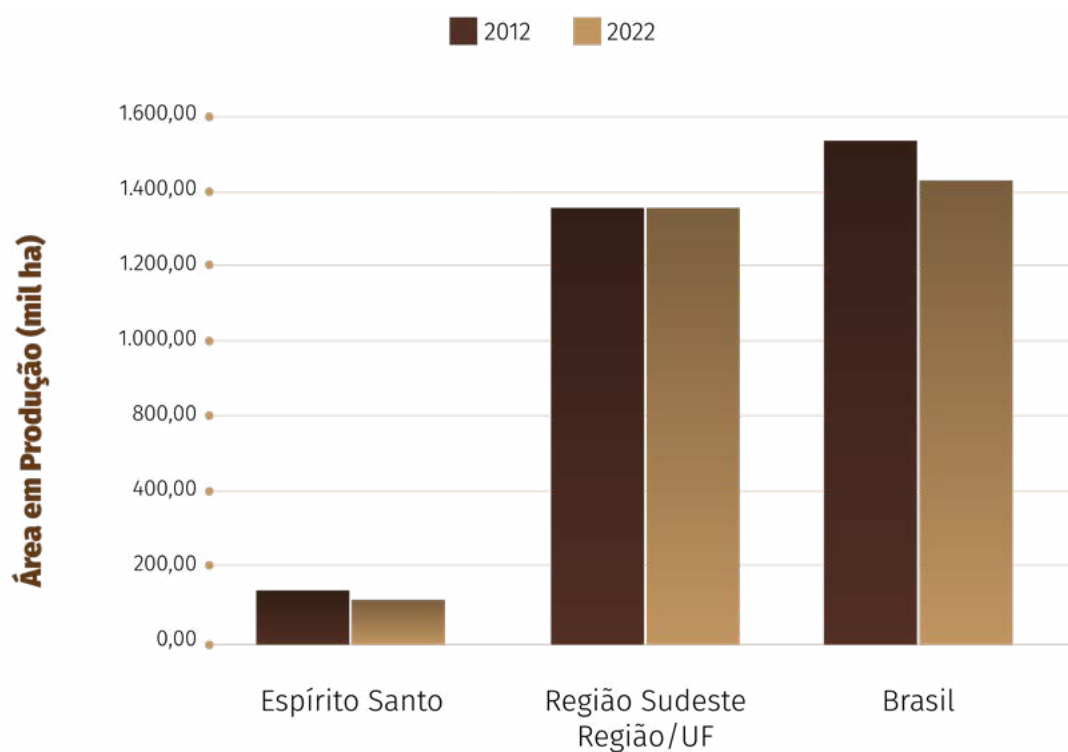


Figura 12 – Área em produção de café arábica no Estado do Espírito Santo, Região Sudeste e Brasil.
Fonte: Adaptado de Conab (2022).

O Programa de Melhoramento Genético de Café Arábica do Incaper tem como principais objetivos: selecionar e recomendar cultivares com alto potencial produtivo com qualidade de bebida superior, além de resistência a pragas e doenças. Para alcançar tais objetivos, são utilizadas duas linhas principais de pesquisa: 1) avaliação em diferentes ambientes do Estado do Espírito Santo, de cultivares registradas no RNC/MAPA, para se verificar a adaptabilidade e a estabilidade desses genótipos, ou seja, a capacidade de aproveitar as variações do ambiente e a previsibilidade de seu comportamento nos diferentes locais; e, 2) seleção de progênies/linhagens utilizando o método de melhoramento genealógico (Borém *et al.*, 2021), aliado a estratégias de biologia molecular, em parceria com diferentes instituições de pesquisa brasileiras (Embrapa Café, UFV, Epamig, UFES, entre outras) e internacionais, como por exemplo, a Universidade da Flórida.

A busca por novos genótipos com ampla adaptabilidade e estabilidade, aliados a boas características agrônômicas e qualidade de bebida superior, tem sido o principal foco do programa de melhoramento genético de café arábica do Incaper. Cultivares de café arábica desenvolvidas por instituições de pesquisa de todo o Brasil, estão sendo avaliadas em experimentos instalados em diferentes locais do Espírito Santo, com a finalidade de verificar as interações entre genótipos e ambientes, indicando aquelas com melhor adaptabilidade e estabilidade às condições ambientais do estado. No caso do cafeeiro, por se tratar de uma cultura perene, as interações do tipo genótipos por anos, genótipos por locais e genótipos por locais por anos, devem ser consideradas.

Como resultado das avaliações, a primeira recomendação de cultivares de café arábica realizada pelo Incaper, contou com 14 cultivares (Ferrão *et al.*, 2004). Mais tarde, três cultivares foram recomendadas (Ferrão *et al.*, 2008). A recomendação mais recente (Tabela 4) incluiu outras cultivares e retirou algumas que haviam sido recomendadas anteriormente (Ferrão *et al.*, 2021). Essas cultivares foram avaliadas nos municípios de Domingos Martins, Venda Nova do Imigrante, Iúna, Santa Teresa e Marechal Floriano (Figura 13), com produtividades médias entre 31 e 49 sc ha⁻¹ (Figura 14). O melhoramento genético de plantas é dinâmico, e, portanto, outras cultivares estão sendo continuamente avaliadas pelo programa de melhoramento genético de café arábica do Incaper, a fim de que novas recomendações possam ser feitas no futuro.

Tabela 4 – Cultivares de café arábica (*Coffea arabica*) presentes no Registro Nacional de Cultivares – RNC / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, recomendadas pelo Incaper

(continua)

Cultivar	Requerente / Mantenedor	Número de Registro	Data do Registro
Catuaí Vermelho IAC 44	IAC	02929	04/11/1999
Catuaí Vermelho IAC 81	IAC	02932	04/11/1999
Catuaí Amarelo IAC 62	IAC	02939	04/11/1999
Catuaí Amarelo IAC 86	IAC	02941	04/11/1999
IAC Obatã 1669-20	IAC	02956	04/11/1999
Acauã	FunProcafé	04995	08/06/2000

Cultivar	Requerente / Mantenedor	Número de Registro	Data do Registro
Acauã Novo	FunProcafé	28883	14/05/2012
Catucaí Amarelo 24/137	FunProcafé	04911	02/06/2000
Catucaí Amarelo 2SL	FunProcafé	04915	02/06/2000
Araponga MG1	Epamig	18635	09/07/2004
Catiguá MG1	Epamig	18632	09/07/2004
Catiguá MG2	Epamig	18633	09/07/2004
Oeiras MG 6851	Epamig	04755	09/05/2000
Pau Brasil MG1	Epamig	18634	09/07/2004
Rubi MG 1192	Epamig	04391	03/03/2000
Topázio MG 1190	Epamig	04393	03/03/2000
Paraíso MGS 2	Epamig	30413	26/03/2003
IPR 103	Iapar/Emater	09945	16/04/2001

Fonte: Ferrão *et al.* (2021).

Figura 13 - Localização dos municípios, nos quais as cultivares de café arábica, recomendadas pelo Incaper foram avaliadas, em ensaios com delineamento experimental (Ferrão *et al.*, 2004; Ferrão *et al.*, 2021).

Fonte: Google Earth.



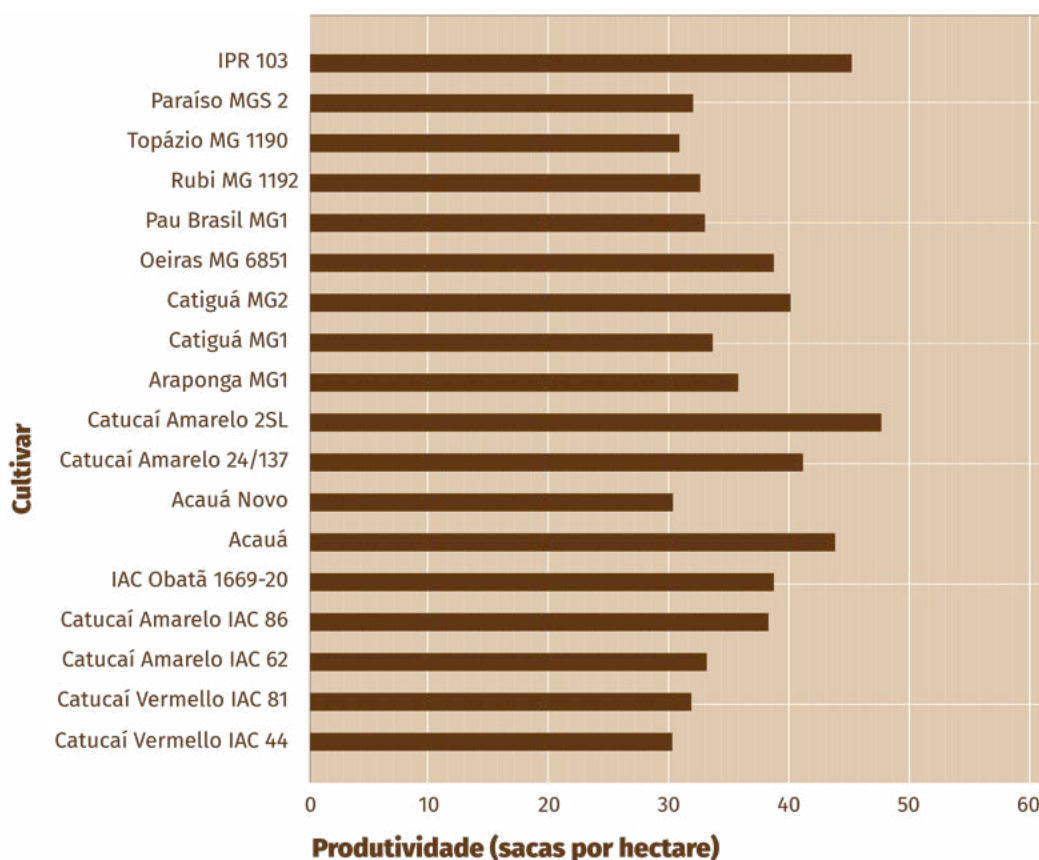


Figura 14 – Produtividade de cultivares de *Coffea arabica*, recomendadas pelo Incaper para a região montanhosa do Estado do Espírito Santo.

Fonte: Ferrão, M. *et al.* (2004) e Ferrão, M. *et al.* (2021).

Em 1993, o Incaper instalou os primeiros experimentos com progênes em geração F3, derivadas do cruzamento entre os genótipos Catuaí e Híbrido de Timor. Foram instalados experimentos em dois ambientes representativos do Estado do Espírito Santo: Fazenda Experimental Mendes da Fonseca (FEMF/Incaper), localizada no município de Domingos Martins e Fazenda Experimental Venda Nova (FEVN/Incaper), localizada no município de Venda Nova do Imigrante. As fazendas apresentam relevo acidentado e clima chuvoso. A FEMF encontra-se à altitude de 950 m, com precipitação média anual em torno de 1.400 mm e temperatura baixa. Já a FEVN, situa-se à altitude de 720 m, com precipitação média em torno de 1.500 mm anuais e temperatura amena (Feitoza *et al.*, 2010). Por meio do método de melhoramento genealógico (Borém *et al.*, 2021), estão sendo selecionadas progênes com características desejáveis, como produtividade, resistência à ferrugem e boa qualidade de bebida (Riva-Souza *et al.*, 2021a; 2021b). Atualmente, existem mais de quinze experimentos com progênes/linhagens em geração F6 e geração F7, instalados nestes locais, a fim de se selecionar linhagens geneticamente uniformes, com estabilidade e adaptabilidade à região montanhosa do Espírito Santo.

Independentemente do nível tecnológico aplicado, cabe ao extensionista avaliar o perfil do agricultor que está sendo atendido, o local onde a lavoura será implantada, os recursos econômicos disponíveis, a disponibilidade de mão de obra, o nível tecnológico, a capacidade de uso da irrigação, o potencial para produção de cafés especiais, entre outros fatores, para determinar quais são as melhores cultivares a serem utilizadas. Portanto é crucial o conhecimento das principais cultivares recomendadas para o estado do Espírito Santo.

3 CULTIVARES DE *COFFEA CANEPHORA* RECOMENDADAS PARA O ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

3.1 EMCAPA 8111, EMCAPA 8121 E EMCAPA 8131 - CULTIVARES DE MATURAÇÃO PRECOCE, INTERMEDIÁRIA E TARDIA

Em julho de 1993, um comunicado técnico (Nº 68 da Emcapa) anunciou o lançamento das primeiras cultivares clonais de café conilon para o estado do Espírito Santo. A base genética para o desenvolvimento dessa cultivar foi de 300 plantas matrizes com características agrônômicas de interesse. Desta, foram selecionadas 77 para os quatro ensaios de competição, denominados Marilândia 86, Marilândia 87/1, Marilândia 87/2 e Marilândia 88, instalados na Fazenda Experimental de Marilândia-ES (FEM/Incaper). Nestes ensaios, foram avaliados os seguintes parâmetros: produtividade, incidência de ferrugem (*Hemilea vastatrix* Berk et Br.) e mancha-manteigosa (*Colletotrichum* sp.), arquitetura e vigor das plantas, tamanho e época de maturação dos frutos (Bragança *et al.*, 2001).

Com base nos resultados das colheitas de 1989 a 1992, foram selecionados os clones das primeiras cultivares desenvolvidas pelo Incaper. Na primeira colheita, as variedades clonais proporcionaram um acréscimo de 120% na produtividade em relação às testemunhas experimentais utilizadas (materiais seminais) e estabilidade de produção a partir da terceira colheita (Bragança *et al.*, 1993). As médias de produção da ‘Emcapa 8111’, ‘Emcapa 8121’ e ‘Emcapa 8131’ foram aproximadamente 29%, 33% e 33% superiores às testemunhas experimentais, superando a produtividade média do estado em até 757% (Bragança *et al.*, 1993) (Tabela 5), no ano de lançamento da cultivar, que era de aproximadamente 7 sacas de café beneficiado por hectare.



Tabela 5 – Características agronômicas de produtividade (sacas beneficiadas por hectare) média, peneira e rendimento das variedades clonais de *Coffea canephora* EMCAPA 8111, EMCAPA 8121 e EMCAPA 8131, em experimento não irrigado, lançadas para o cultivo no estado do Espírito Santo

Cultivar	Maturação dos frutos	Época de colheita	Produtividade					Índice Relativo	Amplitude ¹	Peneira Média	Rendimento ²
			1989	1990	1991	1992	Média				
‘Emcapa 8111’	Precoce	até maio	22	45	81	82	58	129	64 - 49	14	4,03
‘Emcapa 8121’	Média	junho	20	50	89	79	60	133	72 - 52	15	3,6
‘Emcapa 8131’	Tardia	julho/agosto	21	48	90	82	60	133	72 - 51	14	3,7
Testemunha	Desuniforme	maio/agosto	10	38	77	57	45	100		-	-

Fonte: Bragança *et al.* (1993); Bragança *et al.* (2001).

Considerando a atual produtividade do café conilon de 47,20 sacas por hectare (Figura 9), as cultivares ‘Emcapa 8111’, ‘Emcapa 8121’ e ‘Emcapa 8131’ superam, aproximadamente, 23%, 27% e 27% da média atual, respectivamente. Essas cultivares foram avaliadas em condições experimentais sem irrigação e, portanto, apresentam boa rusticidade. Atualmente, não são recomendadas, pois as cultivares mais recentes apresentam uma série de vantagens que as tornam obsoletas no atual cenário da cafeicultura capixaba. Contudo, elas demonstram como o programa de melhoramento genético do Incaper tem grande importância para a evolução da cafeicultura no Espírito Santo.

3.2 ‘EMCAPA 8141’ ROBUSTÃO CAPIXABA

O estado do Espírito Santo passa por períodos de grave déficit hídrico de tempos em tempos, gerando a necessidade de desenvolver variedades tolerantes a esse estresse. Essa variedade foi o resultado da seleção de dez clones dentro do banco de germoplasma do Incaper, escolhidos pela sua maior capacidade produtiva, tolerância ao estresse hídrico, resistência a pragas e doenças e compatibilidade de cruzamento. Os dez clones que compõem esta variedade foram avaliados no ensaio de competição conduzido de 1994 a 1998 nas fazendas experimentais de Marilândia e Sooretama (Ferrão *et al.*, 2000).

¹ Limites superior e inferior de produtividade dos clones constituintes das variedades;

² Rendimento na conversão de quilos de frutos cereja necessários para obtenção de 1 kg de grãos beneficiados.

Nesses experimentos, os clones selecionados foram comparados com as variedades ‘Emcapa 8111’, ‘Emcapa 8121’ e ‘Emcapa 8131’ em condições irrigadas e não irrigadas, avaliando-se a produção, o Índice de Avaliação Visual (IAV) com notas de 1 a 5, levando-se em consideração a planta como um todo, o número de folhas, o desfolhamento, a produtividade, o potencial hídrico, a condutância estomática, a taxa de transpiração e a assimilação líquida de carbono (Tabelas 6, 7 e 8).

Tabela 6 – Produtividade da cultivar clonal ‘Emcapa 8141 Robustão Capixaba’ comparada com a média das cultivares clonais ‘Emcapa 8111’, ‘Emcapa 8121’ e ‘Emcapa 8131’ e a testemunha de sementes, avaliadas sem irrigação

Cultivar	Produtividade			
	Média	Índice (%)	Máximo	Índice (%)
‘Emcapa 8141 Robustão Capixaba’	54	120,8	112,5	125,0
Média cultivares clonais Emcapa8111, Emcapa8121 e Emcapa8131	44,7	100,0	90,0	100,0
Testemunha (semente)	30,7	68,7	77,0	85,6

Fonte: Ferrão *et al.* (1999, 2000).

Tabela 7 – Índice de avaliação visual (IAV), número de folhas dos ramos plagiotrópicos (NF/RP) e porcentagem de desfolha da cultivar ‘Emcapa 8141-Robustão Capixaba’, comparados com a média das três variedades clonais da EMCAPA e da variedade de semente melhorada

Cultivar	IAV	NF/RP		Desfolhamento (%)
		Sem irrigação	Com irrigação	
‘Emcapa 8141 Robustão Capixaba’	4,3	9,8	13,2	25,7
Média cultivares clonais Emcapa8111, Emcapa8121 e Emcapa8131 ³	2,9	7,1	11,4	37,7
Testemunha (semente)	2,6	6,6	12,2	45,9

Fonte: Ferrão *et al.* (2000).

³ Cultivares ‘Emcapa 8111’, ‘Emcapa 8121’ e ‘Emcapa 8131’.

Tabela 8 – Potencial hídrico (PH), condutância estomática (CE), taxa de transpiração (TP) e taxa de assimilação líquida de carbono (AC), da média dos clones da variedade ‘Emcapa 8141 - Robustão Capixaba’ (clones tolerantes), comparados com clones não tolerantes a déficit hídrico em condições irrigadas e não irrigadas

Clones	Condições de cultivo	Parâmetros fisiológicos			
		PH (MPa)	CE (mmol.m ² .s ⁻¹)	TP (mmol.m ² .s ⁻¹)	AC (μmol. m ⁻² .s ⁻¹)
Tolerantes	Irigado	-0,03	60,0	1,55	7,17
	Não-irrigado	-0,49	16,3	0,53	2,77
Não-tolerante	Irigado	-0,03	56,0	1,71	7,23
	Não-irrigado	-1,25	41,0	0,96	6,47

Fonte: Ferrão *et al.* (2000).

A cultivar ‘Robustão Capixaba’ não apresenta a vantagem de ter uma época de colheita bem definida, como as cultivares ‘Emcapa 8111’, ‘Emcapa 8121’ e ‘Emcapa 8131’, pois os 10 clones que a compõem apresentam épocas diferenciadas de maturação dos frutos. Dessa forma, faz-se necessário um gasto maior de tempo para uma colheita com maior uniformidade de frutos cereja. Em contrapartida, sua rusticidade é uma grande vantagem em locais sujeitos a longos períodos de estiagem ou em áreas onde os agricultores que não podem utilizar um sistema de irrigação. Essa cultivar possui a vantagem de responder à suplementação hídrica, visto que sua produtividade sob condições irrigadas pode atingir mais de 100 sacas de café beneficiado por hectare (Tabela 8). Essa cultivar caracteriza-se pela tolerância à seca, alto vigor vegetativo, arquitetura e porte de plantas favoráveis ao adensamento (Ferrão *et al.*, 2017).

3.3 EMCAPER 8151 ‘ROBUSTA TROPICAL’

Primeira cultivar desenvolvida pelo Incaper, propagada por sementes e disponibilizar no ano 2000. Essa cultivar é o resultado da recombinação de 53 clones do programa de melhoramento genético do Incaper, advindas de plantas superiores avaliadas desde o início do programa em 1985. Os 53 paternais são cultivados em campos isolados, regiões cercadas por extensões de matas, para garantir que não entre pólen externo, ou seja, é mantido o fluxo gênico apenas dos 53 paternais. Desta forma as sementes obtidas nestes campos são uma mistura de indivíduos irmãos completos, meio irmãos e não aparentados. Com esse sistema, a possibilidade de incompatibilidade gametofítica é mínima. Cada planta dessa cultivar representa uma combinação genotípica e, desta forma, surge uma possibilidade para que cada agricultor possa selecionar em sua propriedade os cafeeiros com maior potencial para o seu manejo e microclima específico.

Esta variedade apresenta um sistema radicular mais profundo devido a suas mudas serem de origem seminal. Esse sistema radicular proporciona uma maior tolerância ao déficit hídrico quando comparadas com as mudas produzidas por estacas. Desta forma, essa cultivar é muito atrativa para pequenos agricultores que não dispõem de condições financeiras para instalação de um sistema de irrigação. A cultivar possui ampla base genética, alto vigor vegetativo, arquitetura adequada para o adensamento, peneira média de 15, adaptação a diferentes regiões do estado, maturação dos frutos entre maio e junho e produção média de cerca de 80 sacas por hectare com irrigação e 40 sacas por hectare sem irrigação (Ferrão *et al.*, 2017).

3.4 'VITÓRIA INCAPER 8142'

A cultivar 'Vitória - 8142' foi lançada em 2004 e é formada pelo agrupamento de treze clones superiores, com características agrônômicas distintas que os destacam dos outros materiais genéticos do Incaper. A cultivar possui uma alta produtividade com base em oito colheitas em condições não irrigadas, variando de 62,0 a 86,1 sacas de café beneficiado por hectare, com uma média de 70,4 sacas por hectare (Fonseca *et al.*, 2005). Salienta-se que estes materiais respondem muito bem a suplementação com irrigação, atingindo níveis maiores de produtividade.

Os clones que compõem a cultivar são distintos com relação a suas características fenotípicas, principalmente quanto à época de maturação. Os clones seis, oito e doze apresentam maturação precoce, os clones cinco e 13 uma maturação tardia e os demais maturação intermediária. O clone oito é o genótipo mais precoce do programa de melhoramento do Incaper e o 13 um dos mais tardios. Desta forma é fundamental que o plantio dos clones ocorra em linhas separadas, pois, o período de colheita será variado, começando em maio, com o clone oito e finalizando no final de julho com o clone 13.

O plantio em linha otimiza o processo de colheita, pois, dentro destas, o nível de maturação dos frutos será superior, aumentando a porcentagem de grãos cereja. Outro ponto importante é a possibilidade de manejo fitossanitário diferenciado, pois os clones diferem com relação a resistência a pragas e doenças (Fonseca *et al.*, 2004). Em um estudo de caracterização quanto a resistência à raça I da ferrugem (*H. vastatrix*) os clones três, cinco, oito e nove foram classificados como resistentes, os clones um, dois, quatro, dez e 13 moderadamente resistentes, os clones seis e sete moderadamente suscetíveis e os clones 11 e 12 suscetíveis (Capucho *et al.*, 2011).

O clone 12 é popularmente conhecido como 02/86 e é um material genético com alto vigor. Este clone, apesar de sofrer uma grave desfolha anualmente, possui uma grande capacidade de recuperação da área foliar, sem afetar de forma expressiva sua produção. O clone três se caracteriza por um fenótipo similar ao dos cafés da variedade botânica robusta e alto níveis de cafeína. Os clones oito, 12 e 13 estão entre as principais testemunhas do programa de melhoramento do Incaper, pois representam maturações precoce e tardia, respectivamente, além de vigor, parâmetros exigidos para a construção de uma cultivar de excelência. A cultivar 'Vitória Incaper 8142' se destaca, como um todo, por apresentar alta produtividade, estabilidade de produção, tolerância à seca e à ferrugem, uniformidade de maturação e grãos grandes.

3.5 ‘DIAMANTE ES8112’, ‘ES8122’ JEQUITIBÁ E ‘CENTENÁRIA ES8132’ - NOVAS CULTIVARES DE MATURAÇÃO PRECOCE, INTERMEDIÁRIA E TARDIA LANÇADAS EM 2013

Estas novas cultivares foram obtidas por um conjunto diferente de técnicas de melhoramento de plantas, com base em ensaios experimentais conduzidos nas fazendas experimentais do Incaper em Marilândia, Sooretama e Bananal do Norte, que representam as condições edafoclimáticas das regiões noroeste, nordeste e sul do Espírito Santo. As cultivares foram lançadas em 2013 e são o resultado da avaliação de mais de 2.000 materiais genéticos oriundos da seleção em lavouras comerciais, indivíduos de campos de seleção recorrentes e cruzamentos controlados. Dessa avaliação, 27 clones se sobressaíram e foram agrupados com base no período de maturação dos frutos. As avaliações destes 27 clones foram conduzidas por no mínimo quatro colheitas, sem o uso do controle químico de pragas e doenças, a fim de possibilitar a expressão gênica de resistência dos clones.

Em um estudo de resistência de genótipos do cafeeiro conilon resistentes a ferrugem (*H. vastatrix*), Mendonça e colaboradores (2019) identificaram clones das variedades ‘Diamante 8112’, ‘ES8122’ e ‘Centenária 8131’ como resistentes, susceptíveis ou moderadamente resistentes (Tabela 9). De acordo com os autores, os clones oito e nove da variedade Diamante, um, três e sete da variedade Jequitibá e três da Centenária são resistentes à ferrugem. Os demais são moderadamente resistentes ou susceptíveis a doenças. Com base nessas informações e no plantio em linha dos clones, é possível direcionar a aplicação de defensivos na lavoura, proporcionando uma economia e melhor qualidade de vida ao produtor.

Tabela 9 – Caracterização dos clones de *Coffea canephora* das variedades ‘Diamante 8112’, ‘ES8122’ e ‘Centenária 8131’ com relação a resistência a ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*)

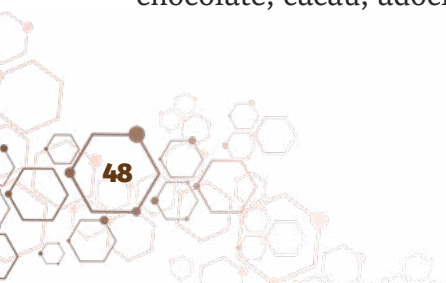
(continua)

Cultivar	Clone	Reação
‘Diamante 8112’	1	Moderadamente resistente
	3	Susceptível
	4	Moderadamente resistente
	5	Moderadamente resistente
	6	Moderadamente resistente
	7	Moderadamente resistente
	8	Resistente
	9	Resistente

Cultivar	Clone	Reação
'ES8122'	1	Resistente
	2	Moderadamente resistente
	3	Resistente
	4	Moderadamente resistente
	6	Susceptível
	7	Resistente
	8	Susceptível
	9	Susceptível
'Centenária ES8132'	1	Moderadamente resistente
	2	Susceptível
	3	Resistente
	4	Moderadamente resistente
	6	Moderadamente resistente
	7	Susceptível
	8	Susceptível
	9	Susceptível

Fonte: Mendonça *et al.* (2019).

Essas cultivares possuem produtividades médias de 84 a 120 sacas beneficiadas por hectare em condições não irrigadas e irrigadas, respectivamente; além de estabilidade de produção, alto vigor vegetativo, boa uniformidade de maturação dos frutos e grãos grandes (Ferrão *et al.*, 2015). Análises sensoriais, utilizando a escala de qualidade da CQI (*Coffee Quality Institute*), classificaram essas cultivares como cafés de qualidade superior, com sabor e aroma que as remetem ao chocolate, cacau, adocicado, caramelo e frutas vermelhas.



3.6 ‘MARILÂNDIA ES8143’

A cultivar ‘Marilandia ES8143’ é uma resposta do programa de melhoramento do Incaper a um período de estresse hídrico que assolou o estado do Espírito Santo. Essas crises hídricas são sazonais e passaram a constituir uma problemática dos programas de pesquisa que visam o enfrentamento dessas, seja com manejo ou melhoramento genético. Estima-se que mais de 60% das áreas no estado do Espírito Santo com zoneamento agroclimático para *C. canephora* apresentam restrição hídrica para o cultivo, necessitando de irrigação (Taques e Dadalto, 2017). Mesmo com a suplementação por irrigação e uso de outras técnicas para amortização do estresse hídrico, no período de 2014 a 2016 ocorreu a mais intensa crise hídrica dos últimos 50 anos, acarretando a perda de 50% da produção agrícola capixaba além de uma série de problemas econômicos e sociais em 80% dos municípios do estado (Conab 2014, 2017; IBGE, 2016).

O estresse hídrico e térmico provocado impulsionou o programa de melhoramento do Incaper a selecionar novamente os clones mais aptos ao cultivo em regiões sujeitas à crise hídrica e, ou, sem a possibilidade de implantação de sistemas de irrigação. A cultivar ‘Marilândia ES8143’ é o resultado da avaliação de mais de 1.000 genótipos que estavam em experimentos durante o período de 2014 a 2016. Foram utilizados os dados dos genótipos sob déficit hídrico nas fazendas experimentais de Marilândia, Sooretama e Bananal do Norte e, com base nesses resultados, foi possível o lançamento da cultivar em 2017. Esta cultivar é formada por 12 clones que apresentam tolerância ao estresse hídrico, produtividade média de 80,98 e 63,32 sacas de café beneficiadas em condições irrigadas e não irrigadas, respectivamente (Ferrão *et al.*, 2019). Na avaliação da qualidade da bebida os clones apresentaram notas entre 75 e 81,25 pontos, com média de 78,27 segundo o protocolo CQI (Ferrão *et al.*, 2019).

3.7 ‘ES8152’ CONQUISTA

A cultivar ‘ES8152’ é uma variedade propagada por sementes formada pela recombinação em campo isolado de 56 clones superiores, obtida pelo programa de melhoramento genético de *C. canephora* do Incaper, com a colaboração da Embrapa Café, do Consórcio Pesquisa Café, do CNPq e da Fapes (Ferrão *et al.*, 2019). Para obtenção da cultivar, foram selecionados e recombinados, em campo isolado, os melhores genótipos (clones, progênies e híbridos) que agregassem as seguintes características: vigor; adaptabilidade e estabilidade de produção; potencial produtivo; tolerância ao estresse hídrico; tolerância a pragas e doenças; e qualidade de bebida.

A propagação por sementes da cultivar, a alogamia da espécie e a incompatibilidade gametofítica proporcionam uma grande base genética pois, cada indivíduo apresenta um genótipo único, sendo passível de seleção por produtores rurais ou programas de melhoramento. Senra e colaboradores (2022), estudando características morfoagronômicas da cultivar, demonstraram a ampla diversidade genética e o padrão fenotípico de alguns indivíduos similares aos clones comerciais A1 (clone 8 da variedade ‘Diamante ES 8122’), LB1 (clone 1 da variedade ‘ES8122’), V8 e V12 (clones 8 e 12 da variedade ‘Vitória Incaper 8142’).

Na avaliação, realizada na fazenda experimental Bananal do Norte, durante a colheita do terceiro ano após o plantio (primeira safra), foi estimada uma média fenotípica de cerca de 81 sacas de café pilado por hectare, com 6,5% de grãos boa e um peso médio de 100 frutos de 93 gramas. Silva e colaboradores (2022), analisando o mesmo conjunto de dados pelo método da máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viesada (REML/BLUP), obtiveram uma média genotípica de 6,16 kg por planta (cerca de 85,59 sacas de café pilado por hectare), 6,59% de grãos boa e peso de 100 frutos de 94,13 gramas.

Cultivares de origem seminal promovem menor custo de implantação de lavouras em comparação às mudas clonais, devido ao menor preço das mudas produzidas por sementes, à maior facilidade de formação de lavouras e ao melhor pegamento das mudas no plantio (Ferrão *et al.*, 2019). A variedade Conquista apresenta tolerância a estresses bióticos (ataque de pragas e doenças), e abióticos, como ao estresse hídrico e térmico, sendo uma opção viável para agricultores menos tecnificados e/ou, com menor recurso econômico, que não podem realizar uma suplementação com irrigação adequada e o devido controle químico de pragas e doenças. O sistema radicular maior das mudas seminais possibilita que a planta explore camadas mais profundas do solo, que normalmente não são atingidas pelas mudas clonais. Dessa forma, mudas seminais têm maior acesso à água e nutrientes no solo.

4 AVANÇOS EM PRODUTIVIDADE

Observando os avanços em produtividade, verifica-se o crescimento na produtividade média das cultivares desenvolvidas ao longo dos anos (Figura 15). No ano de 1993, quando foram lançadas as primeiras cultivares, a produtividade média no estado do Espírito Santo era de 7 sacas de café beneficiadas por hectare. Para chegar à marca 47 sacas por hectare, 30 anos depois, um longo caminho de pesquisa e extensão foi percorrido. Contudo, as produtividades capixabas podem crescer ainda mais, visto que, todas as cultivares desenvolvidas têm potencial de produtividade superior a 50 sacas por hectare.

As primeiras cultivares superaram, em média, 30% das testemunhas experimentais e 757% a média estadual de 1993. A cultivar ‘Robustão Capixaba ES8141’, por sua vez, superou em 25% as primeiras cultivares e agregou a vantagem da tolerância ao estresse hídrico. A variedade ‘Vitória INCAPER 8142’ agregou uma série de vantagens nos 13 clones que a compõem, além de superar em 21% as primeiras cultivares desenvolvidas. A cultivar ‘Diamante ES8112’ superou em 39,19% a média da ‘Emcapa 8111’, e em 14,73% a média da ‘Vitória Incaper 8142’. A cultivar ‘ES8122’ Jequitibá superou em 47,92% e 26,07% a média da ‘Emcapa 8121’ (maturação intermediária) e ‘Vitória Incaper 8142’ respectivamente. A cultivar ‘Centenária ES8132’ superou em 37,27% e 16,99% a média da ‘Emcapa 8131’ (maturação tardia) e ‘Vitória Incaper 8142’.

À medida que novas cultivares são desenvolvidas, novos marcos de produtividade são alcançados, novas características são acrescentadas às cultivares e a base genética é ampliada. Os produtores rurais têm muito a explorar do potencial genético das cultivares e, para tal, devem contar com o apoio dos extensionistas e pesquisadores para selecionar a cultivar que seja mais adequada à situação da sua propriedade e à aptidão tecnológica.

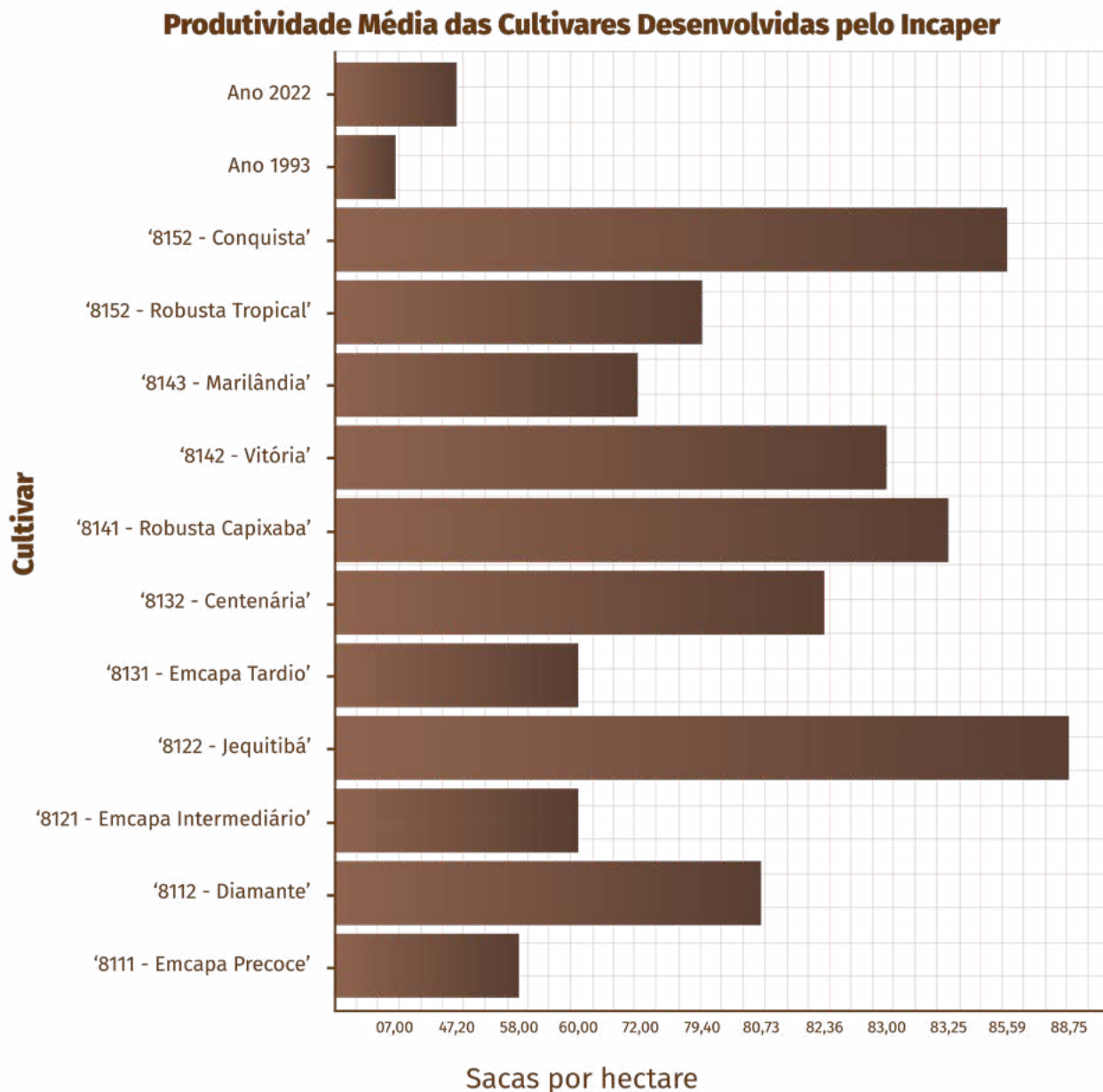


Figura 15 – Produtividade média das cultivares desenvolvidas pelo Incaper e as produtividades de 1993 e 2022.

5 CULTIVARES DE COFFEA ARABICA RECOMENDADAS PARA O ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

5.1 CULTIVARES DESENVOLVIDAS PELO INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS – IAC

5.1.1 ‘Catuaí Vermelho’ (IAC 44 E IAC 81) e ‘Catuaí Amarelo’ (IAC 62 e IAC 86)

As cultivares do grupo Catuaí são derivadas da hibridação artificial entre ‘Mundo Novo IAC 374-19’ e ‘Caturra Amarelo IAC 476-11’, realizada em 1949, no IAC. As seleções foram indicadas pelo IAC a partir de 1972. Elas possuem em sua constituição genotípica, 75% de Bourbon e 25% de Typica, pois a cultivar Mundo Novo é oriunda do cruzamento natural entre as cultivares Sumatra (Típica) e Bourbon Vermelho e a cultivar Caturra Amarelo corresponde a uma mutação natural do Bourbon Vermelho ou Caturra Vermelho (mutação natural de Bourbon Vermelho). As linhagens de Catuaí são suscetíveis à ferrugem e a nematóides, entre outras doenças. Adaptam-se bem à irrigação, regiões quentes, em altitudes baixas e médias, solos de baixa fertilidade, e, devido ao porte baixo, espaçamentos mais largos ou adensados podem ser utilizados (Fazuoli *et al.*, 2007; Carvalho *et al.*, 2008; Pereira e Baião *et al.*, 2015). Pode-se dizer que o melhoramento genético contribuiu para aliar o vigor da cultivar Mundo Novo ao porte reduzido da cultivar ‘Caturra’, atendendo tanto às demandas da época, quanto às atuais.

Por sua ampla adaptação às regiões cafeeiras do Brasil, as cultivares do grupo Catuaí foram utilizadas como testemunhas (suscetíveis à ferrugem) em experimentos conduzidos pelo Incaper e instalados nos municípios de Iúna, Marechal Floriano, Santa Teresa, Domingos Martins e Venda Nova do Imigrante e apresentaram produtividades médias superiores a 30 sacas por hectare (Ferrão *et al.*, 2004; Ferrão *et al.*, 2021).

Quadro 1 – Principais características das variedades ‘Catuaí Vermelho’ (Iac 44 E Iac 81) e ‘Catuaí Amarelo’ (Iac 62 e Iac 86)

Origem	Mundo Novo x Caturra Amarelo
Porte	Baixo
Cor do fruto maduro	Vermelho (IAC 44 e IAC 81) e amarelo (IAC 62 e IAC 86)
Reação à ferrugem	Suscetível
Adaptação	Ampla adaptação (locais acima de 500 m de altitude)
Época de maturação	Intermediária a tardia
Vigor	Alto
Peneira	Média a alta
Qualidade da bebida	Boa
Produtividade	Alta



5.1.2 'Iac Obatã 1669-20'

Lançada no ano 2000, a cultivar 'Obatã 1669-20' tem sua origem provável de um cruzamento natural entre o híbrido CIFC H 361/4 com a cultivar 'Catuaí Vermelho' (ou 'Catuaí Amarelo'). O híbrido H 361/4 foi resultante do cruzamento artificial entre a cultivar Villa Sarchi CIFC 971/10 e o Híbrido de Timor CIFC 832-2 (Sarchimor) realizado pelo Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC/ISA/ULisboa), em Oeiras, Portugal. Plantas em geração F2 foram introduzidas no Brasil, em 1972, avaliadas e selecionadas em várias gerações. Durante este período, possivelmente, ocorreram cruzamentos naturais com a cultivar Catuaí Vermelho usada como testemunha nos experimentos. A cultivar 'IAC Obatã 1669-20' conta com 62,5% de Bourbon, 34,4% de Típica e 3,1% de Robusta em sua constituição genotípica. Por ser uma cultivar exigente em nutrição e água, é indicada, preferencialmente, para plantios em solos férteis e responde bem a irrigação e/ou fertirrigação. Apresenta elevada resistência à ferrugem e alta produtividade, sobretudo, nas primeiras colheitas. Adapta-se aos espaçamentos mais adensados, mecanização e altitude média (Fazuoli *et al.*, 2007; Carvalho *et al.*, 2008; Pereira e Baião, 2015), contudo, também pode ser recomendada para o cultivo em regiões de baixa altitude, com registros de produtividade acima de 40 sacas por hectare (ALVES *et al.*, 2021).

Em experimentos conduzidos pelo Incaper, instalados nos municípios de Iúna, Marechal Floriano, Santa Teresa, Domingos Martins e Venda Nova do Imigrante, 'IAC Obatã 1669-20' alcançou produtividade média em torno de 39 sacas por hectare (Ferrão *et al.*, 2021).

Quadro 2 – Principais características da variedade 'Iac Obatã 1669-20'

Origem	Sarchimor
Porte	Baixo
Cor do fruto maduro	Vermelho
Reação à ferrugem	Altamente resistente
Adaptação	Locais com temperatura amena e clima chuvoso
Época de maturação	Tardia
Vigor	Alto
Peneira	Alta
Qualidade da bebida	Boa
Produtividade	Alta



5.2 CULTIVARES DESENVOLVIDAS PELA FUNDAÇÃO DE APOIO À TECNOLOGIA CAFEEIRA – FUNPROCAFÉ

5.2.1 ‘Acauã’ e ‘Acauã Novo’

A cultivar Acauã é derivada do cruzamento artificial entre ‘Mundo Novo IAC 388-17’ e ‘Sarchimor IAC 1668’, realizado pelo extinto Instituto Brasileiro do Café (IBC), em 1975/1976, no Paraná. Progenies em geração F3 foram introduzidas, avaliadas e selecionadas em Minas Gerais, e posteriormente, a FunProcafé liberou a cultivar Acauã para plantio comercial em geração F6. Acauã apresenta brotação nova com cor bronze-escuro, entretanto, entre suas plantas, foram identificadas plantas com brotos de coloração verde, originando a cultivar Acauã Novo. Estas cultivares apresentam frutos grandes e são altamente resistentes à ferrugem e moderadamente resistentes ao nematóide *Meloidogyne exigua*. Acauã se destaca por exibir menor oscilação de produção entre safras consecutivas, ou seja, menor efeito da bienalidade, e maior tolerância ao estresse hídrico, podendo ser indicada para regiões mais secas (Carvalho *et al.*, 2008; Pereira e Baião *et al.*, 2015).

Em avaliações no Incaper, a cultivar Acauã apresentou produtividade média de 44 sacas por hectare em experimentos instalados em cinco municípios do Espírito Santo, superior à cultivar Acauã Novo, que alcançou valor médio em torno de 30 sacas por hectare (Ferrão *et al.*, 2021).

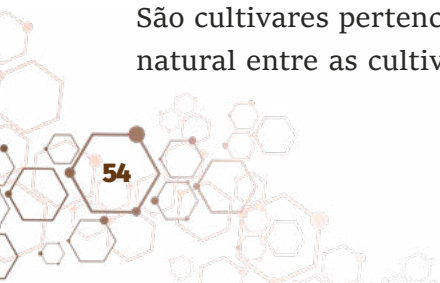
Quadro 3 – Principais características das variedades ‘Acauã’ e ‘Acauã Novo’

Origem	Mundo Novo x Sarchimor
Porte	Baixo
Cor do fruto maduro	Vermelho
Reação à ferrugem	Altamente resistente
Adaptação	Locais com temperatura amena e clima chuvoso/quente (em geral, abaixo de 800 m de altitude)
Época de maturação	Intermediária a tardia
Vigor	Alto
Peneira	Média a alta
Qualidade da bebida	Boa
Produtividade	Alta



5.2.2 ‘Catucaí Amarelo 24/137’ e ‘Catucaí Amarelo 2SL’

São cultivares pertencentes ao grupo Catucaí, ou seja, têm sua origem a partir do cruzamento natural entre as cultivares Icatu e Catucaí, ocorrido em lavouras experimentais localizadas em



São José do Vale do Rio Preto-RJ, do extinto Instituto Brasileiro do Café (IBC). Progenies em geração F3, selecionadas entre plantas da cultivar Icatu Vermelho foram levadas para a FunPro-café e, utilizando-se o método de melhoramento genealógico, plantas com elevado potencial produtivo, alto vigor vegetativo e resistência à ferrugem, foram selecionadas em experimentos com gerações subsequentes, nos estados de Minas Gerais, Bahia e Espírito Santo (Carvalho *et al.*, 2008; Pereira e Baião *et al.*, 2015). As principais características da cultivar Catucaí Amarelo 2SL são: porte baixo a médio, crescimento vegetativo vigoroso, ciclo de maturação intermediário, sementes de tamanho médio com peneira média, resistência moderada à ferrugem e a mancha de phoma, boa capacidade de rebrota, cor dos brotos bronze (podendo aparecer brotos verdes). No bioma Cerrado, a cultivar Catucaí Amarelo 2SL se destacou em maior altura, maior número de folhas e maior diâmetro de coleto (Oliveira *et al.*, 2022), demonstrando seu potencial para ampla adaptação.

A cultivar Catucaí Amarelo 24/137 apresenta porte baixo, plantas uniformes, cor dos brotos bronze (também podendo ser verdes), ciclo de maturação precoce a intermediário, sementes de tamanho médio com peneira alta, resistência moderada a ferrugem, podendo ser muito sensível em anos de carga alta. É indicada para plantios com uso de alto nível tecnológico, visando alta produtividade. No Espírito Santo, as cultivares Catucaí Amarelo 2SL e Catucaí Amarelo 24/137, alcançaram produtividades médias superiores a 48 e 41 sacas beneficiadas por hectare, respectivamente, em alguns experimentos avaliados pelo Programa de Melhoramento Genético de Café Arábica do Incaper. ‘Catucaí Amarelo 2SL’ e ‘Catucaí Amarelo 24/137’ foram avaliadas em experimentos instalados nos municípios de Marechal Floriano, Iúna, Domingos Martins e Venda Nova do Imigrante, entre os anos de 2008 e 2020. ‘Catucaí Amarelo 24/137’ também fez parte de experimento no município de Santa Teresa, desde o ano de 2018 (Ferrão *et al.*, 2021).

Quadro 4 – Principais características das variedades ‘Catucaí Amarelo 24/137’ e ‘Catucaí Amarelo 2SL’

Origem	Icatu x Catuaí	
Porte	Baixo a médio	
Cor do fruto maduro	Amarelo	
Reação à ferrugem	Moderadamente resistente	
Adaptação	Ampla adaptação (locais acima de 500 m de altitude)	
Época de maturação	Precoce a intermediária	
Vigor	Alto	
Peneira	Média a alta	
Qualidade da bebida	Boa	
Produtividade	Alta	

5.3 CULTIVARES DESENVOLVIDAS PELA EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG

5.3.1 ‘Araponga’

A cultivar Araponga é derivada do cruzamento artificial entre a cultivar Catuaí Amarelo IAC 86 e o Híbrido de Timor UFV 446-08, realizado pela Epamig/UFV. O método de melhoramento utilizado foi o genealógico e após subseqüentes seleções, a cultivar Araponga teve origem na geração F6. As principais características da cultivar são: resistência à ferrugem, porte baixo, elevado vigor e potencial produtivo, frutos de cor vermelha e ciclo de maturação intermediário (Carvalho *et al.*, 2008; Ferreira; Baião *et al.*, 2015). O Incaper avaliou experimentos instalados nos municípios de Iúna, Marechal Floriano, Domingos Martins, Venda Nova do Imigrante e Santa Teresa, e, em diferentes épocas, a cultivar Araponga se destacou com produtividade média superior a 35 sacas por hectare (Ferrão *et al.*, 2021).

Quadro 5 – Principais características da variedade ‘Araponga’

Origem	Catuaí x Híbrido de Timor
Porte	Baixo
Cor do fruto maduro	Vermelho
Reação à ferrugem	Altamente resistente
Adaptação	Locais com temperatura amena e clima chuvoso/quente (em geral, abaixo de 800 m de altitude)
Época de maturação	Intermediária
Vigor	Alto
Peneira	Média
Qualidade da bebida	Boa
Produtividade	Alta



5.3.2 ‘Catiguá MG1’ e ‘Catiguá MG2’

As cultivares ‘Catiguá MG1’ e ‘Catiguá MG2’ têm origem a partir da hibridação artificial entre a cultivar ‘Catuaí Amarelo IAC 86’ e o ‘Híbrido de Timor UFV 440-10’, realizada pela Epamig/UFV. Após ciclos de seleção, chegou-se a essas cultivares em geração F5, com alto potencial produtivo. A cultivar Catiguá MG1 apresenta folhas jovens de cor bronze-escuro e produz frutos grandes, com peneira superior à Catiguá MG2, que apresenta frutos menores e possui folhas jovens de coloração bronze-claro e verde. Catiguá MG2 se destaca pela qualidade superior da bebida, com nuances peculiares (Carvalho *et al.*, 2008; Pereira e Baião, 2015) e é considerada moderadamente suscetível à cercosporiose (Ramos *et al.*, 2022). As cultivares ‘Catiguá MG1’ e

‘Catiguá MG2’ apresentaram produtividades médias de 34 e 45 sacas por hectare, respectivamente, em experimentos instalados pelo Incaper nos municípios de Venda Nova do Imigrante, Domingos Martins, Marechal Floriano, Iúna e Santa Teresa. ‘Catiguá MG2’ foi mais suscetível à cercosporiose no município de Venda Nova do Imigrante (Ferrão *et al.*, 2021).

Quadro 6 – Principais características das variedades ‘Catiguá MG1’ e ‘Catiguá MG2’

Origem	Catuaí x Híbrido de Timor
Porte	Baixo
Cor do fruto maduro	Vermelho
Reação à ferrugem	Altamente resistente
Adaptação	Locais com temperatura amena e clima chuvoso (em geral, abaixo de 800 m de altitude)
Época de maturação	Intermediária
Vigor	Alto
Peneira	Média
Qualidade da bebida	Boa (Catiguá MG1) e excelente (Catiguá MG2)
Produtividade	Alta



5.3.3 ‘Oeiras MG 6851’

A cultivar ‘Oeiras MG 6851’ foi desenvolvida pelas instituições Epamig e UFV, com a colaboração da UFLA, do IAC e de produtores rurais. É resultante do cruzamento entre Caturra Vermelho CIFC 19/1 e Híbrido de Timor CIFC 832/1, pertencente ao germoplasma Catimor. Por meio do método genealógico, foram realizados ciclos de seleção e a cultivar Oeiras MG 6851 foi lançada na geração F7. A cultivar apresenta moderado vigor vegetativo, sem apresentar depauperamento precoce ou seca de ramos produtivos, com frutos grandes e maturação uniforme (Pereira *et al.*, 2000; Carvalho *et al.*, 2008; Pereira e Baião *et al.*, 2015). Pode ser indicada para plantios adensados e superadensados, apresentando ampla adaptação, sobretudo, em regiões com altitudes elevadas e com solos ricos em matéria orgânica (Oliveira *et al.*, 2021). ‘Oeiras MG 6851’ é considerada parcialmente resistente à cercosporiose (Ramos *et al.*, 2022) e foi classificada como altamente resistente à ferrugem, quando lançada para cultivo comercial, na década de 1990, contudo, atualmente, apresenta-se ligeiramente resistente à ferrugem (Sera *et al.*, 2022). A quebra da resistência à ferrugem, considerando a raça XXXIII, configura-se como um desafio para os programas de melhoramento de café que utilizam o Híbrido de Timor como fonte de resistência (Castro *et al.*, 2022). A média de produtividade da cultivar Oeiras MG 6851 foi superior a 39 sc ha em experimentos conduzidos pelo Incaper e localizados nos municípios de Venda Nova do Imigrante, Domingos Martins, Iúna e Marechal Floriano (Ferrão *et al.*, 2004; Ferrão *et al.*, 2021).

Quadro 7 – Principais características da variedade ‘Oeiras MG 6851’

Origem	Caturra x Híbrido de Timor
Porte	Baixo
Cor do fruto maduro	Vermelho
Reação à ferrugem	Ligeiramente resistente
Adaptação	Locais com temperatura amena/fria e clima chuvoso
Época de maturação	Precoce
Vigor	Médio
Peneira	Média a alta
Qualidade da bebida	Boa
Produtividade	Alta



5.3.4 ‘Pau Brasil MG1’

A cultivar ‘Pau Brasil MG1’ foi derivada da hibridação artificial entre a cultivar Catuaí Vermelho IAC 141 e o Híbrido de Timor UFV 442-34. O método genealógico foi utilizado para seu desenvolvimento e a cultivar foi lançada em sua geração F5 (Carvalho *et al.*, 2008; Pereira e Baião *et al.*, 2015). Em ensaios experimentais coordenados pelo Incaper e localizados nos municípios de Iúna, Marechal Floriano, Domingos Martins e Venda Nova do Imigrante, a cultivar Pau Brasil MG1 apresentou média de produtividade superior a 33 sc ha (Ferrão *et al.*, 2021).

Quadro 8 – Principais características da variedade ‘Pau Brasil MG1’

Origem	Catuaí x Híbrido de Timor
Porte	Baixo
Cor do fruto maduro	Vermelho
Reação à ferrugem	Parcialmente resistente
Adaptação	Locais com temperaturas mais altas e clima chuvoso
Época de maturação	Precoce a intermediária
Vigor	Médio a alto
Peneira	Média
Qualidade da bebida	Boa
Produtividade	Alta



5.3.5 ‘Rubi MG 1192’

A cultivar ‘Rubi MG 1192’ é oriunda do cruzamento artificial entre as cultivares Catuaí e Mundo Novo. Apresenta ciclo de maturação uniforme, produtividade elevada, alto vigor vegetativo, sem depauperamento precoce ou seca dos ramos. Seus ramos são mais abertos, permitindo maior aeração e insolação no interior das plantas. Em espaçamentos entre plantas inferiores a 0,80 m, pode apresentar maturação desuniforme e tardia (Carvalho *et al.*, 2008; Pereira e Baião *et al.*, 2015). A média de produtividade da cultivar Rubi MG 1192 foi superior a 33 sacas por hectare em experimentos avaliados pelo Incaper (Ferrão *et al.*, 2004).

Quadro 9 – Principais características da variedade ‘Rubi MG 1192’

Origem	Catuaí x Mundo Novo
Porte	Baixo
Cor do fruto maduro	Vermelho
Reação à ferrugem	Suscetível
Adaptação	Ampla adaptação
Época de maturação	Precoce a intermediária
Vigor	Alto
Peneira	Alta
Qualidade da bebida	Boa
Produtividade	Alta



5.3.6 ‘Topázio MG 1190’

Por meio do cruzamento artificial entre as cultivares Catuaí Amarelo e Mundo Novo, foi obtida a cultivar Topázio. Ela destaca-se por seu ciclo de maturação uniforme, excelente produtividade e alto vigor vegetativo, sem apresentar depauperamento após elevadas produções. Os cafeeiros são suscetíveis aos nematoides das galhas e a outras doenças. ‘Topázio MG 1190’ apresenta boa adaptabilidade e estabilidade produtiva em diversos ambientes, inclusive em sistemas irrigados, onde tem se mostrado bastante produtiva e com menor bienalidade de produção. Semelhante à cultivar Rubi MG 1192, em regiões com altitude acima de 1.200 m, não se deve utilizar espaçamentos entre plantas inferiores a 0,80 m, pois a maturação dos frutos pode ser desuniforme e tardia (Carvalho *et al.*, 2008; Pereira *et al.*, 2010). Considerando-se a poda do tipo esqueletamento, no primeiro biênio após a poda, em fase jovem, observou-se altas produtividades aliadas a um elevado vigor vegetativo, baixo número de frutos chochos e peneira alta dos grãos para ‘Topázio MG 1190’ (Silva *et al.*, 2016). A cultivar Topázio MG 1190 apresentou produtividade média superior a 30 sacas por hectare, em experimentos conduzidos pelo Incaper (Ferrão *et al.*, 2004).

Quadro 10 – Principais características da variedade ‘Topázio MG 1190’

Origem	Catuaí x Híbrido de Timor
Porte	Baixo
Cor do fruto maduro	Amarelo
Reação à ferrugem	Resistente
Adaptação	Locais com temperatura amena/fria e clima chuvoso
Época de maturação	Precoce a intermediária
Vigor	Alto
Peneira	Média a alta
Qualidade da bebida	Boa
Produtividade	Alta



5.3.7 ‘MGS Paraíso 2’

A cultivar ‘MGS Paraíso 2’ foi desenvolvida a partir do cruzamento artificial entre a cultivar Catuaí Amarelo IAC 30 e o acesso Híbrido de Timor UFV 445-46, realizado inicialmente na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em 1980, e conduzido posteriormente, pelo Programa de Melhoramento Genético do Cafeeiro da Epamig e instituições parceiras. Apresenta excelente resposta aos diferentes tipos de poda, com ciclo de maturação precoce a intermediário, a depender da altitude de cultivo, ressaltando-se sua qualidade de bebida bastante superior e diferenciada. Os grãos são grandes, com peneira média 16 e acima, em torno de 70%. Apresenta ampla adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e sistemas de cultivo, com desempenho satisfatório em altitudes de 350 m a 1.200 m, em regiões de montanha ou planaltos. Ajusta-se ao sistema de plantio em sequeiro ou irrigado e à colheita mecanizada (Oliveira *et al.*, 2021). A cultivar Paraíso MG H 419-1 é resultante da mistura de sementes de oito progênies, em geração F4 (Carvalho *et al.*, 2008), e pode-se considerar que a cultivar MGS Paraíso 2 foi selecionada entre aquelas plantas. A produtividade média da cultivar MGS Paraíso 2 foi superior a 32 sacas por hectare, considerando as safras dos experimentos conduzidos pelo Incaper e localizados nos municípios de Venda Nova do Imigrante, Iúna e Santa Teresa (Ferrão *et al.*, 2021).

Quadro 11 – Principais características da variedade ‘MGS Paraíso 2’

Origem	Catuaí x Híbrido de Timor
Porte	Baixo
Cor do fruto maduro	Amarelo
Reação à ferrugem	Resistente
Adaptação	Locais com temperatura amena/fria e clima chuvoso
Época de maturação	Precoce a intermediária
Vigor	Alto
Peneira	Média a alta
Qualidade da bebida	Boa
Produtividade	Alta



5.4 CULTIVAR DESENVOLVIDA PELO INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ – IAPAR/EMATER

5.4.1 ‘Ipr 103’

A cultivar ‘IPR 103’ foi desenvolvida por meio do método de melhoramento genealógico, a partir do cruzamento entre as cultivares Catuaí e Icatu, realizado no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Em 1977, a geração F3 (PR 77054) foi introduzida no Iapar/Emater, e após algumas gerações de seleção, no ano de 2006, foi lançada a ‘IPR 103’. Apresenta rusticidade e foi selecionada em regiões com solos pobres e arenosos, em altitudes mais baixas e temperaturas médias anuais entre 19 e 23°C, no Estado do Paraná. Suas principais características são: porte médio e compacto, maturação dos frutos mais tardia em relação à cultivar Catuaí, resistência parcial à ferrugem (pode necessitar controle químico) e à necrose e mumificação de frutos jovens (em condições de campo), suscetível à cercosporiose, as folhas jovens são de cor bronze, frutos vermelhos quando maduros, com qualidade de bebida semelhante ou superior à ‘Catuaí’. O sistema de plantio pode ser semi-adensado e adensado, de acordo com a temperatura média anual da região e do manejo adotado, envolvendo adubação, irrigação e poda (Sera *et. al.*, 2013).

Em Mandaguari-PR, diferentes espaçamentos influenciaram a produtividade da cultivar IPR 103. Produtividades superiores a 90 sacas (de 60 kg ha⁻¹) foram alcançadas no espaçamento de 0,45 m (Pereira *et al.*, 2022). Em Viçosa, ‘IPR 103’ foi a mais produtiva em ensaio realizado em região com precipitação média em torno de 1.165 mm e temperatura média anual de 23,8°C (Oliveira *et al.*, 2021). Portadora de genes de *C. canephora*, a cultivar IPR 103 se destacou em estudos acerca da tolerância à seca, envolvendo genótipos de café, portadores de genes de di-

ferentes espécies (Carvalho *et al.*, 2017). No Espírito Santo, em experimentos conduzidos pelo Incaper, nos municípios de Iúna, Marechal Floriano, Venda Nova do Imigrante, Domingos Martins e Santa Teresa, a cultivar IPR 103 alcançou as maiores produtividades, superando 45 sacas por hectare em relação às cultivares testemunhas Catuaí Vermelho IAC 44 e Catuaí Vermelho IAC 81 (Ferrão *et al.*, 2021).

Quadro 12 – Principais características da variedade ‘Ipr 103’

Origem	Catuaí x Icatu
Porte	Médio
Cor do fruto maduro	Vermelho
Reação à ferrugem	Parcialmente resistente
Adaptação	Ampla adaptação (locais acima de 500 m de altitude)
Época de maturação	Intermediária a tardia
Vigor	Alto
Peneira	Média a alta
Qualidade da bebida	Boa
Produtividade	Alta



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a implantação de uma lavoura cafeeira, deve-se realizar um planejamento detalhado para se obter o melhor resultado pretendido. Um dos passos essenciais deste planejamento é a escolha da cultivar mais adequada, sobretudo quando se considera uma cultura perene, como o café. Fatores ambientais, como altitude, tipo de solo, temperatura e pluviosidade do local de plantio, o sistema de cultivo a ser adotado e o objetivo, devem ser motivo de atenção, além das características da cultivar, incluindo a reação a doenças e pragas, entre outras.

Para o café arábica, recomenda-se o cultivo em regiões com temperaturas médias anuais entre 18 °C e 22°C, e altitudes superiores a 500 m. Enquanto isso para o café conilon, as lavouras podem ser instaladas em regiões com temperaturas médias anuais entre 22 °C e 26 °C, considerando-se altitudes inferiores a 500 m. Existem ainda algumas regiões consideradas áreas de transição para as duas espécies. Além de um grande número de cultivares disponíveis para a escolha do produtor, podem existir diversas interações complexas permeando esta escolha, o que torna a orientação correta para a tomada de decisão um diferencial para uma cafeicultura de sucesso.

REFERÊNCIAS

- ALVES, G. S. P.; COELHO, A. P.; LEMOS, L. B. Crescimento vegetativo, produtividade e qualidade pós-colheita de cultivares de café de porte baixo em região de baixa altitude. **Agroecossistemas**, v. 13, n. 1, p. 63-83, 2021.
- ANTHONY, F. *et al.* Genetic diversity of wild coffee (*Coffea arabica* L.) Using molecular markers. **Euphytica**, v. 118, p. 53-65, 2001.
- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; ÁVILA, A. M. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004.
- AVELINO, J. *et al.* The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008–2013): Impacts, plausible causes and proposed solutions. **Food Secur.**, v. 7, p. 303–321, 2015.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. 8.ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, p. 384, 2021.
- BRAGANÇA, S. M. *et al.* ‘Emcapa 8111’, ‘Emcapa 8121’, ‘Emcapa 8131’: primeiras variedades clonais de café conilon lançadas para o Espírito Santo. Vitória, ES: Emcapa, 2 p. (Emcapa. Comunicado Técnico, 68). 1993.
- BRAGANÇA, S. M.; CARVALHO, C. H. S. De; FONSECA, A. F. A. Da; 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, DF, v. 36, n. 5, p. 765-770, 2001.
- CAPUCHO, A. S. *et al.* Resistência do conilon Vitória 8142 à raça I de *Hemileia vastatrix*. **VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Araxá - MG, 2011.
- CARVALHO, A. *et al.* Aspectos genéticos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 1, p. 135-183, 1991.
- CARVALHO, C. H. S., *et al.* Cultivares de café arábica de porte baixo. In: CARVALHO, C.H.S. (Ed.). **Cultivares de café: origens, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, p. 157-226, 2008.
- CARVALHO, A. **Histórico do desenvolvimento do cultivo do café do Brasil**. Campinas, IAC, 7p. (Documentos IAC, 34). 1993.
- CARVALHO, A.; MÔNACO, L. C. Natural crosspollination in *C. arabica*. In: **INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS**. Proceedings... Brussels, V.4, p.447-449, 1964.
- CARVALHO, F. G. *et al.* Tolerância ao déficit hídrico em mudas de genótipos de café. **Coffee Science**, v. 12, n. 2, p. 156-163, 2017.

CASTRO, I. S. L. *et al.* Transcriptome analysis uncovers the gene expression profile of *Hemileia vastatrix* (Race XXXIII) during the interactions with resistant and susceptible coffee. **Agronomy**, v. 12, n. 444, p. 1-20, 2022.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. **Principles and methods in coffea plant breeding: *Coffea canephora* Pierre**. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (Ed.). *Coffee: Agronomy*, London: Elsevier Applied Science, p. 167-197, 1988.

CLARINDO, W. R. *et al.* Following the track of “Híbrido de Timor” origin by cytogenetic and flow cytometry approaches. **Genet. Resour. Crop. Evol.**, v. 60, p. 2253-2259, 2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Safra de 2014: MAPA –SPC-CONAB, dez. 2014.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de Cafés do Brasil**. Safra de 2015: MAPA –SPC-CONAB, dez. 2017.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília, DF, v. 9, safra 2022, n. 3, set. 2022.

CONAGIN, C. H. T. M.; MENDES, A. J. T. Pesquisas citológicas e genéticas em três espécies de *Coffea*. Auto-incompatibilidade em *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. **Bragantia**, Campinas, SP, v.20, n.2, p.787-804, 1961.

Cultivar Web. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares – RNC. Disponível em:** https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em: 7 nov. 2022.

DAVIS, A. P. *et al.* An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). **Bot. J. Linn. Soc.**, v. 152, p. 465-512, 2006.

DAVIS, A. P. *et al.* **Coffee Atlas of Ethiopia**. Royal Botanic Gardens, Kew, p. 143, 2018.

DAVIS, A. P. *et al.* The impact of climate change on indigenous *Arabica* coffee (*Coffea arabica*): predicting future trends and identifying priorities. **Plos ONE**, v.7, n.11, e47981, 2012. (Doi: 10.1371/journal.pone.0047981).

DAVIS, A. P. *et al.* The impact of climate change on natural populations of *Arabica* coffee (*Coffea arabica*): Predicting future trends and identifying priorities. **PLOS ONE**, v. 7, e47981, 2012.

FAZUOLI, L. C. *et al.* Cultivares de café arábica do IAC, um patrimônio da cafeicultura brasileira. **Anais do 33º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, 2007.

FAZUOLI, L. C. **Metodologia, critérios e resultados da seleção em progênies do café Icatu com resistência a *Hemileia vastatrix***. 1991. 322f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas, 1991.

FEITOZA, L. R. *et al.* Estimativas de graus-dia mensais e anual para o Estado do Espírito Santo em função de fatores geográficos. **Revista Científica Faesa**, Vitória, ES, v.8, n.1, p.41-56, 2012.

FEITOZA, L. R. *et al.* **Mapa das unidades naturais do estado do Espírito Santo**: informações básicas. Vitória, ES: Incaper, 2010. 56 p. Il. Color. (Incaper. Documentos, 182).

FERRÃO, R. G. *et al.* 'Diamante ES 8112', 'ES 8122 - Jequitibá' e 'Centenária ES 8132': novas cultivares clonais de café conilon com qualidade de bebida para o Espírito Santo. **IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, Curitiba - PR, 2015.

FERRÃO, R. G. *et al.* ES 8152 conquista: Cultivar de café conilon propagada por sementes para os produtores de base familiar e sua utilização no melhoramento genético para o estado do Espírito Santo. **Multi-Science Research**, v. 2, n. 2, 2019.

FERRÃO, R. G. *et al.* (Eds.). **Café Conilon**: 2.ed. Atualizada e ampliada. Vitória, ES: Incaper, 2017. P. 219-241.

FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; ROCHA, A. C. **Cultivares de café arábica para a região das montanhas do Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES: Incaper, 2004, 38 p. Il. Color. (Incaper. Circular, 02-I).

FERRÃO, M. A. G.; RIVA-SOUSA, E. M.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; SANTOS, W. G.; SPADETO, J. **Indicação de cultivares de café arábica para o estado do Espírito Santo e avaliação comparativa com o conilon em altitude elevada**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2021. 45 p. Il. Color. (Embrapa Café. Circular Técnica, 6).

FERRÃO, R. G. *et al.* Emcapa 8141 – Robustão Capixaba, variedade clonal de café conilon tolerante à seca, desenvolvida para o Estado do Espírito Santo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG: 47, n. 273, p. 555-560, 2000.

FERRÃO, R. G. *et al.* **Emcapa 8141 – Robustão Capixaba: variedade clonal de café conilon tolerante à seca**. Vitória, ES: Emcapa, 1999. 10 p. (Emcapa. Comunicado Técnico, 98).

FERRÃO, R. G. *et al.* Marilândia ES 8143, cultivar clonal de café conilon tolerante à seca para o estado do Espírito Santo. **X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil** – ISSN: 1984-9249 8 a 11 de outubro de 2019, Vitória – ES.

FILHO, O. G. *et al.* Origem e classificação botânica do cafeeiro. In: Carlos Henrique Siqueira de Carvalho. (Ed.). **Cultivares de café**. Brasília: EMBRAPA, 2007. 247 p.

FONSECA, A. F. A. Da *et al.* Conilon Vitória 'Incaper 8142': variedade clonal de café desenvolvida para o Estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL 4., 2005. Resumos ... Londrina. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Grupo de coordenação de estatística agropecu-

ária, GCEA/IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola – LSPA**. Vitória, ES. Relatório de Pesquisa. 2014, 2016.

IPCC, 2022: **Mudança Climática 2022**: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade. Contribuição do Grupo de Trabalho II ao Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, EUA, 3056 pp., doi: 10.1017/9781009325844.

LASHERMES, P. *et al.* Molecular characterisation and origin of the *Coffea arabica* L. **Genome. Mol. Gen.**, v. 261, p. 259–266, 1999.

MAURIN, O. *et al.* Towards a phylogeny for *Coffea* (Rubiaceae): Identifying well-supported lineages based on nuclear and plastid DNA sequences. **Ann. Bot.** v. 100, p. 1565–1583, 2007.

MEDEIROS, A. C. *et al.* Combining ability and molecular marker approach identified genetic resources to improve agronomic performance in *Coffea arabica* breeding. **Front. Sustain. Food Syst.**, v. 5, 2021. (Doi: 10.3389/fsufs.2021.705278).

MENDONÇA, R. F. *et al.* Genótipos de café conilon e sua reação à ferrugem alaranjada. **Summary Phytopathologica**, v.45, n.3, p.279-284, 2019.

MERLO, P. M. S. **Conilon Capixaba: 100 anos de desafios, crescimento e inovação**. Vitória, ES: Bumerangue Produção de Comunicação, p. 99, 2012.

MONACO, L. C.; CARVALHO, A.; FAZUOLI, L. C. Melhoramento de cafeeiro. Germoplasma de café Icatu e seu potencial no melhoramento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA 2., 1974, Poços de Caldas, MG. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/CERCA, p. 103, 1974.

OLIVEIRA, A. C. B. *et al.* Cultivares de café resistentes à ferrugem: alternativa viável para a cafeeicultura das Matas de Minas. Brasília, DF: Embrapa Café, 2021, 46 p. Il. Color. (Embrapa Café. Documento, 15).

OLIVEIRA, G. V. *et al.* Desenvolvimento inicial de *Coffea* spp. Cultivados em sub-bosque de Acácia manguim. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 7, p. 51051-51060, 2022.

PEREIRA, A. A. *et al.* Cultivar de café resistente à ferrugem: Oeiras – MG 6851. **Revista Ceres**, v. 47, n. 269, p. 121-124, 2000.

PEREIRA, A.A., BAIÃO, A.C. Cultivares. In: SAKIYAMA, N., MARTINEZ, H., TOMAZ, M., BORÉM, A. (Eds). **Café arábica**: do plantio à colheita. Viçosa, MG: Ed. UFV, p. 24-45, 2015.

PEREIRA, C. T. M. *et al.* Arabica coffee yields and profitability improved by reducing the spacing within the rows. **Agronomy Journal**, v.114, n. 2, p. 1220-1228, 2022.

- PEZZOPANE, J. R. M. *et al.* Zoneamento agroclimático do café para o Estado do Espírito Santo. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 9, 2009, Vitória, ES. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2009. 5p.
- RAMOS, J. B. *et al.* Screening coffee genotypes for brown eye spot resistance in Brazil. **Plos ONE**, v. 17, n. 1, p. 1-13, 2022.
- RIVA-SOUZA, E. M. *et al.* Diversidade genética entre linhagens de café arábica do Programa de Melhoramento Genético do Incaper. In: Simpósio Incaper Pesquisa, 1, 2021b, Vitória, ES. **Anais...** Vitória, ES: Incaper, 2021b.
- RIVA-SOUZA, E. M. *et al.* Melhoramento genético de café arábica para a região de montanhas do Espírito Santo. In: Congresso Capixaba de Pesquisa Agropecuária, 1, 2021a, Vitória, ES. **Anais...** Vitória, ES: Incaper, 2021a.
- SEDIYAMA, G. C. *et al.* Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Para o estado de Minas Gerais. **Rev. Bras. Agrometeorologia**, v.9, n.3, p.501-509, 2001.
- SEKI, M. S. *et al.* Classificação climática do Estado do Espírito Santo segundo as zonas de ida de Holdridge. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, PR, v. 14, supl.2, p.1-19, 2021.
- SENRA, J. F. B. *et al.* Genetic variability of conilon coffee population from cultivar ‘ES8152’ based on morphoagronomic variables. **Coffee Science**, v. 17, p. e171986, 2022. (Doi: <https://doi.org/10.25186/v17i1.1986>).
- SERA, G. H. *et al.* Coffee leaf rust in Brazil: historical events, current situation and control measures. **Agronomy**, v. 12, n. 496, p. 1-19, 2022.
- SERA, T.; SERA, G. H.; FAZUOLI, L. C. IPR 103 – Rustic dwarf arabic coffee cultivar more adapted to hot regions and poor soils. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, p. 95-98, 2013.
- SILVA, F. G. *et al.* Seleção de genótipos promissores de café conilon oriundos da cultivar ‘ES8152’. XXVI Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica, XXII Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação e XII Encontro de Iniciação à Docência - Universidade do Vale do Paraíba - 2022.
- SILVA, V. A. *et al.* Recuperação de cultivares de café submetidas ao esqueletamento aos quatro anos e meio de idade. **Coffee Science**, v. 11, n. 1, p. 55-64, 2016.
- SQUILASSI, M.G. **Interação de genótipos com ambientes**. Embrapa Tabuleiros Costeiros. p. 47, 2003.
- TAQUES, R. C.; DADALTO, G. G. **Zoneamento agroclimático para a cultura do café conilon no Estado do Espírito Santo**. In: FERRÃO, R. G *et al.*, (Eds.). **Café conilon**. 2. Ed. Atualizada e revisada. Vitória, ES: Incaper, p. 69 – 79, 2017.
- WRIGLEY, G. **Coffee – Tropical Agriculture Series**. Longman Scientific & Technical, 1988.

CAPÍTULO 2

CAFEEIROS ROBUSTAS AMAZÔNICOS: VARIABILIDADE GENÉTICA EXPLORADA EM RONDÔNIA

Marcelo Curitiba Espindula

Rodrigo Barros Rocha

André Rostand Ramalho Figueiredo

Alexsandro Lara Teixeira

João Maria Diocleciano



CAPÍTULO 2

CAFEIROS ROBUSTAS AMAZÔNICOS: VARIABILIDADE GENÉTICA EXPLORADA EM RONDÔNIA

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de cafeeiros *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner tem se expandido no Brasil a partir do uso de técnicas de manejo modernas, do uso de insumos e do cultivo de genótipos selecionados de desempenho superior. Um marco importante no cultivo desta espécie foi a seleção preliminar de genótipos superiores associada ao uso da técnica de propagação vegetativa no processo de produção de mudas, o que possibilitou a fixação de características agronômicas superiores e o incremento da produtividade e qualidade do café produzido. Este processo, que teve início na primeira metade da década de 1980, forneceu subsídios para o lançamento das primeiras cultivares clonais recomendadas para o estado do Espírito Santo, no ano de 1993 (Bragança *et al.*, 2001).

Uma outra mudança que merece destaque foi o desenvolvimento do sistema de plantio denominado “clone em linha”, no início dos anos 2000, onde cada linha de plantio é uniformemente composta por um clone. As primeiras cultivares clonais registradas e recomendadas para cultivo neste sistema, no Espírito Santo, foram ‘Emcapa 8141- Robustão Capixaba’ e ‘Vitória Incaper 8142’ (Fonseca *et al.*, 2004). O plantio de cultivares clonais, com os clones em linha, proporciona maior uniformidade e padronização das lavouras, o que facilita as práticas de podas, colheita e controle fitossanitário. Com isso, a partir do início dos anos 2000 a procura por clones superiores foi intensificada por cafeicultores e viveiristas.

Inicialmente, a seleção de plantas considerava principalmente clones de maior potencial produtivo. Em um segundo momento, foram consideradas outras características tais como ciclo de maturação, resistência à ferrugem alaranjada do cafeeiro e arquitetura da planta, especialmente referente à resistência das plantas ao tombamento. Nas instituições de pesquisa agrícola, além das características correlatas à produção, também se estudavam a altura de plantas, diâmetro da copa, massa de mil grãos, peneira média dos grãos, e a reação às principais doenças e pragas, bem como adaptação a fatores bióticos e qualidade final do produto, dentre outros (Montagnon *et al.*, 2008; Ferrão *et al.*, 2020, Rocha *et al.*, 2021, Souza *et al.*, 2021). As tecnologias desenvolvidas no estado do Espírito Santo foram disseminadas para estados vizinhos como

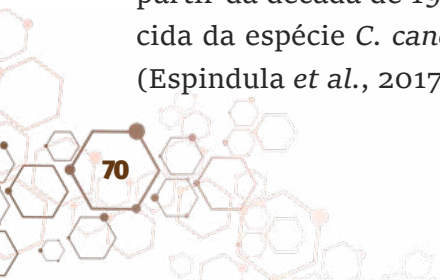
Minas Gerais, Rio de Janeiro e, principalmente, para a Bahia. Neste último, devido às condições climáticas, topografia favorável e ao custo dos imóveis rurais do extremo Sul do estado, o cultivo de *C. canephora* se expandiu levando o estado a figurar entre os três maiores produtores da espécie no Brasil.

Além de Espírito Santo e Bahia, o cultivo de *C. canephora* também é relevante no estado de Rondônia, situado no norte do Brasil. Na última década, de 2010 a 2020, Rondônia e Bahia se alternaram, nos anos sucessivos, na posição de segundo e terceiro maiores produtores da espécie no Brasil (Conab, 2022). Assim como na Bahia, no estado de Rondônia o cultivo de *C. canephora* também foi influenciado pelas tecnologias desenvolvidas no Espírito Santo. Na Amazônia Ocidental a cafeicultura pode ser genuinamente sustentável e aliada à preservação das florestas. Por ser uma atividade intensiva, realizada majoritariamente em pequenas propriedades de base familiar, favorece a manutenção do homem no campo e se beneficia da proximidade com as florestas, que contribui para a presença dos polinizadores naturais do cafeeiro.

A evolução na produção de café na Amazônia pode ser exemplificada pelos dados do estado de Rondônia, que, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab *et al.*, 2022), é responsável por 97% do café produzido nessa região. Em 2001, o estado de Rondônia contava com 318 mil hectares de lavouras que produziam 1,9 milhão de sacas e uma produtividade média de 8 sacas por hectare. Para a safra 2022, a expectativa de produção é de aproximadamente 2,4 milhões de sacas, produzidas em uma área 78% inferior à de 2001, com uma produtividade média de 42 sacas por hectare. Neste estado, mais uma particularidade também chama a atenção: os genótipos que formam a base genética dos cultivos são parcialmente distintos daqueles cultivados no Espírito Santo e na Bahia (Souza *et al.*, 2013). Neste capítulo, abordaremos a origem dessas diferenças genéticas, bem como os trabalhos em andamento e as perspectivas relacionadas ao futuro dos genótipos desenvolvidos nas condições edafoclimáticas de Rondônia, estado localizado no Bioma Amazônia.

2 ROBUSTAS AMAZÔNICOS: ORIGEM

A cafeicultura tem estreita relação com a história da formação agrária do Território Federal e, posteriormente, do estado de Rondônia. Isso porque a colonização do estado foi inicialmente marcada pela migração de agricultores do sul e do sudeste do Brasil, no decorrer de sucessivas geadas e crises macroeconômicas das décadas de 1970 e 1980. Os agricultores migrantes trouxeram a tradição do cultivo de café arábica de seus estados natais. Inicialmente, por intermédio dos agricultores do estado do Paraná, São Paulo e Minas Gerais foram introduzidos cafeeiros da espécie *Coffea arabica* (Veneziano; Carvalho, 1982). Em um segundo momento, especialmente a partir da década de 1980, foram introduzidos cafeeiros seminais de origem genética desconhecida da espécie *C. canephora* var. botânica Conilon trazidos por agricultores do Espírito Santo (Espindula *et al.*, 2017).



A partir de sua introdução, os cafeeiros conilon substituíram, entre as décadas de 1980 e 1990, os cultivos de cafeeiros arábica do estado, por apresentarem maior adaptação às condições edáficas e climáticas de Rondônia. Baseados em resultados preliminares obtidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) no estado de São Paulo, em 1978 a Unidade de Pesquisa de Âmbito Territorial (Atual Embrapa Rondônia) implantou os primeiros experimentos de Seringueira clonal consorciada com cafeeiros (arábica e Robusta IAC 640) na então vila sede do Projeto Integrado de Colonização (PIC Ouro Preto D'Óeste) do INCRA (Veneziano, 1993).

a) Diferença entre cafeeiros Conilon e Robusta

O uso dos termos 'Conilon' (adaptado de Kouillou) e 'Robusta' para designar as duas variações de cafeeiros da espécie *C. canephora*, muitas vezes pode causar alguma confusão. De maneira geral, na literatura e no comércio internacional é comum a utilização genérica do termo 'robusta' para os cafés da espécie *C. canephora*. No entanto, no Brasil, por uma influência do estado do Espírito Santo, utiliza-se tradicionalmente o termo 'conilon' para a generalização da espécie. Por isso, muitas vezes acredita-se que ambos os termos são sinônimos.

De fato, ambos os termos se referem a cafeeiros da espécie *C. canephora*. No entanto, no passado, os termos eram utilizados para se referir a variedades botânicas distintas. A denominação variedade botânica se refere a um grupo de indivíduos de uma mesma espécie, que se desenvolveram naturalmente em uma determinada condição ambiental, e que apresentam características próprias e distintas das de outros indivíduos da mesma espécie que se desenvolveram em ambientes diferentes. A variedade botânica 'Conilon' se caracteriza por apresentar plantas com porte, folhas e distância entre rosetas menores, e com maior tolerância ao estresse hídrico. No centro de origem do cafeeiro, no continente africano, essas plantas são de um grupo denominado de SG1, originários da região costeira da África (Montagnon *et al.*, 2012). Comparativamente, a variedade botânica 'Robusta' se refere a uma população natural que se caracteriza por plantas de porte maior, com maior tolerância a doenças como ferrugem alaranjada do cafeeiro, nematóides e excelente potencial para qualidade de bebida. Essa população natural também tem sua origem no continente africano, em região próxima ao Congo proveniente da parte mais central da África. De maneira diferente da cafeicultura do estado do Espírito Santo, em Rondônia além dos cafeeiros da variedade botânica Conilon, os cafeeiros da variedade botânica 'Robusta' também se adaptaram às condições climáticas da região e, por isso, a base genética dos cultivos do estado é formada por plantas fenotipicamente distintas das cultivadas no Espírito Santo e na Bahia.

b) Introdução do Conilon em Rondônia

Os cafeeiros conilon foram introduzidos inicialmente pelos migrantes oriundos do norte do estado do Espírito Santo e pelo extinto Instituto Brasileiro do Café - IBC durante a década de 1980. Nessas introduções foram utilizadas sementes "crioulas", trazidas de lavouras que estavam começando a ser cultivadas em escala comercial no estado do Espírito Santo. Nesse período, os cafeeiros da variedade botânica conilon substituíram os cultivos do café arábica que haviam sido introduzidos nos primeiros anos de colonização. A menor adaptação do café arábica nessa região de clima tropical deve-se às temperaturas elevadas com consequente abortamento das flores em clima quente e úmido.

Tais fatores ocasionam uma redução de produtividade e a precocidade de maturação dos frutos, entre fevereiro e março, que coincide com o período chuvoso na região, o que dificultava a colheita e a secagem dos grãos. Aliado a essas questões, registra-se também a inadequada infraestrutura para colheita, secagem, beneficiamento e transporte do café da época. Com a substituição das lavouras, Rondônia passou a ser um expressivo produtor de cafeeiros conilon durante as décadas de 1980, 1990 e 2000, com produção de aproximadamente 2 milhões de sacas por ano (Alves *et al.*, 2020).

c) Os Robustas na Embrapa

A partir da boa adaptação dos cafeeiros conilon em Rondônia, e dos resultados promissores dos primeiros experimentos, a Embrapa, em parceria com o então Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, introduziu sete progênies de cafeeiros da variedade botânica conilon e dez da variedade robusta (Veneziano, 1993). A introdução e avaliação de 17 progênies de *C. canephora* objetivavam explorar a variabilidade genética e fenotípica e o potencial das progênies ainda, praticamente, desconhecidas em diferentes regiões do Brasil. Este trabalho pioneiro é considerado o início da disseminação dos robustas no estado de Rondônia. Isto porque, durante as décadas seguintes, foram realizadas campanhas de distribuição de sementes, ou mesmo vendas diretas a produtores, que levaram os robustas da Embrapa até as lavouras comerciais do estado (Espindula *et al.*, 2022).

De maneira geral, os robustas não foram utilizados de forma ampla, pois apesar de presentes em diferentes municípios do estado, os cafeeiros do grupo conilon predominaram na maioria dos plantios comerciais. O grande marco temporal para a mudança da base genética da cafeicultura de Rondônia foi o início da utilização da técnica de clonagem para realização de plantios clonais utilizando os híbridos oriundos do cruzamento entre plantas de ‘Conilon’ e ‘Robusta’.

d) Híbridos: Conilon x Robusta

Os cafeeiros da espécie *C. canephora* são alógamos obrigatórios, ou seja, as plantas não são capazes de se autofecundar. Por isso, para produzirem frutos, há a necessidade de haver fecundação cruzada entre genótipos compatíveis. Neste sentido, como os cafeeiros Conilon e Robusta, no campo experimental da Embrapa, foram plantados em áreas adjacentes, muitas das sementes produzidas foram originadas a partir da hibridação natural entre plantas de ambos os grupos. Além disso, as lavouras comerciais formadas a partir de sementes de Robustas foram, na maioria, plantadas em áreas próximas às lavouras comerciais de conilon, o que permitiu a hibridação natural em áreas de produtores do estado. Desta forma, campos com híbridos naturais foram observados nas áreas experimentais e em lavouras comerciais de produtores nos diferentes municípios produtores de café de Rondônia.

Assim, inicialmente os próprios produtores selecionaram as plantas superiores no campo e as clonaram, baseado nas informações das estratégias de melhoramento da espécie indicada pela pesquisa. Esse processo conhecido como seleção massal fenotípica, visava formar lavouras mais uniformes e produtivas. Como a base de seleção era, na maioria dos casos, lavouras formadas com sementes híbridas entre Conilon (C) e Robusta (R), as plantas selecionadas para clonagem

eram progênes híbridas intervarietais (C x R), uma vez que se destacavam em relação às lavouras antigas formadas de sementes. Paralelamente ao processo de seleção de híbridos naturais em condições de campo, a Embrapa iniciou um trabalho de hibridação direcionada em 2003 e de seleção de híbridos naturais no campo experimental de Ouro Preto do Oeste, RO. Este processo resultou no registro e lançamento de cultivares monoclonais híbridas em 2019 e nos trabalhos de seleção de novos genótipos que norteiam o programa de melhoramento de café para as condições da Amazônia brasileira.

3 DE 1981 A 2023: 42 ANOS DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO DE CAFÉ DA EMBRAPA RONDÔNIA

Os primeiros trabalhos de pesquisa com cafeeiros *C. arabica* (var. IAC Mundo Novo e var. IAC Catuaí) e *C. canephora* (cv. IAC Robusta 640) foram iniciados em 1978, na área de fitotecnia, com a implantação de um experimento para avaliação do consórcio café x seringueira. Na área de Melhoramento de café da Embrapa Rondônia, o marco principal foi a introdução de cafeeiros iniciada no ano de 1981 (Veneziano, 1993). Nestes 42 anos, várias estratégias e tecnologias foram trabalhadas e disponibilizadas para a cafeicultura de Rondônia e da Amazônia (Figura 1).

Dentre os resultados, destacam-se: a) distribuição de sementes de cafeeiros Conilon e Robustas durante a década de 1980 e 1990; b) recomendação de plantio, seguida da distribuição de sementes de progênes híbridas de Conilon e Robusta durante as décadas de 1990 a 2010; c) lançamento da primeira cultivar multiclonal recomendada para Rondônia, a Conilon – BRS Ouro Preto e; d) lançamento de cultivares monoclonais híbridas, denominadas “os Robustas Amazônicos”. Ressalta-se que as duas primeiras tecnologias (a e b) foram marcantes por possibilitar a formação da base genética sobre a qual está fundamentada a cafeicultura de Rondônia e da Amazônia.

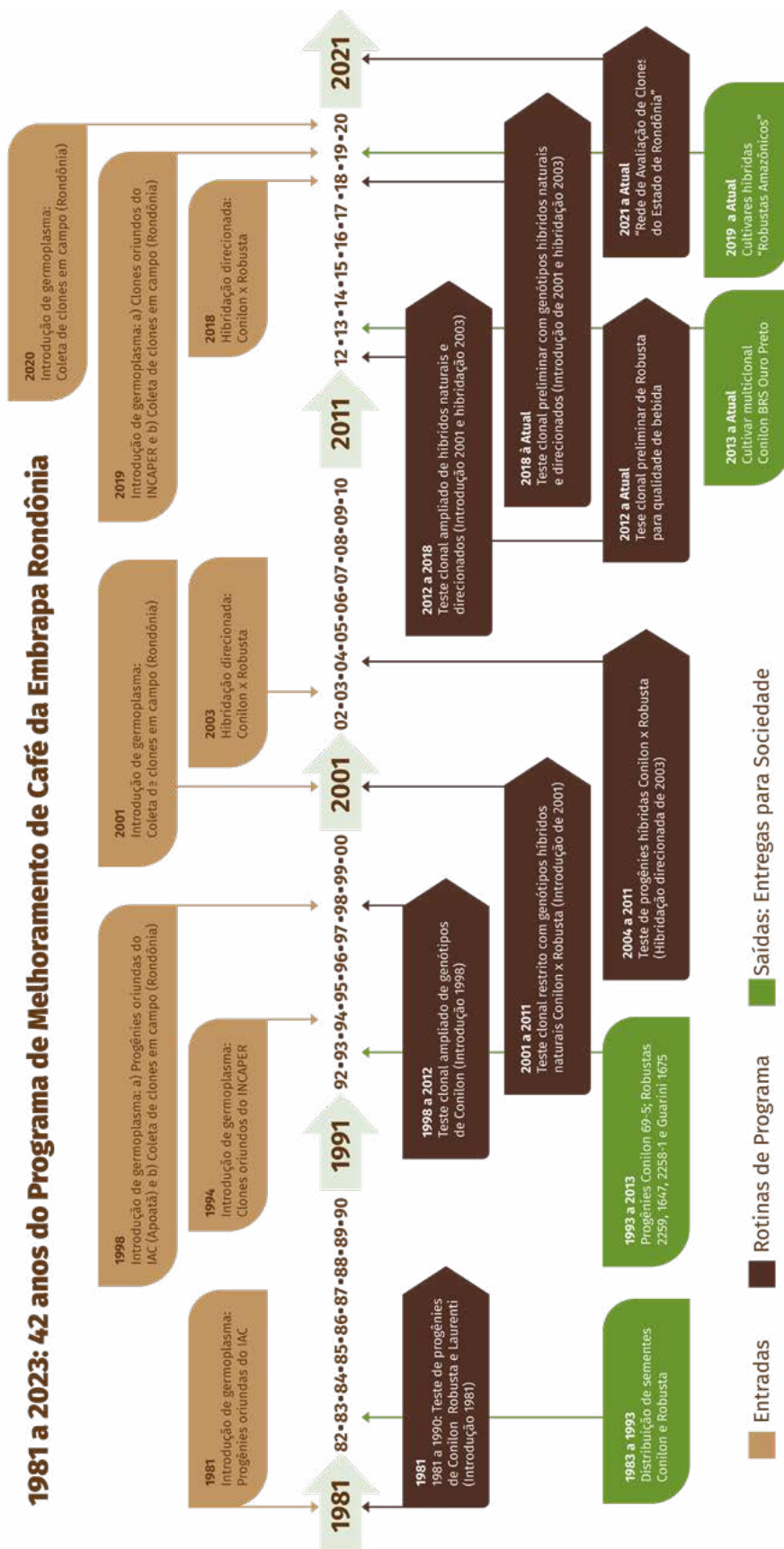


Figura 1 – Ilustração das fases e estratégias do programa de melhoramento da Embrapa Rondônia no período de 1981 a 2023.

a) Distribuição de sementes durante a década de 1980

As primeiras sementes distribuídas foram oriundas da colheita de experimentos com Robustas e Conilon (Tabela 1) e de lavouras implementadas em áreas adjacentes no Campo Experimental da Embrapa em Ouro Preto do Oeste.

Tabela 1 – Progenies de *C. canephora* oriundos do Instituto Agronômico de Campinas e introduzidos em Rondônia pela Embrapa no ano de 1981

Variedade botânica	Progenie
Conilon	IAC Kouillou 70-14
Conilon	IAC Kouillou 66-3
Conilon	IAC Kouillou 69-5
Conilon	IAC Kouillou 70-1
Conilon	IAC Kouillou 66-1
Conilon	IAC Kouillou 69-15
Conilon	IAC Kouillou 68-7
Robusta	IAC Robusta 2259
Robusta	IAC Robusta 1647
Robusta	IAC Robusta 2258-1
Robusta	IAC Robusta 1655
Robusta	IAC Robusta 1646
Robusta	IAC Guarani 1675
Robusta	IAC Robusta 2286
Robusta	IAC Robusta Coleção -10
Robusta	IAC Robusta 2257
Robusta	IAC Robusta Coleção - 5
Laurenti	IAC Laurentii Coleção - 10

Fonte: Adaptado de Veneziano (1993).

Já nessa época, havia a preocupação pela busca de qualidade de bebida e características organolépticas dos grãos. Por isso, neste experimento foram realizados os primeiros testes de qualidade da bebida que se tem registro no estado de Rondônia (Tabela 2). Porém, neste período, as análises sensoriais avaliavam essencialmente a presença de corpo na bebida dos cafés da espécie *C. canephora*.

Tabela 2 – Qualidade de bebida, porcentagem de sólidos solúveis e cafeína de progênies de Cafeeiros Conilon e Robusta. Ouro Preto do Oeste 1993

Progênie	Análise sensorial	Sólidos solúveis	Cafeína
Robusta 2259	Encorpada	27,2	1,43
Kouillou 70-14	Neutra levemente rio	29,9	1,78
Robusta 1647	Neutra	26,7	1,63
Kouillou 66-3	Neutra, levemente rio	28,2	1,78
Robusta 2258-1	Neutra	31,2	1,69
Robusta 1655	Encorpada	26,6	1,52
Kouillou 69-5	Encorpada	29,6	2,02
Robusta 1646	Neutra	29,4	1,64
Guarani 1675	Neutra	27,5	1,66
Robusta 2286	Neutra, encorpada	26,3	1,68
Kouillou 70-1	Neutra, levemente encorpada	29,3	2,22
Robusta Col-10	Neutra	27,9	1,60
Robusta 2257	Neutra, encorpada	31,4	1,81
Kouillou 66-1	Neutra	27,9	1,76
Robusta Col-5	Neutra, levemente encorpada	29,4	1,69
Kouillou 69-15	Neutra	29,2	2,37
Kouillou 68-7	Neutra, levemente encorpada	28,2	1,83
Laurenti col 10	Neutra	31,8	1,81

Fonte: Adaptado de Veneziano (1993).

b) Distribuição de sementes de progênies selecionadas

O estudo de desempenho agrônômico indicou que as progênies 2259, 1647 e 2258-1 do grupo Robusta, a progênies 69-5 de Conilon e a progênie 1675 de Guarini foram as que se destacaram (Veneziano, 1993). Baseados nesses resultados, no período de 1990 a 2010, na Embrapa Rondônia, a distribuição e venda de sementes certificadas e de origem genética conhecida passaram a ser concentradas na disseminação dessas progênies (Figura 1).

c) Cultivar multiclonal – Conilon BRS Ouro Preto

Os trabalhos de melhoramento utilizando a seleção clonal, na Embrapa Rondônia, iniciaram na década de 1990. Nos anos de 1996 e 1997 foram realizadas expedições e coletas de material genético em lavouras comerciais das regiões centro-leste de Rondônia para prospecção e clonagem de genótipos com potencial agrônomo. Estas coletas foram realizadas com o auxílio dos produtores, visto que, durante as visitas, os pesquisadores da Embrapa conversavam com os agricultores que indicavam plantas que tidas por eles como superiores, fenotipicamente. Esses cafeeiros foram observados, marcados e induzidos a produzirem brotações para o processo de clonagem por estaquia. Os brotos das plantas matrizes selecionadas, após serem colhidos, foram encaminhados para o Campo Experimental da Embrapa em Ouro Preto do Oeste para produção de mudas clonais. Destas seleções nos principais polos cafeeiros de Rondônia, foi implantado o primeiro ensaio de competição de clones de conilon (EECC-Conilon 1), em novembro de 1998 e composto por 178 genótipos clonais. Da avaliação deste experimento, resultou a seleção e recomendação da primeira cultivar clonal de cafeeiros *C. canephora* recomendada pela Embrapa em 2012, denominada Conilon BRS Ouro Preto. Esta variedade é composta pelo agrupamento de 15 clones superiores com características de Conilon.

d) Cultivares monoclonais – Robustas Amazônicas

No ano de 2003 ocorreu um outro marco importante para o programa de melhoramento de café da Embrapa Rondônia. Foi neste ano que foram realizadas as primeiras hibridações direcionadas entre cafeeiros Conilon e Robustas, para obtenção de híbridos intervarietais (Figura 1). Este evento foi particularmente importante pois foi a partir deste trabalho que foram selecionadas e recomendadas 10 cultivares monoclonais de Robustas Amazônicas desenvolvidos pela Embrapa e recomendadas para plantio no ano de 2019 (Figura 1). Este lançamento é considerado a quarta entrega de maior relevância do programa de melhoramento da Embrapa Rondônia entre 1981 e a presente data. Representa também um avanço na forma de disseminação dos genótipos clonais, pois permite que o agricultor escolha a combinação de clones que comporão sua lavoura, tendo como base as características agrônomicas de seu interesse.

A caracterização da compatibilidade genética entre os genótipos, realizada pela Embrapa (MORAES *et al.*, 2018), visa auxiliar na escolha dos materiais genéticos compatíveis a serem cultivados, considerando também as características agrônomicas de interesse (Tabela 3). Apesar do conhecimento individual, os pesquisadores da Embrapa reforçam que não se deve plantar apenas um ou poucos genótipos na lavoura. Isso porque, além da compatibilidade entre os genótipos, é preciso considerar o sincronismo de florescimento e a segurança fitotécnica e fitossanitária da lavoura. Ou seja, quanto maior o número de genótipos, menor o risco de adversidades comprometerem a produção e longevidade da lavoura (Rocha *et al.*, 2015).



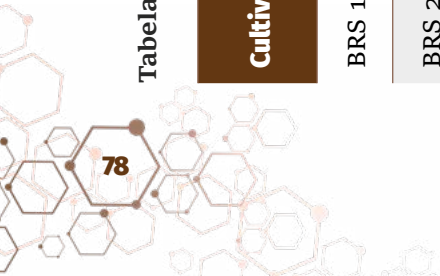


Tabela 3 – Características agrônômicas das dez cultivares monoclonais híbridas desenvolvidas pela Embrapa

Cultivar	Potencial Produtivo ¹ (Sacas.ha ⁻¹)	Rendimento no Beneficiamento kg kg ⁻¹	Peneira Média ²	Ciclo de Maturação ³	Qualidade da Bebida ⁴	Atributos ⁵
BRS 1216	167	3,7	15	Intermediário	>79 pontos	Chocolate, cereal, amadeirado
BRS 2299	128	4,1	14	Intermediário	>70 pontos	Neutro, cereal, herbal
BRS 2314	129	4,4	14	Tardio	>80 pontos	Chocolate, caramelo, frutas
BRS 2336	156	4,2	16	Tardio	>75 pontos	Doce, retrogosto suave
BRS 2357	130	4,2	15	Tardio	>70 pontos	Neutro, sem atributos de destaque
BRS 3137	161	4,0	14	Precoce	>70 pontos	Neutro, sem atributos de destaque
BRS 3193	164	4,1	14	Precoce	>75 pontos	Chocolate, caramelo, amêndoas
BRS 3210	155	4,1	16	Intermediário	>70 pontos	Neutro, cereal
BRS 3213	151	4,2	15	Intermediário	>75 pontos	Amadeirado, ervas, especiarias
BRS 3220	120	3,9	15	Intermediário	>79 pontos	Amêndoas, pimenta, finalização seca

Fonte: Adaptado de Espindula *et al.* (2019).

1 Produtividade máxima, em ano de alta produção e em condições experimentais.

2 Peneira média: tamanho médio de grãos do tipo chato mensurado de acordo com jogo de peneiras variando de 13 a 18.

3 Ciclo de maturação: Período necessário para maturação de frutos classificado como precoce, intermediário e tardio de acordo com as cultivares que apresentam maturação nos meses de abril, maio e junho respectivamente.

4 Qualidade da bebida: Nota final de acordo com o Protocolo de Degustação de Robustas Finos (PDRF)

5 Atributos: Características predominantes observadas na bebida.

Em um ensaio avaliado no ambiente de Ouro Preto do Oeste, no espaçamento de 3,0m × 1,20m, com três hastes por planta foram observadas as produtividades de quatro colheitas das cultivares monoclonais (Figura 2). A produtividade média das dez cultivares, nas quatro safras, foi de 96 sacas, desempenho superior ao observado em experimentos anteriores (Espindula *et al.*, 2019), resultado do cultivo dos materiais selecionados em boas condições de manejo, que consideram a nutrição de plantas, desrama, irrigação complementar e controle de pragas e doenças quando necessário. Nesse ambiente foi possível destacar cinco cultivares com maior potencial produtivo: BRS 1216, BRS 2336, BRS 3213, BRS 3210 e BRS 2299, com produtividades acima de 100 sacas/hectare.

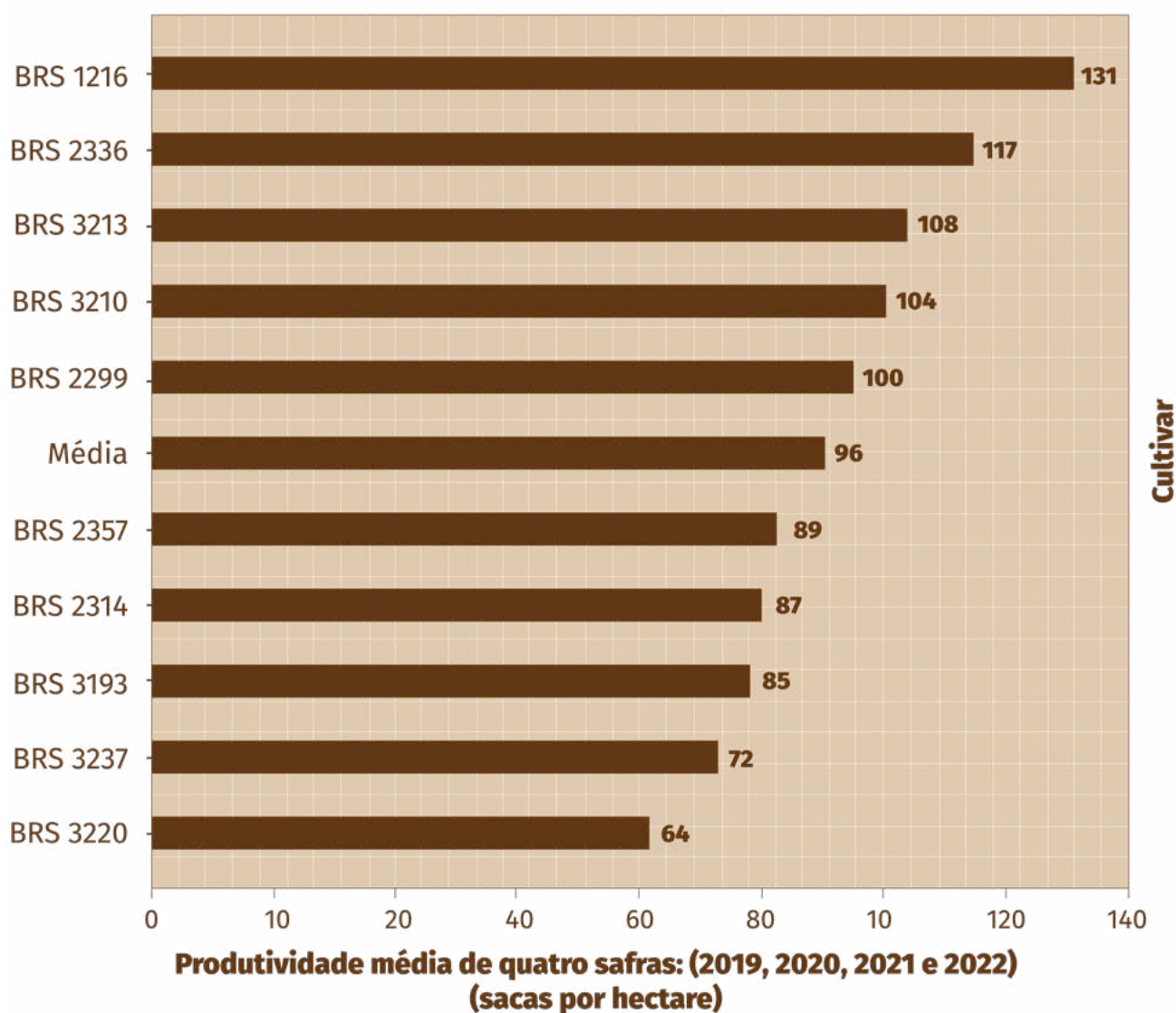


Figura 2 – Médias de produtividades de dez cultivares monoclonais híbridas (Robustas Amazônicas), obtidas da avaliação de quatro colheitas (2019 a 2022) no ambiente Ouro Preto do Oeste, Rondônia.

Apesar dos resultados mostrarem a superioridade produtiva de algumas cultivares em relação a outras, é importante ressaltar que os genótipos com menor potencial produtivo apresentam outras características de interesse agrônomo. A cultivar BRS 2357 se destaca por ser uma planta compacta que pode ser utilizada em sistemas adensados; a cultivar BRS 2314 é a que apresenta o maior potencial genético para produção de cafés especiais; as cultivares BRS 3193 e BRS 3137 são precoces e apresentam bom desempenho em condições de estresse hídrico enquanto a cultivar BRS 3220 se destaca pelo potencial para qualidade de bebida, ficando atrás apenas da BRS 2314 (Morais *et al.*, 2021).

Após o lançamento dessas cultivares, em 2019, estacas clonais foram disponibilizadas para viveiristas interessados em produzir e comercializar mudas desses materiais genéticos. Até 2022, foram credenciados, pela Embrapa, 12 viveiros nos estados de Rondônia e Amazonas (<https://www.embrapa.br/rondonia>). Nesse período também foram instaladas unidades demonstrativas nos estados do Acre, Amazonas, Rondônia e Mato Grosso, e unidades de observação em estados e ambientes distintos daqueles onde as cultivares foram desenvolvidas.

Assim, entre 2019 e 2022, foram implantadas unidades experimentais e demonstrativas em 12 estados da federação bem como no Distrito Federal (Figura 3). Nesses estados, além do bioma Amazônia, os cafeeiros estão sendo estudados no Bioma Cerrado e no Bioma Mata Atlântica.

Essas cultivares monoclonais, juntamente com outros genótipos selecionados por agricultores de Rondônia, vêm sendo avaliados também no Espírito Santo e na Bahia, através de parcerias estabelecidas com Instituições como Incaper, Ifes e Coaabriel. Em um estudo conduzido na Fazenda Experimental da Coaabriel, no município de São Domingos do Norte, a produtividade média de três safras, de 2020, 2021 e 2022 foi de 60 sacas por hectare (Figura 4). Neste estudo, a maior produtividade média foi alcançada pela cultivar BRS 2336, com 81 sacas por hectare em três safras, seguidas das cultivares BRS 3220 e BRS 1216; com 75 e 74 sacas por hectare, respectivamente.



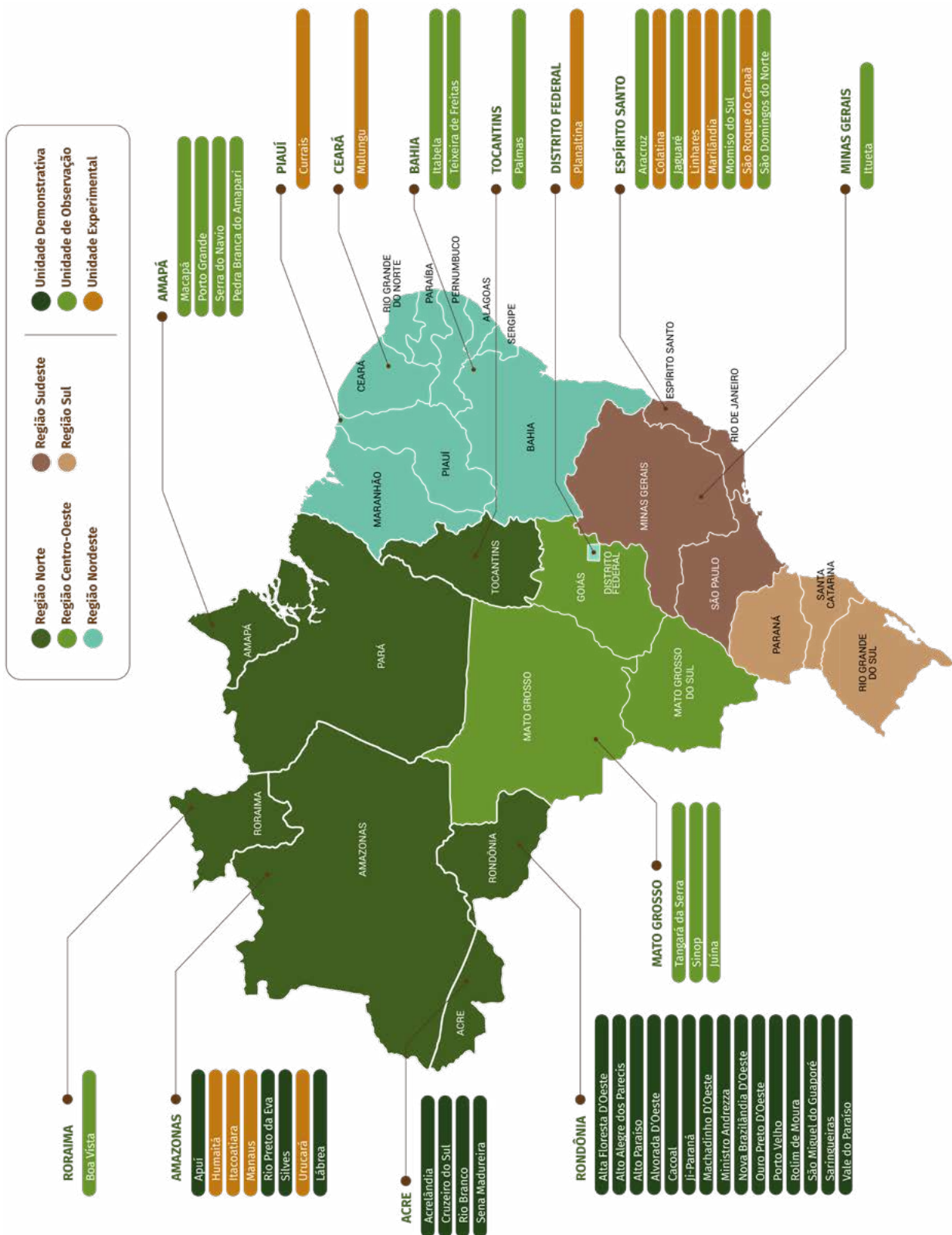


Figura 3 – Distribuição de unidades demonstrativas, de observação e experimentais, no Brasil, de 10 cultivares monoclonais desenvolvidas pela Embrapa.

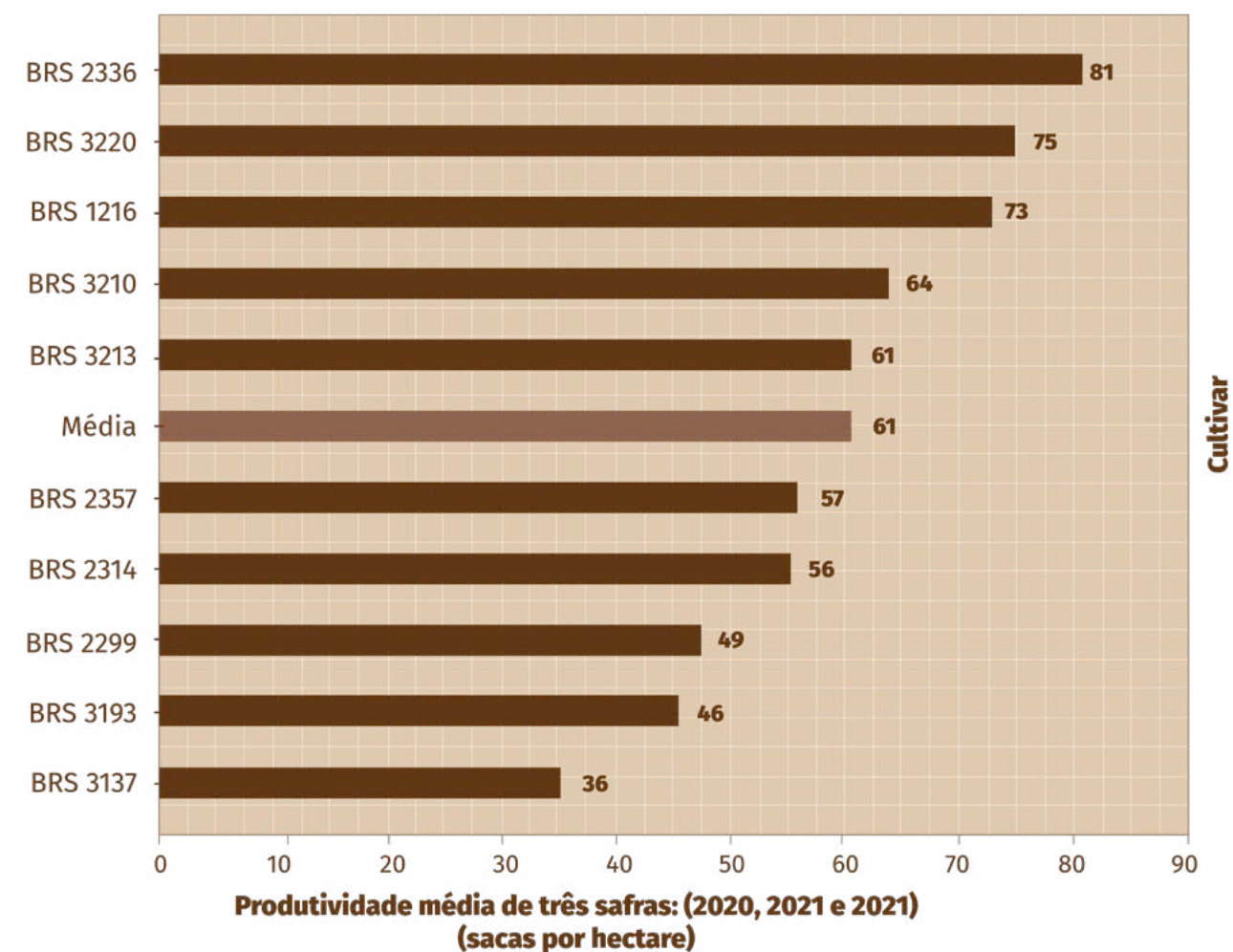


Figura 4 – Produtividade média de dez cultivares de café, avaliadas em São Domingos do Norte, Espírito Santo, safras 2020, 2021 e 2022. Dados não publicados.

De modo geral, observam-se mudanças de posição no desempenho dos clones cultivados em diferentes ambientes. No experimento acima, verificou-se que o menor espaçamento entre as plantas utilizados no ensaio (0,7 metros) resultou em adensamento excessivo na linha, tendo comprometido o potencial produtivo das plantas. Além dos estudos com cultivares desenvolvidos pela Embrapa, viveiristas e produtores do ES e BA têm introduzido diferentes genótipos, de forma independente e sem o acompanhamento de instituições de pesquisa, para serem testados em diferentes ambientes nestes estados. Neste sentido, é importante registrar que o plantio em larga escala dos materiais genéticos sem a avaliação adaptativa, causa preocupação, visto que a sustentabilidade da cafeicultura capixaba inicia-se com a formação de lavouras dentro de bases tecnológicas validadas, como o uso de cultivares adaptadas e recomendadas.

4 GANHO DE SELEÇÃO ESTIMADOS E REALIZADOS DE GENÓTIPOS AVALIADOS EM QUATRO AMBIENTES DA AMAZÔNIA OCIDENTAL NO PERÍODO DE 2003 A 2019

Estimativas do ganho com a seleção são consideradas um dos critérios mais importantes para quantificar a eficiência dos programas de melhoramento, e podem ser entendidas como o incremento no desempenho das plantas após, pelo menos, um ciclo de seleção. O progresso genético com a seleção pode ser interpretado sob diferentes óticas buscando a comparação de populações de melhoramento ou de diferentes métodos de seleção. Muitas vezes, no entanto, as diferentes abordagens levam a uma mesma questão, de associação entre os valores genéticos preditos e os valores genéticos reais.

Em campo, melhoristas fundamentam-se nos princípios do melhoramento de plantas para monitorar o grau de parentesco e a diversidade genética entre os genitores, buscando maximizar os ganhos com a seleção (Ferrão *et al.*, 2021; Montagnon *et al.*, 2008). Embora existam diferentes estimadores do progresso genético, todos partem da definição fundamental de que o ganho de seleção é função da intensidade de seleção, expressa em percentual ou em unidades de desvio padrão, da herdabilidade e do diferencial de seleção. O potencial produtivo do cafeeiro, medido em sacas de café beneficiado por hectare, ainda é considerado uma das características mais importantes para o desenvolvimento de novos cultivares (Ramalho *et al.*, 2016). A separação das populações de melhoramento em suas variedades botânicas, permite a obtenção de plantas híbridas, que se caracterizam pelo maior vigor que se manifesta no cruzamento intervartietal (Oliveira *et al.*, 2018; Montagnon *et al.*, 2008).

Entre os anos de 2008 e 2012, a partir de hibridações direcionadas entre genitores Robusta e Conilon, foi desenvolvida uma população de melhoramento avaliada em dialelo balanceado sem genitores e sem hibridações recíprocas (Souza *et al.*, 2013). Nessa população de melhoramento foram selecionados 12 clones híbridos ($i=5\%$) que foram cultivados em diferentes regiões do Amazônia Ocidental, no período de 2013 a 2018 (Moraes *et al.*, 2020). No ano de 2019, os melhores clones, chamados de ‘Robustas Amazônicos’, foram registrados no Ministério da Agricultura e recomendados para plantio na região (RNC/MAPA, 2019).

Uma das formas de se quantificar a eficiência de seleção é comparar as estimativas de ganho obtidas em condições experimentais, com o ganho de seleção realizado, mensurado em campo nas condições de manejo utilizadas pelos cafeicultores. Os resultados apresentados a seguir consideram um conjunto de experimentos realizados em um intervalo de 15 anos: a hibridação direcionada para obtenção de progênies realizada no ano de 2003, a avaliação de testes de progênies em condições experimentais no período de 2005 a 2012, e avaliações em campo, em diferentes ambientes da Amazônia Ocidental realizadas no período de 2013 a 2019.

Iniciado no ano de 2003, hibridações direcionadas entre matrizes das variedades botânicas Conilon e Robusta foram realizadas para a obtenção de nove progênies de irmãos completos, estruturadas em quatro repetições de oito plantas, totalizando 288 genótipos (Souza *et al.*, 2013). A produtividade média de três safras foi avaliada no período de 2007-2011 considerando o delineamento dialelo em blocos completos no campo experimental da Embrapa Rondônia em Ouro Preto do Oeste – RO (Teixeira *et al.*, 2020). Baseada nessa avaliação em condições experimentais, 12 clones foram selecionados para serem avaliados em diferentes ambientes da Amazônia Ocidental, o que equivale a uma intensidade de seleção de 4% (Tabela 4). Nos meses de dezembro de 2012 e janeiro de 2013 foram instalados quatro ensaios de competição clonal em diferentes locais da Amazônia Ocidental, nos municípios de Porto Velho - RO, Ouro Preto do Oeste - RO, Rio Branco- AC e Alta Floresta D'Oeste– RO.

A comparação entre as estimativas de progresso genético obtidas em condições experimentais e o ganho de seleção realizado em vários ambientes devem ser interpretados considerando tanto os efeitos do ambiente, que incidem no desempenho das plantas, como as diferentes pressuposições de análise. Em condições experimentais, os efeitos de progênies e de genótipos são de natureza aleatória, por representar uma amostra das plantas que podem ser obtidas por hibridação direcionada. O desbalanceamento também é um fator a ser considerado, resultado do vigor diferenciado das plantas que causa mortalidade com o passar dos anos, assim como a menor precisão dos efeitos genéticos individuais, uma vez que cada genótipo é representado por apenas uma planta em campo. Por outro lado, ao se trabalhar com indivíduos aparentados, é possível decompor os efeitos aditivos e os devidos aos efeitos de dominância, aumentando a acurácia na seleção de características de menor herdabilidade, tais como a produção de café beneficiado.

A propagação vegetativa dos clones permite que o mesmo genótipo seja produzido em larga escala, permitindo explorar os ganhos devido ao efeito aditivo dos genes (a) e devido aos efeitos dos desvios de dominância (d). Também definida pelo quadrado da correlação entre os valores fenotípicos e genotípicos; a herdabilidade em sentido restrito está associada apenas aos valores aditivos, enquanto a herdabilidade em sentido amplo está associada tanto aos efeitos aditivos quanto aos efeitos devido aos desvios de dominância. As estimativas de herdabilidade em sentido restrito e em sentido amplo apresentaram expressiva diferença em sua magnitude ($h^2_a=0,36$ e $h^2_g=0,91$). Na média, o efeito devido aos desvios de dominância foi 2,98 vezes maior do que o efeito aditivo. Os efeitos devido ao desvio de dominância são importantes para o melhoramento do *C. canephora*, quantificado no maior vigor das plantas híbridas associado à expressão das melhores características das variedades botânicas Conilon e Robusta.

Por sua produtividade ao longo de três safras e por apresentar outras características agrônômicas desejáveis, como resistência a ferrugem e arquitetura favorável ao cultivo, de uma população composta por 288 indivíduos estruturados em nove progênies foram selecionados 12 genótipos para serem avaliados em diferentes ambientes da Amazônia Ocidental (Tabela 4). Os clones selecionados apresentaram estimativas de progresso genético com uma amplitude de 127,70 a -19,19% (Tabela 4). O clone de menor estimativa de ganho com a seleção, BRS2314, foi

selecionado devido a sua melhor qualidade da bebida, o BAG11 é devido a sua baixa arquitetura e o BAG18 pela sua resistência à ferrugem.

Muitas vezes, as produtividades observadas em condições experimentais não são as mesmas obtidas em condições de cultivos comerciais. Diferentes condições edafoclimáticas, fertilidade do solo, disponibilidade de água, ocorrência de pragas e doenças e o manejo das plantas influenciam no comportamento dos genótipos. A avaliação em múltiplos ambientes permite quantificar a mudança não previsível no desempenho dos cafeeiros cultivados em diferentes locais. Essa mudança é definida como interação genótipo x ambientes, a mudança no desempenho das plantas, resultado das respostas individuais de adaptação de cada clone, é uma característica do cafeeiro (Moraes *et al.*, 2020).

A análise de variância conjunta dos ensaios em campo (nos municípios de Porto Velho - RO, Ouro Preto do Oeste - RO, Rio Branco- AC e Alta Floresta D'Oeste - RO) mostrou que foram significativos os efeitos da interação genótipo x ambientes (GxA) ($p > 0,01$). O efeito significativo da interação GxA indica que os genótipos apresentaram desempenho diferenciado nos ambientes avaliados, reduzindo a concordância entre o ganho estimado em condições experimentais e o ganho real mensurado em campo. Estimativas de herdabilidade em sentido amplo (h^2_g) maiores do que 0,80 (Tabela 4) indicaram predominância do efeito genotípico nos ensaios em campo, resultado da maior importância da diferença entre os clones na produção de café beneficiado. A razão entre o coeficiente de variação genético e o coeficiente de variação ambiental superior a unidade ($CV_g/CV_e = 1,65$), também indicou condição adequada para a obtenção de ganho com a seleção nos ensaios em campo.

A mudança não previsível no desempenho das plantas avaliadas em diferentes ambientes é uma característica do cafeeiro. A seleção realizada em condições experimentais é fundamental para reduzir o número de clones a ser avaliado, em um conjunto menor de genótipos de maior potencial produtivo, mas que é limitada pelas condições experimentais de avaliação em um único ambiente e pela capacidade do melhorista em selecionar plantas que se sobressaíam nos ensaios de campo.

Para classificar os três ambientes em relação a sua contribuição para o desempenho dos clones foi interpretado o índice de qualidade ambiental, estimado a partir de um contraste entre a média do ambiente e a média geral dos ensaios, agrupando-os em favoráveis ou desfavoráveis. O ambiente de Alta Floresta D'Oeste foi o único classificado como favorável para o cultivo, com uma produtividade média de três anos de 77,5 sacas por hectare. Os ambientes de Rio Branco - AC, Ouro Preto do Oeste - RO e Porto Velho - RO apresentaram produtividades médias de 55,5, 50,6 e 44,8 respectivamente, tendo sido classificados como desfavoráveis para o cultivo do café (Tabela 4).

O ambiente de Alta Floresta D'Oeste se diferencia dos demais pela menor acidez do solo e maior saturação de bases, de um Argissolo Vermelho Eutrófico. De acordo com o Zoneamento Agrícola

da região, os municípios de Porto Velho-RO e Ouro Preto do Oeste-RO apresentam condições menos adequadas para a cafeicultura, em seus Latossolos Amarelos Distróficos. A metodologia não paramétrica de Linn & Binns (1988) foi utilizada para classificar os clones em relação a referências ideais de máxima produtividade em todos os ambientes (Tabela 5). Os clones G16-P7, G10-P8 e G13-P8 apresentaram os melhores desempenhos em todos os ambientes. Além de sua maior produtividade, o clone G16-P7 se destacou pela sua elevada peneira e resistência a nematóides (Santos *et al.*, 2017). Os clones germanos G10-P8 e G13-P8 além da elevada produtividade se diferenciam pela alta peneira, resistência à ferrugem e uniformidade de maturação (Teixeira *et al.*, 2020). Os clones G10-P8, G13-P8, G14-P4, G16-P7, G20-P7 foram registrados no Ministério da Agricultura (RNC/MAPA, 2019), e indicados para plantio em regiões da Amazônia Ocidental.

O ambiente que apresentou maior estimativa de correlação entre os valores genéticos preditos em condições experimentais e o ganho real mensurado em campo foi o ambiente de Ouro Preto do Oeste – RO (0,67), seguido pelos ambientes de Alta Floresta D'Oeste – RO (0,44), Rio Branco – AC (0,43) e Porto Velho – RO (0,37) (Tabela 4). A maior estimativa de correlação foi observada no mesmo ambiente em que as plantas foram selecionadas, que apresentou estimativa de aproximadamente 0,70 em comparação com os outros ambientes que apresentaram estimativas próximas a 0,40. A avaliação da interação GxA é uma etapa fundamental para a seleção de clones de maior adaptabilidade e estabilidade, e parece ser imprescindível para o desenvolvimento de novas cultivares de cafeeiro, diminuindo os riscos do aumento na escala de cultivo das plantas selecionadas.

Mais utilizados em espécies anuais ou de ciclo curto, estudos de tendência genética buscam quantificar mudanças nos valores genéticos das populações ao longo do tempo, por diversos ciclos de seleção. Em espécies perenes de longo ciclo de vida, são necessárias décadas para avaliar dois ou mais ciclos de seleção. Nesse contexto, a avaliação de experimentos realizados entre os anos de 2003 e 2019, iniciada com a hibridação entre os genitores e, finalizada com a avaliação em múltiplos ambientes, tem sua eficiência de seleção medida pela associação entre os valores genéticos preditos em condições experimentais e os valores genéticos verdadeiros, mensurados em campo.

A seleção em um único ambiente esteve positivamente correlacionada com o desempenho das plantas em campo ($r=0,55$), permitindo reduzir a população de melhoramento original com a seleção apenas dos clones mais promissores em múltiplos ambientes, otimizando tempo e recursos. A comparação entre as estimativas de progresso genético obtidas em condições experimentais e o ganho de seleção realizado mensurado em campo pode ser quantificado considerando a dispersão no plano em quatro diferentes quadrantes (Figura 5). Os quadrantes A e D representam as estimativas de ganho obtidas em condições experimentais que apresentaram divergência com o ganho de seleção realizado, seja porque apresentaram baixos valores em condições experimentais e altos valores em campo (Quadrante A) ou porque apresentaram altos valores em condições experimentais e baixos valores nos ensaios em campo (Quadrante C) (Figura 5).

Nenhum genótipo ficou agrupado no quadrante A e apenas o clone G17-P7 está posicionado no quadrante C, indicando que esse clone apresentou altas estimativas de ganho em condições experimentais e baixo desempenho em campo. Os quadrantes convergentes são aqueles que apresentaram altas estimativas de ganho em condições experimentais e altos valores em campo (Quadrante B), e baixas estimativas de ganho em condições experimentais e baixo desempenho em campo (Quadrante D). Os clones G11-P6 e G18-P2 agruparam-se no quadrante D, de baixo desempenho em condições experimentais e em campo. O restante dos clones agrupou-se no quadrante B. Os clones agrupados nesse quadrante, que representa genótipo que se destacaram em condições experimentais e nas avaliações em campo, apresentaram produtividades médias de três anos de 71,7 sacas.ha⁻¹, na média de três safras e três ambientes. Os clones G16-P7, G10-P8 e G13-P8 apresentaram produtividades médias de três anos em todos os ambientes de 91,2, 82,2 e 76,9 sacas.ha⁻¹, que equivalem a ganhos de 59,6, 44,0 e 34,7% respectivamente, em relação à média geral de todos os materiais genéticos estudados (57,1 sacas.ha⁻¹).

Tabela 4 – Produtividade média de 12 clones e oito testemunhas em quatro ambientes da Amazônia Ocidental, avaliadas por três safras

(continua)

Clones	OPO(-)	PVH(-)	RBR(-)	AFO(+)	Pi
BRSOPO125	44,3	42,7	66,6	95,5	9
BRSOPO 160	44,6	38,2	58,0	66,7	14
BRSOPO 120	29,5	32,2	33,7	61,2	16
BRS 2299	43,9	66,5	59,1	87,3	8
BAG 453	36,9	14,5	34,9	44,6	18
BAG 657	55,7	11,9	33,6	48,7	17
BAG 636	16,7	9,2	32,5	36,0	20
BRS 3193	42,4	43,4	53,0	78,7	12
BAG 09	57,0	55,6	71,4	60,0	11
BRS 3210	80,2	60,9	76,4	111,4	2
BAG 11	28,5	44,8	51,6	86,1	13
BAG 12	61,8	34,1	65,3	86,9	10

* Ouro Preto do Oeste (OPO); Porto Velho (PVH); RBR (Rio Branco) e AFO (Alta Floresta D'Oeste).

(conclusão)

Clones	OPO(-)	PVH(-)	RBR(-)	AFO(+)	Pi
BRS 3213	76,9	72,3	67,5	91,0	3
BRS 2314	54,8	58,9	69,6	96,2	5
BAG 15	63,3	53,8	63,7	82,7	6
BRS1216	76,6	90,9	90,6	106,5	1
BAG 17	37,7	38,6	47,3	78,1	15
BAG 18	28,0	16,8	23,5	43,1	19
BAG 19	78,1	54,2	47,5	102,2	4
BRS 3220	54,1	56,6	64,0	87,2	7
Média	50,6	44,8	55,5	77,5	

Tabela 5 – Estimativas do ganho com a seleção de 12 clones avaliados em condições experimentais e em ensaios de campo por três safras e em quatro diferentes ambientes da Amazônia Ocidental

(continua)

Clones	GS Estimado		GS Real			ΣGS
	GS Dialelo	GS OPO%	GS PVH%	GS RBR%	GS AFO%	
BAG 09	48,36	12,82	24,09	28,74	-22,59	43,06
BRS 3210	77,68	58,64	36	37,63	43,75	176,02
BAG 11	-3,10	-43,54	0,06	-7,08	11,11	-39,45
BAG 12	68,75	22,21	-23,93	17,67	12,12	28,07
BRS 3213	59,70	52,1	61,25	21,73	17,42	152,5
BRS 2314	17,09	8,41	31,47	25,39	24,14	89,41
BAG 15	127,70	25,29	20,15	14,75	6,64	66,83
BRS 1216	66,81	51,48	102,83	63,22	37,37	254,9
BAG 17	68,37	-25,4	-13,86	-14,72	0,81	-53,17

Clones	GS Estimado		GS Real			Σ GS
	GS Dialelo	GS OPO ⁶ %	GS PVH%	GS RBR%	GS AFO%	
BAG 18	-19,29	-44,68	-62,54	-57,63	-44,44	-209,29
BAG 19	78,36	54,43	20,86	-14,36	31,8	92,73
BRS 3220	18,90	7,04	26,29	15,31	12,54	61,18
R		0,67	0,37	0,43	0,44	0,55

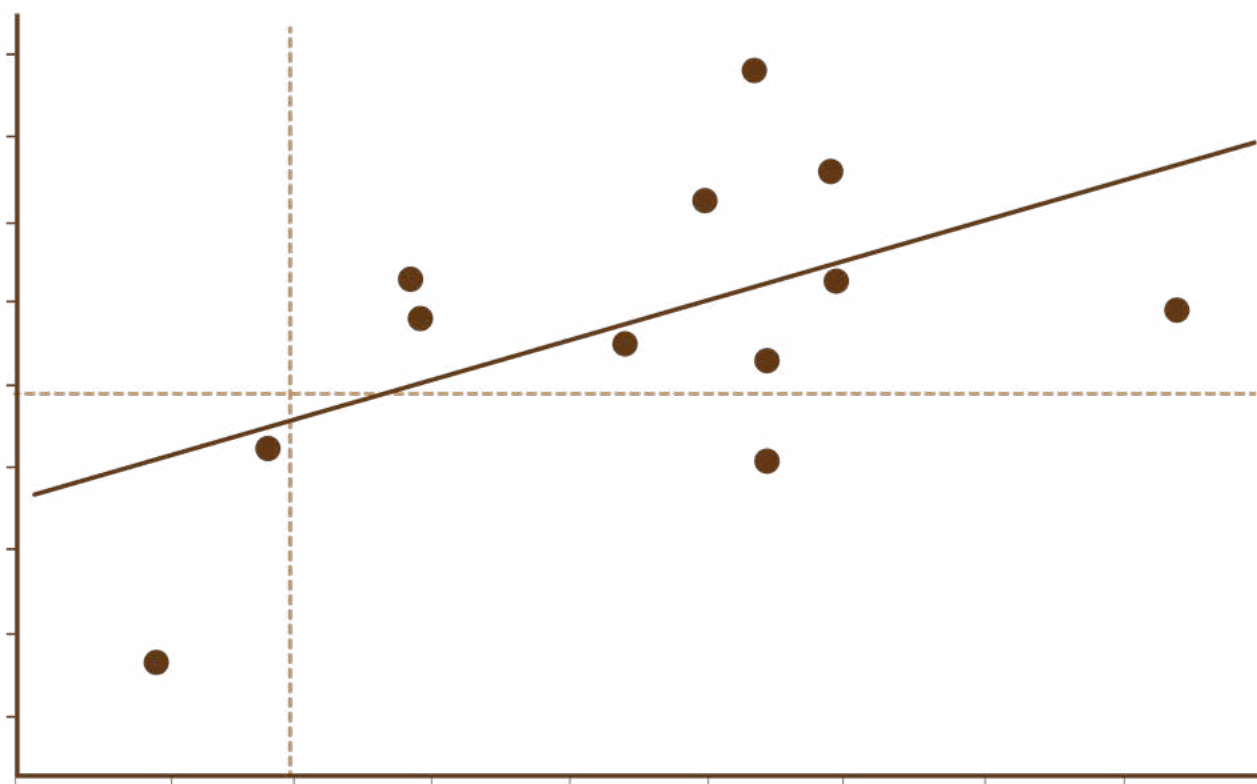


Figura 5 – Dispersão no plano das estimativas de ganho de seleção obtidas em condições experimentais (x) e o somatório do progresso genético avaliado em campo (y) de 12 clones avaliados em quatro diferentes ambientes da Amazônia Ocidental.

*Ganho de Seleção (GS); Ouro Preto do Oeste (OPO); Porto Velho (PVH); RBRi (Rio Branco Irrigado) e AFO (Alta Floresta D'Oeste).

5 DESAFIOS DE INOVAÇÃO PARA O PROGRAMA DE MELHORAMENTO DE CAFÉ DA EMBRAPA RONDÔNIA NO CICLO 2018-2030

A partir de 2020, quatro linhas prioritárias vêm sendo consideradas no desenvolvimento das atividades de pesquisa e transferência de tecnologias. A primeira se refere à transferência de tecnologia das novas cultivares lançadas pela Embrapa no ano de 2019. Em cultivos perenes, como o cafeeiro, as novas cultivares são adotadas gradativamente pelo usuário final, no caso, os cafeicultores. Desse modo, o acompanhamento da área plantada e do desempenho dos melhores materiais genéticos em cada ano é um importante indicador de adoção da tecnologia.

A segunda frente de trabalho está relacionada ao desenvolvimento de novas cultivares a partir do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Rondônia (Figura 3). Para esta atividade, 21 genótipos híbridos, previamente selecionados a partir de ensaios avaliados nos campos experimentais, estão sendo avaliados em ensaios clonais. Neste estudo, estão sendo consideradas sete testemunhas: quatro cultivares híbridas registradas pela Embrapa (BRS 1216, BRS 2336, BRS 3210 e BRS 3220) e três clones em domínio público amplamente cultivados na região. O objetivo deste estudo é selecionar genótipos com alta produtividade e que também apresentem características agronômicas superiores, como rendimento no beneficiamento, tolerância a estresses bióticos e abióticos e, especialmente, qualidade de bebida.

Além da produtividade, a seleção de plantas considera a resistência à ferrugem e a nematóides, compatibilidade, qualidade da bebida, rendimento e características agronômicas das plantas. Os genótipos selecionados serão qualificados como ativos pré-tecnológicos e entrarão em avaliação em ensaios clonais em diferentes ambientes, buscando avaliar a adaptabilidade e estabilidade dos novos genótipos (Figura 6).



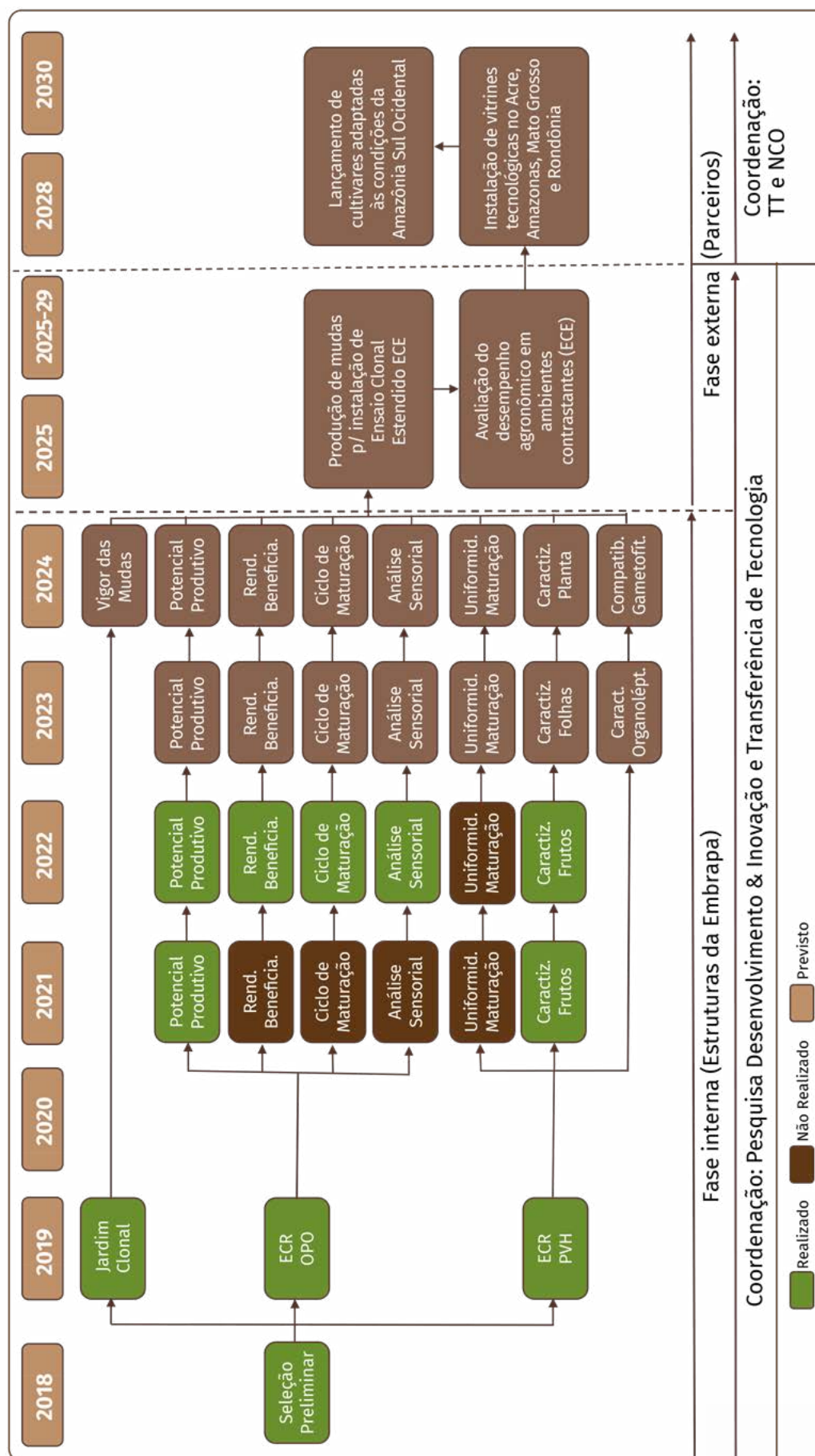


Figura 6 – Organograma com síntese das principais atividades relacionadas ao desenvolvimento de cultivares de cafeeiros *C. canephora* pelo Programa de Melhoramento de Café da Embrapa Rondônia, realizada e prospectada no período de 2018 a 2030.

A terceira linha de estudo considera o desenvolvimento de novas cultivares de maior potencial para a qualidade de bebida. Esta atividade teve início no ano de 2013, a partir da seleção de genótipos de Robustas avaliados em experimentos realizados no campo experimental de Ouro Preto do Oeste. Durante o período de 2013 a 2021, foram selecionados 25 genótipos com potencial para qualidade de bebida, com base em análises sensoriais que utilizaram o Protocolo de Degustação de Robustas Finos. Estes genótipos entrarão em avaliação em diferentes ambientes para avaliação do comportamento de adaptabilidade e estabilidade de produção.

A quarta linha de pesquisa do programa está relacionada à caracterização agrônômica de clones sem origem genética, selecionados por agricultores da região. Este projeto denominado de “Rede de Avaliação de Clones do Estado de Rondônia” considera a avaliação de 64 genótipos, sendo 52 sem origem genética definida; seis clones em avaliação pela Embrapa e seis clones testemunhas de comportamento conhecidos, registrados como cultivares e recomendados para plantio pela Embrapa.

6 REDE DE AVALIAÇÃO DE CLONES DO ESTADO DE RONDÔNIA

A base genética da cafeicultura clonal na Amazônia Ocidental é constituída por clones sem origem genética, selecionados por cafeicultores do estado de Rondônia (Dalazen *et al.*, 2019). O processo de seleção desse recurso genético foi realizado em lavouras comerciais a partir da segunda metade da década de 1990, quando os agricultores começaram os trabalhos de clonagem. Durante a seleção de clones, os agricultores buscaram plantas matrizes que fossem produtivas, a partir de observações feitas por eles mesmos durante vários anos de colheita em suas lavouras. As plantas que apresentavam boa produtividade, geralmente mensurada em latas ou litros por planta, foram aquelas que se mantiveram produtivas ao longo do tempo em condições de menor utilização de fertilizantes e defensivos agrícolas.

Nesta seleção, os agricultores identificaram plantas com características híbridas entre as variedades botânicas Conilon e Robusta que se destacaram naturalmente nas avaliações de campo. O maior vigor, o porte intermediário entre os grupos Conilon e Robusta, associado à resistência à ferrugem alaranjada do cafeeiro contribuíram para o maior desempenho das plantas híbridas em campo. Apesar dos plantios clonais terem se originado a partir da década de 2000, mudanças no parque cafeeiros da região se intensificaram somente a partir da década de 2010. Nesse período, a procura por clones se intensificou, ao ponto em que, em 2020, mais de 100 genótipos selecionados por agricultores puderam ser encontrados nas lavouras do estado (Espindula *et al.*, 2022). Embora amplamente difundidos, poucos estudos científicos trazem informações a respeito desses clones que ainda são desconhecidos em muitos aspectos. Por esse motivo, a Embrapa Rondônia propôs a implantação de um estudo para avaliação de diferentes progênies (clones) com origem genética não definida selecionados por agricultores.

A proposta de caracterizar e avaliar a adaptabilidade e estabilidade desses materiais genéticos foi lançada no ano de 2016, pela Embrapa, e discutida junto à Assembleia Legislativa de Rondônia e à Câmara Setorial do Café do estado. O projeto foi aprovado pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico – SEDEC e implementado com recursos do Fundo de Investimento e de Desenvolvimento Industrial do estado de Rondônia – FIDER. O objetivo principal é caracterizar os clones desenvolvidos pelos agricultores e subsidiar a escolha dos agricultores, quanto ao plantio, conforme a finalidade e nível tecnológico dos cultivos. A proposta, que é liderada pela Embrapa, conta com o apoio, para sua execução, da Entidade Autárquica de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Rondônia – EMATER/RO; da Fundação Universidade Federal de Rondônia e do Instituto Federal de Rondônia. Para implementação da proposta, foi lançado um edital público para que os agricultores inscrevessem os clones que gostariam que fossem avaliados no âmbito do projeto. Além disso, o edital também incluiu de espaço para que agricultores inscrevessem suas propriedades para receberem unidades experimentais da rede. Neste caso, os agricultores interessados não poderiam inscrever clones para participar do ensaio, a fim de que não houvesse conflito de interesse (Tabela 6).

Tabela 6 – Relação dos genótipos clonais que compõem a Rede Estadual de Avaliação de Clones do Estado de Rondônia, com seus respectivos detentores

(continua)

Trat.	Clone	Responsável pela seleção	Trat.	Clone	Responsável pela seleção
1	01	Gilberto Boon	33	LB101	Laerte Braun
2	03	Geraldo Jacomin	34	N6	Nivaldo Ferreira de Laéthe
3	04	Gilberto Boon	35	N8[G8]	Nivaldo Ferreira de Laéthe
4	05	Geraldo Jacomin	36	N13	Nivaldo Ferreira de Laéthe
5	06	Wanderley Peter	37	N14	Nivaldo Ferreira de Laéthe
6	07	Giberto Boon/Isaías Volkart	38	N16	Nivaldo Ferreira de Laéthe
7	08	Geraldo Jacomin	39	P42	Wanderly Bernabé
8	25	Geraldo Jacomin	40	P50	Valdecir Piske da Silva
9	148	Valdecir Piske da Silva	41	R22	Ronaldo Vitoriano
10	156	Valdecir Piske da Silva	42	R152	Ronaldo G. Oliveira
11	AR106	Aldinei Raasch	43	RE11	Wender Romário Lopes
12	AGL1	Wender Romário Lopes	44	RE90	Wender Romário Lopes
13	AS1	Ademar Schmidt	45	Repiado [65]	Valdecir Piske da Silva

Trat.	Clone	Responsável pela seleção	Trat.	Clone	Responsável pela seleção
14	AS2	Ademar Schmidt	46	RMD	Fredsson Nunes
15	AS5	Ademar Schmidt	47	So5	Sirley de Riz Salleze
16	AS7	Ademar Schmidt	48	SKo4	Anerley Sérgio Kalk
17	AS10	Ademar Schmidt	49	SK41	Anerley Sérgio Kalk
18	AS12	Ademar Schmidt	50	SK8o	Anerley Sérgio Kalk
19	BG18o	Adilson Berger	51	SK88	Anerley Sérgio Kalk
20	CA01	Carlos Alves da Silva	52	SK244	Anerley Sérgio Kalk
21	G2	Geraldo Jacomin	53	H15	EMBRAPA
22	G20	Geraldo Jacomin	54	H21	EMBRAPA
23	G30	Geraldo Jacomin	55	H22	EMBRAPA
24	L1	Alcides Rosa	56	H24	EMBRAPA
O	L130	Alcides Rosa	57	H27	EMBRAPA
26	LB10	Laerte Braun	58	H38	EMBRAPA
27	LB15	Laerte Braun	59	BRS1216	Testemunha
28	LB30	Laerte Braun	60	BRS2299	Testemunha
29	LB33	Laerte Braun	61	BRS2336	Testemunha
30	LB68	Laerte Braun	62	BRS2357	Testemunha
31	LB80	Laerte Braun	63	BRS2314	Testemunha
32	LB88	Laerte Braun	64	BRS3213	Testemunha

Além dos 52 clones selecionados pelos agricultores e dos seis em avaliação da Embrapa, foram inseridos seis cultivares monoclonais registrados pela Embrapa: cultivar BRS 1216 - se caracteriza pela alta produtividade, boa arquitetura e maior rendimento no beneficiamento; cultivar BRS 2299 - se destaca pelo boa arquitetura e bom desempenho em cultivo com a menor utilização de tecnologias; cultivar BRS 2336 - apresenta alta produtividade, frutos e grãos grandes, e ciclo de maturação tardio; cultivar BRS 2357 - apresenta porte baixo, semelhante aos genótipos de conilon; cultivar BRS 2314 - possui maior potencial para qualidade de bebida; e BRS 3213 se caracteriza pela maior estabilidade nos diferentes ambientes (Espindula *et al.*, 2019).

Essa rede se iniciou com a implantação dos experimentos de campo em 2021. Durante sua execução, estão programadas avaliações de campo, como características agronômicas, produtividade e de pós-colheita, além de ensaios em casa de vegetação e em laboratório para estudos dos aspectos relacionados à compatibilidade gametofítica, morfoanatômicos das folhas e frutos e à resistência a pragas e doenças. Também estão sendo feitas análises de DNA para o estudo de parentesco e diversidade genética dos clones. Para as avaliações de campo foram instaladas sete áreas experimentais nos principais polos cafeeiros do estado de Rondônia (Figura 7).

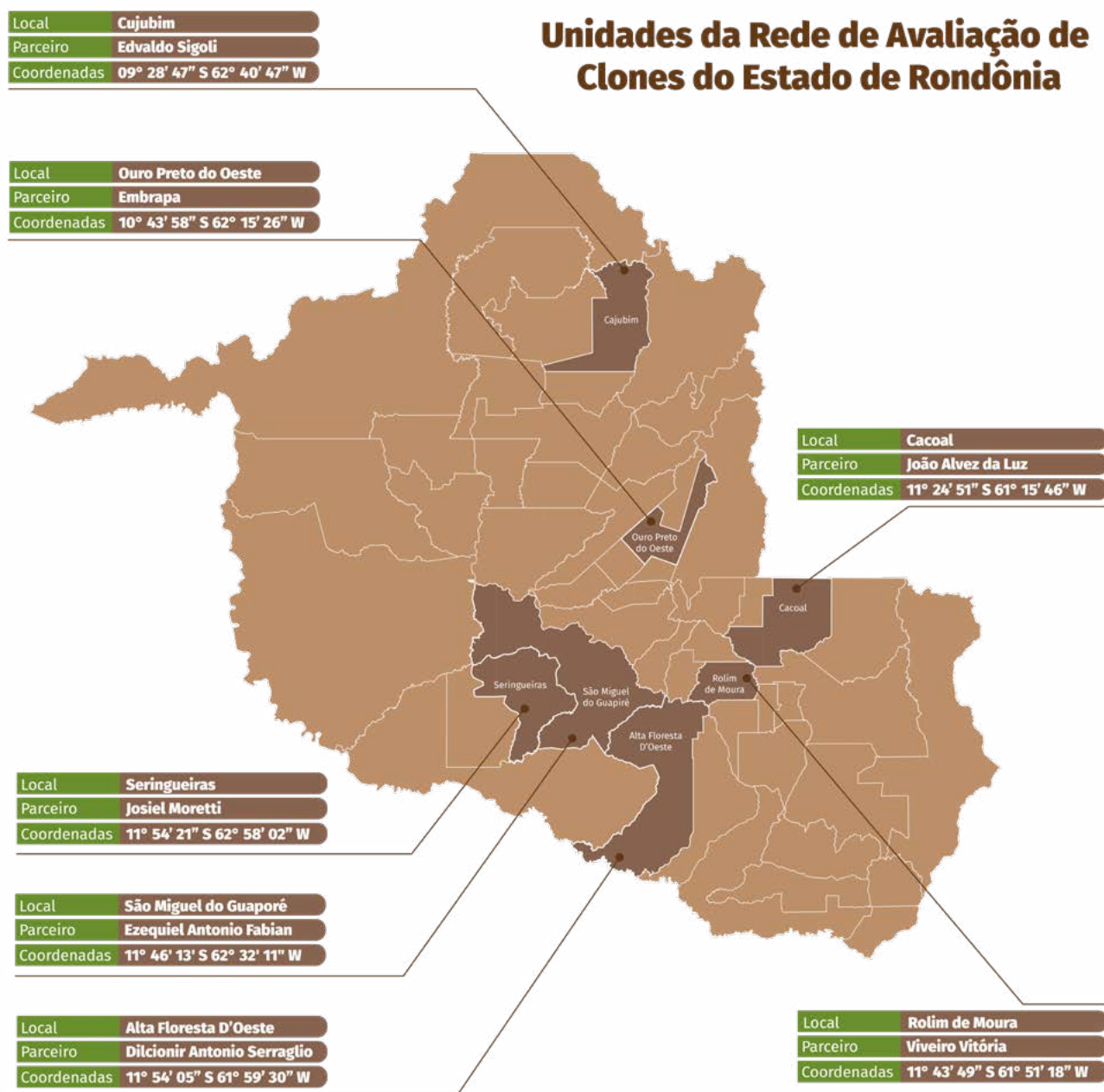


Figura 7 – Distribuição das unidades experimentais da Rede Estadual de Avaliação de Clones de Rondônia. Porto Velho, 2022.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os cafeeiros popularmente conhecidos como “Robustas Amazônicos” são, em sua grande maioria, híbridos formados pelo cruzamento natural ou direcionado de cafeeiros das variedades botânicas Conilon e Robusta. Apesar de híbridos, são chamados de “Robustas” por diferirem dos conilons cultivados no Espírito Santo e Bahia e por serem diferentes dos tradicionais conilons cultivados no estado de Rondônia durante as décadas de 1970, 1980, 1990 e início dos anos 2000. Já o termo “Amazônicos”, é utilizado para fazer referência a região onde esses genótipos foram selecionados e, ou desenvolvidos, mais precisamente no estado de Rondônia, que faz parte do bioma Amazônia.

Os “Robustas Amazônicos” têm duas origens conhecidas: a seleção feita por agricultores de Rondônia em lavouras comerciais e o desenvolvimento de cultivares realizado pela Embrapa. Os clones selecionados pelos agricultores são amplamente difundidos em Rondônia e nos estados vizinhos da região norte e do Mato Grosso. Mais recentemente, estes clones também estão sendo difundidos nos estados do Espírito Santo e Bahia. No entanto, essa disseminação está ocorrendo sem estudos prévios de pesquisa quanto a sua adaptabilidade e estabilidade nessas regiões, particularmente quanto ao solo, precipitação e regime hídrico anual. Dentro deste contexto, reforçamos que o plantio em larga escala, de clones selecionados em de Rondônia, ou outras regiões, sem antes se conhecer o comportamento produtivo nos estados do Espírito Santo e Bahia pode oferecer risco à sustentabilidade da atividade. Importante ressaltar, que seleções baseadas em poucas colheitas podem levar a erros quanto à longevidade da lavoura e ao manejo da cultura (densidade de plantio e de número de hastes por hectare, podas e desbrotas, entre outros).

Os trabalhos desenvolvidos pela Embrapa e parceiros tem o intuito de desenvolver e difundir híbridos superiores, registrados e lançados como cultivares monoclonais, bem como estudar e caracterizar os clones selecionados pelos agricultores de Rondônia. Dentro da perspectiva de estudo da Embrapa, além de alto desempenho agrônômico, figura como objetivo principal do programa de melhoramento a seleção de genótipos com vista na qualidade sensorial para produção de cafés especiais, os chamados “Robustas Finos”.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E.A. *et al.* Panorama da produção e potencialidades dos cafés Robustas em Rondônia. **Informe Agropecuário**, v. 41, n. 309, p. 77-88, abr. 2020
- BRAGANÇA, S.M. *et al.* Variedades clonais de café Conilon para o estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 5, p. 765- 770, mai. 2001.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO CONAB. **Previsão da safra brasileira de café 2021/2022**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras> . Acesso em: 4 nov. 2022.
- DALAZEN, J.R. *et al.* **Base genética da cafeicultura e caracterização dos principais clones cultivados no estado de Rondônia**. In: PARTELLI, F. L.; ESPINDULA, M. C. (Org.). *Café conilon: Gestão e Manejo com Sustentabilidade*. Alegre, ES: CAUFES, p. 165-177, 2019.
- ESPINDULA, M.C.; DIAS, J.R.M.; ROCHA, R.B.; DALAZEN, J.R.; ARAUJO, L.V. **Café em Rondônia**. In: PARTELLI, F.L.; GONTIJO, I. (Org.). *Café conilon: Gestão e Manejo com Sustentabilidade*. Alegre, ES: CAUFES, p. 83-102, 2017.
- ESPINDULA, M.C. *et al.* **Novas cultivares de cafeeiros *Coffea canephora* para a Amazônia Ocidental Brasileira – Principais características**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, p. 35, 2019. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 413).
- ESPINDULA, M.C. *et al.* **Robustas Amazônicos: os cafeeiros cultivados em Rondônia**. EMBRAPA RONDÔNIA, 2022.
- FERRÃO, M.A.G.; MENDONÇA, R.F.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, R.G.; SENRA, J.F.B.; VOLPI, P.S.; VERDIN FILHO, A.C.; & COMÉRIO, M. Characterization and genetic diversity of *Coffea canephora* accessions in a germplasm bank in Espírito Santo, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.21, n.2, 2021. <https://doi.org/10.1590/1984-70332021v21n2a32>
- FERRÃO, R.G. *et al.* Cultivares de cafés Conilon e Robusta. **Informe Agropecuário (Belo Horizonte)**, v. 41, p. 17-25, 2020.
- FONSECA, A.F.A. *et al.* Conilon Vitória - Incaper 8142: improved *Coffea canephora* var. Kouillou clone cultivar for the State Espírito Santo. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 4, n.4, p. 503-505, 2004.

MONTAGNON, C., CUBRY, P., & LEROY, T. Coffee *Coffea canephora* Pierre genetic improvement: Acquired knowledge, strategies and perspectives. **Cahiers Agricultures**, v.21, n.2-3, p.143-153. 2012. (<https://doi.org/10.1684/agr.2012.0556>)

MONTAGNON, C. *et al.* Heterozygous genotypes are efficient testers for assessing between-population combining ability in the reciprocal recurrent selection of *Coffea canephora*. **Euphytica**, v.160, n.1, p.101-110, 2008 (<https://doi.org/10.1007/s10681-007-9561-9>)

MORAES, M.S. *et al.* Adaptability and stability of *Coffea canephora* Pierre ex Froehner genotypes in the Western Amazon. **Ciência Rural**, v.50, n.1, 2020. (<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190087>)

MORAES, M.S. *et al.* Characterization of gametophytic self-incompatibility of superior clones of *Coffea canephora*. **Genetics and Molecular Research**, v. 17, n. 1, p. 1-10, fev. 2018.

MORAIS, J.A. *et al.* Beverage quality of *Coffea canephora* genotypes in the western Amazon, Brazil. **ACTA SCIENTIARUM-AGRONOMY**, v. 43, p. e52095, 2021.

OLIVEIRA, L.N.L. *et al.* Selection of *Coffea canephora* parents from the botanical varieties Conilon and Robusta for the production of intervarietal hybrids. **Ciência Rural**, v.48, n.4, 2018 (<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170444>)

RAMALHO A.R. *et al.* **Cultivar de cafeeiro Conilon BRS Ouro Preto – características agrônômicas e agroindustriais**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, p. 10, 2014. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 396).

RAMALHO, A.R. *et al.* Genetic gain in the productivity of processed coffee from the selection of clones of “Conilon” coffee. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.3, p.516-523, 2016. (<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160062>)

ROCHA, R. B.; TEIXEIRA, A. L.; RAMALHO, A. R.; SOUZA, F. F. **Melhoramento de *Coffea canephora* - considerações e metodologias**. In: Alaerto Luiz Marcolan; Marcelo Curitiba Espindula. (Org.). **Café na Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa, v. 1, p. 99-126, 2015.

ROCHA, R.B. *et al.* *Coffea canephora* breeding: estimated and achieved gains from selection in the Western Amazon, Brazil. **Ciência Rural**, v.51, n.5. 2021 (<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200713>)

SANTOS, A. V. *et al.* Characterization of resistance response of *Coffea canephora* genotypes to *Meloidogyne incognita* (Est I2) root-knot nematode. **COFFEE SCIENCE**, v. 13, p. 219-229, 2018.

SOUZA, C.A. *et al.* In vitro pollination and fluorescence microscopy for characterization of gametophytic self-incompatibility of *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.21, n.4, 2021. (<https://doi.org/10.1590/1984-70332021v21n4a51>)

SOUZA, F.F. *et al.* Molecular diversity in *Coffea canephora* germplasm conserved and cultivated in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.13, n.4, p.221-227, 2013 (<https://doi.org/10.1590/S1984-70332013000400001>)

SOUZA, F.F.; SANTOS, M.M. **Melhoramento genético do café canéfora em Rondônia**. In: ZAMBOLIM, L. (Org.). Melhoramento genético do café canéfora em Rondônia. Viçosa: UFV, p.175-200, 2009.

TEIXEIRA, A.L.; ROCHA, R.B.; ESPINDULA, M.C.; RAMALHO, A.R.; VIEIRA JÚNIOR, J.R.; ALVES, E.A.; LUNZ, A.M.P.; SOUZA, F.F.; COSTA, J.N.M.; FERNANDES, C.F. Amazonian Robustas - New *Coffea canephora* coffee cultivars for the Western Brazilian Amazon. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 3, p. e323420318, jul-set. 2020.

TEIXEIRA, A.L.; SOUZA, F.F.; ROCHA, R.B.; VIEIRA JUNIOR, J.R.; TORRES, J.D.; RODRIGUES, K.M.; MORAES, M.S.; SILVA, C.A.; OLIVEIRA, V.E.G.; LOURENCO, J.L.R. Performance of intraspecific hybrids (Kouillou x Robusta) of *Coffea canephora* Pierre, African Journal of Agricultural Research, v.12, n.35, p.2675-2680, 2017. Available from: Accessed: 5 nov. 2019. (Doi: 10.5897/AJAR2017.12446).

VENEZIANO, W. **Avaliação de progênies de cafeeiros** (*Coffea canephora* Pierre ex Froenhner) em Rondônia. 1993. 78 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1993.

VENEZIANO, W.; CARVALHO, A. **Competição de linhagens de café robusta** (*Coffea canephora*) e híbridos (*Coffea arabica*) em Rondônia. Porto Velho: EMBRAPA-UEPAE, 1982. 2 p. (EMBRAPA-UEPAE Porto Velho. Pesquisa em Andamento, 19).

CAPÍTULO 3

QUALIDADE SENSORIAL DA BEBIDA, NUTRIENTES E FERTILIZANTES

André Guarçoni Martins

Patrícia Morais da Matta Campbell



CAPÍTULO 3

QUALIDADE SENSORIAL DA BEBIDA, NUTRIENTES E FERTILIZANTES

1 INTRODUÇÃO

O consumo de café é um hábito mundial, com mais de 2 bilhões de xícaras consumidas diariamente (Li *et al.*, 2021). Nos últimos anos, o mercado tem crescido na busca por bebidas saudáveis e de alta qualidade, elevando a demanda por cafés com características sensoriais distintas (Barbosa *et al.*, 2019). Nesse sentido, para que o cafeicultor se mantenha competitivo, é essencial que a produção de café seja de qualidade elevada e estável, atendendo às demandas e preferências do consumidor (Figueiredo *et al.*, 2013).

A Specialty Coffee Association of America (SCAA) estabeleceu um protocolo, este é um dos mais comumente utilizados, para descrever a qualidade do café, avaliando onze atributos sensoriais para gerar uma pontuação final - fragrância/aroma, uniformidade, defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, retrogosto, equilíbrio, xícara limpa e geral (Barbosa *et al.*, 2019; Specialty Coffee Association of America, 2015). O aroma, sabor, textura e sensação na boca são propriedades sensoriais complexas do café, predominantemente estabelecidas durante a torrefação por meio de uma série de reações químicas (Seninde e Chambers, 2020; Lee *et al.*, 2015).

A qualidade de bebida do café é influenciada pela quantidade de fotoassimilados disponíveis, especialmente durante a fase de crescimento ou enchimento dos grãos (Clifford, 1985; Fagan *et al.*, 2011). As propriedades sensoriais do café também são afetadas por fatores ambientais, como origens geográficas, clima, altitude, temperatura e nível de sombreamento, além da disponibilidade de nutrientes (Stanek *et al.*, 2021; Bote; Vos, 2017; Nugroho *et al.*, 2016; Lara-Estrada; Vaast, 2007).

A aplicação de fertilizantes melhora o tamanho, peso e qualidade organoléptica do grão de café, aumentando o acúmulo de gordura e carboidratos (Franca *et al.*, 2005a; Lara-Estrada; VAAST, 2007). Compostos bioativos relacionados ao sabor e aroma desejáveis são produzidos em reações químicas complexas, nas quais os nutrientes podem ter um papel fundamental (Clemente *et al.*, 2018; Franca *et al.*, 2005a; Lara-Estrada; Vaast, 2007). Em outras palavras, a qualidade do café é influenciada pela disponibilidade de nutrientes, que é definida pelo tipo de fertilizan-

te aplicado em determinado ambiente. Em função disso, é crucial que haja um conhecimento aprofundado sobre os fertilizantes, especialmente em relação à forma de ação e disponibilidade dos nutrientes, para se obter cafés de qualidade superior.

2 QUALIDADE SENSORIAL E NUTRIENTES

A qualidade do café tem uma estreita relação com as diferentes características físico-químicas e com os constituintes químicos que são responsáveis pelo aroma e sabor, típicos da bebida (Silva *et al.*, 1999). Entre os compostos, se destacam açúcares, ácidos, compostos fenólicos, cafeína, compostos voláteis, ácidos graxos, proteínas e algumas enzimas, que, de acordo com suas atividades e teores conferem ao café aromas e sabores característicos (Amorim; Silva, 1968). A adubação é uma das principais práticas que levam ao aumento da produtividade do café e é recomendável que seja realizada durante a estação chuvosa, fornecendo os nutrientes necessários através do solo (Sadeghian, 2010), já que este é o meio onde as raízes crescem e, dependendo das condições físicas, químicas e biológicas específicas, esses órgãos podem absorver os elementos a curto, médio ou longo prazo para suprir as necessidades da cultura durante suas diferentes fases fenológicas (Salamanca; González-Osorio, 2020).

Tal como acontece com todos os tecidos vegetais, a bioquímica de um grão verde é principalmente o produto da genética x ambiente, e as diferenças na química dos materiais colhidos têm grande impacto na qualidade da bebida do café (Hall *et al.*, 2022). O estágio de amadurecimento também é importante porque, como observado em diversas espécies (Quinet *et al.*, 2019), durante o amadurecimento, frutos e sementes sofrem grande mudança no metabolismo. O momento em que há elevação da produção de etileno, associado à respiração e às alterações metabólicas, por exemplo, no metabolismo do açúcar, desglicosilação e despolimerização, como discutido por Pereira *et al.* (2005), é de grande importância química. Consequentemente, o momento preciso da colheita é crucial para a qualidade da bebida.

Um amplo levantamento da literatura revelou que os principais compostos químicos encontrados no grão verde são alcalóides, compostos fenólicos, carboidratos, compostos lipossolúveis, ácidos orgânicos e proteínas/aminoácidos (Hall *et al.*, 2022). Esses grupos são todos relevantes para a qualidade da bebida e o fornecimento de nutrientes via adubação está intimamente ligado à formação desses compostos. Atributos sensoriais como acidez, corpo e doçura são importantes para a qualidade da bebida do café (Rosa *et al.*, 2016). Além de impactar na doçura, os carboidratos simples, representados principalmente por sacarose, glicose e frutose, também participam das reações de Maillard durante o processo de torra, afetando as características de aroma e cor (Murkovic; Derler, 2006).

Proteínas também participam dessas reações, que formam melanoidinas e compostos voláteis de baixo peso molecular (Montavon; Mauron; Duruz, 2003). Os ácidos quínico, cítrico e málico contribuem para a bebida desenvolva acidez adequada (Koshiro *et al.*, 2015), enquanto os ácidos

clorogênicos estão associados ao amargor e participam da formação de pigmentos (Schenker; Rothgeb, 2017). A cafeína, um composto estável ao calor, também está associada ao amargor (Sunarharum; Williams, D.; Smyth, 2014). Os lipídios contribuem para a formação do aroma durante o processo de torrefação, devido às reações de decomposição e auto oxidação e ao corpo da bebida (Koskei; Patrick; Simon, 2015). Para os diterpenos, lipídeos da fração insaponificável, a literatura relata que maiores proporções de cafestol/kahweol estão associadas à melhor qualidade da bebida (Novaes *et al.*, 2015).

2.1 MACRONUTRIENTES

Os macronutrientes podem ser definidos como aqueles requeridos em maiores quantidades pela planta, com função específica e essencial ao metabolismo da mesma, não podendo ser substituídos por outros elementos. São considerados macronutrientes: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Magnésio (Mg), Cálcio (Ca) e Enxofre (S) (Dechen; Nachtigall, 2007). Todos os compostos, produzidos pela planta, têm seus teores influenciados pelo nível de nutrição da mesma e pela sua capacidade de responder ao estresse provocado pelo meio. A cafeína, por exemplo, é uma molécula alcalóide contendo quatro átomos de N (Clemente *et al.*, 2015), cuja biossíntese nas folhas do cafeeiro é induzida por baixas doses de K, mas é reduzida pela deficiência de N (Mazzafera, 1999). Amorim *et al.* (1976) relataram que os teores de carboidratos decrescem com o armazenamento dos grãos e que os cafés de “bebida mole” possuem maiores teores de carboidratos do que cafés de pior qualidade.

Assim, os nutrientes devem estar disponíveis em quantidades adequadas e nas fases corretas de crescimento das plantas, para que proporcionem boas produtividades e qualidade de bebida para o café cultivado (Clemente *et al.*, 2015). Os frutos do café atuam como drenos prioritários (Vaast *et al.*, 2005) e podem acumular mais de 95% do N, P e K absorvidos pela planta durante o enchimento dos grãos (Cannell, 1985). Devido à competição por carboidratos entre os grãos, é relatado que o excesso de produção reduz o tamanho dos grãos, a massa (Vaast *et al.*, 2005) e a qualidade organoléptica do café produzido (Bertrand *et al.*, 2006, Cannell, 1985). O nitrogênio (N) é o elemento absorvido pelos cafés arábica e conilon em maior quantidade. Sua deficiência resulta em severa redução na biomassa da planta e, conseqüentemente, na produtividade de grãos (Abranches *et al.*, 2019; Bragança *et al.*, 2009; Parecido *et al.*, 2022).

O principal papel do N na planta está relacionado à sua participação na formação de aminoácidos, que formam as proteínas, importantes na síntese da clorofila, bem como em outras estruturas e processos vegetais (Nasar *et al.*, 2021). Variações no suprimento de N podem alterar sua concentração e dos demais nutrientes, bem como suas razões estequiométricas nos tecidos vegetais (Briat *et al.*, 2020). Bote e Vos (2017) verificaram que interações significativas de fatores (sombra x variedade x nitrogênio) foram observadas para aroma, corpo e sabor. No tratamento de alta radiação, taxas mais altas de suprimento de N levaram a grãos mais aromáticos na variedade e bebida com corpo mais denso. Acidez, retrogosto, sabor, equilíbrio e preferência global,

por outro lado, mostraram interações significativas de radiação com nitrogênio. Em cafeeiros com limitação de N, as pontuações para esses atributos de qualidade diminuíram com o aumento do nível de radiação. O aumento de N e a redução da radiação aumentaram simultaneamente o tamanho e a qualidade organoléptica da bebida.

De acordo com Parecido *et al.* (2022), a adubação nitrogenada reduz as relações estequiométricas entre a maioria dos outros nutrientes e o N nas folhas do cafeeiro, principalmente por aumentar o crescimento das plantas e a concentração foliar de N, além de contribuir para a manutenção das folhas na fase de formação da cultura do café arábica. A aplicação da maior dose de N aumentou a porcentagem de frutos maduros e a produtividade de grãos na cultura do café arábica. Esse fato é importante, pois o aumento na percentagem de frutos maduros leva a uma maior qualidade sensorial da bebida. No estudo de Bote e Vos (2017), o suprimento de nitrogênio estimulou o desempenho das plantas de café e melhorou o vigor vegetativo dos cafeeiros. As plantas com maior vigor vegetativo fornecem mais foto-assimilados aos grãos (Leroy *et al.*, 2006), assim, a nutrição adequada promove melhor qualidade organoléptica, bem como aumenta o tamanho do grão (Lara-estrada; Vaast, 2007).

A disponibilidade hídrica parece ser um fator limitante para o metabolismo do nitrogênio (Dammatta; Ramalho, 2006), causando impactos negativos. Somado a isso, as altas temperaturas, especialmente em condições de seca, provocam aceleração no desenvolvimento da maturação dos frutos do café, que é acompanhada pelo aparecimento de fatores negativos que reduzem a qualidade (Worku *et al.*, 2018). Com relação à disponibilidade de água, diferenças na acidez, odor, cor e sabor foram observadas por Melke e Fetene, (2014) após o uso de diferentes regimes de irrigação para os genótipos Arábica e Robusta. Vinecky *et al.* (2016) relataram redução no teor de amido do grão verde após um período seco. Para os mesmos autores, açúcares solúveis e redutores parecem aumentar com a diminuição da disponibilidade de água, embora níveis estáveis de açúcar tenham sido observados independentemente da intensidade do estresse estudado.

O nitrogênio, nesse sentido, pode aumentar a condutividade hidráulica da raiz do cafeeiro (Yang *et al.*, 2011) e a capacidade de armazenamento de água da planta inteira (Yang *et al.*, 2013), o que incrementa a eficiência do fornecimento de água e nutrientes pela raiz aos grãos de café, melhorando a qualidade da bebida. O potássio tem sido considerado, há muito tempo, como o elemento da qualidade em nutrição de plantas (Malavolta, 1980). Porém, o padrão de qualidade depende dos propósitos pelos quais a planta ou parte dela é utilizada (Mengel; Kirkby, 2001). Para o cafeeiro, o reflexo da adubação na produção é tão importante quanto os efeitos sobre os compostos orgânicos que identificam a qualidade da bebida desejada (Silva *et al.*, 1999). Malavolta (1986) comentou que o excesso de K pode provocar uma queda maior de frutos, que fermentam no solo, diminuindo a sua qualidade. Além disso, a nutrição das plantas pode influenciar a composição orgânica do grão verde, que depois de torrado produz compostos de sabor e aroma característicos do café (Silva *et al.*, 1999).

Segundo Amorim *et al.* (1965), existe influência da adubação na qualidade do café, mas tais efeitos da adubação sobre a composição química do fruto e da bebida devem ser tratados com cui-

dado, visto que os teores de NPK, no grão e na polpa, podem não se correlacionar com os valores correspondentes à qualidade da bebida. Em outros trabalhos, Amorim *et al.* (1973) estudaram os efeitos da adubação NPK, na qualidade da bebida, e obtiveram efeito negativo da adubação nitrogenada e potássica sobre a mesma. Dentre os minerais presentes no café, o Mg tem grande relevância nutricional (Espinelli Junior *et al.*, 2020). Esses autores mostraram que existe uma forte relação entre a absorção de fósforo e magnésio do solo e a composição química do pó de café. Isso demonstra a importância da nutrição adequada da planta e sua influência na bebida.

2.2 COMPOSTOS QUÍMICOS

Os compostos fenólicos são substâncias aromáticas derivadas dos ácidos mevalônico e chiquímico. Eles influenciam o sabor e a cor da bebida. Os ácidos clorogênicos são os principais compostos fenólicos não voláteis encontrados no café e são responsáveis por sua adstringência. A formação desses compostos pode resultar de um desvio na rota de síntese da lignina a partir do ácido p-cumárico, que dá origem ao ácido cafeico e outras fenilpropanamidas simples. Esses compostos, juntamente com o ácido quínico, originam, por esterificação, os ácidos clorogênicos (Lehninger; Nelson; Cox, 2008). Altas doses de N podem ativar a rota de síntese de lignina e intermediários de compostos precursores de ácidos clorogênicos, favorecendo a qualidade da bebida. Nos vinte dias que antecedem a maturação, observa-se a maior concentração dos componentes químicos na semente que são responsáveis pelo gosto e aroma do café (Dentan, 1985). Durante a maturação ocorre a translocação de compostos fenólicos da semente para as camadas superficiais (Dentan, 1985), destacando-se a migração dos ácidos clorogênicos, que apresentam uma relação direta com a qualidade de bebida (Fagan *et al.*, 2011).

Segundo Fagan *et al.* (2011), as transformações de natureza enzimática que ocorrem no grão, como a glicosidase, polifenoloxidasas, lipases e proteases, levam a uma degradação das paredes das membranas celulares, gerando prejuízo à qualidade do grão. O estado nutricional da planta é outro fator importante que afeta o acúmulo de fotossintatos na mesma, sendo que, especialmente o teor de carboidratos correlaciona-se com a qualidade da bebida (Amorim *et al.*, 1976). O carboidrato que se encontra em maior quantidade no grão é a sacarose, cujo teor varia de 1,9 a 10% da matéria seca (Navellier, 1967). O atraso no enchimento de frutos afeta o metabolismo do ácido clorogênico e do triptofano, ocasionando uma bebida de pior qualidade, por ser mais adstringente, metálica e dura, ou seja, a redução no tempo de enchimento de grãos afeta diretamente a qualidade da bebida (Cortez, 2001; Rogers *et al.*, 1999), sendo importante ressaltar que o enchimento dos grãos está fortemente correlacionado com os nutrientes disponíveis para a planta nesse momento. Clifford (1985) afirmou que a qualidade da bebida depende basicamente da composição química do fruto.

O acúmulo de fotossintatos durante o crescimento de frutos é também um fator relevante na qualidade da bebida, pois no momento em que o período de crescimento de grão é encurtado, tem-se um menor acúmulo de fotossintatos e conseqüentemente, uma menor qualidade (Fagan

et al., 2011). Durante o florescimento, a fonte principal de carboidratos para os botões florais é advinda das folhas e caules (Melotto, 1987), isso evidencia a grande relação da qualidade do fruto com o estado nutricional da planta e da relação funcional entre frutos e folhas (Rena *et al.*, 1994). Para cada tecido, há constituintes químicos, com diferentes papéis fisiológicos in vivo e que podem ou não estar relacionados ao sabor e à qualidade do café (Hall *et al.*, 2022).

Quando os frutos estão em crescimento, as fontes de carboidratos e minerais são direcionadas a esses devido ao gasto dos fotoassimilados produzidos pelas folhas e pela absorção radicular (Cannell; Huxley, 1969), e quando o fruto está em estágio de maturação ocorrem várias alterações morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e funcionais (Marcos Filho *et al.*, 1982). Rogers *et al.* (1999) relatam que existe um aumento significativo da sacarose, principal açúcar de translocação no floema, durante o crescimento do fruto. Esse é utilizado nas reações catabólicas a fim de gerar energia e esqueletos carbônicos para a biossíntese de compostos que servem de energia para a planta (Taízü; Zieger, 2004). Sendo assim, alguns fatores como crescimento de grão, taxa de crescimento da cultura, tempo de crescimento e a capacidade de armazenamento do grão podem ser limitantes à produção da cultura e à qualidade da bebida (Fagan *et al.*, 2011).

2.3 SOMBREAMENTO

Outra correlação encontrada na literatura relaciona ambientes sombreados com a qualidade dos grãos, levando em consideração a nutrição adequada das plantas. Yang *et al.* (2013) inferiram que tanto o sombreamento quanto a altitude reduzem a evapotranspiração dos cafeeiros, devido à temperatura reduzida. O aumento da condutividade hidráulica radicular e a diminuição da evapotranspiração melhoram a capacidade de regulação do balanço hídrico nas plantas (Yang *et al.*, 2011) e isso pode contribuir para aumentar a produtividade do café e a qualidade dos grãos (Bote; Vos, 2017). Para Bote e Vos (2017), a qualidade organoléptica dos grãos de café é promovida por fatores e condições que sustentam o fornecimento não limitante de recursos para o crescimento dos grãos e por um período de maturação suficientemente longo.

Ainda segundo os mesmos autores, um postulado dessa proposição geral é que a sombra melhora a qualidade, se a disponibilidade de nutrientes for maior sob sombra do que sob pleno sol. Este pode ser o caso se a relação fonte/dreno for maior na sombra do que em pleno sol. Em comparação com o sol pleno, a sombra pode promover a relação fonte/dreno quando menos grãos por árvore se desenvolvem. Tal situação aumentaria o suprimento de fotoassimilados por grão e reduziria a competição entre os grãos em desenvolvimento, permitindo que os mesmos expressassem todo o seu potencial de crescimento (Cannell, 1985; Vaast *et al.*, 2005). A temperatura mais baixa gerada pela sombra é positiva se a sombra compensar ou mascarar o efeito negativo de outro fator (por exemplo, limitação de nitrogênio) na qualidade do grão de café (Bote; Vos, 2017).

Fatores e condições que promovem a qualidade organoléptica geralmente também promovem o crescimento do grão. Parece haver alguma associação entre atributos de qualidade organoléptica

tica e peso e tamanho dos grãos. Isso ocorre porque a ampla disponibilidade de recursos para o crescimento, supostamente para melhorar a qualidade organoléptica, também está promovendo o acúmulo de matéria seca nos grãos (Bote; Vos, 2017). Maior qualidade organoléptica de grãos mais desenvolvidos explica o bônus de preço para as notas maiores, grãos menores da mesma variedade trazem preços mais baixos (Leroy *et al.*, 2006).

2.4 MICRONUTRIENTES

Os micronutrientes são os nutrientes requeridos em menores quantidades pelas plantas, desenvolvem função vital na mesma, sendo tão importantes quanto os macronutrientes. São eles: Ferro (Fe), Manganês (Mn), Boro (B), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Molibdênio (Mo), Cloreto (Cl), Níquel (Ni) (Dechen; Nachtigall, 2007). Lacerda (2014) avaliou a influência de doses de zinco na qualidade sensorial da bebida. Encontrou que as maiores doses de Zn proporcionaram amostras classificadas como bebida mole, enquanto a menor dose, como bebida dura. Doses intermediárias não apresentaram diferença significativa.

De acordo com Lara-Estrada e Vaast (2007), as aplicações de fertilizantes tiveram efeito positivo no tamanho e peso do grão, bem como na redução da porcentagem de grãos imperfeitos. Isso foi acompanhado por maior acúmulo de matéria seca e redução na concentração de trigonelina. O que resultou em melhor qualidade da bebida de café como consequência da melhoria do aroma, sabor e preferência geral, conforme documentado por estudos realizados na América Latina (Franca *et al.*, 2005b; Decazy *et al.*, 2003).

Clemente *et al.* (2018) registram que a aplicação foliar de B, Cu e Zn melhora certos atributos químicos associados à qualidade da bebida. Quando Cu e Zn tendem à quantidade em excesso, há uma interação negativa com outros micronutrientes catiônicos. Entretanto, quando em concentrações adequadas, certamente influenciariam positivamente a rota de produção de compostos associados a sabores e aromas desejáveis. A avaliação do estado nutricional de plantas é uma ferramenta indispensável para a adequada utilização de fertilizante se o principal objetivo for identificar os nutrientes que limitam o crescimento, o desenvolvimento, a produção (Silva *et al.*, 2003) e a qualidade do produto (Farnezi *et al.*, 2010).

Farnezi *et al.* (2010), relacionando em seu estudo a qualidade da bebida e a avaliação do estado nutricional dos cafeeiros, utilizou o DRIS (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação) que possibilita a determinação da sequência de limitação nutricional, permitindo assim, a classificação dos elementos em ordem de importância para produção, e comprovou a relação dos mesmos com a qualidade da bebida do café. Os índices DRIS de referência utilizado pelos autores foram obtidos de uma população de alta produtividade e qualidade de bebida acima de “dura” e a partir dessa inferência e pela observação dos dados apresentados, verificaram que o Mn, Fe, Ca, P, S e B foram os nutrientes mais limitantes por deficiência (índice negativo), enquanto, os nutrientes Zn, Cu, N, K e Mg foram os que mais limitaram por excesso (índice positivo), na produtividade de grãos e qualidade da bebida do café.

Lavouras que se apresentaram mais produtivas e com melhor qualidade da bebida do café são aquelas que estão mais equilibradas nutricionalmente. Portanto, esse resultado indica que a nutrição equilibrada leva a maiores índices de produtividade, podendo também, atingir uma melhor qualidade da bebida (Farnezi *et al.*, 2010). Os nutrientes, quando absorvidos pelas plantas em quantidades adequadas e equilibradas, contribuem para a produção de um café com melhor qualidade sensorial, mesmo que não constituam o fator primordial para o alcance desse objetivo. Contudo, entre seu fornecimento e a absorção, há um complexo processo de disponibilização desses nutrientes a partir dos fertilizantes utilizados como fontes, sejam estes minerais ou orgânicos. O conhecimento dessa dinâmica é fundamental para que as plantas fiquem bem nutridas, resultando numa bebida de excelência.

3 NUTRIENTES E FERTILIZANTES

Uma agricultura eficiente deve apresentar correta aplicação, qualitativa e quantitativa, dos fertilizantes, em função do trinômio tipo de cultivo, características do solo e clima (Lapido-Loureiro; Nascimento, 2003). Segundo Reetz Júnior (2017), fertilizantes são produtos ou substâncias que, aplicados ao solo, fornecem às plantas os nutrientes necessários ao seu bom desenvolvimento e produção. Esta definição do autor está correta, mas mostra-se muito específica para os produtos aplicados via solo. Existem, ainda, produtos aplicados via foliar que fornecem nutrientes às plantas, podendo ser considerados como fertilizantes.

Nesse sentido, o conceito de Alcarde (2007) parece mais completo, uma vez que não especifica onde será aplicado o fertilizante: “fertilizante é um produto mineral ou orgânico, natural ou sintético, supridor de um ou mais nutrientes às plantas”. Entretanto, pode-se complementar o conceito do autor, de forma a deixá-lo abrangente: fertilizante é um produto mineral ou orgânico, natural ou sintético, supridor de um ou mais nutrientes às plantas, que pode ser fornecido via solo ou via foliar, nas formas sólida, líquida ou gasosa, de acordo com o local e o objetivo da aplicação.

Numa agricultura moderna, elevadas produtividades são essenciais. Entretanto, estas acarretam grande remoção de nutrientes dos solos, que deve ser compensada com a aplicação de fertilizantes, visando à manutenção do equilíbrio geoquímico. Entretanto, a aplicação de fertilizantes não visa apenas repor o que foi retirado pelas culturas, mas, sim, suprir as plantas com os nutrientes que o solo não é capaz de fornecer, pelo menos no nível adequado para que sejam atingidas elevadas produções. Para Lapido-Loureiro e Nascimento (2003), a fertilização provoca um aumento de rendimento na produção agrícola de 35 a 50 %, em média. Esse incremento na produtividade é essencial para que o agricultor possa se tornar competitivo em um mercado cada vez mais disputado.



3.1 FERTILIZANTES APLICADOS VIA SOLO

Os fertilizantes aplicados via solo suprem nutrientes especificamente para absorção radicular. Isso implica que os fertilizantes sólidos devem ser, em primeira instância, solúveis ou com possibilidade progressiva de solubilização, de forma a manter uma concentração adequada de nutrientes na solução do solo, uma vez que as raízes absorvem os nutrientes diretamente desta solução.

3.1.1 Fertilizantes Nitrogenados

Os fertilizantes nitrogenados são aqueles que fornecem, prioritariamente, o nutriente nitrogênio (N), mesmo que contenham outros nutrientes em sua composição. Segundo Brasil (2007), existem diversos tipos de fertilizantes nitrogenados, obtidos de diferentes formas e com as mais distintas características e teores (Tabela 1).

Tabela 1 – Fertilizantes nitrogenados, formas de obtenção, características e garantias mínimas

Fertilizante	Forma de obtenção	Característica	Garantia mínima
Amônia anidra (NH_3)	Reação entre o N_2 atmosférico e o H de gases do petróleo	N- NH_3	82 % de N
Nitrato de sódio (NaNO_3)	Reação do HNO_3 com NaOH	N- NH_3	16 % de N
Nitrato de amônio (NH_4NO_3)	Reação de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ com $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	50 % de N- NH_4 e 50 % de N- NH_3	34 % de N
Cloreto de amônio (NH_4Cl)	Reação de HCl com amônia	N- NH_4	25 % de N e 62-66 % de Cl
Nitrato de cálcio [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$]	Reação de HNO_3 com CaO ou CaCO_3	N- NO_3 com até 1,5 % de N- NH_4	14 % de N e 18-19 % de Ca
Sulfato de amônio [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$]	Reação de H_2SO_4 com aquamônia	N- NH_4	20 % de N e 24 % de S
Ureia [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$]	NH_3 + CO_2 sob pressão	N-amídico	45 % de N
Cálcio-cianamida (CaCN_2)	Fixação de N_2 em carbureto de Ca (CaC_2) a 1.000 °C	CN_2^{2-} e até 3 % de N- NO_3	21 % de N e 27 % de Ca
Nitrocálcio	Reação de HNO_3 com calcário	N- NO_3^-	22-27 % de N; 4-15 % de Ca e 0-4 % de Mg

Fonte: Brasil (2007).

O nitrogênio é o nutriente mais absorvido pelo cafeeiro. Além disso, é o nutriente perdido em maiores proporções do sistema solo-planta. Por conseguinte, as quantidades aplicadas de fertilizantes nitrogenados são sempre elevadas. A ureia é o fertilizante nitrogenado sólido mais

concentrado (Tabela 1). As plantas não absorvem a ureia diretamente. Esta deve ser transformada em NH_4^+ (amônio) ou NO_3^- (nitrato), que são as formas preferencialmente absorvidas. Ao se aplicar a ureia no solo, ocorre rápida hidrólise pela ação da urease, enzima liberada por microorganismos, formando NH_4^+ , segundo a reação simplificada: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow 2 \text{NH}_4^+ + \text{CO}_3^{2-} + \text{OH}^-$. Pela reação, pode-se notar que, além da formação de NH_4^+ , há liberação de OH^- , o que eleva bastante o pH em torno do grânulo de ureia aplicado.

O NH_4^+ formado poderá ser absorvido pelas plantas, imobilizado por microrganismos, convertido à NO_3^- por meio da nitrificação ou adsorvido por forças eletrostáticas aos sítios de troca do solo. Além disso, pode ocorrer a rápida transformação do NH_4^+ em $\text{NH}_3(\text{g})$ (amônia), que é um gás e se perde para a atmosfera, fenômeno denominado como volatilização da amônia. A reação simplificada de volatilização da amônia é a seguinte: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$. Quanto mais alcalino o solo (maior pH), maior a tendência de a reação ser direcionada para a direita, ou seja, formação de $\text{NH}_3(\text{g})$. Dessa forma, há um efeito cumulativo das duas reações, gerando elevada volatilização de $\text{NH}_3(\text{g})$. Na hidrólise da ureia há formação de OH^- que, em conjunto com o OH^- proveniente do solo, irá reagir com o NH_4^+ , causando elevada perda de nitrogênio do sistema solo-planta na forma de $\text{NH}_3(\text{g})$ (Ernani, 1999).

As perdas de nitrogênio por volatilização da amônia, quando se aplica a ureia em cobertura, estão compreendidas entre 25 e 30% da quantidade aplicada, podendo chegar a 70% dependendo do solo e da forma de aplicação (Cantarella, 2008). Como a urease é uma enzima oriunda da ação de microrganismos do solo, quanto mais as condições do meio favorecerem a atuação dos mesmos, maior a produção de urease e maior a transformação da uréia em NH_4^+ , com possíveis perdas de nitrogênio por volatilização de $\text{NH}_3(\text{g})$. Essas condições favoráveis são: pH elevado, umidade, temperatura elevada e presença de restos culturais.

Para reduzir as perdas de nitrogênio por volatilização, quando se aplica ureia em cobertura, deve-se, portanto, utilizar um manejo que equacione as condições acima descritas. Entretanto, se for aplicada uma camada de 4 cm de solo sobre a ureia, com expectativa de chuva próxima, as perdas são insignificantes (Lara Cabezas *et al.*, 2000 e Sangoi *et al.*, 2003). Se houver irrigação na área, a aplicação de uma lâmina de água, suficiente para solubilizar e incorporar a uréia ao solo, é extremamente necessária. A água diminui a volatilização da amônia se for suficiente para diluir a concentração de hidroxilas (OH^-) ao redor dos grânulos de ureia, que foram produzidas na reação de hidrólise, além de proporcionar a incorporação da ureia no solo (Lara Cabezas *et al.*, 1997).

Se o solo estiver úmido, e não ocorrer chuva próxima, as perdas por volatilização de amônia a partir da ureia serão muito maiores do que nos outros fertilizantes. Por outro lado, a ureia protegida, seja encapsulada ou com inibidor de urease, realmente apresenta redução nas perdas por volatilização, o que a torna um fertilizante mais eficiente do que a ureia comum, dependendo da situação (Cantarella *et al.*, 2008; Guarçoni *et al.*, 2021 a, b). A concentração de nitrogênio

no sulfato de amônio não é elevada (Tabela 1). Mas esse fertilizante perde pouco nitrogênio por volatilização, especialmente se não for aplicado sobre restos vegetais depositados no solo, como aqueles gerados pela poda do café, especialmente o conilon. Por outro lado, o sulfato de amônio acidifica o solo em demasia, formando, após a reação de nitrificação (formação de NO_3^- a partir de NH_4^+), dois H^+ para cada NH_4^+ adicionado. O sulfato de amônio contém mais enxofre do que nitrogênio e quando aplicado para fornecer este nutriente às plantas, adiciona enxofre em quantidade mais que suficiente para qualquer cultura.

O nitrato de cálcio é o fertilizante com a menor concentração de nitrogênio entre os mostrados na Tabela 1. A forma do nutriente neste fertilizante é o nitrato (NO_3^-). Por isso, o nitrato de cálcio não acidifica o solo. No entanto, podem ocorrer elevadas perdas de nitrogênio por lixiviação, caso a adição desse fertilizante não seja parcelada em diversas aplicações. Três parcelamentos são insuficientes para reduzir as perdas por lixiviação, quando se aplica este fertilizante. O nitrato de amônio é um fertilizante nitrogenado que apresenta, em média, 50 % de N na forma amoniacal (NH_4^+) e 50 % na forma nítrica (NO_3^-) (Tabela 1). Por isso, pode perder nitrogênio tanto por volatilização, se aplicado sobre restos vegetais depositados no chão ou em solo com pH elevado, quanto por lixiviação (NO_3^-), se a ocorrência de chuvas for elevada e as aplicações não forem parceladas.

Fernandes *et al.* (2009) realizaram aplicação de diversos fertilizantes nitrogenados em café arábica (fontes convencionais e protegidas), realizando três parcelamentos no período chuvoso do ano, em Uberaba-MG. Foi observado que as perdas de N, por volatilização ou lixiviação, foram maiores quando o nitrato de amônio foi aplicado em grandes quantidades, reduzindo a produtividade de café em relação às doses um pouco menores. A ureia protegida foi mais eficiente do que o nitrato de amônio apenas quando ambos foram aplicados em doses elevadas, devido às perdas do nitrato de amônio. Os autores atribuem essas perdas a um período chuvoso atípico, com um volume de chuva de 1651 mm em apenas cinco meses. Como fica claro por este trabalho, excesso de chuva pode aumentar as perdas de N por lixiviação mesmo quando se utiliza nitrato de amônio. A saída seria parcelar as doses ainda mais. Como visto, todos os fertilizantes nitrogenados apresentam algum grau de limitação. Não existe fertilizante milagroso, e isso deve ser levado em consideração no momento da escolha do fertilizante.

3.1.2 Fertilizantes fosfatados

As fontes de fósforo podem ser industrializadas (fosfato solúvel em água) ou não (fosfato natural) (Tabela 2). Os fosfatos naturais são separados em fosfatos reativos (que apresentam uma fração solúvel) e fosfatos não-reativos (pequena solubilidade). Essa característica é de grande importância para a nutrição do cafeeiro.

Tabela 2 – Fertilizantes fosfatados, formas de obtenção, características e garantias mínimas

Fertilizante	Forma de obtenção	Característica	Garantia mínima
Fosfato natural (FN – apatitas) Rocha ígnea ou metamórfica	Moagem de FNs	4 % de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico	24 % de P_2O_5 total e 23-27 % de Ca
Fosfato natural reativo (FN – fosforitas) Rocha metamórfica	Moagem de FNs	10 % de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico	27 % de P_2O_5 total e 30-34 % de Ca
Ácido fosfórico (H_3PO_4)	FN + H_2SO_4	Fluida	54 % de P_2O_5
Superfosfato simples [$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ + $CaSO_4 \cdot 2H_2O$]	Reação de FN com H_2SO_4	16 % de P_2O_5 solúvel em H_2O	18 % de P_2O_5 ; 18-20 % de Ca e 11-12 % de S
Superfosfato triplo [$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$]	Reação de FN com H_3PO_4	37 % de P_2O_5 solúvel em H_2O	44 % de P_2O_5 e 14 % de Ca
Fosfato monoamônico – MAP ($NH_4H_2PO_4$)	Reação de H_3PO_4 com amônia	44 % de P_2O_5 solúvel em H_2O	48 % de P_2O_5 e 9 % de N
Fosfato diamônico – DAP [$(NH_4)_2 HPO_4$]	Reação de H_3PO_4 com amônia	38 % de P_2O_5 solúvel em H_2O	45 % de P_2O_5 e 16 % de N
Fosfato monopotássico (KH_2PO_4)	Reação de H_3PO_4 com KOH	P_2O_5 e K_2O solúveis em H_2O	51 % de P_2O_5 e 33 % de K_2O
Nitrofosfato	Reação de FN com HNO_3	14 % de P_2O_5 solúvel em H_2O	18 % de P_2O_5 , 14 % de N e 8-10 % de Ca
Termofosfato magnésiano	Fusão de FN + compostos magnesianos e silícicos	14 % de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico	17 % de P_2O_5 , 18-20 % de Ca e 7 % de Mg

Fonte: Brasil (2007).

3.1.2.1 Fontes solúveis de fósforo

Quando se aplicam adubos fosfatados solúveis, o fósforo é rapidamente adsorvido/precipitado pelo solo e transformado em compostos de menor solubilidade, o que reduz o aproveitamento pelas plantas. A intensidade dessas reações é diretamente relacionada ao volume de solo com o qual o adubo reage, sendo, porém, inversa ao tamanho da partícula do fertilizante. Com o passar do tempo, a continuidade da reação de adsorção leva à fixação do fósforo, ou seja, o fósforo adicionado fica praticamente indisponível para as plantas (Novais; Smyth, 1999).

A aplicação do fertilizante fosfatado em menor volume de solo poderá minimizar esses efeitos. Os fosfatos solúveis em água são mais eficientes se aplicados em menor volume de solo e próximos das raízes, a fim de facilitar sua absorção em locais com alta concentração de fósforo e de atenuar a adsorção pelo solo. Dessa forma, pode-se recomendar, com segurança, a aplicação de fontes solúveis de fósforo em cova, sulco ou faixas mais estreitas (Barros *et al.*, 1990).

3.1.2.2 Fosfatos parcialmente solúveis

Os fosfatos parcialmente solúveis são produtos com solubilidade intermediária entre os fosfatos naturais e os fosfatos solúveis, como os termofosfatos. Portanto, apresentam uma fração solúvel em água, que serve como adubação de arranque, e outra não solúvel em água, que, segundo os fabricantes, libera o fósforo mais lentamente ao longo do crescimento da planta. Ao obter-se um fosfato parcialmente solúvel, a partir das apatitas brasileiras, que são pouco reativas, forma-se, entretanto, um produto de extremos incompatíveis. A porção solúvel formada é forte limitante à solubilização da fração não-solúvel, devido ao efeito do íon comum, causado pelo aumento da concentração de fósforo e de cálcio em solução (Novais; Smyth, 1999). Isso ocorre, especialmente, se a parte solúvel e a insolúvel encontram-se na mesma partícula ou no mesmo grânulo. Além disso, com maior demanda inicial de fósforo pelas plantas, a aplicação de fosfato parcialmente solúvel pode não suprir a demanda na fase inicial de crescimento, uma vez que, nesses fertilizantes, a porcentagem da fração solúvel é, geralmente, bem menor do que a porcentagem da fração não-solúvel (Guarçoni *et al.*, 2005).

3.1.2.3 Fosfatos naturais

No caso dos fosfatos naturais, para alguns autores, a aplicação em menor volume de solo pode diminuir a taxa de solubilização desse tipo de fertilizante. Dentro dessa lógica, seria correto pensar que os fosfatos naturais devem reagir com o solo para maior dissolução, sendo necessário misturá-los intimamente a um maior volume, para se ter eficiência máxima (Raij, 2011). Condições favoráveis à maior dissolução do fosfato natural, sejam elas maior acidez do solo, tempo de contato e maior contato solo-fertilizante, podem levar, também, a uma maior adsorção do fósforo, diminuindo a disponibilidade do nutriente para as plantas (Novais; Smyth, 1999). Além disso, condições ácidas são coincidentes com altos teores de alumínio trocável, que pode ser tóxico para as raízes do cafeeiro, reduzindo o seu crescimento em profundidade no solo.

Condições de solo favoráveis à menor ou menos intensa solubilização poderão ser mais favoráveis às plantas do que as que permitam a solubilização mais rápida de um fosfato natural. Dessa forma, pode-se recomendar a aplicação do fosfato natural em um menor volume de solo, principalmente para fosfatos mais reativos (Guarçoni, 2022).

3.1.2.4 Localização do fertilizante fosfatado

A manutenção de razoável concentração de fósforo na solução do solo pode ser considerada como ponto chave para se promover uma adubação fosfatada eficiente. A concentração de fósforo na solução depende da dose adicionada, do volume de solo fertilizado, do tempo de reação do fósforo com o solo e da sua capacidade de adsorção (Alvarez V.; Fonseca, 1990). Adsorção é a capacidade do solo de reter o fósforo, reduzindo o aproveitamento pela planta. Nesse sentido, solos argilosos, que apresentam grande capacidade de reação, cargas e sítios de ligação, têm maior capacidade de adsorção do que solos arenosos (Novais; Smyth, 1999).

Como a proporção do fósforo adsorvido pelo solo decresce com a quantidade aplicada, há duas opções para aumentar sua concentração na solução do solo: aumentar a dose para o mesmo volume ou reduzir o volume de solo fertilizado para a mesma dose adicionada (Model; Anghinoni, 1992 e Guarçoni, 2022). Quando se localiza o fertilizante fosfatado em menor volume de solo, entretanto, apenas parte das raízes entra em contato com uma área de alta concentração de fósforo. Mas isso, a princípio, não seria problema, pois a aplicação do adubo fosfatado, em frações decrescentes do volume de solo, pode estimular o crescimento radicular na parte do solo fertilizada, principalmente de raízes mais finas, provocando incremento na superfície radicular exposta ao fósforo. O crescimento acentuadamente diferenciado de raízes, nas frações de solo adubadas com fósforo, pode ocorrer quando a disponibilidade inicial desse elemento no volume de solo não adubado for muito baixa (Novais; Smyth, 1999).

A localização de adubo fosfatado apresenta maior eficiência quando pequenas doses são misturadas com menores frações do solo. À medida que as doses aumentam, frações intermediárias tendem a ser mais eficientes. Para as maiores doses, o efeito da mistura do fosfato com menores frações de solo passa a não ser relevante (Guarçoni, 2022). Em conclusão, para determinada quantidade de fósforo aplicada, deve haver um volume de solo a ser fertilizado, de modo que o somatório dos fatores teor de fósforo no solo, redução no sistema radicular em contato com o nutriente, estímulo ao crescimento e absorção de fósforo pelas raízes na região fertilizada, proporcione a disponibilidade efetiva máxima de fósforo para as plantas e, conseqüentemente, a produção máxima (Leite *et al.*, 2006).

3.1.3 Fertilizantes potássicos

O potássio é o segundo nutriente mais absorvido pelo cafeeiro. Existem alguns fertilizantes potássicos no mercado, com diferentes concentrações de K e de nutrientes acompanhantes (Tabela 3).

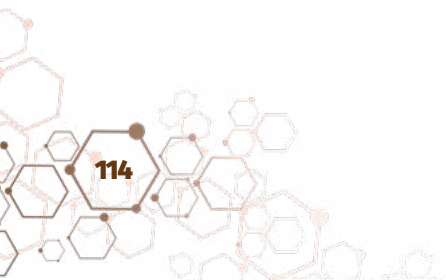


Tabela 3 – Fertilizantes potássicos, formas de obtenção, características e garantias mínimas

Fertilizante	Forma de obtenção	Característica	Garantia mínima
Fertilizante	Forma de obtenção	Característica	Garantia mínima
Cloreto de potássio (KCl)	Jazidas; obtido por dissolução seletiva e flotação	K solúvel em H ₂ O	58 % de K ₂ O e 45-48 % de Cl
Sulfato de potássio (K ₂ SO ₄)	Reação de KCl com H ₂ SO ₄	K solúvel em H ₂ O	48 % de K ₂ O e 15 % de S
Nitrato de potássio (KNO ₃)	Reação de KCl com HNO ₃	K solúvel em H ₂ O	44 % de K ₂ O e 12 % de N

Fonte: Brasil (2007).

O caso do potássio é o mais simples, dentre os fertilizantes, pois ele é encontrado na solução do solo apenas na forma iônica (K⁺), sendo esta, também, a forma absorvida pelas plantas. O K é fornecido, sobretudo, na forma de KCl e, raramente, como K₂SO₄ ou KNO₃. Como esses sais são solúveis em água, o comportamento do K no solo é praticamente invariável em relação à fonte empregada (Alcarde, 2007). Como o cátion K⁺ pode ser retido na CTC do solo, a perda de K por lixiviação será controlada pelo volume de cargas negativas presentes no solo, as quais são diretamente proporcionais ao teor e a qualidade da argila, bem como ao valor de pH apresentado pelo solo no momento da aplicação do fertilizante potássico.

Quanto à qualidade do café, há reduzida diferença quando se aplica o K₂SO₄ ou KNO₃. Entretanto, admite-se, desde o trabalho de Silva *et al.* (1999), que o Cl⁻, oriundo do KCl, apresente efeitos negativos diretos e indiretos sobre a qualidade da bebida. Segundo os autores citados, a melhor qualidade do café estaria relacionada com uma maior atividade da enzima cúprica polifenoloxi-dase, mas o Cl⁻ reduziria sua atividade devido à reação com o cobre, reduzindo a possibilidade de se obter cafés de melhor qualidade.

Contudo, Guarçoni (2016) elabora uma pergunta corriqueira que tem sempre a mesma resposta: já se produziu café de boa qualidade adubando-se com cloreto de potássio (KCl)? A resposta é: SIM! Os cafés de qualidade superior são obtidos a partir da interação entre fatores genéticos, ambientais, condições de manejo, incluindo-se a adubação, e processamento do produto após a colheita. Para o autor, a adubação com sulfato de potássio ou nitrato de potássio não garante a produção de cafés de qualidade superior, nem a adubação com cloreto de potássio promove, sempre, a produção de cafés de qualidade inferior. O que existe, na realidade, é a “possibilidade” de melhoria na qualidade do café produzido ao se aplicar uma fonte de potássio que não contenha cloreto. Esse fato deve ser levado em consideração por qualquer cafeicultor.

Trabalhos científicos estão sendo conduzidos no Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) para elucidar essa questão, de forma clara e definitiva. Entretanto, até o momento (2º semestre de 2023) não proporcionaram resultado robusto e confiável que indique melhoria na qualidade da bebida, provocada pela utilização de qualquer uma das fontes de K estudada.

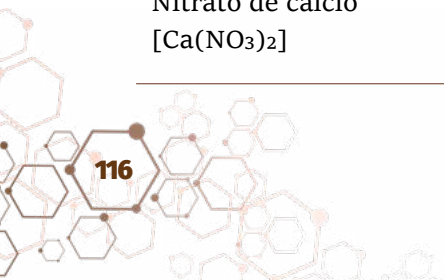
3.1.4 Fertilizantes cálcicos e magnesianos

Existem fertilizantes cálcicos e magnesianos solúveis em água, ou seja, com Ca e Mg prontamente disponíveis para as plantas, e aqueles que não são solúveis, mas que atuam como corretivo do solo (Tabela 4). Dentre os solúveis em água, o sulfato de cálcio (CaSO_4) e o sulfato de magnésio (MgSO_4) são extremamente móveis no perfil do solo, uma vez que o ânion acompanhante sulfato (SO_4^{2-}) imprime elevada mobilidade à molécula formada.

O sulfato de cálcio, comumente denominado de gesso, é um importante condicionador dos solos, pois é capaz de aumentar as concentrações de Ca em camadas mais profundas do solo, o que permite maior crescimento radicular em profundidade (Prezotti; Guarçoni, 2013). Entretanto, o gesso não é um corretivo de solo, pois corretivos são produtos capazes de neutralizar (diminuir ou eliminar) a acidez dos solos e, ainda, fornecer nutrientes vegetais, especialmente Ca e Mg (Guarçoni, 2016).

Tabela 4 – Fertilizantes cálcicos e magnesianos, formas de obtenção, características e garantias mínimas (continua)

Fertilizante	Forma de obtenção	Característica	Garantia mínima
Carbonato de cálcio (CaCO_3)	Moagem de rocha calcária calcítica	Ca total (corretivo da acidez)	36 % de Ca
Óxido de cálcio (CaO)	Calcinação da calcita	Ca total (corretivo da acidez)	64 % de Ca
Hidróxido de cálcio [$\text{Ca}(\text{OH})_2$]	Hidrólise do CaO	Ca total (corretivo da acidez)	48 % de Ca
Cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	Reação de HCl com CaO	Ca solúvel em H_2O	24 % de Ca e 43 % de Cl
Nitrato de cálcio [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$]	Reação de HNO_3 com CaO	Ca solúvel em H_2O	18-19 % de Ca e 14 % de N



Fertilizante	Forma de obtenção	Característica	Garantia mínima
Sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	Subproduto da fabricação de H_3PO_4	Ca e S totais	17-20 % de Ca e 14-17 % de S
Carbonato de magnésio (MgCO_3)	Moagem do mineral magnesita	Mg total (corretivo da acidez)	25-27 % de Mg
Óxido de magnésio (MgO)	Calcinação da magnesita	Mg total (corretivo da acidez)	45-54 % de Mg
Cloreto de magnésio ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	Reação de HCl com MgO	Mg solúvel em H_2O	10 % de Mg e 34 % de Cl
Sulfato de magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	Reação de H_2SO_4 com MgO	Mg solúvel em H_2O	9 % de Mg e 12-14 % de S

Fonte: Brasil (2007).

A acidez de um solo é devida à presença de cátions H^+ livres, gerados por componentes ácidos presentes no solo (ácidos orgânicos, fertilizantes nitrogenados etc). A redução da acidez consiste em neutralizar os cátions H^+ , o que é feito pelo ânion OH^- . Portanto, os corretivos de acidez devem ter componentes básicos para gerar OH^- e promover a neutralização.

Alguns produtos que contêm Ca e Mg são considerados fontes desses dois nutrientes e ao mesmo tempo corretivos da acidez do solo. Entre esses há o calcário dolomítico, com teores variáveis de Ca e Mg, mas com um mínimo obrigatório de 12% de MgO. A calcinação deste produto irá produzir os óxidos de Ca e Mg que, quando hidratados, irão constituir-se em hidróxidos de Ca e Mg (Tabela 4) (Alcarde, 2007).

3.1.5 Fertilizantes sulfurados

O S participa como nutriente secundário em diversos fertilizantes, como o sulfato de amônio, o superfosfato simples, o sulfato de potássio e o gesso (Tabelas 1, 2, 3 e 4). O S, dentre os macronutrientes, é aquele absorvido em menores quantidades pelas plantas. Assim, qualquer aplicação de sulfato de amônio, superfosfato simples, sulfato de potássio ou gesso, para suprir N, P, K ou Ca, respectivamente, seria mais do que suficiente para suprir a necessidade de S das culturas. Entretanto, aplicações de fertilizantes mais concentrados, como uréia e superfosfato triplo que não contêm S, podem acarretar sua deficiência. Nesses casos, pode-se utilizar uma fonte

exclusiva de S, como o enxofre elementar (Tabela 5). Não adianta gastar fortunas com NPK se as quantidades de enxofre são baixas no solo. A produção ficará limitada a esse nutriente, o que é explicado e regulado pela lei do mínimo de Liebig: “a produtividade das culturas é limitada pelo nutriente que se encontra menos disponível no solo”.

Tabela 5 – Fertilizante sulfurado, formas de obtenção, características e teores no fertilizante

Fertilizante	Forma de obtenção	Característica	Garantia mínima
Fertilizante	Forma de obtenção	Característica	Garantia mínima
Enxofre elementar (S ⁰)	Extração a partir da pirita; subproduto de gás natural e do carvão mineral	S total	95% de S

Fonte: Brasil (2007).

3.1.6 Fertilizantes contendo micronutrientes

As fontes de micronutrientes podem ser subdivididas em três principais grupos: fontes inorgânicas, quelatos sintéticos e óxidos silicatados (“fritas ou FTE - Fritted Trace Elements”). Cada uma dessas fontes tem sua peculiaridade, o que irá refletir na forma de aplicação, no aproveitamento pelas plantas e até no custo final da adubação. As fontes inorgânicas são representadas pelos sais metálicos como sulfatos, cloretos e nitratos (sulfato de zinco, cloreto de zinco, nitrato de zinco etc.), que são solúveis em água, e óxidos, carbonatos e fosfatos (óxido de zinco, carbonato de zinco, fosfato de cobalto, etc.), que são insolúveis em água. A solubilidade em água é um fator determinante para que o produto apresente maior eficiência agrônômica em curto prazo, especialmente para aplicações localizadas em sulco ou cova.

Os quelatos sintéticos são formados pela combinação de um agente quelatizante (EDTA, DTPA etc.) com um metal (Zn, Cu etc.), por meio de ligações coordenadas. É a estabilidade da ligação quelato-metal que aumenta a disponibilidade, para as plantas, dos micronutrientes fornecidos como quelatos sintéticos. Esses são geralmente muito solúveis em água, mas, diferentemente dos sais simples, dissociam-se pouco em solução (Lopes, 1999). Para Volkweiss (1991), essa é a principal vantagem dos quelatos, pois permite que os micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) permaneçam em solução sob condições que levariam à sua precipitação, como em soluções neutras ou alcalinas (pH > 7), e quando adicionados a solos calcários ou que receberam calagem além da necessária. Essa característica dos quelatos permite que sua eficiência agrônômica seja maior do que a dos sais, quando adicionados a solos que por qualquer razão apresentem pH maior que seis.

Apesar de apresentarem maior eficiência agrônômica em alguns casos, os quelatos são bem mais caros do que as fontes inorgânicas. Segundo Mortvedt (1999), citado por Lopes (1999), a eficiência relativa dos quelatos aplicados ao solo pode ser de duas a cinco vezes maior do que das fontes inorgânicas, mas, em contrapartida, o custo do quelato por unidade de micronutriente pode ser de cinco a cem vezes mais alto. Nesse caso, a flutuação de preços do mercado, como sempre, irá definir qual das fontes utilizar.

As “fritas - FTE” são produtos vítreos cuja solubilidade é controlada pelo tamanho das partículas e por variações na composição da matriz. São obtidas pela fusão de silicatos ou fosfatos com uma ou mais fontes de micronutrientes, a aproximadamente 1000 °C, seguida de resfriamento rápido com água, secagem e moagem (Mortvedt; Cox, 1985; citados por Lopes, 1999). As “fritas” são insolúveis em água. Por isso, quanto maior a superfície de contato entre as partículas dessa fonte e o solo, maior sua eficiência agrônômica. Dessa forma, as “fritas” devem ser aplicadas, principalmente, na forma de pó fino e incorporadas ao solo. A aplicação de partículas maiores, na superfície do solo, fará com que a disponibilização dos micronutrientes seja muito lenta. Por outro lado, a aplicação de partículas menores, em superfície ou com incorporação, pode ser uma prática interessante, se formos pensar no efeito residual dessa fonte, especialmente em solos arenosos e de textura média.

Existem no mercado, também, formulações que contêm apenas alguns ou que combinam diversos micronutrientes. Essa questão é complexa, pois envolve interesses econômicos distintos. Entretanto, Rena e Fávaro (2000) afirmam que a manipulação de formulações comerciais é mais fácil na propriedade e seu uso fica condicionado apenas a aspectos econômicos, não a uma possível superioridade na eficiência agrônômica. Os resíduos orgânicos (adubos orgânicos) são excelentes fontes de micronutrientes, além de fundamentais para melhorar as propriedades dos solos. O cafeicultor que aplica fertilizantes orgânicos em sua lavoura com frequência, visando ter sempre micronutrientes já mineralizados (disponíveis), raramente observará deficiência de micronutrientes nas plantas, exceto quando a produtividade for muito elevada. A concentração de micronutrientes em alguns esterco e resíduos orgânicos é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 – Concentração média de micronutrientes em alguns esterco e resíduos orgânicos

Fonte	Micronutriente				
	Cu	Zn	Fe	Mn	B
Cama de frango	91	209	2.972	333	21
Esterco bovino	26	54	3.854	309	18
Palha de café	20	11	1.785	113	27
Composto orgânico	69	137	4.681	247	21
Vermicomposto	39	101	12.176	526	10

Fonte: Adaptado de Souza *et al.* (2015).

O cafeicultor deve ficar atento: não existe fonte mais adequada em relação, apenas, à eficiência agronômica, existe, sim, fonte mais adequada em relação ao binômio: eficiência agronômica/preço do produto (GUARÇONI, 2016).

3.1.7 Formulações

Os fertilizantes mistos ou complexos (misturas) são produtos que contém NPK, NP, NK ou PK. A soma dos teores percentuais de N, P₂O₅ e K₂O deve ser igual ou superior a 24 %, sendo estes teores expressos em números inteiros. Os valores percentuais das formulações NPK, que representam as concentrações destes nutrientes, expressam sempre a seguinte ordem: N, P₂O₅ e K₂O. Portanto, um fertilizante NPK, com formulação 4 - 14 - 8, apresenta 4 % de N, 14 % de P₂O₅ e 8 % de K₂O. Algumas formulações apresentam, ainda, micronutrientes, o que facilita a homogeneidade de aplicação desses elementos.

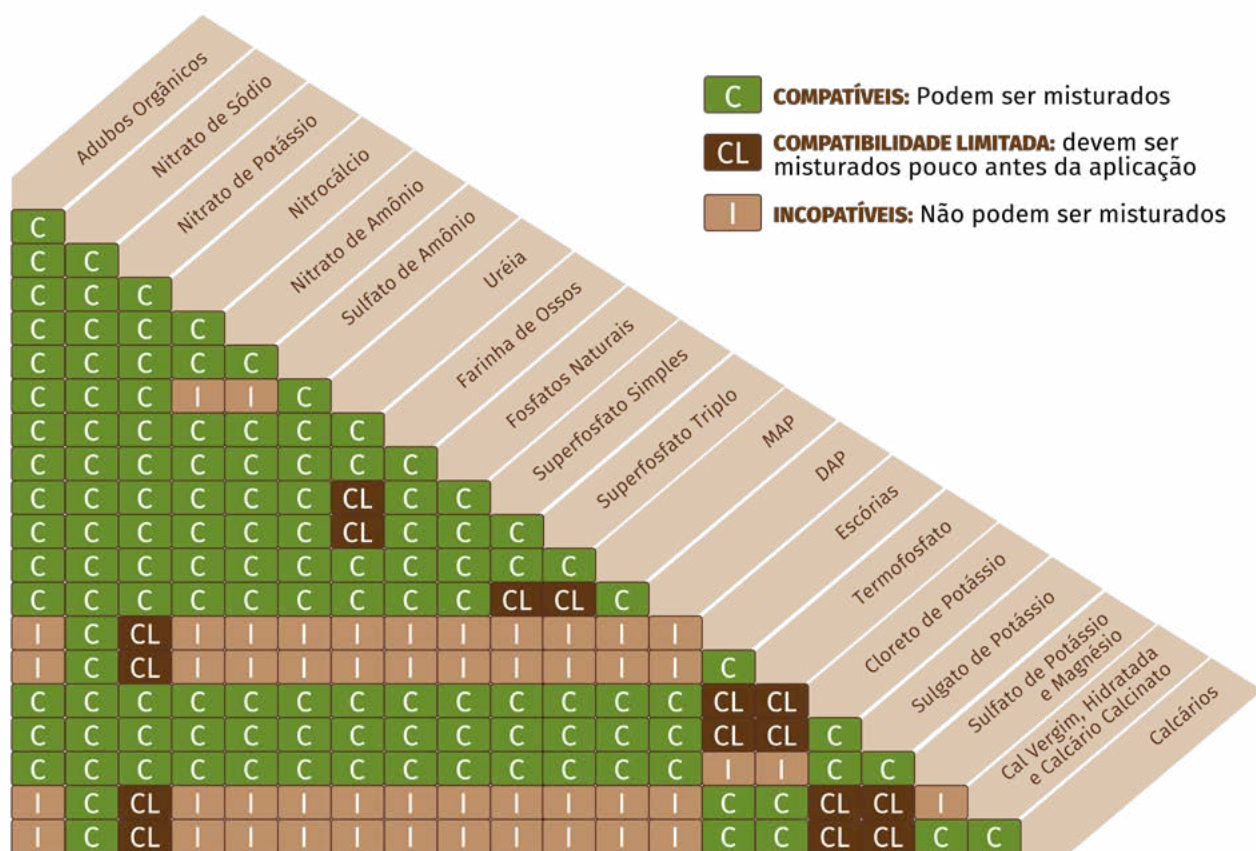
3.1.8 Compatibilidade

Os fertilizantes são compostos químicos. Logo, se misturados, reações adversas podem ocorrer, modificando suas características iniciais. Esse fato é agravado quando se incluem nessas misturas corretivos de solo, pois há completa mudança no pH final da mistura na presença de umidade. Assim, há redução na capacidade fertilizante de alguns produtos quando misturados, o que revela diferentes graus de compatibilidade entre eles. As principais reações negativas que podem ocorrer quando se misturam fertilizantes incompatíveis são: volatilização do nitrogênio, insolubilização de nutrientes, especialmente o fósforo, e aumento da higroscopicidade final da mistura.

A reação de volatilização do nitrogênio, na forma de amônia (NH₃), ocorre quando o amônio (NH₄⁺) reage com grupamentos OH⁻ presentes na mistura: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{NH}_3 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$. Esses grupamentos se originam de fertilizantes que têm ação corretiva ou dos próprios corretivos, especialmente os calcários e as escórias. Portanto, nunca se deve misturar fertilizantes nitrogenados, que contenham NH₄⁺, com qualquer produto que apresente ação corretiva, ou seja, que libere OH⁻ (Figura 1). A insolubilização de nutrientes se dá por meio da formação de compostos de menor solubilidade, também na presença de corretivos.

Para a obtenção do superfosfato triplo [Ca(H₂PO₄)₂.H₂O], por exemplo, que é um fertilizante com 37% de P₂O₅ solúvel em H₂O, é realizada a reação do ácido fosfórico (H₃PO₃) com um fosfato natural de baixa solubilidade [Ca₁₀(PO₄)₆], conforme a seguinte reação simplificada: $\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6 \leftrightarrow [\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2.\text{H}_2\text{O}]$. Portanto, para a formação de superfosfato triplo, há necessidade de um meio ácido. Caso o superfosfato seja adicionado em um meio de elevada alcalinidade

e na presença de elevada concentração de Ca, a reação irá tender para a esquerda, ocorrendo formação de fosfato de baixa solubilidade em H₂O, caracterizando a incompatibilidade de fontes de P e corretivos (Figura 1). Isso não quer dizer que fontes solúveis de P não possam ser aplicadas em uma cova que já tenha recebido calagem. Nesse caso, basta que as doses sejam bem calculadas para que a insolubilização de P seja mínima.



OBSERVAÇÃO: Dependendo de certas características da uréia, do nitrato de amônio e do teor de cloreto de sódio no cloreto de potássio, as misturas desses produtos podem apresentar certo grau de incompatibilidade.

Figura 1 – Compatibilidade entre vários fertilizantes minerais simples, fertilizantes orgânicos e corretivos da acidez.

Fonte: CFSEMG (1999).

Higroscopicidade é a tendência que os materiais apresentam de absorver água do ar atmosférico. É expressa pela propriedade *Umidade Relativa Crítica* (URc), a qual é definida como a umidade relativa do ar máxima a que o produto pode ser exposto sem absorver umidade. Quanto menor a URc, mais higroscópico é o produto (Alcarde, 2007). A alta higroscopicidade de uma mistura caracteriza incompatibilidade físico-química. São incompatíveis, quanto à higroscopicidade, ureia e nitrato de amônio, por exemplo (Figura 1). Vale ressaltar que a mistura de dois fertilizantes simples apresenta sempre maior higroscopicidade do que a de qualquer de seus componentes.

3.1.9 Poder acidificante e alcalinizante dos fertilizantes

Certos fertilizantes podem afetar a reação dos solos. Como exemplos mais significativos têm-se os nitrogenados amoniacais que são acidificantes e o termofosfato magnésiano que é alcalinizante (Tabela 7).

Tabela 7 – Poder acidificante e alcalinizante de alguns fertilizantes

Fertilizante	Equivalente CaCO_3^1
Sulfato de amônio	1.100
Fosfato diamônico (DAP)	880
Fosfato monoamônico (MAP)	600
Nitrato de amônio	600
Nitrocálcio	280
Ureia	840
Cloreto de potássio	0
Sulfato de potássio	0
Superfosfato simples	0
Superfosfato triplo	0
Termofosfato magnésiano	- 8

Fonte: Tisdale *et al.* (1985), citados por Alcarde (2007).

A característica acidificante ou alcalinizante dos fertilizantes é de grande importância, devendo o pH do solo ser anualmente monitorado, visando sua manutenção em níveis adequados para o cafeeiro.

3.1.10 Índice salino

É um índice dos fertilizantes que informa sobre sua capacidade de aumentar a salinidade do solo, podendo causar graves prejuízos produtivos e em relação à qualidade da bebida (Tabela 8). Se a salinidade da solução do solo tornar-se muito elevada, tem-se o caminhamento da água

¹ Quanto maior o valor do equivalente CaCO_3 , maior a capacidade acidificante do fertilizante.

das células radiculares para o solo, com o consequente murchamento e, normalmente, a morte da planta, especialmente de mudas recém-plantadas. As plantas novas são as que mais sentem os efeitos da salinidade. Dentre os fertilizantes, o KCl é o que apresenta maior índice salino (Tabela 8). Sua utilização em cova ou sulco de plantio deve ser muito bem avaliada e calculada, uma vez que a grande maioria dos autores não recomenda sua aplicação no plantio de perenes, como o café.

Tabela 8 – Índice salino de alguns fertilizantes, determinado em relação ao nitrato de sódio, tomado como padrão com índice 100

Fertilizante	Índice salino
Nitrato de sódio	100
Nitrato de amônio	105
Sulfato de amônio	69
Fosfato diamônico (DAP)	34
Fosfato monoamônico (MAP)	30
Nitrocálcio	61
Ureia	75
Cloreto de potássio	116
Sulfato de potássio	46
Superfosfato simples	8
Superfosfato triplo	10

Fonte: Alcarde; Guidolin; Lopes (1998).

3.2 FERTILIZANTES APLICADOS VIA FOLIAR

O mercado de fertilizantes está completamente abarrotado de formulações para aplicação via foliar, sendo suas especificações distintas entre as empresas. Segundo a legislação brasileira, uma coisa é certa, os fertilizantes minerais, quando destinados à aplicação foliar, deverão apresentar os seus nutrientes na forma totalmente solúvel em água.

3.2.1 Fertilizantes contendo macronutrientes

A aplicação via foliar de fertilizantes contendo macronutrientes tem sido enaltecida, supondo elevada resposta das culturas, inclusive do café, a esse tipo de adubação. Esse fato pode ser consequência de dois fatores erroneamente interpretados, segundo Rena e Fávares (2000). Na aplicação em alto volume, onde se aplicam vários litros por planta, alguns mililitros ficam retidos nas folhas, mas a maior parte cai no solo, sendo o fertilizante absorvido pelas raízes, o que caracteriza uma adubação fluída via solo e não uma adubação via foliar. Apesar da rápida e elevada absorção de macronutrientes via foliar, ainda assim a quantidade desses elementos seria muito pequena em relação às necessidades das culturas.

Para o cafeeiro, pode-se exemplificar claramente a incapacidade da adubação foliar suprir uma planta adulta com macronutrientes. Considerando que um cafeeiro de cinco anos tem, em média, 4.000 g de matéria seca foliar (Corrêa *et al.*, 1984) e que são necessários 200 ml de calda para uma adequada pulverização desse volume foliar (Rena; Fávares, 2000) e, ainda, admitindo-se 60 % de eficiência na adubação foliar, tem-se:

Para nitrogênio: Ureia 2 %

• 200 ml/planta de calda e Eficiência = 60 %.

- 4 g/planta de uréia ($\times 0,45$) = 1,8 g/planta de N.
- 1,8 g N $\times 0,6$ = 1,08 g/planta de N.
- **Cafeeiro de 5 anos = 4000 g de MS de folhas.**
- $(1,08/4000) \times 100 = 0,027$ dag/kg de N nas folhas.
- **Teor foliar adequado = 3,0 dag/kg de N.**
- **Folha com 2,0 dag/kg de N.**
- $1,0/0,027 = 37$ aplicações para fornecer N a uma planta com deficiência moderada.

Portanto, considerando um teor foliar de 2 dag/kg de N, seriam necessárias 37 pulverizações com ureia para atingir um teor foliar de 3 dag/kg de N.

Para magnésio: Sulfato de magnésio 2 %.

• 200 ml/planta de calda e Eficiência = 60 %.

- 4 g/planta de sulfato de magnésio ($\times 0,10$) = 0,4 g/planta de Mg.

- $0,4 \text{ g Mg} \times 0,6 = 0,24 \text{ g/Planta de Mg.}$
- **Cafeeiro de 5 anos = 4000 g de MS de folhas.**
- $(0,24/4000) \times 100 = 0,006 \text{ dag/kg de Mg na folha.}$
- **Teor foliar adequado = 0,35 dag/kg.**
- **Folha com 0,25 dag/kg de Mg.**
- $0,10/0,006 = 17 \text{ aplicações.}$

Considerando um teor foliar de 0,25 dag/kg de Mg, seriam necessárias 17 pulverizações com sulfato de magnésio para atingir um teor foliar de 0,35 dag/kg de Mg.

Para fósforo: Fosfato monoamônico (MAP) – 2 %.

- **200 ml/planta de calda e Eficiência = 60 %.**
- $4 \text{ g/planta de MAP} (\times 0,45) = 1,8 \text{ g/planta de P}_2\text{O}_5.$
- $1,8 \text{ g N} \times 0,6 = 1,08 \text{ g/planta de P}_2\text{O}_5.$
- **Cafeeiro de 5 anos = 4000 g de MS de folhas.**
- $(1,08/4000) \times 100 = 0,027 \% \text{ de P}_2\text{O}_5 \text{ nas folhas.}$
- $0,027 \% \text{ de P}_2\text{O}_5 \times 0,4364 = 0,01 \% \text{ de P nas folhas.}$
- **Teor foliar adequado = 0,18 dag/kg de P.**
- **Folha com 0,10 dag/kg de P.**
- $0,08/0,01 = 8 \text{ aplicações.}$

Considerando um teor foliar de 0,10 dag/kg de P, seriam necessárias 8 pulverizações com MAP para atingir um teor foliar de 0,18 dag/kg de P. Se as concentrações na solução final forem maiores que 2 %, podem queimar as folhas das plantas. Assim, demonstra-se impraticável o fornecimento de macronutrientes por meio de aplicação foliar de fertilizantes.

3.2.2 Fertilizantes contendo micronutrientes

As fontes de micronutrientes mais utilizadas para aplicação via foliar são os sais metálicos como sulfatos, cloretos e nitratos (sulfato de zinco, cloreto de zinco, nitrato de zinco etc.), que

são solúveis em água, e os quelatos sintéticos formados pela combinação de um agente quelatizante (EDTA, DTPA, etc.) com um metal (Zn, Cu, etc.), por meio de ligações coordenadas. Geralmente são muito solúveis em água, mas, diferentemente dos sais simples, dissociam-se pouco em solução (Lopes, 1999), sendo absorvidos pela folha na forma quelatada. A eficiência da aplicação via foliar de fertilizantes contendo micronutrientes é muito maior do que a aplicação de fertilizantes contendo macronutrientes. Isso ocorre devido ao fato de os micronutrientes serem requeridos em pequenas quantidades pelas culturas.

Para o cafeeiro, tem-se:

Para zinco: Sulfato de zinco 0,3 %.

• **200 ml/planta de calda – Eficiência = 60 %.**

- $0,6 \text{ g/planta de ZnSO}_4 \times 0,20 = 0,12 \text{ g/planta de Zn.}$
- $0,12 \text{ g ZnSO}_4 \times 0,6 = 0,072 \text{ g/planta de Zn.}$
- **Cafeeiro de 5 anos = 4000 g de MS de folhas.**
- $(0,072/4000) \times 100 = 0,0018 \text{ dag/kg de Zn nas folhas.}$
- **Teor foliar adequado = 15 mg/kg de Zn = 0,0015 dag/kg de Zn**
- $0,0015/0,0018 = 0,83 \text{ aplicações.}$

Considerando que as folhas do cafeeiro estivessem completamente desprovidas de Zn, apenas uma pulverização de Sulfato de zinco 0,3 % seria necessária para ultrapassar a concentração foliar adequada do nutriente. Desse cálculo pode-se inferir que, concentrações elevadas de micronutrientes na solução final são completamente desnecessárias. Além disso, apenas uma aplicação de sulfato de zinco seria suficiente para suprir a planta de café com todo o Zn que ela necessita. Entretanto, a taxa de redistribuição pelo floema da maioria dos micronutrientes é limitada. Isso significa que, os micronutrientes absorvidos por uma folha pulverizada não iriam “migrar” para uma nova brotação. Por isso, devem-se realizar, no mínimo, quatro pulverizações anuais em culturas perenes, visando o suprimento adequado para cada brotação lançada.

3.2.3 Sais x Quelatos

A diferença básica entre sais e quelatos consiste no fato de que, o agente quelatizante (EDTA, DTPA etc.) liga-se ao metal (Zn, Cu etc.) por meio de ligações coordenadas, reduzindo sua dissociação em solução. Essa é a principal vantagem dos quelatos, pois permite que os micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) permaneçam em solução sob condições que levariam à sua precipitação,

como em soluções com pH mais elevado. Além dessa característica, parece haver maior retranslocação de micronutrientes via floema, quando estes estão quelatizados. Assim, o número de aplicações foliares poderia ser menor, uma vez que os micronutrientes iriam “migrar” de uma folha pulverizada para outra que estivesse em crescimento.

3.2.4 Coquetéis

A utilização de coquetéis é, a princípio, uma boa saída, visto que em apenas uma aplicação vários nutrientes são supridos às plantas. Para isso, é necessário que todas as fontes de nutrientes, contidas nos coquetéis, sejam compatíveis, o que ocorre nos coquetéis encontrados no mercado, uma vez que a legislação assim o exige. O maior problema na utilização de coquetéis é a aplicação de nutrientes que não estejam em deficiência ou que, na maioria das vezes, nem seriam requeridos, sendo supridos diretamente pelo solo, sem necessidade de suplementação. Numa agricultura competitiva, a premissa maior é fornecer os nutrientes estritamente necessários, de forma a manter o balanço interno de nutrientes sempre em um nível ótimo. Nesse caso, o desbalanço de nutrientes, causado pela aplicação de coquetéis, pode ser prejudicial às lavouras de café. Além disso, coquetéis que apresentem em sua formulação macro e micronutrientes, não estariam fornecendo os primeiros de forma adequada, como já demonstrado. Nesse caso, haveria, apenas, acréscimos no preço do produto.

Deve-se fazer a ressalva para soluções contendo KCl, onde sua única função é aumentar a absorção de Zn, e não fornecer K para as plantas.

3.3 FERTILIZANTES APLICADOS VIA FERTIRRIGAÇÃO

Na escolha dos fertilizantes a serem aplicados via água de irrigação, as seguintes características devem ser consideradas.

3.3.1 Solubilidade em água e pureza

Os fertilizantes solúveis em água são os adequados para esse tipo de fertilização, sendo que os principais fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos, destinados a esse tipo de aplicação, podem ser encontrados nas Tabelas 1, 2 e 3 desse capítulo. Há também, disponíveis no mercado, fertilizantes já na forma líquida (soluções e suspensões) (Tabela 9). Para a aplicação de micronutrientes, via fertirrigação, as fontes mais utilizadas são os sais metálicos solúveis e os quelatos.

Tabela 9 – Principais fertilizantes líquidos encontrados no mercado

Tipo de formulação	Concentração de N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ²
Soluções nitrogenadas	32-0-0 (uran) e 20-0-0 + 4% de S (sulfuran)
Fosfatos de amônio	6-30-0 e 10-30-0
Soluções claras	
NK	8-0-12; 16-0-7; 18-0-9
NPK	2-10-10; 6-3-12; 9-3-9
Suspensões	
NK	15-0-15 e 14-0-21
NPK	3-15-15; 16-4-16; 12-3-8 e 12-6-12

3.3.2 Compatibilidade

Como já visto, a compatibilidade entre fertilizantes é de suma importância quando da sua mistura. Em se tratando de fertirrigação, essa característica é ainda mais importante, pois as reações ocorrem na presença de água. Em relação à incompatibilidade na fertirrigação, algumas observações devem ser feitas, segundo Vieira e Ramos (1999):

- a) Fertilizantes que contêm cálcio são incompatíveis com fertilizantes que contêm sulfato ou fosfato;
- b) As soluções fertilizantes geralmente são aplicadas em baixas concentrações. Portanto, se elas forem injetadas em locais distintos da linha de irrigação, muitos problemas de incompatibilidade desaparecem.

² Outras formulações podem ser encontradas no mercado, inclusive acrescidas de micronutrientes. As principais fontes de N para o preparo das formulações líquidas são a uréia, o nitrato de amônio, o MAP e o sulfato de amônio. Quanto às matérias primas que contêm fósforo, as mais utilizadas são o ácido fosfórico e o MAP. Já para o K, o mais utilizado é o KCl.

3.3.3 pH da água de irrigação

Muitos fertilizantes, ao serem adicionados à água de irrigação, modificam-lhe o pH. Assim, há possibilidade de precipitação de elementos como cálcio e micronutrientes, caso o pH da água seja elevado. Se o pH da água de irrigação for mantido entre 5,5 e 6,0, evitam-se obstruções nos gotejadores.

3.3.4 Corrosão

Os riscos de corrosão aumentam com a fertirrigação. Os materiais plásticos são mais resistentes que os metais. O aço inoxidável é o metal mais resistente. A lavagem do sistema de irrigação com água pura, por cerca de 30 minutos, minimiza os riscos de corrosão. De qualquer forma, alguns fertilizantes são mais corrosivos do que outros (Tabela 10).

Tabela 10 – Alguns fertilizantes e sua capacidade de corrosão

Fertilizante	Índice de corrosão
Nitrato de amônio	3
Nitrato de cálcio	2
Nitrato de sódio	2
Sulfato de amônio	4
Ureia	1
DAP	4

Fonte: Vieira e Ramos (1999).

3.3.5 Acidificação e salinidade

Os cuidados e os fertilizantes geradores de acidificação e salinidade dos solos são os mesmos já comentados neste capítulo. Entretanto, maior relevância deve ser dada no caso da fertirrigação, pois, como a fertirrigação é mais praticada em regiões de déficit hídrico, uma possível lavagem dos excessos de sais, via água da chuva, provavelmente não irá ocorrer, o que agrava ainda mais a situação. Além disso, há uma tendência natural de se aplicarem maiores doses de fertilizantes na fertirrigação, quando deveria ser justamente o contrário, dado o maior aproveitamento de nutrientes nesse caso. O excesso de sais e a acidificação do solo certamente irão comprometer a qualidade final da bebida, além de reduzir a produtividade.

REFERÊNCIAS

- ABRANCHES, J. L.; SORATTO, R.P; PERDONÁ, M.J; PARECIDO, R.J. Arabica coffee response to rates of coated and conventional urea in sandy soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 54, n. 1, p. 1-7, 2019. (<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00767>).
- ALCARDE, J.C. Fertilizantes. In: **Fertilidade do solo**. NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V., V.H.; BARROS, N.F.de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Viçosa: SBCS, p. 1017, 2007.
- ALCARDE, J.C.; GUIDOLIN, J.A.; LOPES, A.S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. São Paulo: ANDA, 1998. (Boletim Técnico, 3). Disponível em: http://anda.org.br/wp-content/uploads/2018/10/boletim_03.pdf. Acesso em: 2 dez. 2022.
- ALVAREZ, V., V.H., FONSECA, D.M. Definição de doses de fósforo para determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfatos e para ensaios em casa-de-vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.14, p.49-55, 1990.
- AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; COSTA, L.M.; OLIVEIRA, C.; VELLOSO, A.C.X. Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.16, p.271-276, 1992.
- AMORIM, H. V.; LEGENDRE, M. G.; AMORIM, V. L.; ANGELO, A. J. S.; ORY, R. L. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage. Total carbonyls, activity of polyphenol oxidase, and hydroperoxides. **AGRIS**. San José, v. 26, n. 2, p. 193-195, 1976.
- AMORIM, H. V.; SILVA, O. M. Relationship between the polyphenoloxidase activity of coffee beans and the quality of the beverage. **Nature**, New York, n. 219, p. 381-382, 1968.
- AMORIM, H.V.; SCOTON, L.C.; CASTILHO, A.; GOMES, F.P.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. XVII. Efeito da adubação NPK na composição química do solo, do fruto e na qualidade da bebida. In: 1965, Piracicaba. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**: ESALQ, v.22, p.139-152, 1965.
- AMORIM, H.V.; TEIXEIRA, A.A.; MORAES, R.S.; REIS, A.J.; GOMES, F.P.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre alimentação mineral do cafeeiro. XXVII. Efeito da adubação N, P e K no teor de macro e micronutrientes do fruto e na qualidade da bebida do café. In: 1973, Piracicaba. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**: ESALQ, v.30, p.323-333, 1973.
- BARBOSA, M.S.G; SCHOLZ, M.B.S; KITZBERGER, C.S.G; BENASSI, M.T. Correlation between the composition of green Arabica coffee beans and the sensory quality of coffee brews. **Food Chemistry**, Norwich, United Kingdom, v. 292, p. 275-280, 2019. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.072>).

BARROS, N.F., NOVAIS, R.F., NEVES, J.C.L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N.F., NOVAIS, R.F. (Eds.) **Relação solo – eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990.

BERTRAND, B., VAAST, P., ALPIZAR, E., ETIENNE, H., DAVRIEUX, F., & CHARMETANT, P. Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. **Tree physiology**, Oxford, v. 26, n.9, p. 1239-1248, 2006.

BOTE, A.D; VOS, J. Tree management and environmental conditions affect coffee (*Coffea arabica* L.) bean quality. **Journal of Life Sciences**, Wageningen: v. 83, n. 1, p. 39-46, 1 dez. 2017. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.njas.2017.09.002>).

BRAGANÇA, S.M.; SILVA, E.B.; GUARÇONI, A.; SANTOS, L.P.; LANI, J.A.; VOLPI, P.S. Resposta do cafeeiro conilon à adubação de NPK em sistema de plantio adensado. **Coffee Science**, Lavras, v.4, n.1, p. 67-75, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/263923770_Resposta_do_cafeeiro_conilon_a_adubacao_com_NPK_em_sistema_de_plantio_adensado. Acesso em: 2 dez. 2022.

BRASIL- Ministério da agricultura, Pecuária e Abastecimento: Instrução Normativa n. 5, de 23 de fevereiro de 2007. Aprova as Definições e Normas Sobre as Especificações e as Garantias, as Tolerâncias, o Registro, a Embalagem e a Rotulagem dos Fertilizantes Minerais, Destinados à Agricultura. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 1 mar. 2007.

BRIAT, J.; GOJON, A.; PLASSARD, C.; ROUACHED, H.; LEMAIRE, G. Reappraisal of the central role of soil nutrient availability in nutrient management in light of recent advances in plant nutrition at crop and molecular levels. **European Journal Of Agronomy**, Finland, v. 116, p. 126069, 2020. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2020.126069>).

CANNELL, M. G. R.; HUXLEY, P. A. Seasonal differences in the pattern of assimilate movement in branches of *Coffea arabica* L. **Annals of Applied Biology**, v. 64, p. 345-357, 1969.

CANNELL, MGR. Physiology of the Coffee Crop. In: CLIFFORD, M.N., WILLSON, K.C. (eds) **Coffee**. Boston: 1985. (https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6657-1_5).

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; CONTIN, T.L.M.; DIAS, F.L.F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R.B.; JOSÉ ANTONIO QUAGGIO Ammonia volatilization from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, p. 397-401, 2008.

CFSEMG. RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V., V.H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação**, Viçosa-MG: CFSEMG, 1999.

CLEMENTE, J.M; MARTINEZ, H.E.P; ALVES, L.C; FINGER, F.L; CECOM, P.R. Effects of nitrogen and potassium on the chemical composition of coffee beans and on beverage quality. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 37, n. 3, p. 297, 2015. (<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v37i3.19063>).

CLEMENTE, J.M; MARTINEZ, H.E.P; PEDROSA, A.W; NEVES, Y.P; CECOM, P.R; JIFON, J.L. Boron, Copper, and Zinc Affect the Productivity, Cup Quality, and Chemical Compounds in Coffee Beans. **Journal Of Food Quality**, United Kingdom, v. 2018, p. 1-14, 2018. (<http://dx.doi.org/10.1155/2018/7960231>).

CLIFFORD, M. N. Chemical and Physical Aspects of Green Coffee and Coffee Products. **Coffee**, Boston: p. 305-374, 1985. (http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4615-6657-1_13).

CORREIA, J.B.; GARCIA, A.W.R.; COSTA, P.C. Extração de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11, 1984, Londrina. **Resumos...** Rio de Janeiro: MIC/IBC, p. 174-176, 1984.

CORTEZ, J. G. **Efeito de espécies e cultivares e do processamento agrícola e industrial nas características da bebida do café**. 2001. 71 fls. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

DAMATTA, F.M.; RAMALHO, J.D.C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian journal of plant physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 18, p. 55-81, 2006.

DECAZY, F.; AVELINO, J.; GUYOT, B.; PERRIOT, J.J.; PINEDA, C.; CILAS, C. Quality of Different Honduran Coffees in Relation to Several Environments. **Journal Of Food Science**, Chicago, v. 68, n. 7, p. 2356-2361, 2003. (<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05772.x>).

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: SBCS, p. 91-132, 2007.

DENTAN, E. Étude microscopique du développement et de la maturation du grain de café. In: COLLOQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL SUR LE CAFÉ, 11, 1985, Lomé. **Resumos...** Paris: ASIC, p. 381-398, 1985.

ERNANI, P.R. Nutrição e produtividade de espécies vegetais em sistemas de plantio direto e convencional. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE: MILHO & FEIJÃO, 2., 1999, Lages. **Resumos...** Lages: UDESC/EPAGRI, v.1, p.19-30, 1999.

ESPINELLI JUNIOR, J.B.S; SILVA, G.V.B.M.D da; BASTOS, R.B; FURLONG, E.B.; CARAPELLI, R. Evaluation of the influence of cultivation on the total magnesium concentration and infusion

extractability in commercial arabica coffee. **Food Chemistry**, Norwich, United Kingdom, v. 327, p. 127012, 2020. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127012>).

FAGAN, EB, SOUZA, CHE de, PEREIRA, NMB e MACHADO, VJ, 2011. Efeito do tempo de formação do grão de café (*Coffea* spp) na qualidade da bebida. **Bioscience Journal**, Uberlândia, vol. 27, n. 5, p. 729-738. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7172>. Acesso em: 2 dez. 2022.

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 e Agrotecnologia**, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 1191-1198, 2010. (<http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542010000500016>).

FERNANDES, A.L.T.; CARVALHO, A.C.S.; BRITO, D.M.; BECKER, G.; SAI, E.N.; GRAGA JÚNIOR, E.F. Comparação da utilização de nitrato de amônio e ureia polimerizada na produtividade e maturação do cafeeiro irrigado. In: VI SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6, 2009, Vitória. **Anais...** Vitória, 2009. (<http://www.consorciopesquisacafe.com.br/index.php/consorcio/separador2/simposio-de-pesquisa-dos-cafes-do-brasil/547-anais-do-vi-simposio-de-pesquisa-dos-cafes-do-brasil>).

FIGUEIREDO, L P; BORÉM, F M; CIRILLO, M Â; RIBEIRO, F C; GIOMO, G; SALVA, Tde J G. The Potential for High Quality Bourbon Coffees From Different Environments. **Journal Of Agricultural Science**, Canadian, v. 5, n. 10, p. 87-98, 2013. (<http://dx.doi.org/10.5539/jas.v5n10p87>).

FRANCA, A S.; MENDONÇA, J C.F.; OLIVEIRA, S D. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. *Lwt - Food Science And Technology*, Campinas, v. 38, n. 7, p. 709-715, 2005a. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2004.08.014>).

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**, Norwich, United Kingdom, v. 90, n. 1-2, p. 89-94, 2005b. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.028>).

GUARÇONI, A. Produção do milho safrinha de acordo com doses e formas de aplicação de fertilizantes fosfatados. **Rev. Terra & Cult.**, Londrina, v. 38, n. 75, 2022. Disponível em: <http://periodicos.unifil.br/index.php/Revistatestes/article/view/2477/2501>. Acesso em: 25 nov. 2022.

GUARÇONI, A. **Reflexões sobre nutrição e adubação do cafeeiro**. Curitiba-PR: EDITORA PRISMAS, 2016.

GUARÇONI, A., ALIXANDRE, F.T.; SOUZA, D.G.; ZANÚNCIO, C.S.D. Índices de aproveitamento de N e retorno econômico do café arábica de montanha de acordo com a aplicação de doses de N em diferentes arranjos populacionais de plantio. In: SIMPÓSIO ÍBERO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2021a, Seropédica. **Anais...** Seropédica-RJ: UFRRJ, 2021a.

GUARÇONI, A., ALIXANDRE, F.T.; SOUZA, D.G.; ZANÚNCIO, C.S.D. Produtividade do café arábica de montanha e características químicas do solo decorrentes da aplicação de doses de N em diferentes arranjos populacionais de plantio. In: SIMPÓSIO ÍBERO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2021b, Seropédica. **Anais...** Seropédica-RJ: UFRRJ, 2021b.

GUARÇONI, A.; ALVAREZ, V., V.H.; NOVAIS, R.F.; GALVÃO, J.C.C.; SILVA, A.P. Efeito da localização de adubos fosfatados sobre o crescimento de plantas de milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v.52, n.304, p.939-961, 2005.

HALL, R.D.; TREVISAN, F; VOS, R. C.H. de. Coffee berry and green bean chemistry – Opportunities for improving cup quality and crop circularity. **Food Research International**, São Paulo, v. 151, p. 110825, 2022. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110825>).

KOSHIRO, Y., JACKSON, M. C., NAGAI, C., & ASHIHARA, H. (2015). Changes in the content of sugars and organic acids during ripening of *Coffea arabica* and *Coffea canephora* fruits. **European Chemical Bulletin**, Hungria, v.4, n.8, p.378-383, 2015.

KOSKEI, K.R; PATRICK, M.; SIMON, M. Effects of coffee processing technologies on physico-chemical properties and sensory qualities of coffee. **African Journal of food Science**, Nigéria, v.9, n.4, p.230-236, 2015. (<https://academicjournals.org/journal/AJFS/article-abstract/62868E051608>).

LACERDA, J.S de. **Produção, composição química e qualidade da bebida de café arábica em razão da dose de cobre e zinco**. 2014. 109 fls. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.

LANGENBACH, T.; SERPA, M. Teor de cádmio nos fertilizantes fosfatados brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.9, p.179-181, 1985.

LAPIDO-LOUREIRO, F.E.; NASCIMENTO, M. **Importância e função dos fertilizantes numa agricultura sustentável**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2003. (Série Estudos e Documentos 53).

LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDÖRFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.489-496, 1997.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KONDRÖRFER, G.H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluída de cobertura na cultura do milho, em sistema de plantio direto no triângulo mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p.363- 376, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/C89dwKHZmpPq3Xd3P43KKjC/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 25 nov. 2022.

LARA-ESTRADA, L. e VAAAST, P. Effects of altitude, shade, yield and fertilization on coffee

quality (*Coffea arabica* L. var. Caturra) produced. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, n. 7, p. 2356-2361, 2007.

LEE, L.W; CHEONG, M.W; CURRAN, P.; YU, B.; LIU, S.Q. Coffee fermentation and flavor – An intricate and delicate relationship. **Food Chemistry**, Norwich, United Kingdom, v. 185, n. 1, p. 182-191, 2015. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.124>).

LEHNINGER, A.; NELSON, DL; COX, M.M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. Nova York: WH Freeman and Company, 2008.

LEITE, P.B.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; GUARÇONI, A. Níveis críticos de fósforo, para milho, em casa-de-vegetação, de acordo com a sua localização no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p.497-508, 2006.

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**, Campos dos Goytacazes,, v. 18, n. 1, p. 229-242, 2006. (<http://dx.doi.org/10.1590/s1677-04202006000100016>).

LI, Z; ZHANG, C; ZHANG, Y; ZENG, W; CESARINO, I. Coffee cell walls—composition, influence on cup quality and opportunities for coffee improvements. **Food Quality And Safety**, Oxford, v. 5, p. 1-21, 2021. (<http://dx.doi.org/10.1093/fqsafe/fyabo12>).

LOPES, A.S. **Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônômica**. São Paulo: ANDA, 1999. (Boletim Técnico, 8).

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

MALAVOLTA, E. **Nutrição, adubação e calagem para cafeeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1986.

MARCOS FILHO, J.; AMORIN, H. V.; SILVAROLLA, M. B.; PESCARIN, H. M. C. Relações entre germinação, vigor e permeabilidade das membranas celulares durante a maturação de sementes de soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasília. **Anais...** Londrina: Embrapa CNPSo, v. 1. p. 676-688, 1982.

MARQUES, M.O.; MELO, W.J.; MARQUES, T.A. Metais pesados e o uso de biossólidos na agricultura. In: TSUTIYA, M.T.; CAMPARINI, J.B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; MELO, W.J.; MARQUES, M.O. (Ed.). **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: Sabesp, p.365-404, 2001.

MAZZAFERA, P. Nutrição mineral e teor de cafeína em folhas de café. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p 387-391, 1999.

MELKE, A; FETENE, M. Eco-physiological basis of drought stress in coffee (*Coffea arabica*, L.) in Ethiopia. **Theoretical And Experimental Plant Physiology**, Campo dos Goytacazes, v. 26, n. 3-4, p. 225-239, 2014. (<http://dx.doi.org/10.1007/s40626-014-0022-2>).

MELOTTO, E. **Mobilização de carboidratos pelos botões florais de café (*Coffea arabica* L.) em expansão**. Viçosa: UFV, 1987. 47 fls. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, MG, 1987.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001.

MODEL, N.S., ANGHINONI, I. Resposta do milho a modos de aplicação de adubos e técnicas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.16, p.55-59, 1992.

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. (<http://dx.doi.org/10.1021/jf020831j>).

MURKOVIC, M; DERLER, K. Analysis of amino acids and carbohydrates in green coffee. **Journal Of Biochemical And Biophysical Methods**, Amsterdam, v. 69, n. 1-2, p. 25-32, 2006. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jbbm.2006.02.001>).

NASAR, J; KHAN, W; KHAN, M Z; GITARI, H I; GBOLAYORI, J F; MOUSSA, A A; MANDOZAI, A; RIZWAN, N; ANWARI, G; MAROOF, S M. Photosynthetic Activities and Photosynthetic Nitrogen Use Efficiency of Maize Crop Under Different Planting Patterns and Nitrogen Fertilization. **Journal Of Soil Science And Plant Nutrition**, Chile, v. 21, n. 3, p. 2274-2284, 2021. (<http://dx.doi.org/10.1007/s42729-021-00520-1>).

NAVELLIER, P. Coffe. In: SNELL, F. D. AND CLIFFOLRL, H. **Encyclopedia of Industrial Chemical Analysis**. New York: John Wiley e Sons, 1967.

NOVAES, F. J. M., OIGMAN, S. S., DE SOUZA, R. O. M. A., REZENDE, C. M., & DE AQUINO NETO, F. R. New approaches on the analyses of thermolabile coffee diterpenes by gas chromatography and its relationship with cup quality. **Talanta**, Bruxelas, v. 139, p. 159-166, 2015. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003991401401008X>).

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV; DPS, 1999.

NUGROHO, D; BASUNANDA, Pi; MW, S. Physical bean quality of arabica coffee (*Coffea arabica*) cultivated at high and medium altitude. **Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)**, Indonesian, v. 32, n. 3, p. 151-161, 2016.



- OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E. Metais pesados em Latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, p.581-593, 2001.
- PARECIDO, R.J.; SORATTO, R.P.; PERDONÁ, M.J.; GITARI, H.I.. Foliar-applied silicon may enhance fruit ripening and increase yield and nitrogen use efficiency of Arabica coffee. **European Journal Of Agronomy**, Finland, v. 140, p. 126602, 2022. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2022.126602>).
- PREZOTTI, L.C.; GUARÇONI, A. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória: Incaper, 2013.
- QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000.
- QUINET, M., ANGOSTO, T., YUSTE-LISBONA, F. J., BLANCHARD-GROS, R., BIGOT, S., MARTINEZ, J. P., & LUTTS, S. Tomato fruit development and metabolism. **Frontiers in plant science**, Suíça, v.10, p. 1-23, 2019. (<http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2019.01554>).
- RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba-SP: IPNI-Brasil, 2011.
- RAMALHO, J.F.G.P.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; VELLOSO, A.C.X. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.1289-1303, 2000.
- REETZ JÚNIOR, H.F. **Fertilizantes e seu uso eficiente**. Tradução: LOPES, A.S., São Paulo: ANDA, 2017. Disponível em: <https://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2022.
- RENA, A. B.; NACIF, A. P.; GUIMARÃES, P. T. G.; PEREIRA, A. A. Fisiologia do cafeeiro em plantios adensados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1., 1994, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, p. 71-85, 1994.
- RENA, A.B.; FÁVARO, J.R.A. Nutrição do cafeeiro via folha. In: ZAMBOLIM, L. (ed.) **Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade**. Viçosa: UFV, 2000.
- ROGERS, W.J; MICHAUX, S; BASTIN, M; BUCHELI, P. Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in developing grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*C. arabica*) coffees. **Plant Science**, [S.L.], v. 149, n. 2, p. 115-123, dez. 1999. ([http://dx.doi.org/10.1016/S0168-9452\(99\)00147-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-9452(99)00147-8)).
- SADEGHIAN, S. (2010). Fertilización: una práctica que determina la producción de los cafetales. **Avances Técnicos Cenicafe**, Colombia, v. 391, p. 1-8. (<http://hdl.handle.net/10778/377>).
- SALAMANCA, A.; GONZÁLEZ-OSORIO, H. Respuesta del café a la aplicación foliar de nutrien-

tes. **Revista Cenicafé**, v. 71, n. 2, p. 124-142, 2020. (<http://dx.doi.org/10.38141/10778/71210>).

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, p.687-692, 2003.

SAVVAS, D., AND G. NTATSI. 2015. Biostimulant activity of silicon in horticulture. **Scientia Horticulturae**, [S.L.], v.196, n.1, p. 66–81. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423815301746>)

SCHENKER, S.; ROTHGEB, T. The roast: creating the beans' signature. In: FOLMER, B. **The craft and science of coffee**. Amsterdam: Academic Press, 2017.

SENINDE, D.R; CHAMBERS, E. Coffee Flavor: a review. **Beverages**, Suíça, v. 6, n. 3, p. 44, 2020. (<http://dx.doi.org/10.3390/beverages6030044>).

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, v. 27, n. 2, p. 247-255, 2003. (<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832003000200005>).

SILVA, E. B; NOGUEIRA, F.D; GUIMARÃES, P.T.G; CHAGAS, S.J.R; COSTA, L. Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do grão de café beneficiado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 34, n. 3, p. 335-345, 1999. (<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x1999000300003>).

SILVEIRA, M.L.A.; ALLEONI, L.R.F.; GUILHERME, L.R.G. Biosolids and heavy metal in soils. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, p.793-806, 2003.

SOUZA, J.L.; PEREIRA, V.A.; GUIMARÃES, G.P.; ANGELETTI, M.P. Diagnóstico de resíduos orgânicos. In: SOUZA, J.L. (Org.). **Agricultura orgânica: tecnologias para a produção de alimentos saudáveis**. Vitória-ES: Incaper, 2015.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA (SCAA), 2015. Specialty Coffee Association of America (SCAA). Protocols – Cupping Specialty Coffee. 2015. Disponível em: <http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2022.

STANEK, N; ZARĘBSKA, M; BIŁOS, Ł; BARABOSZ, K; NOWAKOWSKA-BOGDAN, E; SEMENIUK; BŁASZKIEWICZ, J; KULEZA, R; MATEJUK, R; SZKUTNIK, K. Influence of coffee brewing methods on the chromatographic and spectroscopic profiles, antioxidant and sensory properties. **Scientific Reports**, Londres, v. 11, n. 1, p. 1-13, 2021. (<http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-01001-2>).

SUNARHARUM, W. B.; WILLIAMS, D. J.; SMYTH, H. E. Complexity of coffee flavor: a compo-

sitional and sensory perspective. *Food Research International*, São Paulo, v. 62, p. 315-325, 2014. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.030>).

TAÍZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**; Tradução: SANTAREM *et al.* 3 ed. Porto Alegre: Artemed, 2004.

VAAST, P.; ANGRAND, J.; FRANCK, N.; DAUZAT, J.; GENARD, M. Fruit load and branch ring-barking affect carbon allocation and photosynthesis of leaf and fruit of *Coffea arabica* in the field. **Tree Physiology**, Oxford, v. 25, n. 6, p. 753-760, 2005. (<http://dx.doi.org/10.1093/treephys/25.6.753>).

VIEIRA, L.G.E; ANDRADE, A.C; COLOMBO, C.A; MORAES, A.H.A; METHA, A; OLIVEIRA, A.C de; LABATE, C.A; MARINO, C.L; MONTEIRO-VITORELLO, C.B; MONTE, D.C. Brazilian coffee genome project: an est-based genomic resource. **Brazilian Journal Of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 18, n. 1, p. 95-108, 2006. (<http://dx.doi.org/10.1590/s1677-04202006000100008>).

VIEIRA, R.F.; RAMOS, M.M. Fertirrigação. In: **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação**. RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Eds.), Viçosa-MG:CFSEMG, 1999.

VINECKY, F.; DAVRIEUX, F.; MERA, A. C.; ALVES, G. S. C.; LAVAGNINI, G.; LEROY, T.; BONNOT, F.; ROCHA, O. C.; BARTHOLO, G. F.; GUERRA, A. F. Controlled irrigation and nitrogen, phosphorous and potassium fertilization affect the biochemical composition and quality of Arabica coffee beans. *The Journal Of Agricultural Science*, Cambridge, v. 155, n. 6, p. 902-918, 2016. (<http://dx.doi.org/10.1017/s0021859616000988>).

VOLKWEISS, S.J. Fontes e métodos de aplicação. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (eds.). **Micro nutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991.

WORKU, M; MEULENAER, B de; DUCHATEAU, L; BOECKX, P. Effect of altitude on biochemical composition and quality of green arabica coffee beans can be affected by shade and postharvest processing method. **Food Research International**, São Paulo, v. 105, p. 278-285, 2018. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.016>).

YANG, Q; LI, F; ZHANG, F; LIU, X. Interactive effects of irrigation frequency and nitrogen addition on growth and water use of *Jatropha curcas*. **Biomass And Bioenergy**, [S.L.], v. 59, p. 234-242, 2013. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.08.023>)

YANG, Q; ZHANG, F; LI, F. Effect of different drip irrigation methods and fertilization on growth, physiology and water use of young apple tree. **Scientia Horticulturae**, [S.L.], v. 129, n. 1, p. 119-126, 2011. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2011.03.019>).

CAPÍTULO 4

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE GENÓTIPOS DE CAFÉ DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DO INCAPER

Maria Amélia Gava Ferrão

Aymbiré Francisco Almeida da Fonseca

Elaine Manelli Riva Souza

Romário Gava Ferrão

Lucas Louzada Pereira

Patrícia Fontes Pinheiro

Rodrigo Scherer

Paulo Sergio Volpi

Abraão Carlos Verdin Filho

Marcone Comério

Lucimara Cruz de Souza

Tássio da Silva de Souza

Fabiano Tristão Alixandre

José Altino Machado Filho

João Felipe de Brites Senra



CAPÍTULO 4

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE GENÓTIPOS DE CAFÉ DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DO INCAPER

1 INTRODUÇÃO

O café é cultivado em todo o estado do Espírito Santo, e se constitui no principal sustentáculo econômico e social para a grande maioria dos municípios (Ferrão *et al.*, 2019a). A cafeicultura capixaba vem passando por grandes inovações nas últimas décadas, mediante o desenvolvimento e transferência de significativo aparato tecnológico que tem proporcionado aumentos significativos da produtividade e melhoria da qualidade. No entanto, apesar da magnitude dos resultados alcançados no que diz respeito ao aumento da eficiência produtiva do café, é fundamental que esforços adicionais se façam no sentido de garantir que o café produzido possua as características qualitativas requeridas pelo mercado, especialmente daqueles que remuneram adequadamente o produto (Fonseca *et al.*, 2019a). O café é um dos poucos produtos agrícolas cujo valor comercial é vinculado à sua qualidade. Quanto melhores as suas propriedades, como aparência, densidade, tamanho e forma dos grãos, condição sanitária, tipo e bebida, maiores serão as possibilidades de obtenção de preços mais elevados (Borém *et al.*, 2008).

A qualidade do café está condicionada por um conjunto de fatores que podem interferir em sua classificação física e nas propriedades físico-químicas e sensoriais dos grãos. Dentre os fatores, destacam-se as características genéticas (Salva; Lima, 2007; Lambot *et al.*, 2008; Fonseca *et al.*, 2011; Machado Filho, 2020), as condições ambientais (zoneamento) e culturais, os métodos de colheita, processamento, secagem, armazenamento e beneficiamento (Silva *et al.*, 2019). Alguns atributos de qualidade de cafés estão relacionados a características físicas, como tamanho dos grãos (peneira) e número de defeitos (tipo) na amostra; as características sensoriais, como amargor, acidez e doçura; e as características tecnológicas e/ou físico-químicas, como teor de cafeína, sólidos solúveis, ácidos clorogênicos, entre outras (Ribeyre, 2007). Importante ressaltar que, para o alcance de cafés especiais, é primordial aliar o uso de cultivar adaptada com as boas práticas agrícolas. A cultivar escolhida precisa possuir bom desempenho produtivo, adaptação ao sistema de cultivo pretendido e características intrínsecas que proporcionem a obtenção de um produto de qualidade diferenciada (Fonseca *et al.*, 2019a).

Dentro deste contexto e considerando a importância da atividade café para o Espírito Santo, o INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural) mantém um programa de pesquisa e de desenvolvimento contemplando as espécies *C. arabica* e *C. canephora*. Este programa objetiva, desde seu início, oferecer subsídios fundamentais para o desenvolvimento da atividade em bases tecnológicas inovadoras, capazes de assegurar competitividade sustentável aos setores envolvidos. Para tanto, um conjunto de trabalhos vem sendo realizados ao longo dos anos direcionados à linha de pesquisa de qualidade. Vários projetos foram conduzidos de forma integrada e multidisciplinar por diferentes equipes e instituições que atuam em áreas complementares do conhecimento, cada uma delas contribuindo e responsabilizando-se por determinadas atividades que lhes são mais específicas. Esses trabalhos iniciaram-se em 2005, da parceria do Incaper e Embrapa Café com a Nestlé, sendo gradativamente ampliados e passando a envolver outras equipes e instituições, como o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), a Universidade Estadual de Londrina (UEL), o Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) e a Universidade de Vila Velha (UVV).

Esta revisão visa disponibilizar os principais resultados da caracterização físico-química e sensorial de genótipos superiores de café arábica e conilon do programa de pesquisa do Incaper, em parceria com a Embrapa Café, com comparações dos atributos estudados dentro e entre as duas espécies. Adicionalmente, com base no conjunto de dados, serão discutidas a similaridade entre os principais determinantes da qualidade de café arábica e conilon, fundamentais no estabelecimento de estratégias para o desenvolvimento e recomendação de cultivares com superior performance agrônômica e de qualidade para a cafeicultura capixaba

2 FUNDAMENTAÇÃO DA PESQUISA

O café, introduzido no Brasil em 1727, tem sido o produto alimentar de maior importância no comércio e igualmente uma das bebidas mais consumidas em todo o país (Fonseca *et al.*, 2019a). Esta popularidade ocorreu graças à riqueza de suas características organolépticas, tais como aroma e sabor, e, principalmente, ao efeito estimulante promovido pela cafeína (Butt e Sultan, 2011; Alves *et al.*, 2011). Os primeiros cafezais plantados no Brasil eram constituídos de uma única cultivar da espécie *Coffea arabica*, denominada Típica. Aos poucos, os cafezais foram expandindo com outros materiais genéticos introduzidos ao longo dos anos, o que permitiu a diversificação, ocorrida inicialmente de forma natural no campo, oriunda de raras mutações, que normalmente ocorrem com o decorrer do tempo, e de hibridações naturais entre os cafezais existentes (Mazzafera *et al.*, 1988; Krug *et al.*, 1939). Ao longo dos anos, diferentes instituições brasileiras iniciaram pesquisas com a cultura em diferentes áreas do conhecimento. Na área de melhoramento genético, foram desenvolvidas diferentes cultivares de café arábica e conilon, com características agrônômicas importantes para cada região produtora.

No Espírito Santo, a cafeicultura está presente em todo o estado, com produção significativa das duas espécies comercialmente importantes no mundo, *C. arabica* e *C. canephora*. Dentro deste contexto, o estado destaca-se como o maior produtor nacional de café conilon e o terceiro de café arábica. O café é um produto agrícola cujo valor comercial dos grãos está diretamente vinculado à sua qualidade (Afonso Júnior; Corrêa, 2003; Machado *et al.*, 2020). Dessa forma, nos últimos anos, houve um maior incentivo às pesquisas voltadas para a melhoria da qualidade do produto final, visando atender às exigências do mercado consumidor por cafés superiores e para garantir a competitividade do setor cafeeiro (Fonseca *et al.*, 2019a).

A definição de qualidade do café é complexa, por ser influenciada pela interação de diferentes fatores intrínsecos e extrínsecos ao produto. Em termos gerais, o café é considerado um produto terroir, ou seja, suas características são correlacionadas a aspectos ambientais (naturais e/ou humanos) e pela base genética (Herrera; Lambot, 2017). As condições edafoclimáticas, os métodos de cultivo e técnicas de colheita, pós-colheita associados aos aspectos genéticos, características físico-químicas e sensoriais resultam em um produto final de grande complexidade e diversidade (Alves *et al.*, 2011).

O termo qualidade é influenciado por critérios do mercado consumidor, e a definição precisa atender às prioridades dos diferentes segmentos da cadeia de comercialização. Assim, a definição de um produto de qualidade deve levar em consideração os diferentes fatores que podem influenciar a qualidade final, não existindo padrões absolutos (Ribeyre, 2007). No processo produtivo, além da utilização de cultivares com características superiores, mudas sadias, nutrição e manejo adequados, as operações de colheita e pós-colheita são primordiais para a manutenção da qualidade final do produto (Silva *et al.*, 2019). Neste contexto, atenção especial deve ser dada ao estágio de maturação dos frutos no momento da colheita, visto que cafés de qualidade superior geralmente são obtidos a partir da colheita de frutos maduros (estádio cereja), pois apresentam composição físico-química adequada para uma boa bebida (Fonseca *et al.*, 2019b).

Para tanto, é recomendado iniciar a colheita quando pelo menos 80% dos frutos estiverem em estágio cereja. No caso do café arábica, que apresenta maior desuniformidade de maturação, recomenda-se, sempre que possível, a colheita seletiva, com dois ou mais repasses. Ademais, as etapas de processamento e secagem devem iniciar, de preferência, no mesmo dia da colheita. O café pode ser processado por via seca (café natural) ou por via úmida (cafés descascados, desmucilados ou despulpados), sendo o primeiro predominante no Brasil (Silva *et al.*, 2019). A secagem deve ser monitorada até o café atingir 11 a 11,5% de umidade para garantir estabilidade e preservação dos atributos de qualidade no armazenamento (Alixandre, 2022). Estudos indicam que os cafés naturais possuem potencial para produzir bebidas de excelente qualidade, encorpadas e doces (Galote *et al.*, 2013; Lima Filho *et al.*, 2013; Alixandre *et al.*, 2019). Ainda assim, alguns autores sinalizam que o processamento via úmida pode, a longo prazo, ser mais econômico, garantir maior rendimento final e diferentes padrões e nuances de aromas e sabores (Malta *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2019).

A qualidade sensorial da bebida pode estar relacionada com a constituição físico-química inerente aos grãos (Pereira, Malta, 2004). Dentre os compostos químicos, destacam-se os açúcares, compostos fenólicos, cafeína, compostos voláteis, trigonelina, proteínas, lipídeos que juntos conferem características peculiares de sabor e aroma à bebida do café. A composição físico-química dos grãos, além de ser influenciada pelos fatores citados, é também determinada pelos aspectos genéticos (Herrera e Lambot, 2017). Com relação a constituição físico-química dos grãos de *Coffea* sp, vários resultados e discussões vêm sendo apresentados por vários autores. Martinez *et al.* (2014, 2019) sintetiza na Tabela 1 algumas comparações que destaca a bebida do café Conilon com maiores teores de cafeína e de ácidos clorogênicos do que o café arábica, além de possuir, segundo os mesmos autores, acidez mais equilibrada e corpo mais marcante.

Tabela 1 – Teores de alguns constituintes químicos em grãos de cafés crus (verde) (% em base seca)

Constituintes	Café conilon	Café Arábica	Outras Espécies de <i>Coffea</i>
Cafeína	1,6-2,2	0,9-1,2	0,46-2,0
Trigonelina	0,7-1,0	1,0-1,2	1,33-2,5
Ácidos Clorogênicos	7,0-10,0	5,5-8,0	4,09-4,86
Sacarose	3,0-7,0	6,0-8,0	-
Açúcares redutores	0,4-1,0	0,1-1,0	-
Proteínas	11,0-13,0	11,0-13,0	-
Lipídeos	9,0-13,0	14,0-16,0	11,32-16,75
Polissacarídeos	37,0-47,0	44,0-55,0	-

Fonte: Clarke (2003), Monteiro; Trugo (2005), adaptado por Martinez *et al.* (2014, 2019).

Por outro lado, estudos comparativos do conteúdo químico do grão verde e do grão torrado entre *C. arabica* e *C. canephora*, realizados por Farah (2012), mostram diferenças importantes entre as duas espécies (Tabela 2). *C. arabica* é reconhecida por conter mais lipídios e pequena quantidade de cafeína, entre 1,2 e 1,3%. Enquanto *C. canephora* destaca com maiores quantidades de cafeína e sólidos solúveis e isômeros menores de ácidos clorogênicos. Após a torrefação, observou não alteração nos teores de cafeína e lipídios e diminuição do número de polissacarídeos, proteínas e ácidos clorogênicos.

Tabela 2 – Comparação da composição química do grão verde e do grão torrado de cafés arábica (*C. arabica*) e conilon (*C. canephora*)

Componentes	<i>Coffea arabica</i> (gr/100 gr)		<i>Coffea canephora</i> (gr/100 gr)	
	Grão Verde	Grão Torrado	Grão Verde	Grão Torrado
Sucrose	6,0 – 9,0	Traços- 4,2	0,9 – 4,0	Traços – 1,6
Açúcares redutores	0,1	0,3	0,4	0,3
Cafeína	0,9 – 1,3	1,1 – 1,3	1,5 – 2,5	2,4 – 2,5
Trigonelina	0,6 – 2,0	0,2 – 1,2	0,6 – 0,7	0,3 – 0,7
Triglicerídeos	15,0 – 17,0	17,0	7,0 – 10,0	11,0
Minerais	3,0 – 4,2	4,5	4,4 – 4,5	4,7
Ácidos clorogênicos	4,1 – 7,9	1,9 – 2,5	8,1 – 11,3	3,3 – 3,8

Fonte: Farah (2012).

Os resultados conjuntos indicam variações nos valores dos constituintes dentro e entre espécies, bem como entre o grão verde e torrado para alguns componentes, o que caracteriza diferenças e variabilidade genética para seleção. Segundo Lemos *et al.* (2020), as ações promovidas pelos compostos de café vêm sendo estudadas por diferentes autores. Por exemplo, a cafeína, principal componente estimulante do café, é relatada como responsável pela diurese e a estimulação dos sistemas cardiovascular e nervoso central (Gurley *et al.*, 2015); os ácidos clorogênicos, contribuem com a qualidade do café, por meio da formação de aroma e sabor; a trigonelina contribui com o amargor da bebida. Por outro lado, a qualidade do café (aroma e sabor) é influenciada também pela concentração e biodisponibilidade destes e outros compostos, que dependem do material genético, práticas agrícolas utilizadas no processo de produção, colheita e pós-colheita, armazenamento, torrefação e métodos de preparação (Mejia e Ramirez-Mares, 2014).

Dada a importância do conhecimento das relações, entre atributos sensoriais e físico-químicos na qualidade do café, o Incaper iniciou, a partir de 2005, pesquisas sobre esse tema. No próximo tópico desta publicação, serão apresentados e discutidos alguns resultados importantes de pesquisas na linha de qualidade de café conilon e arábica, relacionados a comparações entre atributos físico e químicos e sensoriais de diferentes materiais genéticos cultivados e, ou estudados no programa de melhoramento genético do Incaper.

3 PESQUISAS RELACIONADAS ÀS COMPARAÇÕES ENTRE ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS E SENSORIAIS DE MATERIAIS GENÉTICOS DE CAFÉ ARÁBICA E CONILON DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO DO INCAPER

No programa de melhoramento de café do Incaper, iniciou-se em 2005, estudos envolvendo a avaliação dos atributos físico-químicos e sensoriais dos grãos. Os primeiros trabalhos foram realizados com café Conilon, sendo ao longo dos anos incluído também avaliações com café arábica. Os principais trabalhos desenvolvidos e que serão discutidos nesta publicação estão sintetizados abaixo:

- Avaliação físico e química e sensorial das cultivares clonais Emcapa 8111, Emcapa 8121, Emcapa 8131, Robustão Capixaba e ‘Vitória Incaper 8142’ e da cultivar propagada por sementes “Robusta Tropical”, com análise de 49 genótipos componentes das respectivas cultivares. As amostras foram oriundas de experimento conduzidos na Fazenda Experimental de Marilândia (FEM), colhidas quando as parcelas apresentavam mais de 80% de frutos maduros, levadas para o terreiro no mesmo dia, não lavadas e secadas de forma natural (Processamento Natural). Realizaram-se as análises físico-químicas e sensoriais em Tour, França, através da parceria entre Incaper/Embrapa Café e Nestlé e as análises físico e químicas em Campinas, São Paulo, mediante parceria entre Incaper/ Embrapa Café e Instituto Agrônômico de Campinas (IAC).
- Avaliação físico-química e sensorial de 15 genótipos de café conilon componentes das cultivares ‘Diamante ES8112’, ES8122 ‘Jequitibá’ e ‘Centenária ES8132’. Amostras oriundas de experimentos conduzidos nas Fazendas Experimentais de Marilândia (FEM), Sooretama (FES) e Bananal do Norte (FEBN), obtidas do processamento natural. Amostras analisadas em Londrina, PR, através de trabalho de parceria entre Incaper/Embrapa Café e a Universidade Estadual de Londrina.
- Avaliação físico-química e sensorial de 21 genótipos de café conilon componentes das cultivares ‘Emcapa 8141’ Robustão Capixaba e ‘Vitória Incaper 8142’. Amostras oriundas de experimento conduzido em ambiente de temperatura baixa, a 720 m de altitude, Fazenda Experimental de Venda Nova, obtidas de processamento natural. Amostras analisadas em e Alegre e Venda Nova, através de trabalho de parceria entre Incaper/Embrapa Café e a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES Campus Alegre), para análises físico – químicas, e o Instituto Federal do Espírito Santo (IFES Campus Venda Nova), para sensoriais.
- Avaliação físico-química e sensorial da cultivar ‘Marilândia ES8143’ (12 clones da cultivar). Amostras oriundas de experimento conduzido na Fazenda Experimental de Bananal do

Norte e de processamento natural. Trabalho de parceria entre Incaper/Embrapa Café e UFES Campus Alegre (análises físico-químicas) e IFES Campus Venda Nova (análises sensoriais).

- Avaliação físico-química e sensorial de 101 progênies híbridas e seis genitores (107 genótipos) de café conilon. Amostras oriundas de experimento conduzido na Fazenda Experimental de Marilândia e de processamento natural. Trabalho de parceria entre Incaper/Embrapa Café e UFES Campus Alegre (análises físico-químicas) e IFES Campus Venda Nova (análises sensoriais).

- Avaliação físico-química de nove clones componentes das cultivares ‘Diamante ES8112’, ES8122 ‘Jequitibá’ e ‘Centenária ES8132’. Amostras oriundas de experimento conduzido na Fazenda Experimental de Bananal do Norte e de processamento Natural. Trabalho de parceria entre Incaper/Embrapa Café e Universidade de Vila Velha (UVV).

- Avaliação físico-química e sensorial de 40 genótipos elites de café arábica (38 linhagens avançadas e duas testemunhas). Amostras obtidas de experimento conduzido na Fazenda Experimental de Venda Nova (FEVN), oriundas de colheita seletiva, com Processamento Natural e Cereja Descascado (CD). Para obtenção das amostras CD, cinco litros dos frutos do café colhido foram inicialmente lavados em baldes de PVC para a separação dos frutos do tipo boia e impurezas, sendo em seguida retiradas a casca e parte da mucilagem e, levados para terreiro suspenso cobertos para secagem. Trabalho de parceria entre Incaper/Embrapa Café e UFES Campus Alegre (análises físico-químicas) e IFES Campus Venda Nova (análises sensoriais).

- Avaliação sensorial de 40 genótipos elites de café arábica (38 linhagens avançadas e duas testemunhas). Amostras obtidas de experimento conduzido na Fazenda Experimental de Mendes da Fonseca (950 m de altitude), oriundas de colheita seletiva e Processamento Natural. Trabalho de parceria entre Incaper/Embrapa Café e IFES Campus Venda Nova.

- Avaliação sensorial de 13 genótipos elites de café arábica (12 linhagens avançadas e uma testemunha). Amostras obtidas de experimentos conduzidos nas Fazendas Experimentais de Venda Nova (FEVN) e Mendes da Fonseca, oriundas de colheita seletiva e do Processamento Natural e Cereja Descascado (CD). Trabalho de parceria entre Incaper/Embrapa Café e UFES Campus Alegre (análises físico-químicas) e IFES Campus Venda Nova (análises sensoriais).

- Avaliação físico-química e sensorial de três cultivares de café arábica (‘Catuai Vermelho’ IAC 81, Topázio e Obatã). Amostras oriundas de experimento conduzido na Fazenda Experimental de Venda Nova e de Processamento Natural. Trabalho de parceria entre Incaper/Embrapa Café e Universidade de Vila Velha (UVV).

Importante destacar que as amostras de trabalho foram oriundas de experimentos de café conduzidos em regiões e locais e representativos da cultura no Estado do Espírito Santo, como:

- Região Noroeste: FEM (Fazenda Experimental de Marilândia), município de Marilândia, 80 m de altitude.
- Região Nordeste: FES (Fazenda Experimental de Sooretama), município de Sooretama, 40 m de altitude.
- Região Sul: FEBN (Fazenda Experimental de Bananal do Norte), município de Cachoeiro do Itapemirim, 140 m de altitude.
- Região Serrana: FEVN (Fazenda Experimental de Venda Nova, município de Venda Nova do Imigrante, 720 m de altitude e, CRDR-CS: Fazenda Experimental de Mendes da Fonseca, localizada no Centro Regional Centro Serrano, município de Domingos Martins, 950 m de altitude.

As amostras de café conilon foram compostas de 3 a 5 litros de café cereja de cada material estudado, colhidas em experimentos conduzidos nas Fazendas Experimentais de Marilândia (FEM), Sooretama (FES), Bananal do Norte (FEBN) e Venda Nova (FEVN). Por ocasião da colheita, quando os materiais apresentavam mais de 80% de maturação, foram colhidos de 3 a 5 litros de frutos de cada material. As amostras, não lavadas, foram processadas de forma natural e secas em terreiro de cimento ou terreiro suspenso, até atingirem 11 a 11,5% de umidade (Processamento Natural), quando foram armazenadas no laboratório de pós-colheita da FEVN.

As amostras de café arábica foram colhidas de experimentos conduzidos nas Fazendas Experimentais de Venda Nova e de Mendes da Fonseca, sendo preparadas e processadas na primeira delas. Por ocasião da colheita, quando os materiais apresentavam mais de 80% de maturação, foram colhidos de 3 a 5 litros de frutos (somente cerejas maduras), de cada material para processamento na forma natural (Processamento Natural) e, ou Cereja Descascado (CD). A secagem foi realizada em terreiro suspenso até as amostras alcançarem a umidade de 11,0 a 11,5 %, quando foram armazenadas adequadamente no laboratório de pós-colheita da FEVN.

A preparação das sub amostras para as avaliações sensoriais e, ou físico-químicas relacionadas, foram realizadas no laboratório de qualidade da FEVN. Incluiu o beneficiamento dos grãos, seleção, pesagem, etiquetagem e encaminhamento, caso a caso, às instituições parceiras responsáveis pelas análises. As avaliações dos atributos sensoriais e físico-químicos foram realizadas com o apoio das parcerias estabelecidas entre Incaper e Embrapa Café com a Nestlé, IAC, Universidade Estadual de Londrina, UFES, IFES e UVV, envolvendo diferentes equipes, bolsistas e estudantes de pós-graduação.

Para as análises físico-químicas, utilizou-se protocolos específicos, detalhados nos respectivos trabalhos publicados, tendo diferenças entre eles em alguns casos. As análises sensoriais seguiram, exceto para o primeiro trabalho (Lambot *et al.*, 2008), a metodologia da *Specialty Coffee Association*, para café Arábica e Conilon (SCAA, 2015; CQI/USDA, 2019). Todo o processo foi rigorosamente monitorado para evitar misturas e fermentações. A Figura 1 ilustra diferentes etapas relacionadas a colheita, processamento, secagem e preparo das amostras para avaliações.



Figura 1 – Ilustração das principais etapas de preparação das amostras de café e avaliações físico químicas e sensoriais.

3.1 PRINCIPAIS RESULTADOS DAS PESQUISAS DAS AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS

Nas Figuras 2 a 13 encontram-se resultados médios de diferentes atributos químicos avaliados nos diferentes materiais genéticos de café conilon e arábica do programa de melhoramento do Incaper. Na Figura 2, está ilustrado a comparação de seis cultivares café conilon Incaper (cinco clonais e uma de propagação por sementes), uma amostra composta (da mistura de grãos de 49 clones componentes das referidas cultivares) com uma amostra da Coleção de Referência da Nestlé para qualidade (Lambot *et al.*, 2008). As cultivares clonais analisadas foram ‘Emcapa 8111, Emcapa 8121, Emcapa 8131, ‘Emcapa 8141’ Robustão Capixaba e ‘Vitória Incaper 8142’. E, a de propagação por semente foi Emcapa 8151 ‘Robusta Tropical’. Segundo os autores, os resultados mostraram que as seis cultivares Incaper apresentaram composição bioquímica similares,

sendo que a cultivar ‘Robusta Tropical’ apresentou menor teor de proteínas e ácidos clorogênicos totais e maior teor de sacarose. Na comparação geral, observou-se que a amostra referência Nestlé apresentou maiores valores de lipídios, sacarose e ácidos clorogênicos em relação aos materiais genéticos Incaper estudados.

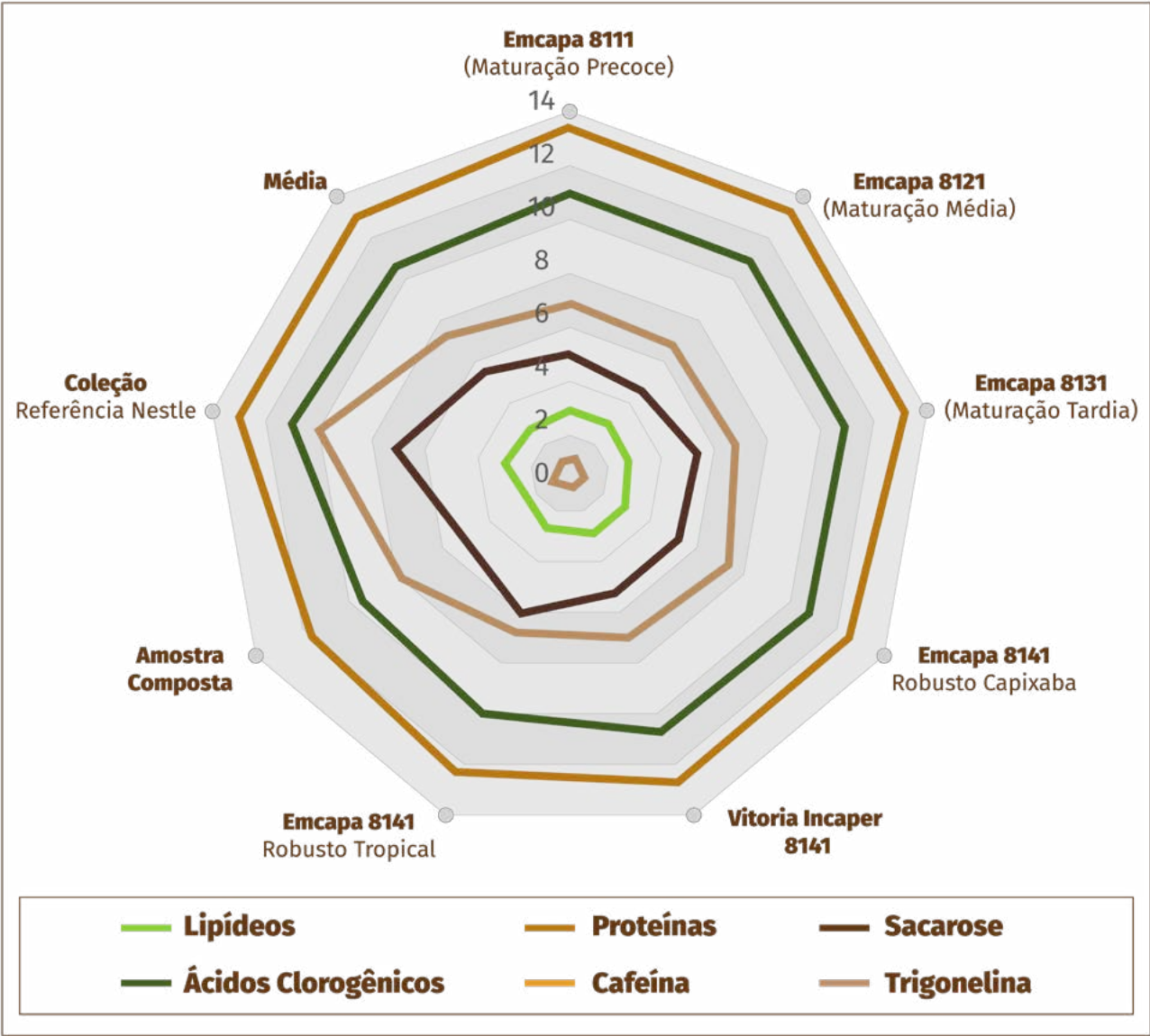
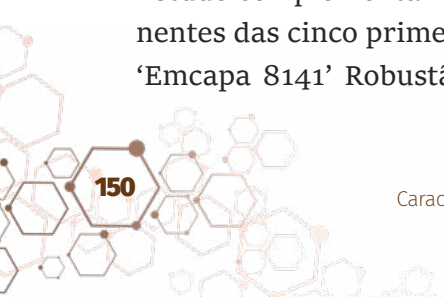


Figura 2 – Resultados médios de atributos químicos avaliados nas seis primeiras cultivares de café conilon desenvolvidas pelo Incaper e uma Amostra Referência da Nestlé.

Fonte: Adaptado de Lambot *et al.* (2008).

Estudo complementar foi realizado por Fonseca *et al.* (2011), na avaliação dos 49 clones componentes das cinco primeiras cultivares clonais Incaper (Emcapa 8111, Emcapa 8121, Emcapa 8131, ‘Emcapa 8141’ Robustão Capixaba e ‘Vitória Incaper 8142’) no que diz respeito aos teores de



cafeína, trigonelina e ácidos clorogênicos totais. Verificaram a existência de expressiva variação entre os clones analisados, com valores extremos variando entre de 1,51 a 2,64% para cafeína; de 0,64 a 1,30% para trigonelina e de 3,61 a 5,64% para ácidos clorogênicos totais (Figura 3).

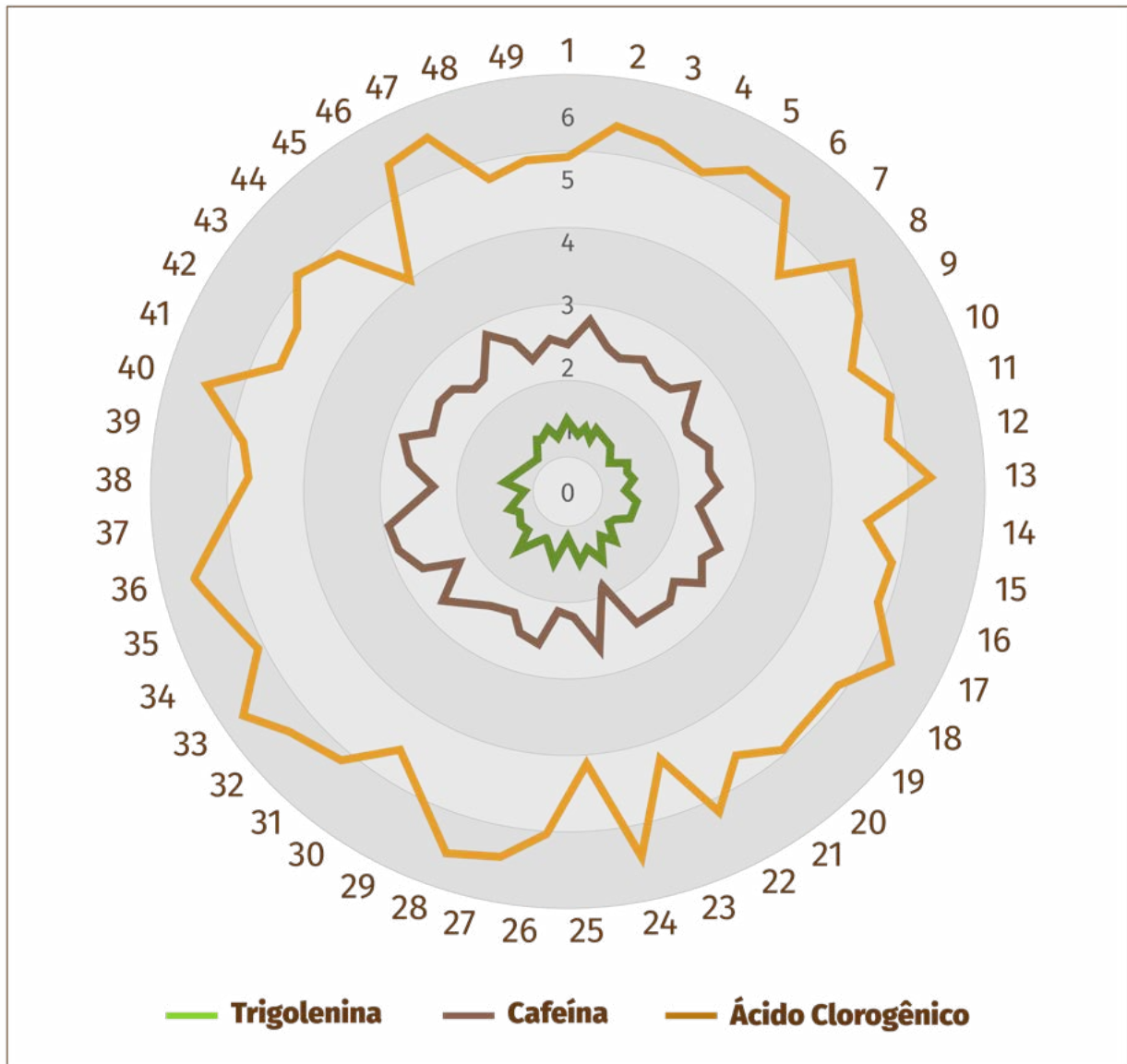


Figura 3 – Resultados médios de atributos químicos avaliados em 49 clones componentes das cinco primeiras cultivares clonais de café conilon desenvolvidas pelo Incaper.

Fonte: Adaptado de Fonseca *et al.* (2011).

Mori *et al.* (2020) analisam o conteúdo de diferentes atributos das cultivares ‘Diamante ES8112’ (maturação precoce), ‘Centenária ES8132’ (maturação tardia) e ‘ES8122’ Jequitibá (maturação média), lançadas em 2013 pelo Incaper, com a utilização de cinco clones de cada cultivar. As amostras foram provenientes da safra 2013 coletadas de dois locais, FEM e FES, e as avaliações

foram realizadas com grãos torrados. De acordo com a Figura 4, os teores médios variaram de 1.176 a 1.452 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para cafeína. Os autores não verificaram relação entre os atributos e os clones com épocas diferentes de maturação dos frutos dos materiais estudados (precoce, médio e tardio). Contudo verificou efeito da interação genótipo e local, onde os maiores teores de trigonelina e acidez total titulável (TTA) foram encontrados nos clones provenientes da FEM.

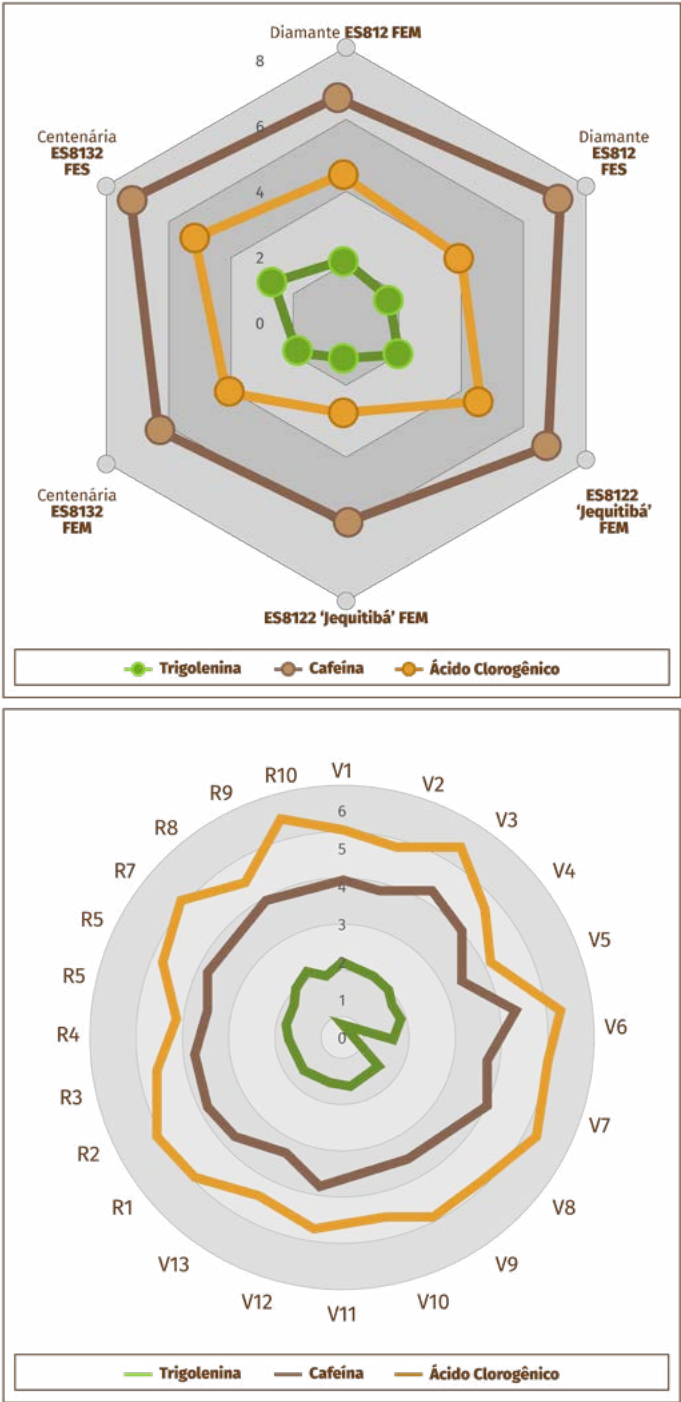


Figura 4 – Resultados médios de atributos químicos de três cultivares clonais de café conilon Incaper em dois ambientes (FEM e FES) e de 15 clones componentes das mesmas.

Fonte: Adaptado de Mori *et al.* (2020).

Nesta mesma linha, foram analisados os atributos físico-químicos de materiais genéticos de café conilon cultivados em temperatura amena e em local de altitude (FEVN – 720 m). Na avaliação das cultivares ‘EMCAPA 8141’ Robustão Capixaba e ‘Vitória INCAPER 8142’ cultivadas em altitude de 720 m na FEVN, Pinheiro *et al.* (2019) encontrou valores de ácido clorogênicos entre 2,60 e 3,65%, trigonelina de 0,84 e 1,02 e cafeína de 2,06 a 2,89% (Figura 5.1 e 5.2).

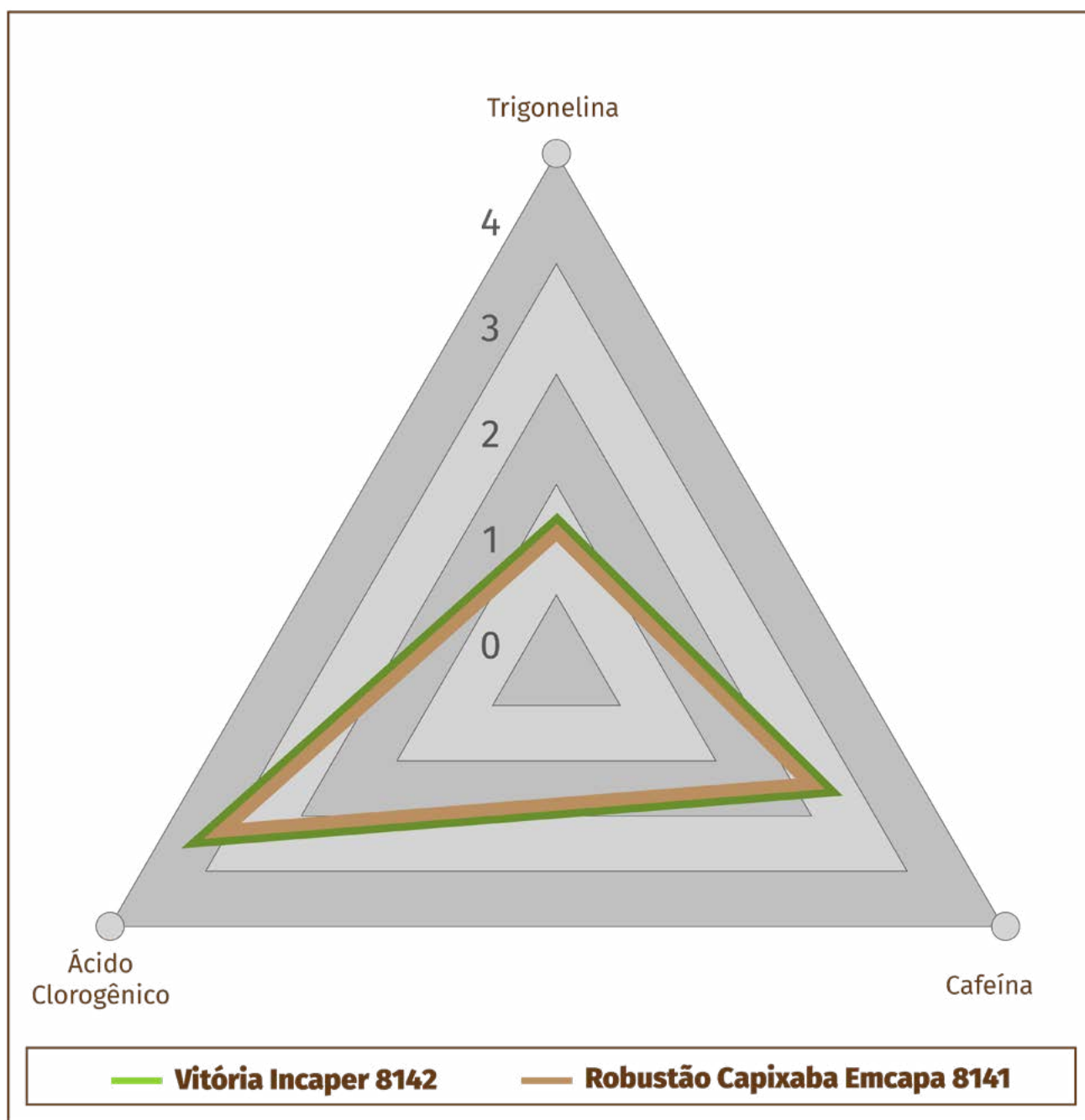


Figura 5.1 – Resultados médios de atributos químicos de duas cultivares clonais de café conilon Incaper avaliado em ambiente de altitude e temperatura amena (FEVN, 720 m de altitude) e de 21 clones componentes das mesmas.

Fonte: Adaptado de Pinheiro *et al.* (2019).

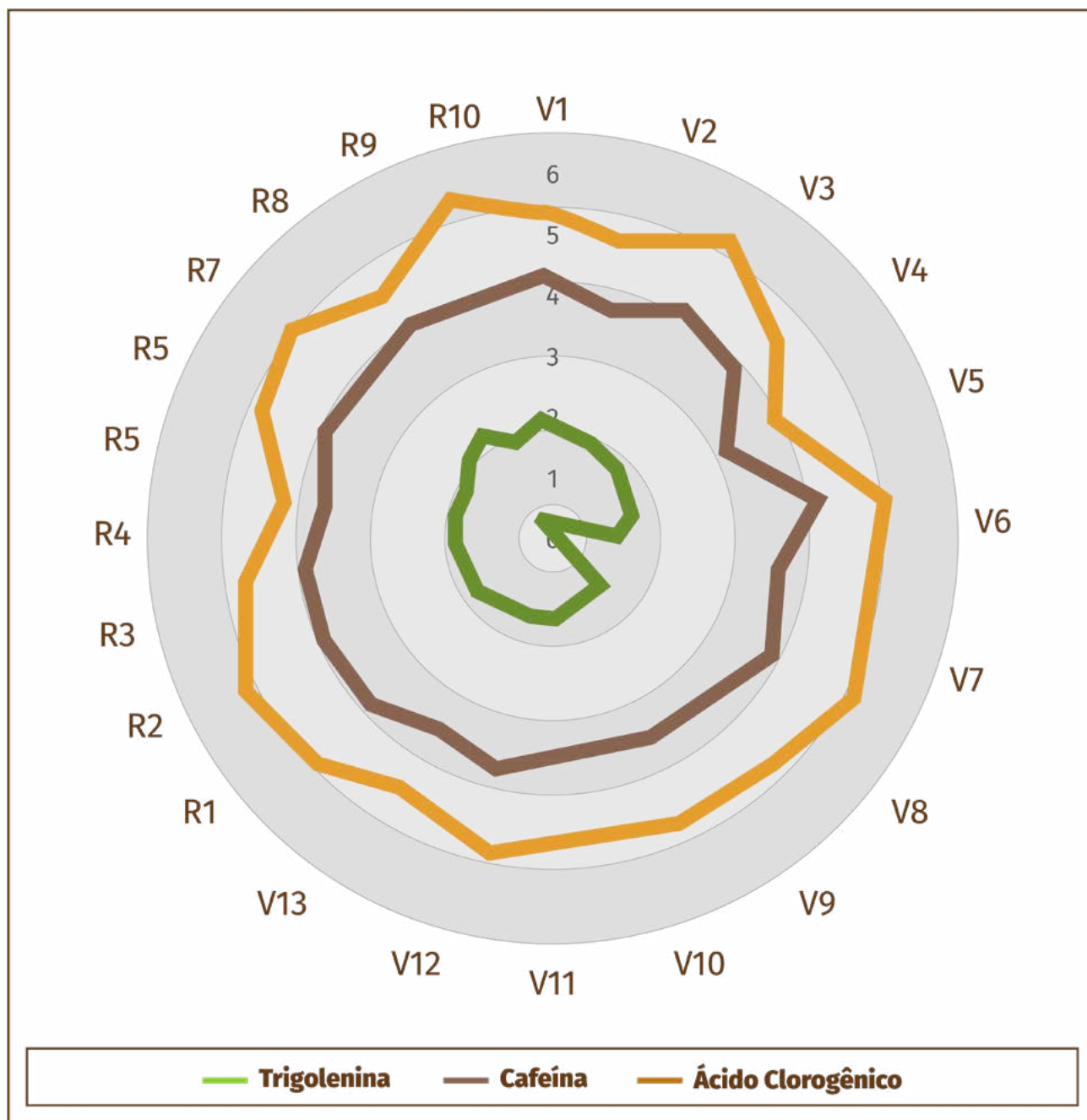


Figura 5.2 – Resultados médios de atributos químicos de duas cultivares clonais de café conilon Incaper avaliado em ambiente de altitude e temperatura amena (FEVN, 720 m de altitude) e de 21 clones componentes das mesmas.

Fonte: Adaptado de Pinheiro *et al.* (2019).

Na avaliação da cultivar ‘Marilândia ES8143’, composta de 12 clones tolerantes à seca, foram encontrados teores médios de 0,86, 2,69, 5,33 e 1,66 para trigonelina, cafeína, ácido clorogênico e sacarose, respectivamente (Figura 6) (dados em fase de publicação). O trabalho foi realizado pela equipe de melhoramento Incaper/Embrapa Café em parceria com a UFES Alegre.

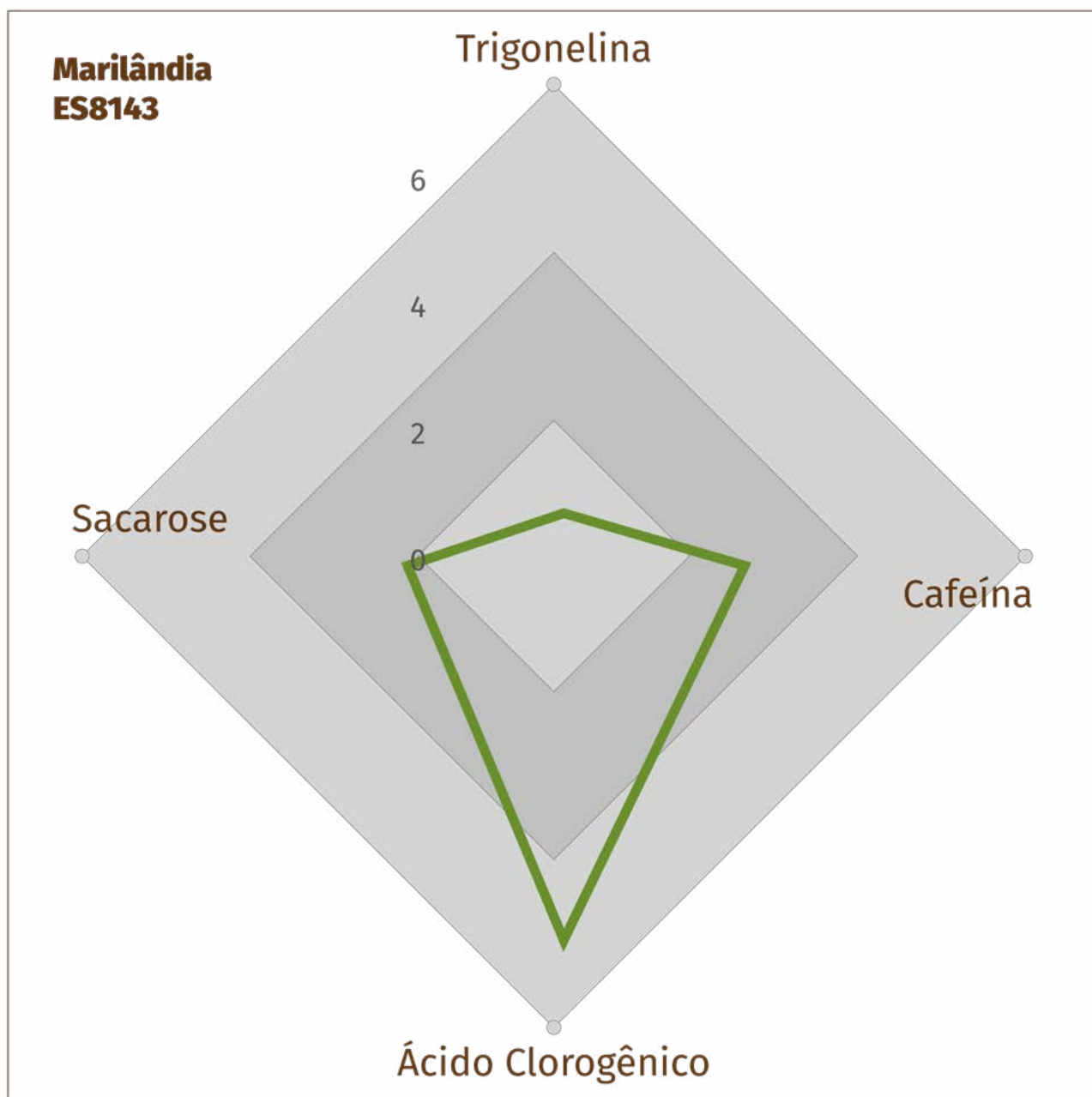


Figura 6 – Resultados médios de atributos químicos da cultivar de café conilon do Incaper, ‘Marilândia ES8143’.

Fonte: Dados do programa de melhoramento do Incaper.

Em estudo envolvendo a caracterização de 101 progêneses híbridas (HS) de café conilon e seis progenitores (P), Souza (2021) verificou importante variabilidade entre os genótipos e que as progêneses híbridas apresentaram, na média, maiores valores de sacarose, cafeína, trigonelina e ácidos clorogênicos em relação à média dos pais (Figura 7). O ácido clorogênico (5-CQA) variou de 2,01 a 6,21%, a cafeína de 1,53 a 3,46%, a trigonelina de 0,53 a 1,13 e a sacarose de 1,17 a 2,53. A progênie HS 85 (clones 83 x 03) mostrou-se com baixo teor de cafeína e de ácido clorogênico.

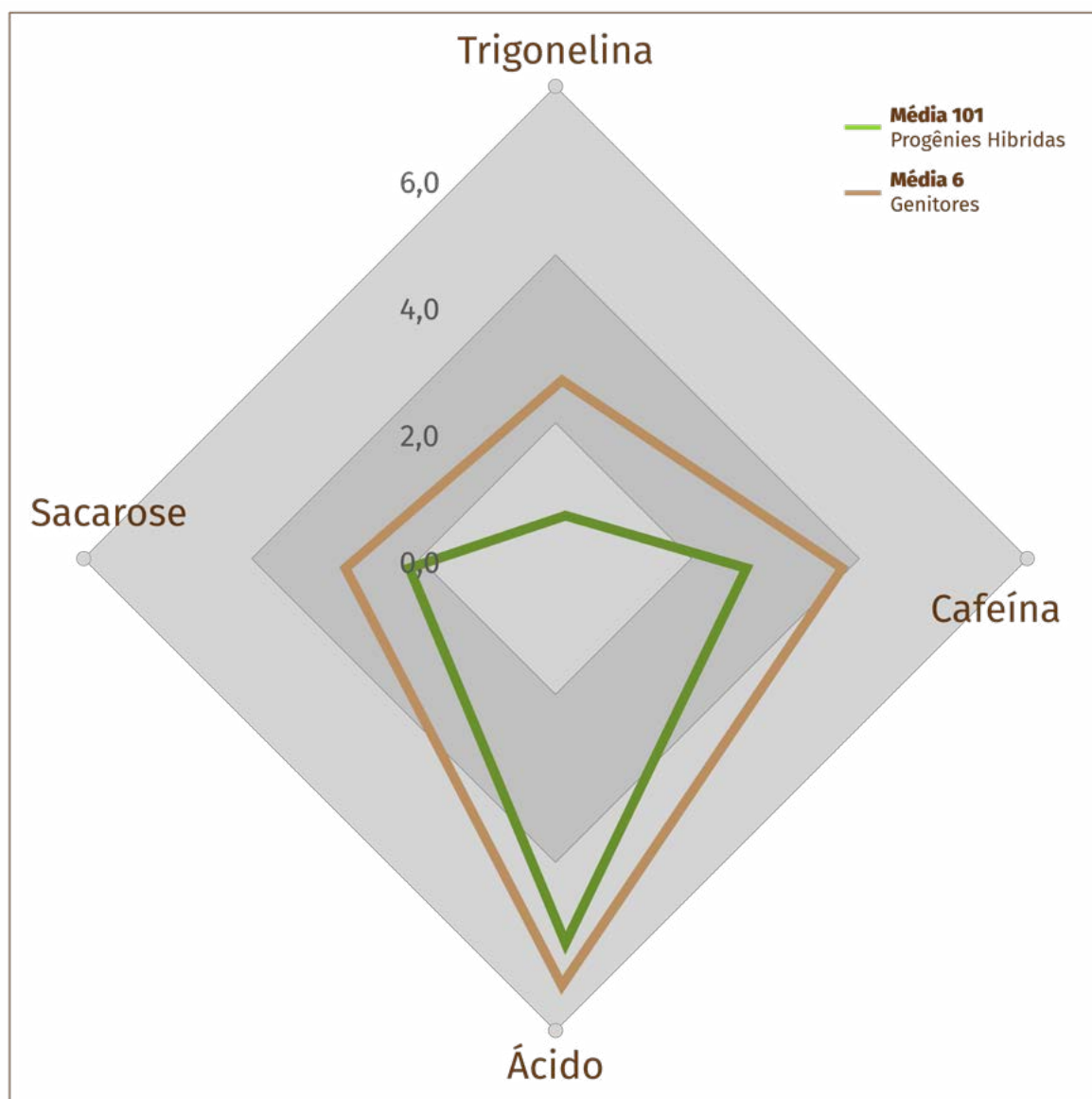


Figura 7 – Resultados médios de atributos químicos de 101 progênies híbridas e seis genitores de café conilon do programa de melhoramento do Incaper, avaliados na Fazenda Experimental de Marilândia.

Fonte: Adaptado de Souza (2021).

Diferentes trabalhos de pesquisa foram realizados em parceria com a Universidade de Vila Velha envolvendo genótipos de café conilon e café arábica. Salustriano (2019) comparou atributos físico-químicos entre quatro genótipos de café conilon (Clones 101, 105 e 108 da cultivar ‘Diamante ES8122’ e a cultivar Emcaper 8151 ‘Robusta Tropical’) e, a cultivar de café arábica ‘Catuaí Vermelho’ IAC 81. Para cada genótipo, foram estudadas amostras com 60, 80 e 100% de frutos maduros. Os dados foram obtidos por meio de cromatografia líquida de alta eficiência. Baseado na Figura 8, observa-se que a cultivar de café arábica apresentou maior teor de sacarose e menores teores de cafeína e de ácido clorogênico. O clone 101 Diamante apresentou o menor valor de sacarose. Com relação a porcentagem de frutos maduros, os autores não observaram tendên-

cia direta no efeito de maturação para todos os genótipos, sendo que, alguns compostos tiveram sua concentração influenciada, como sacarose, proteína e trigonelina que demonstraram aumento nos teores nas amostras com frutos mais maduros, ao contrário dos ácidos clorogênicos, que reduzem com o aumento da maturação. A cafeína não mostrou tendência de alteração com o aumento da fase de maturação.

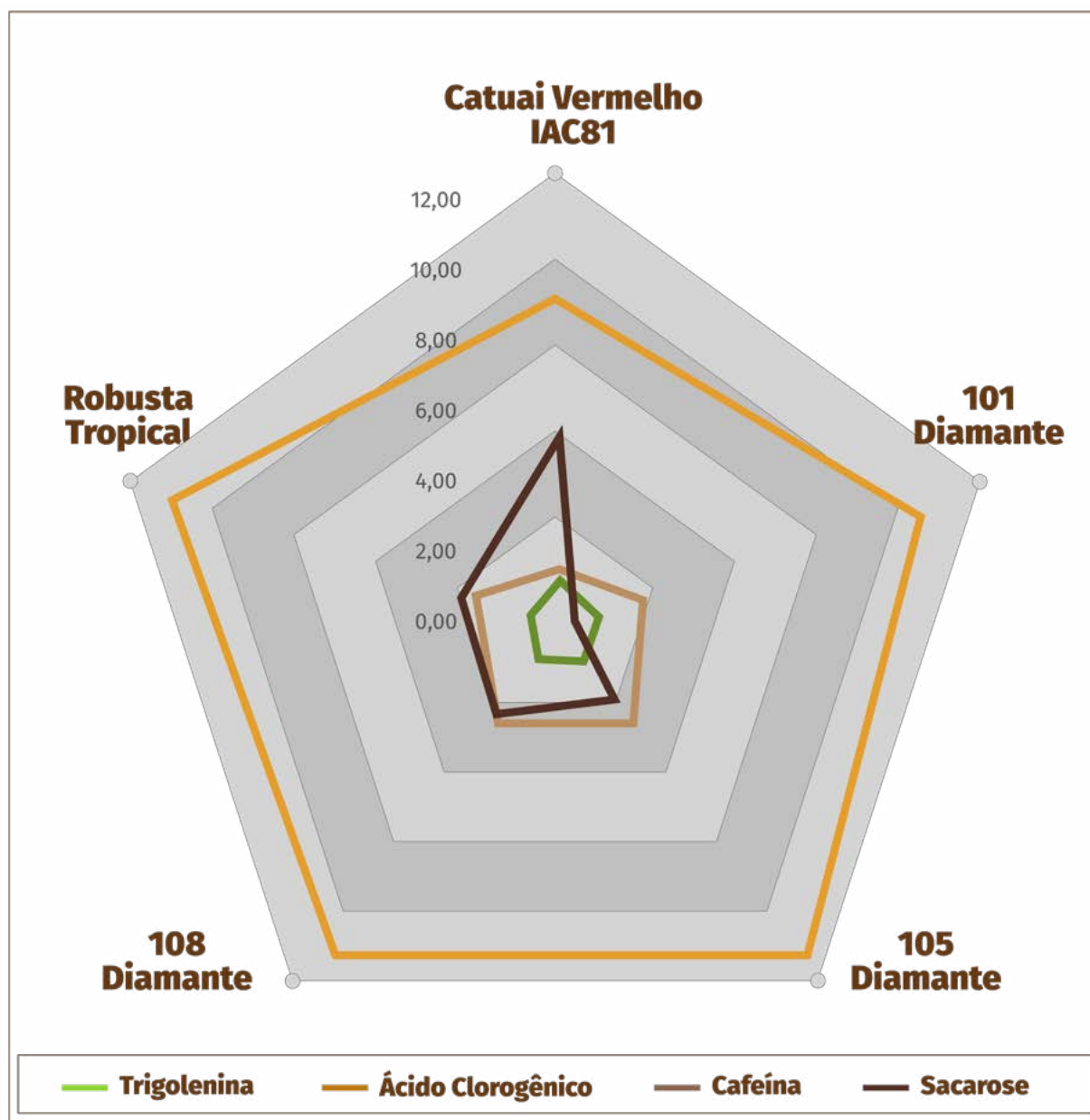


Figura 8 – Resultados médios de atributos químicos de quatro genótipos de café conilon e uma cultivar de café arábica, avaliados no programa de melhoramento do Incaper. Amostras de Café Conilon e Arábica provenientes da FEBN e FEVN, respectivamente.

Fonte: Adaptado de Salustriano (2019).

Por outro lado, Lemos *et al.* (2020) analisaram os mesmos tratamentos de café conilon com espectrômetro de massa, equipado como uma fonte de ionização por eletrospray (ESI-LTQ-ORBITRAP). Conforme resultados apresentados na Figura 9, observou-se que os genótipos 105 e 108 apresentaram maiores concentrações dos metabólitos trigonelina, cafeína e açúcares.

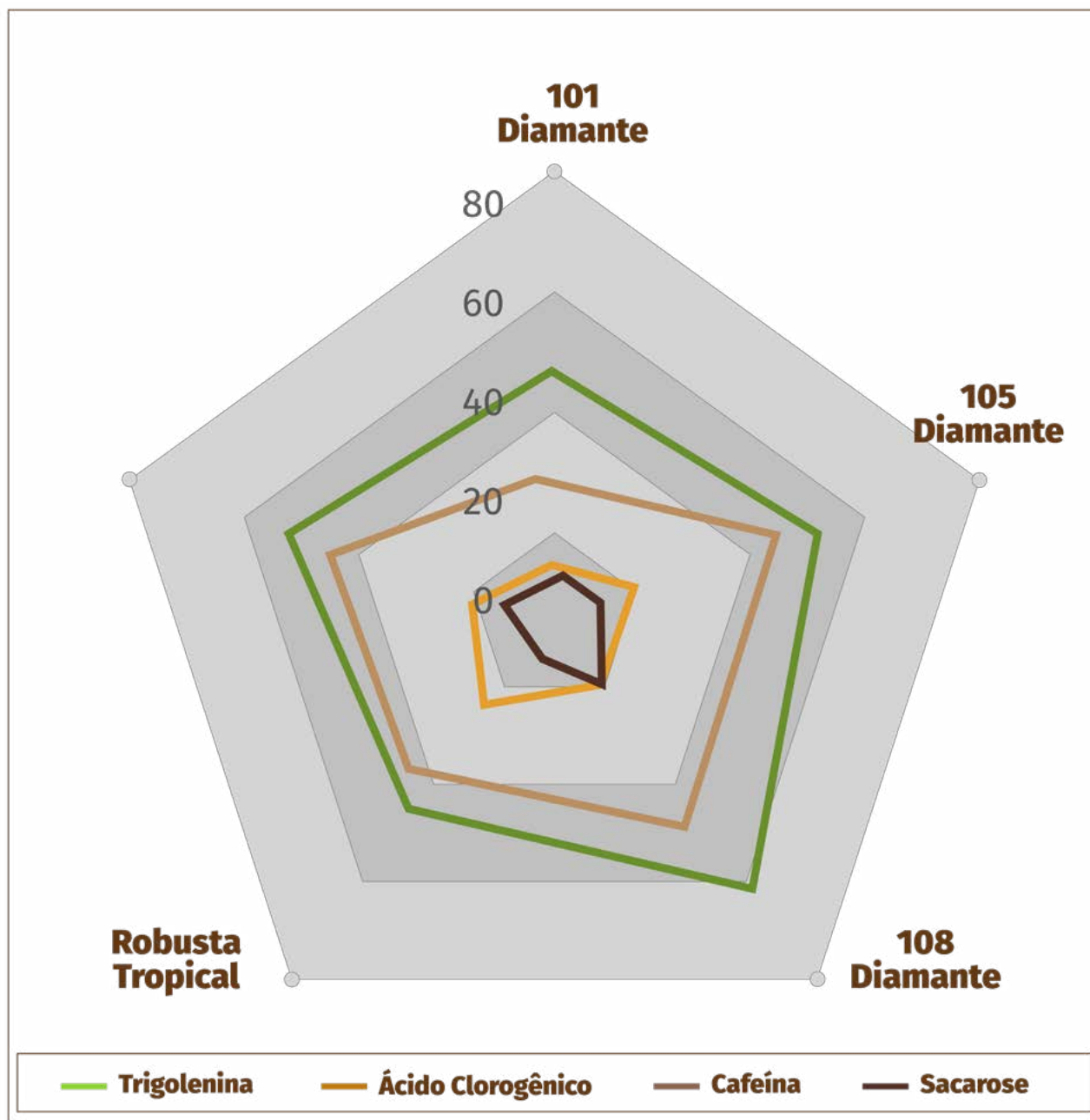


Figura 9 – Resultados médios de atributos químicos de quatro genótipos de café conilon do programa de melhoramento do Incaper, amostras da FEBN.

Fonte: Adaptado de Lemos *et al.* (2020).



Para café arábica, observou-se também variabilidade entre os materiais estudados. Trabalho envolvendo a comparação de 38 progênies em geração avançada com as testemunhas Obatã e ‘Catuaí Vermelho’ IAC 81 mostrou que a testemunha ‘Catuaí Vermelho’ IAC 81 apresentou maior teor (% em base seca) de cafeína (1,38) e menores teores de trigonelina (0,97) e ácido clorogênico (3,89) (Machado, 2019; Machado *et al.*, 2019) (Figura 10). Avaliações na mesma linha, envolvendo 12 progênies na geração F7 e a testemunha Obatã, evidenciaram pequena variação entre os materiais, com médias de 1,32, 1,47 e 4,80 para trigonelina, cafeína e ácidos clorogênicos, respectivamente (Figura 11, dados completos em fase de publicação).

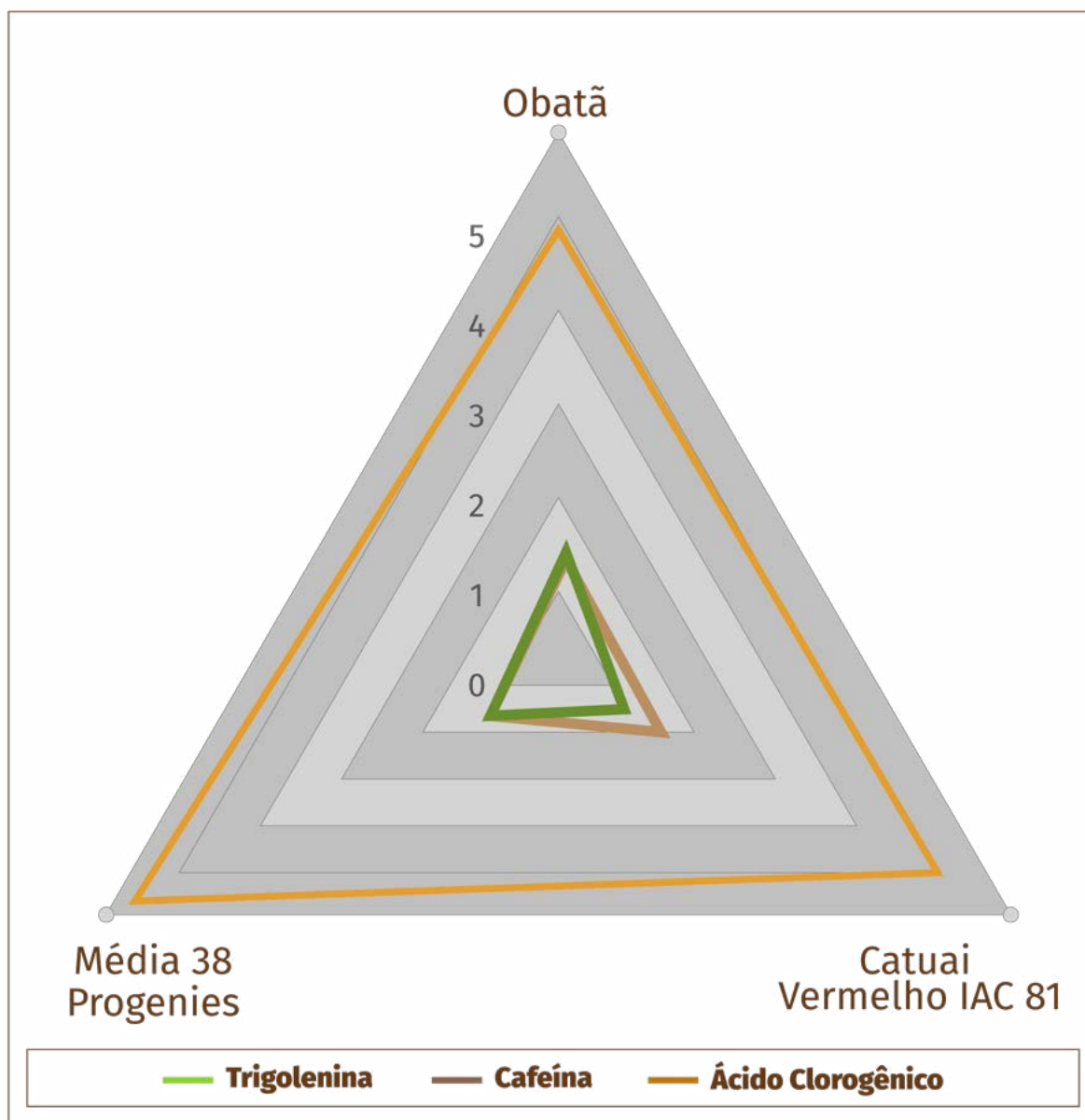


Figura 10 – Resultados médios dos teores (%) de atributos químicos de 40 genótipos de café arábica avaliados no programa de melhoramento do Incaper. Amostras provenientes da FEVN.

Fonte: Adaptado de Machado (2019) e Machado *et al.* (2019).

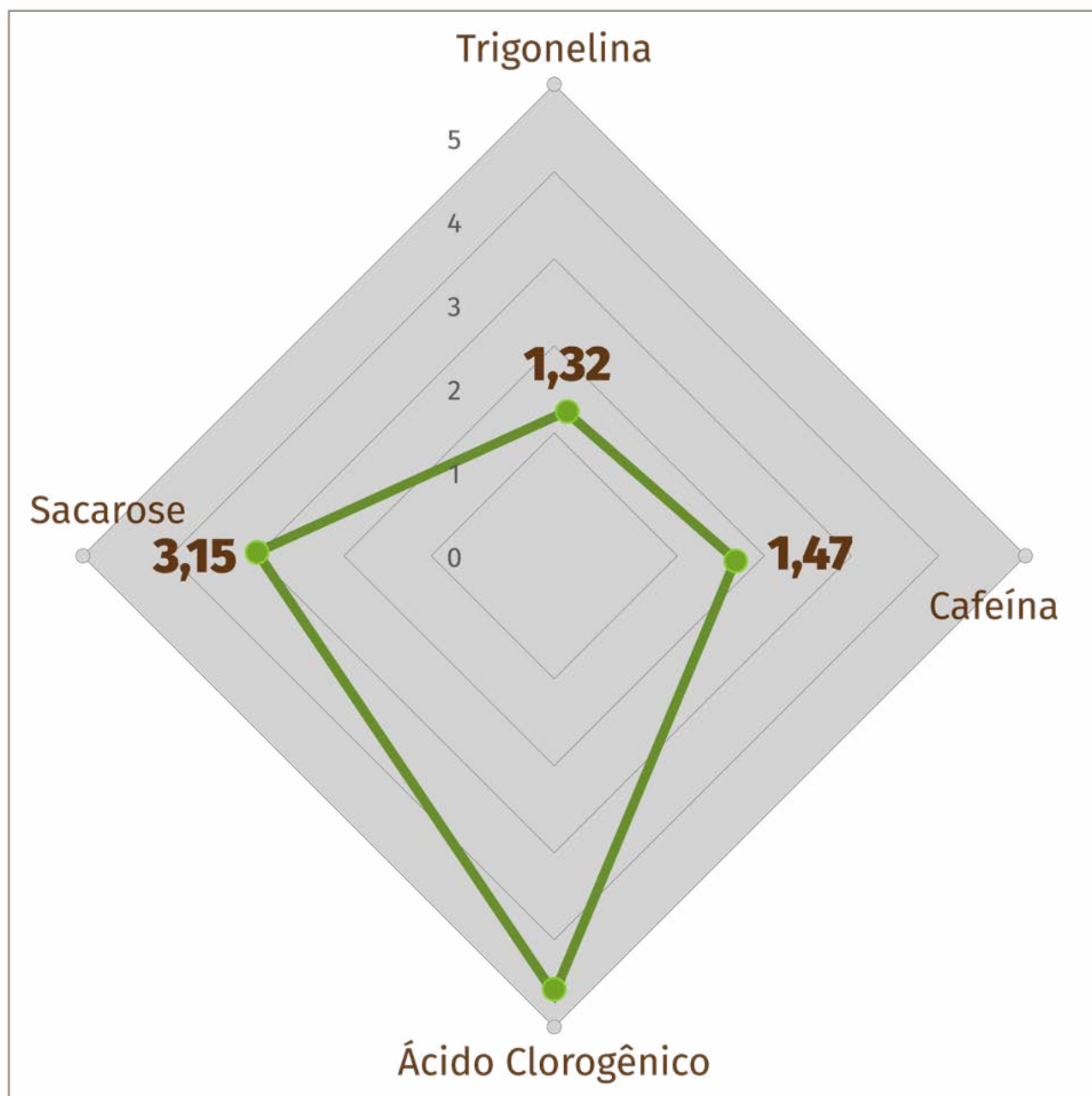
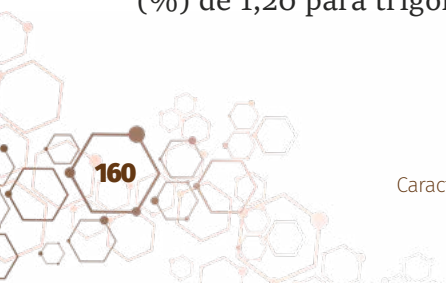


Figura 11 – Resultados médios dos teores (%) de atributos químicos de 13 genótipos de café arábica avaliados no programa de melhoramento do Incaper. Amostras da FEVN.

Fonte: Dados em fase de publicação.

Na análise do café arábica, cultivar ‘Catuaí Vermelho’ IAC 81, com 60, 80 e 100% de frutos maduros, Salustriano (2019) observou diferença significativa apenas para a componente sacarose, com valor máximo na amostra com 100% de frutos maduros. A Figura 12 ilustra os teores médios (médias das três amostras) dos principais componentes estudados. Observou-se valores (%) de 1,20 para trigonelina, 1,40 para cafeína, 5,0 para sacarose e 8,8 para ácido clorogênico.



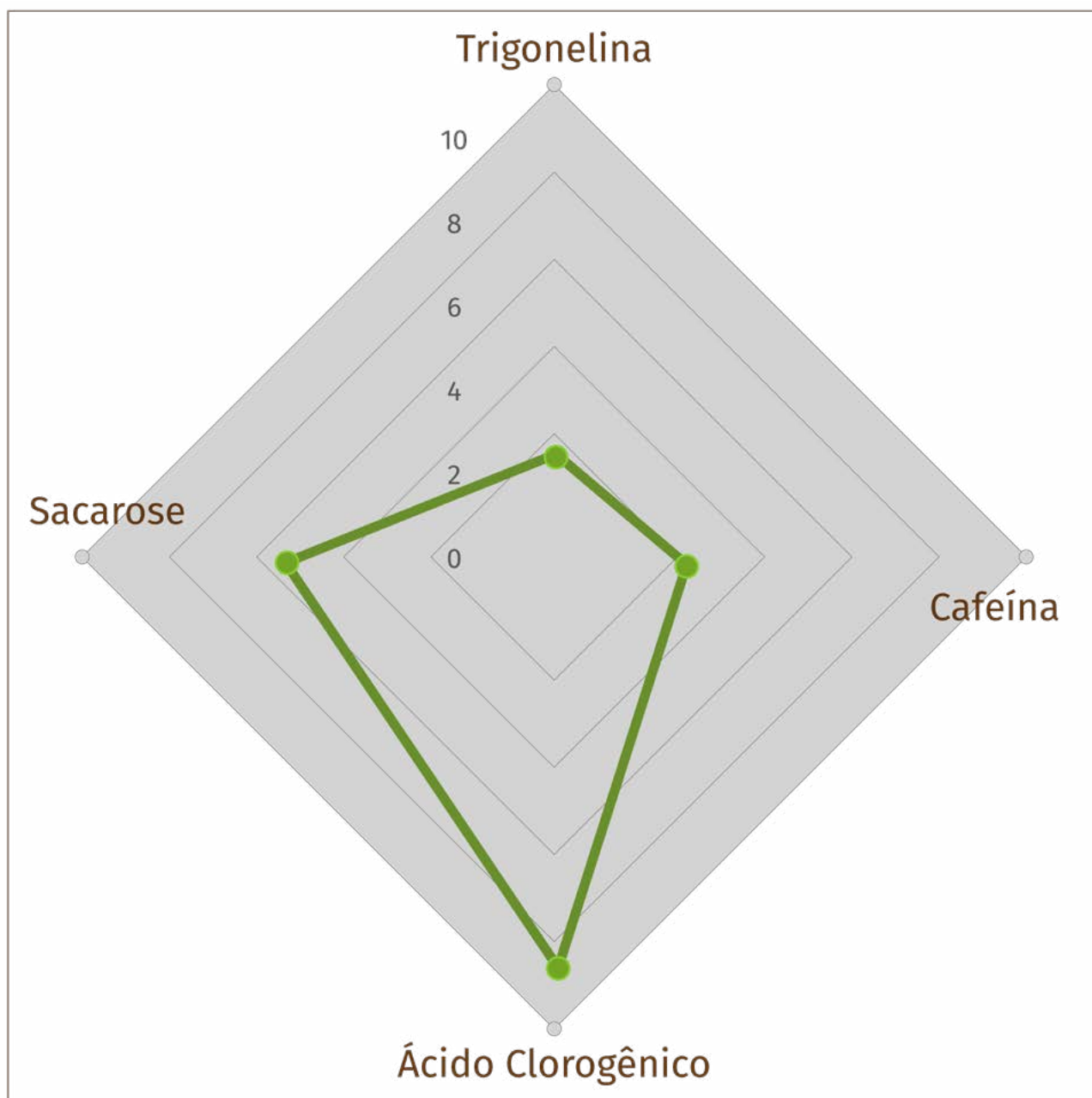


Figura 12 – Resultados médios dos teores (%) de atributos químicos da cultivar Catuaí Vermelho IAC 81. Amostras provenientes da FEVN.

Fonte: Adaptado de Salustriano (2019).

Estudo complementar, realizado por Lemos *et al.* (2020), envolvendo as três fases de maturação dos frutos (60%, 80% e 100%) e três cultivares de café arábica (‘Catuaí Vermelho’ IAC 81, Obatã e Topázio), com utilização de outro protocolo (espectrômetro de massa, verificou-se maiores teores de sacarose na amostra com 100% de frutos maduros para as cultivares ‘Catuaí e Topázio’. A cultivar Obatã apresentou menores valores de trigonelina e sacarose (Figura 13).

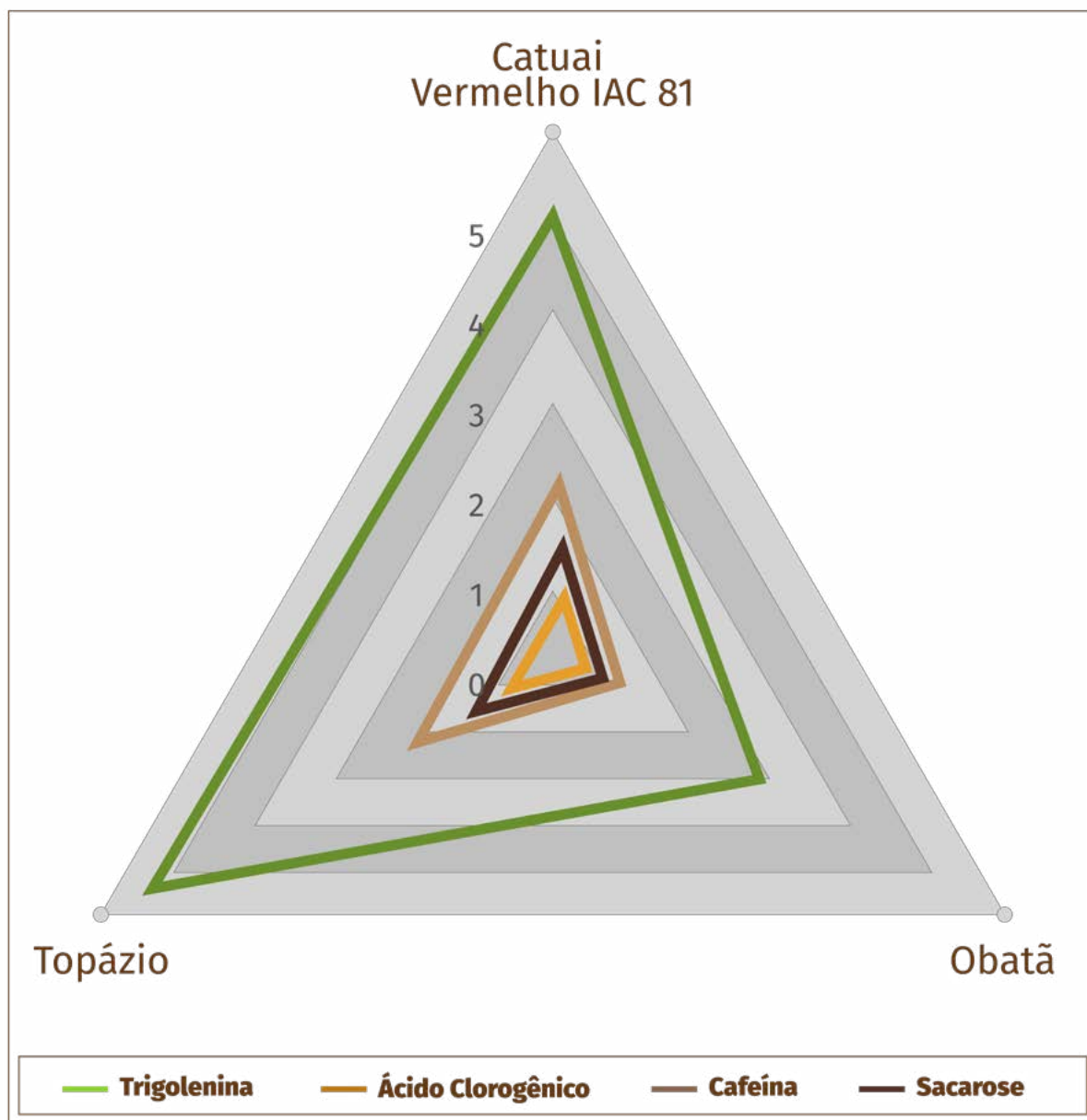


Figura 13 – Resultados médios dos teores (%) de atributos químicos das cultivares ‘Catuaí Vermelho’ IAC 81, Topázio e Obatã. Amostras da FEVN.

Fonte: Adaptado de Lemos *et al.* (2020).

O conjunto de resultados apresentados evidenciam que variações entre os protocolos de avaliação de alguns atributos dificultam as interpretações comparativas. Contudo, os dados permitem concluir que há diferenças entre os materiais genéticos, anos e locais, sendo necessário ainda trabalhos complementares de padronização de metodologias, com discussão do número de avaliações ou safras necessárias para melhor acurácia nos resultados. E, que há variabilidade genética para seleção.

Na Tabela 3 é apresentada uma síntese dos valores encontrados entre os trabalhos apresentados neste tópico, envolvendo diferentes genótipos: 55 de café arábica e 204 de café conilon. Alguns resultados não são passíveis de comparação, em função da utilização de metodologias não similares. Em termos gerais, no café Conilon observou-se maiores teores de cafeína e menores valores de trigonelina em relação ao café arábica.

Tabela 3 – Dados comparativos de teores médios de atributos químicos obtidos em materiais genéticos de café arábica e conilon do programa de melhoramento do Incaper

Variação dos Teores Médios dos Atributos (%)					
Descrição	Trigonelina	Cafeína	Ácido Clorogênico (5-CQA)	Ácido Clorogênico Total	Sacarose
Café Arábica	0,58 a 1,58	1,02 a 1,71	3,41 a 8,80	4,02 a 10,38	0,60 a 5,00
Café Conilon	0,50 a 1,16	1,53 a 3,46	2,01 a 7,92	9,23 a 11,70	0,40 a 6,90

3.2 PRINCIPAIS RESULTADOS DE PESQUISA DAS AVALIAÇÕES SENSORIAIS

A avaliação da qualidade do café conilon através de análises sensoriais iniciaram em 2005, através de parceria entre Incaper/Embrapa e a Nestlé, com estudos envolvendo as seis primeiras cultivares desenvolvidas e disponibilizadas pelo Incaper (Emcapa 8111, Emcapa 8121, Emcapa 8131, ‘Emcapa 8141’ Robustão Capixaba, ‘Vitória Incaper 8142’ e Emcaper 8151 ‘Robusta Tropical’) e uma cultivar referência da Nestlé. O trabalho envolveu amostras de grãos de todos os clones componentes das referidas cultivares clonais e da cultivar de semente, coletadas na Fazenda Experimental de Marilândia. A avaliação sensorial foi realizada pela caracterização das amostras por meio de 5 atributos principais (aroma, sabor, corpo, amargor, sensação) e identificação de sabores indesejáveis e doçura. A pontuação foi em uma escala de 0 a 5, em que a pontuação 0 correspondeu à ausência total do critério e 5 ao máximo. A qualidade da bebida foi avaliada por 4 especialistas. Com exceção da Emcaper 8151 ‘Robusta Tropical’ (6) e da ‘Emcapa 8141’ Robustão Capixaba (4), as outras 4 cultivares foram bastante semelhantes, na base média, quanto à qualidade sensorial (Lambot *et al.*, 2008). ‘Emcapa 8141’ Robustão Capixaba apresentou menor pontuação para aroma, enquanto Emcaper 8151 ‘Robusta Tropical’ destacou com menor amargor e menores atributos lenhosos. Segundo os autores, a maior base genética desta última cultivar, que é formada pela recombinação de 53 clones superiores, pode ter contribuído para maior equilíbrio dos atributos e qualidade, o que descreveram como ‘*blend natural*’.

Os resultados da avaliação sensorial das cultivares ‘Emcapa 8141’ Robustão Capixaba e ‘Vitória Incaper 8142’, cultivadas em altitude de 720 m, na Fazenda Experimental de Venda Nova, mostraram similaridade dos cafés entre as cultivares e não diferenças significativas entre 21 clones componentes das mesmas, com média global de 77,44 pontos (Pinheiros *et al.*, 2019). Destacaram os clones V6 (clone 48), V4 (clone 76), R3 (clone 07), R2 (clone 03) e V8 (clone 23).

Mori *et al.* (2018) avaliaram nove amostras oriundas das cultivares ‘Diamante ES8112’ (clones 103P, 105P e 106P), Jequitibá ‘ES8122’ (clones 202I, 203I e 209I) e ‘Centenária ES8132’ (clones 301T, 303 T e 306 T), procedentes de duas regiões distintas do estado (FEM e FEBN). As bebidas de café foram descritas como apresentando uma maior intensidade dos atributos de fragrância e aroma característico conhecido para a espécie. A bebida dos clones das três cultivares (‘Diamante ES8112’, Jequitibá ‘ES8122’ e ‘Centenária ES8132’) foi classificada como de qualidade tradicional, mas próximo da categoria superior. Exceto para acidez e qualidade geral, não houve diferença entre os escores médios dos atributos para os nove clones avaliados. O clone 105P (clone 02) foi descrito como menos ácido em contraste com o 202I (clone RG96) como de maior acidez.

Vale ressaltar que as cultivares Incaper lançadas nos últimos 10 anos, foram avaliadas para qualidade de bebida ainda na fase de desenvolvimento, não sendo inseridos materiais genéticos de qualidade inferior. As cultivares Incaper ‘Diamante ES8112’, ‘ES 8122’ Jequitibá, ‘Centenária ES 8132’, ‘Marilândia ES8143’ e ‘ES8152’ Conquista, apresentaram notas globais de 77,50; 79,01; 79,97. 78,52 e 80,1 pontos respectivamente, sendo classificados como de qualidade superior de bebida (Ferrão *et al.*, 2013a, b, c; Ferrão *et al.*, 2017; Ferrão *et al.*, 2019b). Verifica-se que a cultivar de propagação por sementes (‘ES8152’ Conquista) apresentou a maior pontuação global, o que corrobora com os resultados iniciais, descritos por Lambot *et al.* (2008) envolvendo as cinco primeiras cultivares clonais e a cultivar propagada por sementes, no qual também verificou maior pontuação na cultivar Emcaper 8151 ‘Robusta Tropical’ (propagação por sementes).

Na análise de 101 progênies híbridas e seis genitores do programa de melhoramento de conilon do Incaper, de amostras coletadas na Fazenda de Marilândia, verificou-se pela metodologia da Specialty Coffee Association – SCA (SCA, 2015). Que 34 genótipos foram classificados como cafés especiais e/ou finos, com pontuações ≥ 80 pontos (80 a 84,63) (Souza, 2021). Destaque para a progênie HS89 (clone 83 x clone 03) e o genitor P5 (Clone 73) que receberam as maiores pontuações sensoriais no estudo. Na média, o total de tratamentos (107) apresentaram classificação global de 78,88 pontos. Os tratamentos com maiores notas sensoriais apresentaram menores valores de acidez, condutividade elétrica, lixiviação de potássio, ácidos clorogênicos, cafeína e maiores valores de sacarose, indicando que esses atributos estão relacionados com a qualidade sensorial da bebida Segundo os autores, nas análises conjuntas, envolvendo dados agronômicos, físico químicos e sensoriais, observou-se ampla variabilidade entre os genótipos, com destaque para os 34 com pontuações sensoriais maiores, que também se mostraram superiores agronomicamente dentro do conjunto de variáveis estudadas e, com divergência genética.

Para o café arábica, vários trabalhos vêm sendo realizados envolvendo dois grupos de genótipos (40 e 13), ambos conduzidos em dois locais, Fazenda Experimental de Venda Nova (FEVN) e Fazenda Experimental de Mendes da Fonseca no Centro Regional de Desenvolvimento Rural Centro Serrano (CRDR), situadas a 720m e 950 m de altitude, respectivamente. As amostras analisadas na FEVN foram provenientes das safras 2015, 2016, 2018 e 2019 (grupo de 40 genótipos), e 2017, 2018 e 2019 (grupo de 13 genótipos), obtidas do processamento cereja descascado (CD). Já no CRDR Serrano, as amostras analisadas foram colhidas nas safras entre 2017 e 2019 (grupo de 40 genótipos) e entre 2018 e 2020 (13 genótipos) e, obtidas do processamento natural.

Os resultados alcançados permitiram observar que as notas globais máximas obtidas, segundo a escala proposta pela Associação de Cafés Especiais (SCA), variou entre 83,1 a 84,9 pontos para o grupo de 40 genótipos e de 83,3 a 85,1 para os 13 genótipos, sendo mais elevadas para os dois grupos de genótipos cultivados no CRDR Centro Serrano, com maior altitude e processamento natural (Figura 14). A escala da SCA, caracteriza cafés de alta qualidade ou especiais aqueles com pontuação global acima de 80 pontos.

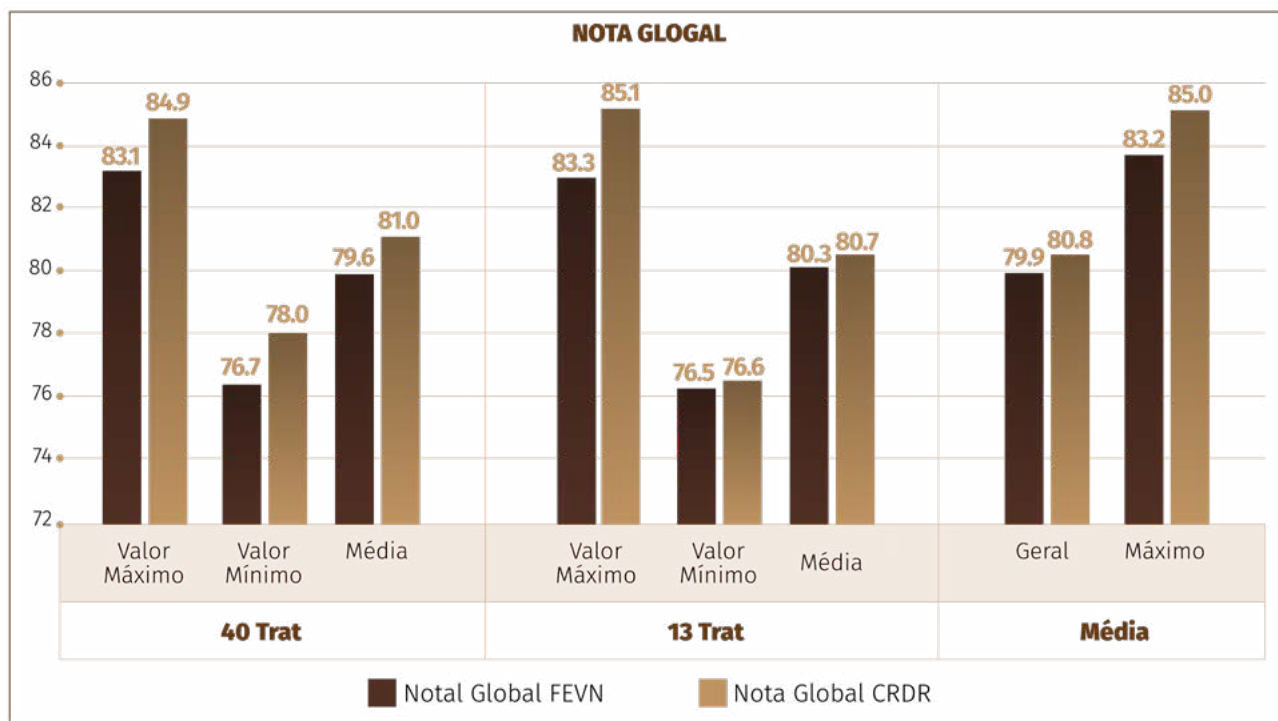


Figura 14 – Dados médios do atributo sensorial nota global de dois grupos de genótipos de café Arábica do programa de melhoramento do Incaper avaliados na Fazenda Experimental de Venda Nova (FEVN) e no Centro Regional Centro Serrano (CRDR), localizados a 700 e 950 m de altitude, respectivamente. Na FEVN (Cerejas Descascadas - CD): média das safras 2015, 2016, 2018, e 2019 (40 genótipos) e 2017 a 2019 (13 genótipos); CRDR (Processamento Natural): média das safras de 2017 a 2019 e 2020 (40 genótipos) e 2018 a 2020 (13 genótipos).

Fonte: Dados do programa de melhoramento do Incaper.

As médias gerais foram 80,8 no CRDR e 79,9 na FEVN, enquanto as médias mínimas nestes locais variaram entre 76,5 e 76,7 na FEVN e entre 76,6 e 78,0 no CRDR. Considerando os dois grupos de genótipos juntos (53), verificou-se média de 79,95 pontos e 80,85 pontos para FEVN e CRDR, respectivamente. Esses resultados permitem caracterizar a elevada qualidade dos materiais estudados como um todo bem como a oportunidade de novas seleções com boa possibilidade de obtenção de ganho genético para qualidade de bebida em futuras cultivares, haja vista a importante variabilidade observada entre as notas globais máximas e mínimas alcançadas nos locais estudados.

A diferença observada entre as pontuações obtidas nos dois locais, é normalmente atribuída à altitude, uma vez que altitudes mais elevadas, são, normalmente, associadas às temperaturas mais baixas, que via de regra favorecem a qualidade da bebida do café, conforme observou também Ferrão, *et al.* (2009). Segundo estes autores, para um mesmo material genético cultivado com as mesmas práticas agrícolas, têm-se melhores cafés em altitudes mais elevadas e de temperaturas mais amenas. No estudo envolvendo amostras de grãos das cultivares Rubi, ‘Catuaí Vermelho IAC 44 e ‘Catuaí Vermelho’ IAC 81 obtidas de três locais distintos, situados a 720m, 950m e 1100 m de altitude, verificaram diferenças não significativas das cultivares no mesmo local e diferenças significativas entre locais para a nota global, com destaque para ‘Catuaí Vermelho’ IAC 81 com média de 86,65 pontos e Rubi com 86,47 pontos na altitude de 1100 m.

Contudo, nos trabalhos envolvendo os dois grupos de genótipos (40 e 13), não foi possível estabelecer este tipo comparação tendo em vista a utilização de diferentes formas de processamento em cada local estudado. Vale ainda registrar os resultados do estudo comparativo da avaliação de 4 genótipos de Conilon (clones 101, 105 e 108, da cultivar Diamante e Robusta Tropical), com três cultivares de arábica (‘Catuaí Vermelho’ IAC 81, Obatã e Topázio) (Lemos *et al.*, 2020). De acordo com os autores, na análise sensorial, o genótipo clone 108 Diamante (clone A1) apresentou o maior escore final (82), que foi ainda maior do que o da cultivar Obatã (81 pontos). Os metabólitos trigonelina, cafeína e açúcares revelaram maiores concentrações nos genótipos 105 (clone 02) e 108 (clone A1). Adicionalmente, os resultados mostraram, com clareza, que as pontuações sensoriais foram influenciadas pelo tempo de maturação, onde os cafés colhidos com apenas 60% dos frutos maduros apresentaram as pontuações mais baixas em relação à colheita com 80 e 100% maduros.

Resultado similar foi encontrado por Salustriano (2019), em que a fase de maturação afetou diretamente a composição química, o perfil sensorial e as atividades biológicas dos cafés, e que, o clone 108 Diamante apresentou a maior nota sensorial. Assim, entre os cafés conilon estudados nestes dois trabalhos, o genótipo 108 Diamante (clone A1) apresentou características promissoras de aroma e sabor, descrito como tendo sabores como amadeirado, frutado, doce e licor, o que tem despertado interesse dos provadores e dos compradores para sua comercialização nacional e internacional.

4 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS E SENSORIAIS RELACIONADOS À QUALIDADE DA BEBIDA DO CAFÉ

A qualidade da bebida depende da combinação de diferentes atributos que atuam sobre a percepção do consumidor. O que se pretende obter com muitas das pesquisas desenvolvidas no que diz respeito às análises sensoriais e químicas de café, é a identificação desses indicadores no

grão. Para isso, têm sido empregados como material de estudo principalmente o café cru, uma vez que ao torrar, novas variáveis estarão envolvidas e deverão ser consideradas, visto que a composição do grão passa por transformações de intensidade variável em função do rigor do processo (Salva, 2007).

Trabalhos nesta linha apontam que o amargor, a adstringência e o gosto 'ruim' da bebida de café se devam ao nível de concentração de ácidos clorogênicos e das proporções diferentes em que os mesmos se encontram no café cru (Farah e Lima, 2019). Cafés no estágio de maturação adequado na ocasião da colheita, contêm menos ácidos clorogênicos e proporcionam bebidas menos adstringentes. Entre os compostos mais abundantes em café cru encontra-se a sacarose. Tanto a sacarose quanto a trigonelina estão altamente relacionadas com a composição do aroma da infusão. Cafés com concentrações mais elevadas desses compostos são potencialmente mais aromáticos do que aqueles em que se encontram em concentrações mais baixas.

As informações geradas estão sendo úteis para melhor fundamentar a seleção dos genótipos para o desenvolvimento e a recomendação de novas cultivares de café conilon e arábica, que devem reunir atributos quantitativos e qualitativos superiores, visando contribuir para o alcance de melhor qualidade para os cafés produzidos no Espírito Santo (Fonseca *et al.*, 2019b). Soma-se a isto, o acúmulo de novas informações e conhecimentos obtidos para aperfeiçoamento das mais adequadas estratégias de melhoramento da espécie, sejam processos de seleção, hibridações dirigidas e mesmo o melhoramento de populações através da seleção recorrente no programa de melhoramento da espécie.

Os trabalhos desenvolvidos permitem ainda que sejam estabelecidas correlações entre determinadas características morfo-agronômicas e físico-químicas, com características sensoriais, que podem se prestar para a seleção indireta, mais precoce e menos onerosa, dos genótipos mais valiosos quanto à qualidade final do produto, que se constitui no objetivo maior do trabalho como um todo.

Com o desenvolvimento das atividades do trabalho, bem como com a interpretação dos resultados alcançados, é possível selecionar e/ou indicar entre os genótipos estudados, aqueles com as mais adequadas características físicas, físico-químicas e sensoriais, de modo identificar entre os mesmos, aqueles com maiores oportunidades de contribuir para a obtenção de ganho de futuras cultivares, que aliem as melhores performances produtivas à melhor qualidade final do produto. Naturalmente, trabalhos como este, precisam ter continuidade para que novos genótipos sejam estudados e com isto aumentar as chances de identificação daqueles mais promissores para o alcance dos objetivos.

Vale ressaltar, que além dos dados apresentados, muitos outros resultados importantes poderão ser acessados nas publicações referentes aos trabalhos originais, citadas no item “Referências Bibliográficas”.

Dentro desta abordagem, é fundamental considerar que cafés de qualidade superior são alcançados com a utilização simultânea de cultivar e práticas agrícolas adequadas.

Os resultados conjuntos têm possibilitado a formação de um valioso banco de dados de aplicação básica e aplicada no programa de melhoramento do Incaper, através do qual é possível a evidenciação do comportamento dos genótipos estudados para características associadas à qualidade, possibilitando ranquear aqueles que se destacam quanto às propriedades físicas, físico-químicas e sensoriais, isolada ou conjuntamente, conforme objetivo do projeto. Nas avaliações sensoriais, observou-se que o ano de cultivo e o local interferem nos atributos avaliados. Estas diferenças são potencializadas por práticas agrícolas no processo produtivo, na colheita e pós-colheita, nem sempre possível de mensurações. Paralelamente, os trabalhos permitiram a capacitação de estudantes de mestrado e doutorado, com a elaboração e defesas de dissertações e teses na área físico-química e sensorial.

Por fim, registra-se de forma indelével que os resultados obtidos são de grande importância para o programa de melhoramento genético do Incaper, uma vez que deu início a esta linha trabalhos em andamento que visam ampliar o escopo alcançado, com novas ações no que diz respeito ao seu tema central, a melhoria da qualidade dos cafés do Espírito Santo.

5 CONCLUSÃO

O conjunto de dados e resultados possibilitaram ao Incaper identificar e ranquear genótipos que se destacaram quanto às suas principais propriedades qualitativas, isoladas ou conjuntamente. E permitiram a seleção daqueles de interesse do programa de melhoramento de ambas as espécies (*C. arabica* e *C. canephora*), em função das características que se deseja conferir às futuras cultivares, conforme objetivos e metas de cada projeto em particular.

As informações geradas e disponibilizadas contribuíram para a fundamentação de estratégias e ações de pesquisa relacionadas à qualidade do café. Estudos nessas linhas de pesquisa deverão prosseguir nos próximos anos, aliando diferentes locais e sistemas de cultivo com tecnologias de colheita, processamento das amostras e análises.



REFERÊNCIAS

- AFONSO JÚNIOR, P. C. A.; CORRÊA, P.C. Influência do tempo de armazenagem na cor dos grãos de café pré-processados por “via seca” e “via úmida”. **Ciência e agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1268-1276, 2003.
- ALIXANDRE, F. T. *et al.* Influência da forma de processamento na qualidade final do café conilon. In: X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2019. **Resumos expandidos**, Vitória: SBICafé, 2019.
- ALIXANDRE, F. T. *et al.* Café arábica: produza seu café especial. Vitória, ES: Incaper, 2022. (Incaper, Documentos, 287).
- ALVES, R. C. *et al.* Isoflavones in Coffee: Influence of Species, Roast Degree, and Brewing Method. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.58, s.n., p.3002-3007, 2011.
- BORÉM, F. M. *et al.* Avaliação sensorial do café cereja descascado, armazenado sob atmosfera artificial e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras: v. 32, n. 6, p. 1724-1729, 2008.
- BUTT, M. S.; SULTAN, M. T. Coffee and its consumption: benefits and risks. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 51, n. 4, p. 363-373, 2011
- CLARKE, R. J. Green Coffee. In: CABALLERO, B.; TRUGO, L. C.; FINGLAS, P. (Eds.). **Encyclopedia of food sciences and nutrition**. Academic Press: London, England, v. 3, 2003. p. 1486.
- CQI/UCDA. Coffee Quality Institute/Ugandan Coffee Development Authority. **Fine robusta coffee standards and protocols**. Disponível em: <https://finerobusta.coffee/>. Acesso em: 29 jul. 2019.
- FARAH, A. Coffee constituents. In: CHU, Y. F. (Ed). **Coffee: Emerging health effects and disease prevention**, John Wiley & Sons, v. 1, 2012, p. 22-58.
- FARAH, A.; LIMA, J. de P. Consumption of chlorogenic acids through coffee and health implications. **Beverages**, [S. l.], v. 5, n. 1, 2019. (DOI: 10.3390/beverages5010011).

FERRÃO, M. A. G. *et al.* Qualidade de café arábica em diferentes altitudes no Espírito Santo. In: VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2009, Vitória, ES. **Anais do VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2009. v. CD

FERRAO, R. G. *et al.* *Coffea canephora* In: Conilon Coffee. 3 ed. Vitória: **Incaper/DCM**, 2019a, v.1, p. 29-45, 2019.

FERRÃO, R.G. *et al.* **“Diamante ES 8112”**: nova variedade clonal de café Conilon de maturação precoce para o Espírito Santo. 2.ed. Vitória: INCAPER, 2013b. (INCAPER. Documentos, 219). Folder.

FERRÃO, R.G. *et al.* **‘ES 8122’ - Jequitibá**: nova variedade clonal de café Conilon de maturação intermediária para o Espírito Santo. 2.ed.rev. Vitória: INCAPER, 2013c. (INCAPER. Documentos, 220). Folder.

FERRÃO, R.G. *et al.* **‘Centenária ES 8132’**: nova variedade clonal de café Conilon de maturação tardia para o Espírito Santo. 2.ed. rev. Vitória: INCAPER, 2013a. (INCAPER. Documentos, 221). Folder.

FERRÃO, R.G. *et al.* **“Marilândia ES8143”**: cultivar clonal de café Conilon tolerante à seca para o Espírito Santo. Vitória: INCAPER, 2017c. (INCAPER. Documentos, 249). Folder.

FERRAO, R. G. *et al.* **‘Conquista ES8152’** - Cultivar melhorada de café conilon propagada por sementes para o Espírito Santo. VITÓRIA: Incaper, 2019b (FOLDER - DOCUMENTO Nº 263).

FONSECA. A. F. A. DA *et al.* Composição química de café conilon (*Coffea canephora*). In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7, 2011, Araxá. **Anais...** Brasília: 2011. CD-ROOM.

FONSECA, A. F. A. DA *et al.* Quality and Classification of Conilon Coffee. In: FERRÃO, R.G; FONSECA, A. F. A. DA; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER. (Org.). **Conilon Coffee**. 3ªed. Vitória, ES: Embrapa Café, 2019a, v. 1, p. 685-723. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/3514/1/book-conilon-coffee-3rd-edition-2019-ncaper.pdf>. Acessado em: 12 ago. 2021

FONSECA, A. F. A. DA *et al.* Caracterização sensorial de progênies de café arábica em fase avançada de melhoramento genético no Espírito Santo. In: X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2019b, Vitória, ES. **Anais do X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2019b.

GALOTE, J. K.B. *et al.* Índices de qualidade e bebida dos frutos do conilon robusta tropical por via seca. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1647-1653, 2013.

GURLEY, B. J. *et al.* Multi-ingredient, caffeine-containing dietary supplements: History, safety, and efficacy. **Clinical Therapeutics**, v. 37, n. 2, p. 275-301, 2015.

HERRERA, J. C.; LAMBOT, C. The Coffee Tree Genetic Diversity and Origin. In: OLMER, B. (Ed.). **The Craft and Science of Coffee**. Academic Press, 2017. p. 1-16.

KRUG, C. A. *et al.* **Taxonomia de *Coffea arabica* L.: descrição das variedades e formas encontradas no Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1939.

LAMBOT, C. *et al.* Evaluation of conilons for fenetic diversity, cup quality and biochemical composition. In: 22nd International Conference on Coffee Science, 2008, Campinas, SP-Brazil. **Association for Science and Information on Coffee - ASIC**, 2008. v. 1. p. 82-82, 2008.

LEMOS, M. F. *et al.* Chemical and sensory profile of new genotypes of Brazilian *Coffea canephora*. **Food Chemistry**, v. 310, p.125850, 2020.

LIMA FILHO, T. *et al.* Composição físico-química e qualidade sensorial de café conilon produzido no Estado do Espírito Santo e submetido a diferentes formas de processamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1723-1730, 2013.

MACHADO, C. M. S. **Caracterização físico-químicas de genótipos de *Coffea arabica* L. no Espírito Santo**. Tese mestrado (Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Federal do Espírito Santo - Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. 2019

MACHADO, C. M. S. *et al.* Caracterização físico-química de genótipos de *Coffea arabica* por via úmida e via seca. In: **X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 2019, Vitória, ES. Anais do X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Brasília, DF: Embrapa Café, 2019.

MACHADO FILHO, J. A. *et al.* Qualidade e classificação do café Conilon. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 41, p. 114-123, 2020.

MALTA, M. R. *et al.* Qualidade de bebida de grupos genealógicos de genótipos elite de café arábica submetidos ao processamento via úmida. In: X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. **Resumos expandidos**, Vitória: SBICafé, 2019.

MARTINEZ, H.E.P. *et al.* Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. **Revista Ceres**, v. 61, p. 838-848, 2014.

MARTINEZ, H. E. P. *et al.* Mineral Nutrition and Fertilization. In: FARAH, A. (Ed.). **Coffee: Production, Quality and Chemistry**. Londres, Reino Unido: Royal Society of Chemistry, p. 163-201, 2019.

MAZZAFERA, P. *et al.* A cor verde do endosperma do café. **Instituto Agronômico de Campinas**, v. 47, n. 2, p. 159-170, 1988.

MEJIA, E. G. DE; RAMIREZ-MARES, M. V. Impact of caffeine and coffee on our health. **Trends in Endocrinology and Metabolism**, v. 25, n. 10, p. 489-492, 2014.

MONTEIRO, M. C; TRUGO, L. C. Determinação de compostos bioativos em amostras comerciais de café torrado. **Química nova**, v. 28, n. 4, p. 637, 2005

MORI, A. L. B. *et al.* Sensory profile of conilon coffee brews from the state of Espírito Santo, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 1061-1069, 2018.

MORI, A. L. B. *et al.* Coffee brews composition from cultivars with different fruit-ripening seasons. **British Food Journal**, v. 122, p. 827-840, 2020.

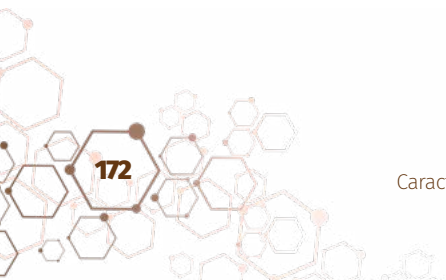
PEREIRA, R. G. A.; MALTA, M. R. Fatores que podem promover alterações nos grãos de café. In: PEREIRA, R. G. F. A. (Ed.). **Qualidade do café/ Cafés especiais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004, p. 25-39.

PINHEIRO, C. A. *et al.* Physical-chemical properties and sensory profile of *Coffea canephora* genotypes in high-altitude. **Australian Journal of Crop Science** (Online), v. 13, p. 2046-2052, 2019.

RIBEYRE, F. Reconhecendo a qualidade do café robusta. In: SALVA, T. J. G; GUERREIRO FILHO, O.; THOMAZIELLO, R. A. FAZUOLI, L. C. **Cafés de qualidade: aspectos tecnológicos, científicos e comerciais**. Campinas SP: Instituto Agronômico, p. 371-387, 2007.

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.

SALUSTRIANO, N. de A. **Avaliação dos efeitos da maturação sobre a composição e análise sensorial de genótipos de café conilon (*Coffea canephora*)**. Dissertação de Mestrado (Ciências Farmacêuticas). Universidade Vila Velha, 2019.



SCAA. Specialty Coffee Association of American. **Cupping_Protocols**, 2015. Disponível em: <http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>. Acesso em: 1 set. 2022.

SILVA, J. S. *et al.* **Conilon Coffee**. 3.ed. Vitória: Incaper, 2019. p.611 - 626. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/3514/1/book-conilon-coffee-3rd-edition-2019-Incaper.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2019.

SOUZA, L. C. **Qualidade de *Coffea canephora* associada a análises agronômicas, físico-químicas, sensoriais e moleculares**. Tese Doutorado (Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. p. 145, 2021.

CAPÍTULO 5

CAFÉS ESPECIAIS: UMA ABORDAGEM INICIAL

Patrícia Morais da Matta Campbell
Tássio da Silva de Souza



CAPÍTULO 5

CAFÉS ESPECIAIS: UMA ABORDAGEM INICIAL

1 INTRODUÇÃO

O café é classificado comercialmente como uma commodity agrícola, com destaque em transações internacionais, bem como na oferta nacional, em termos de quantidade e valor. Os principais fornecedores estão localizados nos países em desenvolvimento (Lima *et al.*, 2020), sendo tal grão um produto de extrema importância para a economia brasileira. O Brasil, com mais de um terço da produção e exportação global, é o maior produtor e exportador de café, seguido pelo Vietnã, Indonésia e Colômbia (Vieira *et al.*, 2006). A cultura ocupa no país uma área de 2 milhões de hectares com aproximadamente 300 mil produtores, sendo estes, em sua maioria, agricultores familiares (Mapa, 2017). Os produtores estão distribuídos em 1.900 municípios, nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia, Rondônia, Paraná, Rio de Janeiro, Goiás, Mato Grosso, Amazonas e Pará (Mapa, 2017), sendo cultivadas as espécies *Coffea arábica* e *Coffea canephora*.

O Espírito Santo é o segundo maior produtor brasileiro de café, sendo tal cultura a principal fonte de renda de 80% dos municípios capixabas, envolvendo aproximadamente 130 mil famílias (Ferrão *et al.*, 2017), com propriedades predominantemente pequenas, de área média de 5,5 ha (Conab, 2019). A região do Caparaó capixaba é composta por 11 municípios (Siqueira, 2010), que se destacam na produção de café arábica com mão de obra predominantemente familiar. Desde a década de 1990, a ascensão do movimento do café especial criou um segmento importante para o mercado cafeeiro. Os consumidores procuram marcas, origens e sabores especiais e estão dispostos a pagar preços mais altos por essas qualidades, criando um segmento de alto crescimento (Dias *et al.*, 2018). Em geral, os consumidores estão dispostos a consumir independentemente da volatilidade dos preços, que são um fenômeno comum no mercado do café (Lima *et al.*, 2020).

No Brasil, os critérios utilizados para classificar os grãos de café incluem aspectos físicos, como tamanho, cor e presença de defeitos nos grãos, além das características sensoriais da própria bebida. A presença de grãos defeituosos durante o processamento e torrefação contribui para sabores desagradáveis e reduz a qualidade geral da xícara (Casas *et al.*, 2017). Apesar dos aspectos físicos, o critério de qualidade mais importante usado para avaliar os cafés arábicas brasileiros é a análise sensorial ou classificação por tipo de bebida (Ribeiro *et al.*, 2012).

São muitos os aspectos que interferem na produção de um café de qualidade superior, tanto fatores externos, como a umidade, índices pluviométricos, o tipo do solo e o manejo aplicado, quanto fatores internos, como o genótipo, as necessidades nutricionais específicas destes e a interação do genótipo com o ambiente de cultivo. Lazzarini e Moraes (1958) já mostravam que processos de colheita e pós-colheita adequados são fundamentais para a obtenção de uma bebida de boa qualidade. Pereira *et al.* (2020) ressaltam que as interações entre fatores edafoclimáticos, formas de processamento, secagem, armazenamento e torrefação afetam diretamente os resultados sensoriais. DonFrancesco *et al.* (2019) corroboram que as propriedades sensoriais do café dependem de vários fatores, como as espécies/cultivares utilizadas, o processamento após a fase de colheita, a origem geográfica e os fatores climáticos, sugerindo ainda que o impacto dos microclimas é crítico para as propriedades sensoriais do café.

Os defeitos ocorrem devido a efeitos genéticos ou fisiológicos, ou por falhas em processos agrícolas, como nutrição, problemas com pragas e doenças, danos causados por secas e geadas ou outros processos como descascamento, secagem, armazenamento e processamento (Oliveira *et al.*, 2006). Os defeitos mais comuns do café, produzidos por colheita tardia ou precoce, ou por fermentação de grãos em contato com o solo, são os grãos ardidos, pretos e imaturos; particularmente os dois primeiros estão relacionados a uma forte redução na qualidade sensorial (Dias *et al.*, 2018). A colheita de grãos fora do ponto de maturação, como os grãos verdes ou de grãos caídos no chão, denominado café de varrição, também origina um produto de qualidade inferior, com esses grãos apresentando menor peso, defeitos de grãos verdes, ardidos e pretos (Azevedo, 2019). Desta forma, a colheita dos grãos fora do padrão recomendado acarreta perdas quantitativas, de massa de grãos colhidos, e qualitativas, com cafés de classificação física e sensorial inferior.

Além dessas variáveis, Tripetch *et al.* (2019) apontam que as condições e o tempo de armazenamento dos grãos de café são muito importantes para a qualidade comercial do café. Isso inclui fatores como luz, umidade e temperatura no armazém e o material de embalagem usado. Dessa forma, percebe-se que grande parte dos aspectos que interferem na qualidade final do café produzido pode ser manejada na propriedade através de boa fertilização, correção do solo, controle de pragas e doenças, colheita do fruto no ponto de maturação ideal e no pano, separação de grão boa, com uso de despulpadores, secagem em condições mais adequadas e com controle da umidade. Estudos inclusive sugerem que o manejo da cultura e os ambientes de crescimento são determinantes mais importantes da qualidade da bebida do que os fatores genéticos (Bote e Vos, 2017, Toledo *et al.*, 2016). Com um produto de qualidade, desde o plantio até a colheita, é possível obter certificações, que buscam melhorar e comunicar as condições sociais ou ecológicas de produção em diferentes regiões produtoras de café (Muradian e Pelupessy, 2005). As certificações podem ser interessantes para se atingir nichos de mercado específicos, no país ou fora dele.

Independentemente do tipo de tratamento, o produto final são os grãos verdes expostos e secos, que são o ponto de partida comercial para a produção de café torrado (Hall *et al.*, 2022). Os processos de colheita e pós-colheita, torrefação e armazenamento do café torrado são responsáveis pela produção ou degradação de diversos compostos, como carboidratos, ácidos, cafeína

e lipídios, que agregam características sensoriais à bebida de café (Cheng *et al.*, 2016, Rosa *et al.*, 2016). Dessa forma, os atributos sensoriais da bebida de café são resultado das diversas reações entre os compostos químicos presentes nos grãos de café que ocorrem durante a torra. A quantidade e a qualidade desses compostos precursores determinam os atributos que os provadores percebem na avaliação sensorial (Barbosa *et al.*, 2019). Nesse capítulo, será abordada uma revisão sobre cafés especiais, com o objetivo de enfatizar as características, classificação, protocolos, análises física e sensorial, torra, e demais fatores relevantes referentes ao tema principal. Esses tópicos são de grande importância para que técnicos e produtores possam ter uma imersão inicial no assunto, capacitando-se para a produção de cafés especiais.

2 CAFÉS ESPECIAIS

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O termo café refere-se aos produtos provenientes de arbustos do gênero *Coffea*. Este gênero compreende cerca de 124 espécies, dependendo da amplitude da classificação taxonômica (Souard *et al.*, 2018), mas apenas duas são responsáveis por quase toda a produção global de café (Hall *et al.*, 2022). *C. arábica* é uma espécie tetraplóide ($2n = 4x = 44$), e todos os outros *Coffea* spp., incluindo *C. canephora* são diplóides ($2n = 2x = 22$) (Hall *et al.*, 2022). Essa característica genética somada a percepção sensorial dos apreciadores de café leva a acreditar-se que o café arábica tenha uma qualidade de grão mais alta e, portanto, oferece uma bebida de café com melhor sabor, ‘mais apreciada’, em comparação com o robusta, que é considerado mais amargo e ‘terroso’ (Hall *et al.*, 2022). No entanto, hoje já se reconhece os sabores exuberantes que os canéforas podem apresentar.

O termo “café especial” foi cunhado primeiramente por Erna Knutsen, da Knutsen Coffee Ltd., em um discurso em 1978, para se referir a grãos com perfis de sabor únicos, produzidos em microclimas geográficos especiais (Quintão *et al.*, 2017). Atualmente, o café especial possui diversas definições que envolvem tanto as características de sua cadeia produtiva e de consumo, quanto às características físicas e sensoriais associadas aos grãos crus e torrados (Rabelo *et al.*, 2021). Uma amostra de café deve atender a vários critérios para ser classificada e vendida como café especial (Rabelo *et al.*, 2021).

“Café especial” refere-se principalmente a um café que possui qualidades de sabor desejáveis, excelentes, únicas, podendo ser de uma região geográfica específica (Velásquez *et al.*, 2019). E o aumento do seu consumo e da demanda cria uma oportunidade para os países produtores obterem preços mais altos em mercados especializados (Tolessa *et al.*, 2016). O mercado de cafés especiais está crescendo à medida que as preferências dos consumidores por cafés de alta qualidade se tornam mais complexas (Ufer *et al.*, 2019).

O segmento de mercado de café especial, que surgiu em 1980 (Rosebery, 1996) e superou as vendas no varejo de produtos tradicionais desde o início da década de 2000 (Cassia, Fattore & Paleari, 2006), foi desenvolvido pela Starbucks, que foi a principal empresa desse segmento de mercado na década de 1990 e no início da década de 2000 (Hartmann, 2011). Embora a Starbucks tenha desempenhado papel importante na década de 1990 em disseminar o mercado de práticas de consumo de apreciação e ajudado a aumentar o número de apreciadores de café (Quintão *et al.*, 2017), atualmente, estes já não experimentam café em redes de cafeterias devido à uniformidade e previsibilidade desses ambientes (Ritzer, 2007), além da percepção dos apreciadores em relação a baixa qualidade do café comercializado (Thompson & Arsel, 2004).

2.2 ESPÉCIES E VARIEDADES

Pela importância econômica são utilizadas para fins industriais em larga escala, grãos de duas espécies, *Coffea arabica* e a *Coffea canephora*. A primeira espécie, *Coffea arabica*, tem suas principais variedades separadas em três grandes grupos: Primitivas, Clássicas e Modernas. Entre as Primitivas se encontram a Typica ou Nacional, que pelo fato de ter gerado a maior parte das outras é tida como “A mãe de todas as variedades”, juntamente com o Bourbon e o Caturra. Dentre as Clássicas destacam-se Mundo Novo e Catuaí, que foram formadas pela recombinação das primitivas. As variedades modernas foram originadas a partir da combinação genética de variedades Primitivas e Clássicas com os chamados Híbridos Naturais que são resultados do cruzamento entre arábicas e canéfora que temos como exemplos os Icatús e os Catucaís. Como exemplo dos cruzamentos clássicos temos como resultados os Catimores que temos como exemplos as cultivares Catiguá e Paraíso e os Sarchimores tendo como exemplos as cultivares Obatã e Tupi. As plantas do *Coffea canephora* são originárias de planícies africanas de países como Uganda e antigo Congo. Caracterizam-se pela sua robustez, e sua alta capacidade e estabilidade produtiva. Suas variedades mais conhecidas são a Robusta, produzida principalmente no sudeste Asiático, Índia e Camarões e a Conilon.

2.3 PONTO DE MATURAÇÃO

A fruta do cafeeiro é classificada como não climatérica, ou seja, só amadurece enquanto estiver ligada a planta, e dessa forma, o momento de aumento da produção de etileno e seu aumento associado da respiração e alterações metabólicas, por exemplo, no metabolismo do açúcar, desglicosilação e despolimerização, como discutido por Pereira *et al.* (2005), são de grande importância química. Consequentemente, o momento preciso da colheita é crucial (Hall, *et al.*, 2022). E, portanto, no tocante a qualidade da bebida o ponto de maturação é parâmetro fundamental.

O estágio de amadurecimento é importante porque, como observado em diversas espécies de grãos (Quinet *et al.*, 2019), durante o amadurecimento, frutos e sementes sofrem uma mudança de paradigma no metabolismo. Desde que a fecundação das flores se confirme com a conse-

quente formação dos frutos, inicia-se um processo denominado Ciclo Fenológico ou, simplesmente, Ciclo da Fruta.

No caso das frutas não climatéricas, esse ciclo se encerra quando a fruta atinge o ponto de amadurecimento, seguido do processo conhecido por senescência. Caso a fruta não tenha alcançado a plena maturação e for retirada antecipadamente da planta, têm-se os chamados grãos imaturos, que conferem adstringência à bebida. É importante destacar que da fruta do cafeeiro o que se busca são as sementes, assim, o conceito de qualidade está intimamente ligado com o fato de que sementes de melhor qualidade são as provenientes de frutos maduros.

2.4 PROCESSOS DE PRODUÇÃO

2.4.1 Processamento natural

Após colhido, pode-se preparar o café de duas formas: por via seca e via úmida. No preparo por via seca, o fruto é seco na sua forma integral com casca e mucilagem, dando origem aos cafés denominados coco ou natural (Lima *et al.*, 2008). É um método simples e barato, que não necessita de equipamentos sofisticados, sendo necessário apenas luz solar, ventilação e uma superfície plana (Camizán, 2021). Um estudo realizado concluiu que os cafés processados pelo método natural são caracterizados por ter melhor corpo, em comparação com cafés processados método via úmida que têm melhor aroma (Kleinwachter e Selmar, 2010).



Figura 1 – Secagem de café, em terreiro suspenso, proveniente de processamento natural.



Figura 2 – Café natural após 15 dias de secagem em terreiro suspenso.

2.4.2 Processamento via úmida

2.4.2.1 Cereja descascado

No processamento via úmida, obtém-se o café denominado cereja descascado. O processo consiste em após a separação dos grãos boa, aqueles são levados para o despulpador, onde é retirada a casca dos grãos. Após este processo, os grãos podem ser lavados, no processo conhecido como “*fully washed*”, que consiste na imersão por algumas horas para retirada da mucilagem ou levados diretamente ao terreiro para secagem, resultando nos cafés *honey*.



Figura 3 – Processo de descascamento de café especial, utilizando despulpador a seco, em propriedade no município de São José do Calçado/ES.



Figura 4 – Cafés cereja descascado em processo de secagem em terreiro suspenso.

2.4.2.2 Honey

No processamento honey ou semi-seco, a polpa do fruto é totalmente removida, deixando o grão coberto de mucilagem, que adere ao grão durante o processo de secagem ao sol ou em terreiro (Parra *et al.*, 2020). A bebida obtida por este método de processamento suave, com intensos aromas frutados ou herbáceos doces, amargor moderado, acidez agradável e xícara limpa (Castro *et al.*, 2022). O processo honey, consiste em colocar o café em pergaminho, logo após ser despolpado, direto para secagem, não é fermentado ou lavado, e podem se obter três colorações: amarelo, vermelho e preto (Camizán, 2021). A secagem ocorre em condições específicas, de umidade e temperatura.

Os cafés honey, secos com mucilagem aderida ao pergaminho o pergaminho, afetam diretamente a doçura na xícara, sabor único, são caracterizados por uma doçura diferente, muitos sabores de frutas e acidez, que é de grande interesse para os torrefadores (Camizán, 2021). Os “*yellow honey*”, ou também chamados honeys tradicionais, possuem menor quantidade de mucilagem, enquanto os “*black*” e “*red honeys*”, precisam de maior quantidade de mucilagem residual, associadas a um clima úmido para serem formados, gerando um café mais encorpado na xícara.

a



b



Figura 5 – Cafés cereja descascado classificados como Yellow honey(a) e Red honey (b).



Figura 6 – Café cereja descascado, classificado como Black honey, produzido no município de Mimoso do Sul/ES.

2.4.3 Fermentados

A fermentação do café envolve a ação de microrganismos, como bactérias ácido lácticas, algumas Enterobacteriaceae e Bacillus, cujo metabolismo tem influência significativa na composição dos grãos e, conseqüentemente, nas características sensoriais da bebida (Cruz-O'byrne *et al.*, 2021). É uma etapa importante no processamento do café que promove a remoção da mucilagem aderida aos frutos, ocorre quando a água, o açúcar, e os amidos do fruto começam a se decompor em ácidos e álcoois, e os responsáveis por essa decomposição são os microrganismos (PDG Brasil, 2021). Este processo tem impacto direto na qualidade do café (Magalhães Junior *et al.*, 2020).

Os componentes aromáticos são particularmente importantes no café porque são os principais constituintes da experiência sensorial da bebida (Bhumiratana, Adhikari, & Chambers, 2011). Assim, sabores diferenciados e alta complexidade são utilizados como parâmetros na caracterização de cafés especiais (Sunarharum, Williams, & Smyth, 2014). Fatores como origem geográfica, clima, espécie, métodos de colheita, processamento e armazenamento também influenciam na qualidade final do produto (Abreu *et al.*, 2019, Figueiredo *et al.*, 2019, Yang *et al.*, 2016). Durante o processamento pós-colheita, a fermentação controlada, onde há monitoramento e controle de variáveis como temperatura, pH e tempo, ajuda a melhorar a qualidade sensorial do café (Bressani *et al.*, 2019). O metabolismo das leveduras pode levar à hidrólise de macromoléculas, gerando importantes precursores de aroma, como açúcares redutores, aminoácidos e ácidos clorogênicos (Lee, Cheong, Curran, Yu, & Liu, 2015).

Os perfis sensoriais dos cafés sensoriais são influenciados por características genéticas, fatores geográficos, práticas agrícolas e técnicas de pós-colheita (Borrella, Mataix, & Carrasco-Gallego, 2015). O processo de fermentação do café pode ser realizado em cafés de diferentes formas de processamento: no método natural e no despulpado (Farah, 2019). No método natural, os frutos inteiros recém-colhidos são transferidos para um terreiro onde os frutos são fermentados e secos. No método úmido, o exocarpo e parte do mesocarpo são removidos mecanicamente (Brando & Brando, 2014) e o café em pergaminho é transferido para tanques de água, onde a mucilagem restante é degradada e solubilizada durante o processo fermentativo (6–72 h) (Brando & Brando, 2014). Os grãos de café são então removidos dos tanques e secos ao sol. No despulpado natural, a casca do café e parte ou toda a mucilagem são removidas mecanicamente, e o café é transferido para uma plataforma de secagem onde os grãos são fermentados e secos até 11% de umidade (Vilela *et al.*, 2010).

Os diferentes métodos de processamento e condições ambientais modificam o comportamento microbiano, precursores voláteis e produção de ácidos orgânicos dos grãos de café verde, contribuindo para modificações nos perfis voláteis e aromáticos do café torrado (Bressani *et al.*, 2018; Ribeiro *et al.*, 2017).



Figura 7 – Café após o processo de fermentação.

3 ANÁLISE FÍSICA

De acordo com a Instrução normativa nº 8, de 11 de junho de 2003, para análise física, a amostragem deve ser realizada por furação ou calagem, sendo os sacos tomados inteiramente ao acaso, em no mínimo de 10% do lote, mas sempre representando a expressão média do lote numa quantidade mínima de 30g (trinta gramas) de cada saco. As amostras assim extraídas serão homogeneizadas, reduzidas e acondicionadas em no mínimo 3 (três) vias, com peso de no mínimo 1kg (um quilograma) cada.

A amostra destinada à classificação, é homogeneizada e reduzida pelo processo de quarteamento de uma dessas amostras de um quilograma, até a obtenção da amostra de trabalho, ou seja: 300g (trezentos gramas) pesada em balança digital previamente aferida. A classificação do café inicia-se pela contagem de grãos defeituosos e impurezas na amostra de café beneficiado. A partir do número de defeitos e impurezas encontrados na amostra, são definidos o tipo do café e a porcentagem de catação. Para catação é utilizada cartolina preta ou pauta própria, composta de papelão encerado ou plástico de cor preta-fosca, conhecida como tabela, que contém gravadas em sua superfície as tabelas de identificação de defeitos e classificação por tipo.

O primeiro passo é efetuar a separação das matérias estranhas e impurezas presentes na amostra, como paus e pedras (Defeitos extrínsecos). Pesá-las, anotando no laudo o peso e o percentual encontrado. A contagem é feita separadamente, pois cada categoria possui uma equivalência de defeitos. De posse da amostra de trabalho, isenta de matérias estranhas e impurezas, separa-se os defeitos: preto; ardido; preto verde; concha; mal granado; verde; quebrado (Defeitos intrínsecos). Quando é verificada a incidência de dois ou mais defeitos em um mesmo grão, prevalece o de maior gravidade, estabelecido de acordo com a Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003. Estes também deverão ser contados e pesados individualmente. A contabilização dos defeitos (Tabela 1) é realizada conforme Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003.

Tabela 1 – Equivalência de defeitos

(continua)

Grãos imperfeitos/Impurezas	Equivalência	Número de defeitos
Grãos pretos (totalmente)	1:1	1
Grãos ardidos (totalmente)	1:1	1
Grão brocado (severo)	1:1	1
Grão atacados por fungos	1:1	1
Pedra, pau ou torrão grande	1:1	1
Pedra, pau ou torrão regular	1:1	1
Pedra, pau ou torrão pequeno	1:1	1

Grãos imperfeitos/Impurezas	Equivalência	Número de defeitos
Coco/Marinheiro	1:1	1
Grãos pretos (Parcialmente)	3:1	1
Grãos ardidos (Parcialmente)	3:1	1
Grãos mofados	5:1	1
Grãos verdes	5:1	1
Grãos mal formados	5:1	1
Grãos quebrados/cortados	5:1	1
<i>Grãos concha</i>	<i>5:1</i>	<i>1</i>
Casca grande	5:1	1
Grãos brocados (severo)	5:1	1
Pergaminho	5:1	1
Casca	5:1	1
Grão brocado (Leve)	10:1	1

Fonte: Specialty Coffee Association of America.

O tipo do café é dado conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação do grão beneficiado cru em função do tipo

(continua)

Defeitos	Tipos	Pontos	Defeitos	Tipos	Pontos
4	2	+100	46	5	50
4	2--05	+95	49	5 - 05	55
5	2 -- 10	+90	53	5 - 10	60
6	2--15	+85	57	5 - 15	65
7	2--20	+80	61	5 - 20	70
8	2--25	+75	64	5 - 25	75
9	2--30	+70	68	5 - 30	80
10	2--35	+65	71	5 - 35	85
11	2--40	+60	75	5 - 40	90
11	2--45	+55	79	5 - 45	95

Defeitos	Tipos	Pontos	Defeitos	Tipos	Pontos
12	3	+50	86	6	100
13	3--05	+45	93	6 - 05	105
15	3--10	+40	100	6 - 10	110
17	3--15	+35	108	6 - 15	115
18	3--20	+30	115	6 - 20	120
19	3--25	+25	123	6 - 25	125
20	3--30	+20	130	6 - 30	130
22	3--35	+15	138	6 - 35	135
23	3--40	+10	145	6 - 40	140
25	3--45	+5	153	6 - 45	145
26	4	Base	160	7	150
28	4--05	5	180	7 - 05	155
30	4--10	10	200	7 - 10	160
32	4--15	15	220	7 - 15	165
34	4--20	20	240	7 - 20	170
36	4--25	25	260	7 - 25	175
38	4--30	30	280	7 - 30	180
40	4--35	35	300	7 - 35	185
42	4--40	40	320	7 - 40	190
44	4--45	45	340	7 - 45	195
			360	8	200
			>360	Fora de Tipo	

Fonte: Instrução normativa MAPA, nº 8 de 11 de junho de 2003.

A porcentagem de catação é calculada para avaliar a qualidade do café e indicar pontos onde o produtor pode amenizar e evitar possíveis defeitos. Primeiro é calculado a porcentagem das impurezas e posteriormente de defeitos. Por fim, é realizada a classificação quanto ao tamanho dos grãos. Consiste na passagem de uma amostra de 100 g, em um jogo de peneiras, na seguinte ordem: Peneira 19 (Chato); Peneira 13 (moca); Peneira 18 (Chato); Peneira 12 (Moca); Peneira 17 (Chato); Peneira 11 (moca); Peneira 16 (chato); Peneira 10 (moca); Peneira 15 (Chato); Peneira 9 (moca); Peneira 14 (chato); Peneira 13 (chato); Peneira 8 (moca); Peneira 10 (chato) e fundo plano. As quantidades retidas em cada peneira são pesadas e anotadas em laudo.



Figura 8 – Análise física em grãos de café cru.

4 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial consiste em uma avaliação, realizada por profissionais treinados e certificados, que pontua diferentes atributos do café analisado, chegando a uma nota final, que irá ou não caracterizá-lo como especial, nesse tópico será abordada a metodologia SCAA (*Specialty Coffee Association of America*) de avaliação. Para a análise sensorial, os grãos são previamente torrados. A torra é realizada preferencialmente dentro de um prazo de 24 horas antes da degustação, observando-se descanso após a torra de no mínimo 8 horas. A torra deve ser de leve a leve-média intensidade (Cor: #65 a #55, Sistema SCAA-Agtron), com tempo da torra entre 8 e 12 minutos, respeitando-se as características da origem. Ao atingirem a temperatura da sala (em torno de 20°C), as amostras são estocadas em recipientes fechados até a degustação, minimizando sua exposição ao ar para evitar contaminações. Para degustação, as amostras são preparadas na concentração de 5,5% m/v, onde devem ser pesados os grãos, que serão moídos imediatamente antes da degustação, não mais do que 15 minutos antes da infusão com água. O tamanho da partícula moída deve ser semelhante à usada na extração por coador com 70% a 75% das partículas passando em peneira de furos 20 mesh.

A avaliação é feita em cinco xícaras, que já contendo o café moído, recebem água com temperatura de aproximadamente 93°C, adicionada em movimentos circulares. Após adicionada a água, as amostras permanecem em repouso por 4 minutos e são, então, provadas. São avaliados 11 atributos segundo o protocolo da *Specialty Coffee Association of America*-SCAA. São eles: fragrância/aroma, sabor, finalização, acidez, corpo, uniformidade, balanço, xícara limpa, doçura, pontos e defeitos, preenchidos em formulário padrão da SCAA. Cada quesito recebe uma nota que varia de 0 a 10 com intervalos de 0,25 pontos. Quesitos com notas abaixo de 6 pontos indicam que o café possui baixa qualidade. Entre 6 e 6,75 são bons, 7 e 7,75 muito bons, 8 e 8,75 excelentes e de 9 até 10 excepcionais.

Após a avaliação o café pode ser classificado qualitativamente a partir da pontuação recebida: acima de 80 classificado como café especial; entre 70 e 79 como café comercial fino; entre 60 a 69 como café comercial e abaixo de 60 como café inferior.

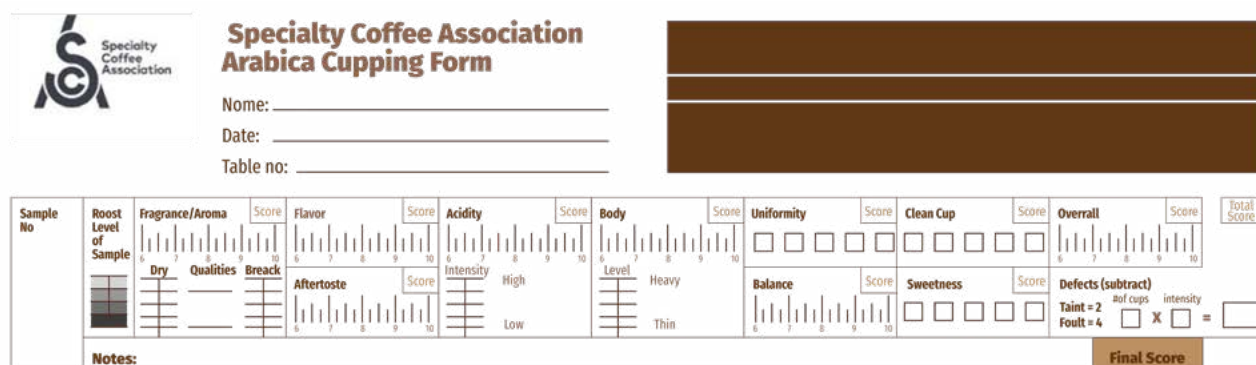
O laudo de análise do **Protocolo SCAA** obedece aos critérios criados pelo (extinto) *Technical Standards Committee-TSC* e pode ser emitido por qualquer Q-Grader certificado em qualquer parte do mundo. Consiste em uma escala de zero a cem pontos, com dez atributos que podem ter classificação de seis a dez (Figura 9).

Quality Scale			
6,00 - GOOD	7,00 - VERY GOOD	8,00 - EXCELLENT	9,00 - OUTSTANDING
6,25	7,25	8,25	9,25
6,50	7,50	8,50	9,50
6,75	7,75	8,75	9,75

Figura 9 – Escala de Qualidade segundo o Protocolo SCA para Cafés especiais.

Fonte: Specialty Coffee Association of America.

Qualquer nota abaixo de seis em quaisquer dos itens avaliados torna o café muito comum para ser considerado especial, outro requisito é que a soma dos valores obrigatoriamente deverá ser igual ou maior a 80 pontos. O Protocolo SCA não é o único protocolo utilizado no mundo, outras organizações e concursos criaram seus próprios protocolos, como é o caso da *Cup of Excellence*. Porém, o protocolo SCA é o padrão mundial para a classificação de cafés de qualidade (Figura 10).



The image shows the Specialty Coffee Association Arabica Cupping Form. It includes a header with the SCA logo and the title 'Specialty Coffee Association Arabica Cupping Form'. Below the header are fields for 'Name:', 'Date:', and 'Table no:'. To the right of these fields is a large brown rectangular area. The main body of the form is a table with columns for various attributes: Sample No, Roast Level of Sample, Fragrance/Aroma (with sub-columns for Dry, Qualities, Break), Flavor (with sub-columns for Aftertaste), Acidity (with sub-columns for Intensity, High, Low), Body (with sub-columns for Level, Heavy, Thin), Uniformity, Clean Cup, Balance, Sweetness, Defects (subtracted), and Overall. Each attribute has a corresponding score scale from 6 to 10. At the bottom right, there is a 'Final Score' field. The form also includes a 'Notes:' section at the bottom left.

Figura 10 – Formulário de avaliação sensorial do café do Protocolo SCA.

Fonte: Specialty Coffee Association of America.

O protocolo é dividido em 11 atributos, sendo três envolvendo sabores, três relacionados às particularidades de níveis de açúcares e ácidos, três destinados às penalidades aplicadas por surgimento de defeitos aromáticos dos cafés, 1 que é de caráter global e o décimo primeiro onde se define a intensidade bem como número de xícaras dos defeitos encontrados na avaliação. Todos são descritos a seguir.



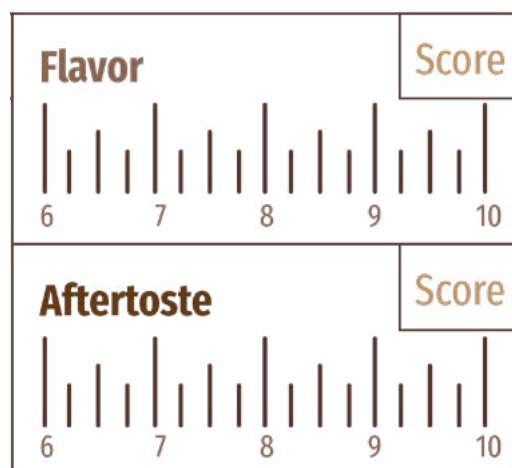


Figura 12 – Atributos de Sabor e Retrogosto segundo o Protocolo SCA para Cafés Especiais.

Fonte: Specialty Coffee Association of America.



Figura 13 – Roda de sabores para cafés especiais, incluindo notas sensoriais positivas e defeitos aromáticos.

Fonte: Specialty Coffee Association of America.

RETROGOSTO

O Retrogosto (*Aftertaste*) pode ser chamado também de Finalização, e é definido pela sensação que fica na boca após a sucção feita pelo degustador. A persistência e a qualidade residual do café são observadas sendo aplicadas pontuações mais elevadas para cafés com retrogosto longo, prazeroso adocicado (Figura 12).

ACIDEZ

A acidez (*Acid*) é um atributo de grande complexidade dentro do protocolo, sendo necessário o avaliador estar devidamente calibrado com os níveis de acidez encontrados nos cafés. Para robustas, existe a necessidade de mensurar a salinidade do café, já que esta pode estar presente na bebida, mas não pode ser superior a acidez.

A acidez desejável é a que lembra o ácido da fruta que em combinação com o açúcar natural, proporciona um sabor prazeroso, onde a acidez traz a vivacidade da bebida (Figura 14).

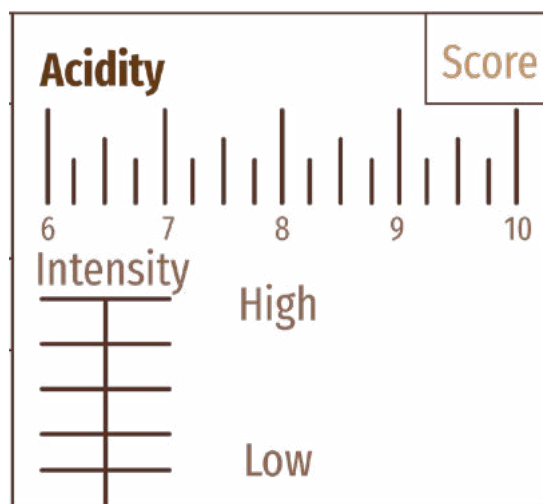


Figura 14 – Atributo Acidez segundo o Protocolo SCA para Cafés Especiais.

Fonte: Specialty Coffee Association of America.

Nesse atributo são avaliados o tipo da acidez: Fosfórica, Málica, Láctica e Cítrica e sua intensidade alta/baixa, podendo ser descrita como acidez azeda, brilhante ou licorosa.

CORPO

O Corpo (*Body*) está relacionado com a quantidade de óleos essenciais, açúcares, dentre outros compostos presentes nas sementes e é frequentemente descrito como a sensação tátil, trazendo uma percepção de densidade, podendo ser caracterizado como sedoso, macio, licoroso, cremoso e outros. No caso dos cafés especiais é esperado que essa sensação também complete o paladar por meio de uma sensação agradável (Qualidade do Corpo) (Figura 15).

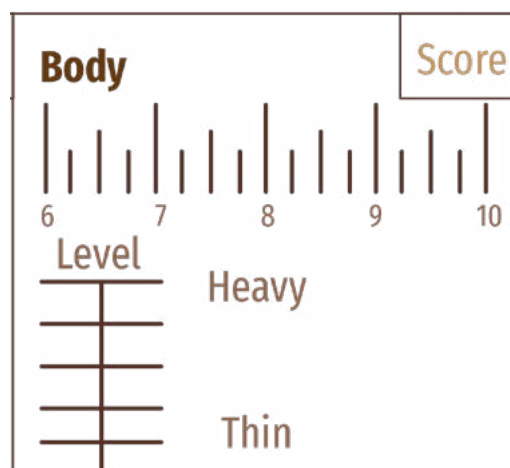


Figura 15 – Atributo Corpo segundo o Protocolo SCA para Cafés Especiais.

Fonte: Specialty Coffee Association of America.

UNIFORMIDADE, AUSÊNCIA DE DEFEITOS E DOÇURA MÍNIMA

Compreende a parte do protocolo que aplica as penalidades aos cafés, observadas nos três atributos correlacionados. Se uma das cinco xícaras examinadas perde pontos em **uniformidade** é necessário avaliar se é defeito aromático. Sendo caracterizado como defeito, também se realiza a marcação da mesma xícara no atributo **ausência de defeitos**, e se ele deixa a xícara sem o sabor do açúcar residual (perde pontos em **doçura**) (Figura 16).

Uniformity	Score	Clean Cup	Score
☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐
☐	☐	☐	☐

Sweetness	Score
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐

Figura 16 – Atributos Uniformidade, Ausência de Defeitos e Doçura Mínima segundo o Protocolo SCA para Cafés Especiais.

Fonte: Specialty Coffee Association of America.



UNIFORMIDADE

No atributo Uniformidade (*Uniformity*) são avaliadas cinco xícaras do mesmo café, uma pontuação maior representa que as xícaras são mais parecidas entre si. Se o café apresenta gostos diferentes entre essas xícaras, ele não é uniforme e tem baixa pontuação de uniformidade. Cada xícara não uniforme reduz dois pontos (Figura 16).

AUSÊNCIA DE DEFEITOS

A Ausência de Defeitos (*Clean cup*) avalia os sabores estranhos na xícara. Essas contaminações estão relacionadas com gostos fenólicos, fermentados (gosto de vinagre e não os de fermentação induzida), que podem ser originados por processos de colheita e pós-colheita inadequados onde as sementes sofrem injúrias proporcionando grãos pretos/verdes/ardidos e demais sabores que não deveriam ser observados em um café especial. São reduzidos dois pontos por xícara que apresenta esses defeitos (Figura 16).

DOÇURA MÍNIMA

A torra do café possibilita a modificação dos açúcares presentes nas sementes do café (fase Maillard). A torra perfeita, permite a máxima expressão sensorial de cada semente destacando os açúcares, modulando a acidez e tornando a bebida harmônica (Figura 16).

É esperado encontrar, mesmo em cafés de níveis baixos de doçura, um sabor adocicado residual, porém, quando ocorrem defeitos aromáticos ou qualquer alteração em xícaras que não se perceba o teor de açúcar mínimo, são reduzidos dois pontos por xícara.

BALANÇO

O Balanço (*Balance*), ou Equilíbrio, é considerado para esta avaliação, a harmonia entre o sabor, a acidez e o corpo. Analisa-se o equilíbrio dos níveis de doce e ácido e a relação destes gostos com a complexidade dos sabores. Cafés com acidez intensa e baixa doçura, resultam em uma bebida agressiva, considerada desequilibrada nos sabores e com consequente perda de pontuação (Figura 17).

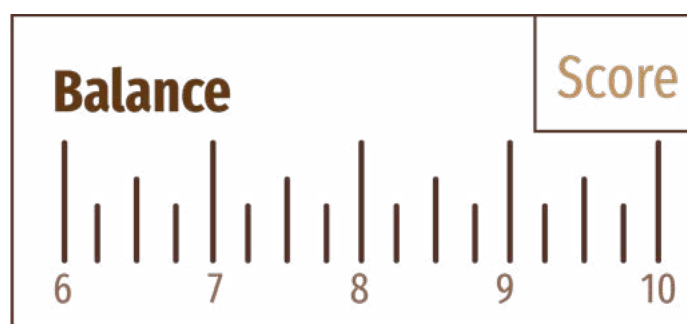


Figura 17 – Atributo Balanço segundo o Protocolo SCA para Cafés Especiais.

Fonte: Specialty Coffee Association of America.

CONCEITO FINAL

O Conceito Final (*Overall*) representa a impressão do provador sobre o café. Caso sejam observadas características únicas de qualidade, sabor e demais distinções da bebida, o café recebe uma nota alta. É a única parcela subjetiva na nota e cada provador terá uma impressão diferente, fornecendo a sua opinião sobre o café (Figura 18).

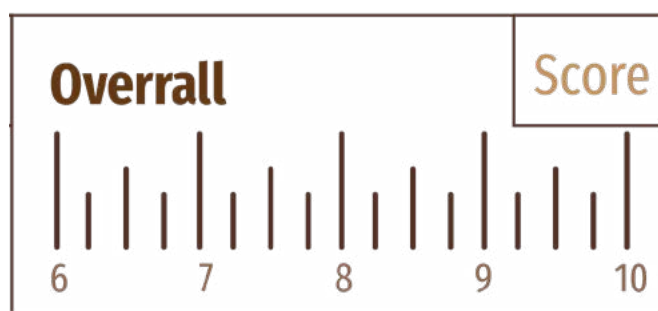


Figura 18 – Atributo Conceito Final segundo o Protocolo SCA para Cafés Especiais.

Fonte: Specialty Coffee Association of America.

RESULTADO FINAL

Em situações em que são encontradas xícaras com defeitos aromáticos, este atributo deve ser usado para subtrair do resultado final, levando em consideração a intensidade do defeito encontrado nas referidas xícaras assinaladas (Figura 19).

Defects (subtract)		Total Score	
Taint = 2	#of cups	intensity	
Fault = 4		X	=
Final Score			

Figura 19 – Atributo Resultado Final segundo o Protocolo SCA para Cafés Especiais.

Fonte: Specialty Coffee Association of America.

Os “defeitos” são sabores indesejáveis encontrados nas xícaras da amostra de café. Podem ser observados em uma única xícara, ou na amostra toda (cinco xícaras). Quase sempre, a identificação de um defeito, remove o café da categoria de “café especial”. Os defeitos são classificados em duas *intensidades*:

Taint – É um defeito leve, possível de perceber e identificar, mas não torna a xícara impossível de apreciar. Aplica-se uma penalidade de dois pontos por xícara na qual é observado.

Falha (*Fault*) – É um defeito intenso, deixando o café não apreciável. A Falha rende uma penalidade de quatro pontos, a serem removidos por xícara na qual é observado.



Figura 20 – Análise sensorial de café realizado segundo protocolo SCA.

4.1 GRÃOS QUAKER

Uma amostra de café deve atender a vários critérios para ser classificada e vendida como café especial; uma delas é não ter grãos Quaker, que são definidos pela Specialty Coffee Association – SCA como grãos imaturos que não se desenvolvem durante o processo de torra (Rabelo *et al.*, 2020). A maior incidência de grãos Quaker está associada a alterações no sabor da bebida, que se caracteriza como herbácea, imatura, adstringente, amendoim, entre outros descritores sensoriais. Por sua vez, essas características sensoriais ocorrem devido à presença de grãos imaturos, comumente encontrados na produção de cafés naturais devido à falta de adoção de tecnologias para colheita seletiva (Rabelo *et al.*, 2020).

Tal como acontece com todos os tecidos vegetais, a bioquímica de um grão verde é principalmente o produto da genética influenciada pelo ambiente e as diferenças na química dos materiais colhidos têm grande impacto na química do café (Hall *et al.*, 2022). As bagas de café são frutos climatéricos e o momento de aumento da produção de etileno e sua respiração associada e alterações metabólicas no metabolismo do açúcar, desglicosilação e despolimerização como discutido por Pereira *et al.* (2005) são de grande importância química. Consequentemente, o momento preciso da colheita é crucial.

Chou e Waller (1980) foram capazes de identificar a maioria dos principais alcalóides encontrados em tecidos de *C. arábica*, incluindo folhas, raízes, plântulas jovens e grãos. Cafeína, teobromina, teofilina, paraxantina e escopoletina foram detectadas, mas notadamente outras como a trigonelina não estavam presentes (Baeza *et al.*, 2016). Em relação à qualidade, os dois compostos mais importantes são a cafeína, que é de longe a principal metilxantina presente (99,8%) e a trigonelina (0,2%) determinada em grãos arábica (Baeza *et al.*, 2016). Diferenças significativas nas concentrações de alcalóides são encontradas entre *C. arábica* e *C. canephora*, sendo que a última geralmente possui níveis mais altos de cafeína e quantidades mais baixas de trigonelina (Barbosa *et al.*, 2019).

Em termos absolutos, o teor de cafeína encontra-se na faixa de 7–18 mg.g⁻¹ (base de peso seco) em Arábica e 15–25 mg.g⁻¹ (base de peso seco) em Robusta (Hall *et al.*, 2022). Em relação a uma possível qualidade do café, a cafeína tem sido descrita como um composto de sabor amargo, mas que tem efeitos estimulantes sobre o sistema nervoso humano (Farah, 2012). Além disso, por ser termoestável, sua concentração permanece relativamente constante durante o processamento e não é um dos componentes que contribuem para o desenvolvimento adicional do aroma (Barbosa *et al.*, 2019).



Figura 21 – Presença de grãos Quaker em amostras de café torrado.

4.2 DEFEITOS

Os defeitos encontrados no café podem ser físicos e/ou sensoriais. São considerados defeitos físicos intrínsecos grãos: preto; ardido; preto verde; concha; mal granado; verde; quebrado (Figura 21). Enquanto defeitos extrínsecos são: casca, paus, pedras ou outros tipos de impurezas.



Figura 22 – Exemplos de defeitos físicos intrínsecos do café cru.

Quanto aos defeitos sensoriais, pode-se elencar: fumaça, mofo, terra, fenólico, medicinal, acético, amadeirado. Estes defeitos e outros, podem ser encontrados na roda de sabores (Figura 13). Os compostos fenólicos têm sido direta e indiretamente ligados à qualidade do sabor do café. Geralmente, um nível mais alto (qualitativo e quantitativo) de fenólicos tem sido associado a grãos verdes de qualidade inferior (Farah, 2012, Kurniawan *et al.*, 2017). Isso também coincide com a avaliação de que os grãos Robusta têm qualidade de fermentação inferior aos grãos Arábica. Alguns dos ácidos clorogênicos mais estudados têm sido associados à adstringência e amargor da infusão de café e podem atuar como precursores de catecóis e outras estruturas fenólicas que podem conferir atributos sensoriais desagradáveis (Gloess *et al.*, 2013). Os ácidos clorogênicos podem sofrer oxidação e degradação durante o processamento e armazenamento, podendo também resultar em sabores desagradáveis e uma qualidade inferior (Farah & Donangelo, 2006). Ácidos clorogênicos oxidados e degradados são frequentemente encontrados em grãos defeituosos/verdes, mais uma vez apoiando o consenso de que materiais iniciais de baixa qualidade resultam em produtos finais de baixa qualidade (Hall *et al.*, 2022).



Figura 23 – Exemplo de defeito (mofo) no café cru, processamento natural

5 SUSTENTABILIDADE

A sustentabilidade de uma propriedade rural está relacionada à produção observando-se quatro quesitos: ser ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente diverso. Práticas insustentáveis de manejo nas propriedades rurais levam a uma grave degradação dos recursos naturais e ecossistemas (IPBES, 2018). Formuladores de políticas, profissionais e cientistas se uniram em torno do conceito de intensificação sustentável como uma estratégia para a produção agrícola futura (Cassman e Grassini, 2020).

Enquanto a eficiência técnica dos produtos agrícolas é expressa como a razão entre a(s) produção(ões) desejáveis, como rendimento ou receita, para insumos como mão de obra, defensivos e fertilizantes, a ecoeficiência é medida como a razão entre a(s) produção(ões) desejada(s), principalmente valor econômico agregado, à soma das pressões ambientais causadas, como emissões de gases de efeito estufa e perda de biodiversidade (Heidenreich *et al.*, 2022). Melhorar a ecoeficiência diminui os impactos ambientais da produção, enquanto mantém ou melhora os resultados (Schaltegger e Sturm, 1990). Ele oferece uma abordagem promissora para aumentar a sustentabilidade ambiental da produção de culturas perenes de pequenos agricultores (Heidenreich *et al.*, 2022).

Práticas agrícolas sustentáveis podem melhorar a biodiversidade, reduzir insumos prejudiciais ao meio ambiente, enquanto mantêm a competitividade e a viabilidade econômica” (Zeweld *et al.*, 2017). Apesar dos benefícios comprovados das práticas agrícolas sustentáveis, as taxas de adoção entre os agricultores ainda são baixas, especialmente nos países em desenvolvimento (Pham, *et al.*, 2022). Pham *et al.* (2022) mostram que os agricultores têm as preferências mais fortes por práticas agrícolas sustentáveis que podem proporcionar maiores lucros, menores riscos (de perda de produção) e maiores benefícios ambientais. Um exemplo são os consórcios.

O consórcio de café com outras culturas arbóreas reduz a competição pela terra, diversificando as fontes de renda dos agricultores e aliviando as limitações do fluxo de caixa até que o cafeeiro amadureça (Muhie, 2022). Os sistemas de cultivo consorciados têm o potencial de oferecer um valor considerável ao mesmo tempo em que são mais sustentáveis do que o monocultivo (Wolde *et al.*, 2017). Uma das maiores culturas para consorciação com o café é a banana. Outras práticas sustentáveis na cafeicultura são a utilização de caixas secas, manutenção de vegetação nas entrelinhas, capina alternada, plantio em nível, plantio adensado, adubação verde, cobertura morta, manejo integrado de pragas e doenças e manejo e conservação do solo.

6 CERTIFICAÇÃO

6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Após o desmantelamento do Acordo Internacional do Café em 1989, o mercado cafeeiro foi liberalizado, resultando em preços baixos e voláteis do café. A certificação de terceiros foi introduzida em resposta às crises socioeconômicas associadas e para melhorar a sustentabilidade social, ecológica e econômica de commodities agrícolas (Grabs e Ponte, 2019). As principais certificações de café são Organic, Fairtrade, 4C Association, Rainforest Alliance, Starbucks Coffee e Farmer Equity (CAFE) Practices e Nespresso AAA (Potts *et al.*, 2014), dentre outras. Essas certificações buscam melhorar e comunicar as condições sociais ou ecológicas de produção em diferentes regiões produtoras de café (Muradian e Pelupessy, 2005).

No entanto, também há críticas em relação às certificações: as normas são desenvolvidas sem consultar os produtores (Schouten e Bitzer, 2015) e podem atuar como barreiras de entrada para cafeicultores se não forem adaptadas às condições locais (Raynolds *et al.*, 2007), as premiações nem sempre compensam os custos de certificação (Loconto e Dankers, 2014), e a certificação garante transparência e sustentabilidade principalmente para os consumidores, não para os produtores (Samper e Quiñones-Ruiz, 2017).

A difusão emergente do café sustentável levou a numerosos estudos comparando cadeias certificadas com não certificadas e comparando diferentes certificações em termos de preço, ren-

dimento, lucros ou custos de produção (Barham e Weber, 2012; Valkila, 2009; Weber, 2011) ou analisando o impacto da certificação em indicadores de resultados que não sejam renda, como educação (Méndez *et al.*, 2010; Ruben e Fort, 2012) e vulnerabilidade (Bacon *et al.*, 2014). Apesar das críticas, a certificação abriu caminho para processos de diversificação no mercado cafeeiro, que avançaram nas últimas décadas, levando à chamada terceira onda do café (Edelmann *et al.*, 2022).

6.2 SELO DE PUREZA ABIC

O Programa Permanente de Controle da Pureza do Café (PPCPC) foi criado pela ABIC em 1989 e foi a primeira iniciativa da Entidade para impulsionar o consumo através da melhoria da qualidade do café ofertado no mercado nacional (ABIC, 2022). O PPCPC é um programa voluntário de autorregulamentação, no qual as empresas associadas da ABIC aceitam participar e são fiscalizadas segundo as regras estabelecidas pelo regulamento do programa, ao atender as regras exigidas, as empresas recebem autorização para uso do Selo de Pureza que comprova a certificação de seus produtos (ABIC, 2022).

O Selo de Pureza é um atestado que o produto é puro, ou seja, não possui quaisquer adulterações ou misturas, garantindo que todo produto é constituído de 100% Café, o que mostra além da segurança dos alimentos, o respeito ao consumidor (ABIC, 2022).

6.3 SELO DE QUALIDADE ABIC

O Programa de Qualidade do Café foi criado em 2004 pela Associação Brasileira da Indústria de Café-ABIC, e certifica a qualidade do produto final por meio de uma metodologia de análise sensorial que classifica os cafés em 4 categorias: Gourmet, Superior, Tradicional e Extraforte. Além de certificar o produto, a empresa é auditada quanto às boas práticas de fabricação de todo o processo de industrialização (ABIC, 2022b). A avaliação da qualidade da bebida café é feita por provadores treinados em laboratórios credenciados por meio de análise sensorial e leva em consideração aroma, acidez, corpo, adstringência, fragrância do pó e amargor, entre outras características. A categoria de qualidade do café é determinada conforme a nota de Qualidade Global (QG) obtida pelo produto numa escala de 0 a 10. Esta classificação, que é única no mundo, auxilia o consumidor a decidir qual a qualidade do café que deseja ao adquirir (ABIC, 2022b).

Segundo a classificação de qualidade ABIC os cafés gourmet são de alta qualidade. Suas notas sensoriais são elaboradas e possuem sabor e aroma mais suaves por causa da seleção cuidadosa dos grãos e da torra controlada. São cafés finos, raros e exclusivos, e deixam um gosto muito delicado e agradável na boca. Para ser classificado como Gourmet, o café precisa alcançar uma

nota de Qualidade Global entre 7,3 e 10 (ABIC, 2022b). Já os cafés superiores, estão na escala intermediária de qualidade, seu amargor não é tão intenso e geralmente é feito para quem procura uma experiência diferenciada no hábito de tomar café, obtém nota de qualidade global entre 6 e 7,2 (ABIC, 2022b). Já os tradicionais e extrafortes são o tipo mais consumido pelos brasileiros, estão na base da escala de qualidade global da bebida, possuem torra e amargor bem acentuados e normalmente são consumidos pela sua alta rentabilidade, e tem nota global entre 4,5 e 5,9 (ABIC, 2022b).

6.4 BRAZILIAN SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION (BSCA)

BSCA é a entidade que realiza a regulamentação dos padrões para cafés especiais no país. O selo possui numeração individual e um QR Code que permite consulta das características do produto, conferindo rastreabilidade total, cada lote recebe o número de selos compatíveis com a quantidade a ser embalada. Para adquirir o Selo de Qualidade BSCA, o produtor deverá ter sua propriedade certificada, e ser associado na categoria produtor. Atualmente a BSCA emite certificação tanto para cafés arábicas, quanto canéforas (BSCA, 2022). Os certificados são divididos em três categorias, permitindo que o membro opte pela modalidade a que melhor se adapta. Sendo elas:

- **Boas Práticas** – Certificação de qualidade do café para membros com até 200 hectares, que não possuem uma certificação socioambiental, mas que se enquadram nas exigências da BSCA.
- **Fazenda Certificada** – Certificação de qualidade do café voltada a membros com certificação de sustentabilidade ou socioambiental.
- **Qualidade no Blend** – Certificação de qualidade do café para atender à demanda de blends (mesclas) de café de exportadoras, cooperativas, industriais etc.

6.5 SELO ORGÂNICO

A produção de café tornou-se mais intensiva através do uso de insumos não renováveis (por exemplo, fertilizantes e pesticidas) (Bhattarai *et al.*, 2017). O uso de insumos caros, com preços de mercado flutuantes, está afetando a produtividade total dos fatores e a sustentabilidade dos cafeicultores, principalmente para os pequenos produtores que possuem uma área inferior a dois hectares (Basavalingaiah *et al.*, 2022). Esses produtores, no entanto, respondem por cerca de 70% da produção global de café (Lowder *et al.*, 2016).

Dessa forma, uma das opções disponíveis seria mudar da produção convencional para a integrada, ou mudar da produção integrada para as práticas agrícolas orgânicas (Basavalingaiah

et al., 2022). A certificação para a propriedade é realizada por uma certificadora, devidamente credenciada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e acreditada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro).

O produtor de café orgânico, deve fazer parte do Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos, e para isso deve estar certificado por um dos mecanismos: Certificação por auditoria, sistema participativo de garantia ou controle social da venda direta (Machado *et al.*, 2017).

6.6 RAINFOREST ALLIANCE CERTIFIED

A certificação Rainforest aborda os três pilares do desenvolvimento sustentável (ambiental, econômico e social). Em termos de agricultura, a certificação significa que há menos poluição da água, menos erosão do solo, ameaças reduzidas ao meio ambiente e à saúde humana, habitat da vida selvagem protegido, menor uso da água, gestão agrícola mais eficiente, melhores condições para os trabalhadores agrícolas, maior lucratividade e competitividade para os agricultores e mais colaboração entre agricultores e conservacionistas (Rainforest Alliance, 2011).

Os padrões contra os quais o programa RFC é operado são fornecidos por uma coalizão de organizações independentes de conservação sem fins lucrativos, conhecidas como Rede de Agricultura Sustentável. A Rede de Agricultura Sustentável promove a sustentabilidade social e ambiental das atividades agrícolas por meio do desenvolvimento de padrões (Sustainable Agriculture Network, 2008). A Rainforest Alliance, como organização, detém o secretariado de normas e políticas para SAN. A estrutura padrão consiste em dez princípios, cada um dos quais é composto por vários critérios e indicadores. Esses critérios e indicadores formam os padrões a serem atendidos pelas empresas para a certificação.

Os dez princípios cobrem as seguintes áreas: Sistema de gestão socioambiental; Conservação do ecossistema; Proteção da vida selvagem; Conservação da água; Tratamento justo e boas condições de trabalho para os trabalhadores; Saúde e segurança Ocupacional; Relações Comunitárias; Manejo Integrado de Culturas; Manejo e Conservação do Solo e Gestão integrada de resíduos (Ochieng *et al.*, 2013). A Rainforest Alliance está disponível para fazendas individuais ou grupos de fazendas com sistema de administração, cujos administradores se inscrevem voluntariamente e têm suas fazendas avaliadas quanto à conformidade com o Padrão de Agricultura Sustentável da Rainforest Alliance (Rainforest Alliance, 2007). Ao buscar a certificação, o agricultor não está apenas se comprometendo com custos extras para melhorar a situação social, econômica e ambiental da fazenda, mas também arcando com os custos diretos das auditorias, incluindo honorários dos auditores e logística, e a taxa anual (Ochieng *et al.*, 2013).

6.7 UTZ CERTIFIED

O programa de certificação UTZ nasceu como “UTZ kapeh” que significa “bom café” na língua maia guatemalteca de Quiché. Foi lançado em 2002 por um cafeicultor guatemalteco e uma torrefadora holandesa que queriam levar a certificação do café a um mercado global e espalhar o impacto das práticas agrícolas sustentáveis em todo o mundo (Rainforest Allciance, 2022). A UTZ Kapeh evoluiu de uma iniciativa corporativa para um padrão independente e robusto para a produção sustentável de café. Em 2016, quando a organização começou a trabalhar fora da certificação e colaborou com diferentes partes interessadas no enfrentamento de questões complexas como trabalho infantil, mudanças climáticas e renda dos agricultores, o nome foi abreviado para simplesmente UTZ (Rainforest Allciance, 2022).

O programa de certificação UTZ agora faz parte da Rainforest Alliance. A organização UTZ uniu forças com a Rainforest Alliance em 2018. Por isso, atualmente fazendas e empresas com certificação UTZ estão em transição para o programa de certificação Rainforest Alliance e novas empresas que desejam se certificar não se inscrevem mais no programa de certificação UTZ, e sim no programa de certificação Rainforest Alliance.

6.8 FAIR TRADE (FT)

Os Critérios Fairtrade incluem uma série de critérios econômicos, ambientais e sociais que devem ser atendidos por produtores e comerciantes para adquirir ou manter a certificação Fairtrade. Esses incluem critérios econômicos, ambientais e sociais. Os critérios econômicos incluem o Preço Mínimo do Comércio Justo, que visa fornecer aos produtores uma rede de segurança contra a queda dos preços e permitir o planejamento de longo prazo, juntamente com um Prêmio do Comércio Justo fixo que fornece aos agricultores e trabalhadores dinheiro adicional para investir na melhoria da qualidade de seus negócios e comunidades. A Fairtrade também enfatiza parcerias comerciais de longo prazo e exige que os compradores forneçam pré-financiamento aos produtores que o solicitarem, abrindo acesso ao capital para ajudar a estabilizar suas operações (Fairtrade, 2022).

Os critérios ambientais enfatizam práticas ecologicamente e agrícolas saudáveis, incluindo gestão responsável de água e resíduos, preservação da biodiversidade e fertilidade do solo e uso mínimo de pesticidas e agroquímicos. O Comércio Justo proíbe o uso de vários materiais perigosos e todos os organismos geneticamente modificados (OGMs). Fairtrade não exige certificação orgânica, mas a produção orgânica é promovida e recompensada por Preços Mínimos Fairtrade mais altos para produtos cultivados organicamente (Fairtrade, 2022). Os critérios sociais para produtores de pequena escala incluem requisitos de auto-organização democrática (normalmente em cooperativas), tomada de decisão participativa, transparência e não discriminação (incluindo equidade de gênero). Em ambientes do tipo plantação onde o trabalho contratado é

a norma, nossos padrões exigem que as empresas operem com práticas de emprego não discriminatórias, taxas de pagamento iguais ou superiores aos salários mínimos legais ou regionais, liberdade de associação e direitos de negociação coletiva para a força de trabalho, salvaguardas para a segurança e saúde do trabalhador e instalações para permitir que os trabalhadores gerenciem o Prêmio do Comércio Justo. Trabalho forçado e trabalho infantil são proibidos pelos Critérios Fairtrade (Fairtrade, 2022).

7 INDICAÇÃO GEOGRÁFICA

As certificações de Indicação Geográfica (IG) permitem que os produtores estabeleçam padrões de produção e criem vantagem competitiva com base na origem do produto (Artêncio *et al.*, 2022). A Indicação Geográfica (IG) surgiu na Europa, com o intuito de proteção aos produtores contra a utilização ilegal de nomes de regiões e de marcas já com prestígio nos mercados agrícolas (Mafrá, 2008). Alguns exemplos podem ser citados, como o queijo *Roquefort* e o *Champagne*, na França; o presunto Parma e o queijo Parmigiano Reggiano, na Itália; e o azeite de oliva Montes de Toledo, na Espanha. Na América Latina, o café de Vera Cruz e a tequila, no México, e os charutos cubanos e o café da Colômbia se fazem presentes (Valente *et al.*, 2012). As indicações geográficas referem-se a produtos com características, qualidades ou reputações específicas que resultam da sua origem geográfica (Trujillo, 2021). De acordo com a lei nº 9.279 (1996), a indicação geográfica no Brasil é dividida em duas modalidades: Indicação de Procedência e denominação de origem.

7.1 INDICAÇÃO DE PROCEDÊNCIA

É considerada como o *nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território, que se tenha tornado conhecido como centro de extração, produção ou fabricação de determinado produto ou de prestação de determinado serviço* (Lei nº 9.279, 1996). O Espírito Santo tem uma indicação de procedência relacionada ao café, o Café Conilon do Espírito Santo.

7.2 DENOMINAÇÃO DE ORIGEM

Refere-se ao nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território, que designe produto ou serviço cujas qualidades ou características se devam exclusiva ou essencialmente ao meio geográfico, incluídos fatores naturais e humanos (Lei nº 9.279, 1996), esta é uma definição dada já em 1958 pela World Intellectual Property Organization - WIPO, em 1958. O Espírito

Santo tem duas denominações de origem relacionadas ao café arábica, para as regiões das Montanhas do Espírito Santo e do Caparaó.

8 TORRA

Para melhor preservar a qualidade da xícara de café especial, o controle da torra e posterior armazenamento desempenham um papel fundamental, pois a torra induz a produção e/ou degradação de diversos compostos químicos, como ácidos, cafeína, lipídios e carboidratos (Barbosa *et al.*, 2019), que também evoluem de forma diferente dependendo das condições de armazenamento. Geralmente, o café torrado é uma matriz altamente higroscópica, absorvendo água prontamente ao interagir com seu ambiente durante o armazenamento (Laccheri *et al.*, 2015). A higroscopicidade pode afetar o frescor do café, modificando seus atributos sensoriais desejáveis e afetando o valor esperado para este produto diferenciado no comércio internacional.

As condições de armazenamento, temperatura e umidade relativa do ar e o estado do café (em grão ou moído) podem desempenhar um papel importante no processo de absorção de água devido ao fato de que esses parâmetros são indispensáveis nas interações alimento-meio envolvente (Tripetch & Borompichartkul, 2019). Outros componentes também são responsáveis pelos sabores encontrados no café. Além de impactar na doçura, os carboidratos simples, representados principalmente por sacarose, glicose e frutose no café, também participam das reações de Maillard durante o processo de torra, afetando as características de aroma e cor (Murkovic e Derler, 2006). Algumas das variáveis que impactam a torrefação de cafés, são descritas a seguir.

8.1 AROMAS E SABORES DO CAFÉ

O café é um produto que recebe influência direta das condições geográficas referentes a sua localização como altitude, solo e clima, conjuntos de fatores conhecidos pela palavra francesa *TERROIR* ou Território. Além destes fatores, pode-se destacar como sendo de grande influência, os aspectos botânicos e o manejo empregado pelo produtor. Sua origem botânica está nas florestas dos altiplanos da Etiópia, onde ainda hoje são exploradas em boa parte sob modelo extrativista nas sombras de centenárias árvores. Geograficamente as lavouras cafeeiras estão distribuídas entre os trópicos de Câncer e Capricórnio.

Grãos produzidos em elevadas altitudes, tendem a apresentar maior densidade do que aqueles produzidos em regiões mais baixas (Bosselmann *et al.*, 2009), em razão de vários fatores ecofisiológicos que são diferentes do verificado ao nível do mar. Em altitude, observa-se notável desaceleração do ciclo de Krebs. Outro efeito notável devido a essa alteração do processo

respiratório do cafeeiro é a presença sensorialmente perceptível do Ácido Málico, indicação de sementes provenientes de lavouras cultivadas a grandes altitudes.

A altitude é um forte determinante da qualidade (JOËT *et al.*, 2010, Lara-Estrada e Vaast, 2007). Em ambientes de grande altitude, que são relativamente frescos, o enchimento do grão leva um tempo relativamente longo (Geromel *et al.*, 2008), contribuindo para notas sensoriais mais complexas.

A influência da altitude de plantio é talvez o fator ambiental mais estudado (Hall *et al.*, 2022). A altitude em que as plantações de café estão localizadas tem influência direta nas temperaturas médias, umidade relativa, radiação e muitos outros fatores ambientais que agem tanto as características das plantas quanto a composição dos frutos (Avelino *et al.*, 2007). Um clima mais frio, associado a uma maior altitude, é considerado o principal fator de variação composicional nos frutos do café e consequentemente dos seus grãos (Bertrand *et al.*, 2012).

Níveis mais altos de lipídios foram associados a altitudes mais altas e maior sombreamento (Cheng *et al.*, 2016). A fração lipídica influencia na formação do aroma, pois libera compostos voláteis como aldeídos, cetonas e álcoois durante o processo de torra (Sunarharuma *et al.*, 2014) que impactam na qualidade da bebida.

8.2 AÇÚCARES

A maturação dos frutos do cafeeiro, assim como de qualquer outra planta, é alcançada quando teor dos açúcares potencialmente designados pela genética de cada planta são alcançados. Considera-se como açúcares mais importantes a Sacarose, a Glicose e a Frutose. Lembrando que a sacarose é formada por uma molécula de Glicose e outra de frutose, desta forma, durante a torra ocorre um processo de decomposição, onde a sacarose se desdobra nos dois monossacarídeos originais.

Os açúcares são importantes para a percepção de corpo, especialmente destacada pela presença da glicose, além de serem responsáveis pela caracterização da acidez, o teor de açúcares e do seu respectivo perfil tem impacto direto no comportamento das sementes observados nas curvas de torra.

SABORES EM VIVO

Durante o Ciclo Fenológico ou Ciclo da Fruta, dois são os sabores básicos ou resultantes: DOCE (decorrente dos açúcares formados) e ÁCIDO (decorrente do processo respiratório da semente). Em relação ao gosto ácido resultante do processo respiratório da semente, são mais relevantes o

ácido Cítrico (presente sempre), o Ácido Málico, encontrado em sementes de plantas cultivadas em grandes altitudes, e o Ácido Fosfórico, formando em condições muito particulares (Ensei Neto, 2018). O teor de açúcares é o responsável direto pela definição da qualidade compreendida da acidez, que pode ser classificada por diferentes percepções, gerando notas sensoriais elevadas em função do equilíbrio entre doce e ácido: Acidez AZEDA; Acidez ADOCICADA; Acidez BRILHANTE ou ACIDEZ LICOROSA (Ensei Neto, 2014). Após a maturação, ocorre o desligamento do fruto com a planta, permitindo que possam desencadear reações bioquímicas de natureza anaeróbica, que produzem notas de aroma e sabor como florais e frutadas.

8.3 CICLO DE TORRA

De forma simplificada, o ciclo de torra pode ser dividido em duas etapas e três momentos específicos, descritos a seguir.

8.3.1 Etapa Física (Desidratação)

Esta fase caracteriza-se pela retirada da úmida residual (água livre) da semente de café, que numa boa prática de seca para armazenagem deve apresentar entre 10,5% e 11% de umidade. Entende-se por Água Livre aquela que se encontra adsorvida nas células da semente.

Inicialmente, ocorre o aquecimento das sementes e da água livre até alcançar o ponto de ebulição. Essa passagem de fase pode ser observada pela diminuição do gradiente da temperatura do sistema (Peixoto; Pimenta; Reis, 2018).

8.3.2 Etapa Química

8.3.2.1 Química 1 (Q1)

A etapa química do ciclo de torra tem como característica apresentar um enorme grupo de reações, cada qual desencadeada por quantidades específicas de energia de ativação. O primeiro grupo de reações compreende a quebra dos polissacarídeos de cadeia longa ou amido, resultando nos dissacarídeos, destacando a Sacarose. Esse momento, é quando o aroma típico de massa de pão fermentando, que é uma de baixa exigência energética, pode ser percebido. Em seguida, tem-se outros grupos das Reações de Maillard, que compreende reações como a caramelização. Destaca-se nesta etapa, o surgimento do pigmento *Melanoidina* que tem característica coloração marrom (Figura 24) (Nitzke; Biedrzycki, 2023).



Figura 24 – Fases da torra de grãos de café.

8.3.2.2 Química 2 (Q2) - Reações de Maillard + Pirólise

É nesta etapa da torra do café (Figura 25) que há a maior demanda energética, necessária para formação de moléculas de maior complexidade, o som do CRAK, nada mais é a constatação sonora da reação de Pirólise, que é provocada pelo rompimento das paredes celulares, causada pela pressão gerada pelo vapor da água e gás carbônico (Muinhos, 2017).

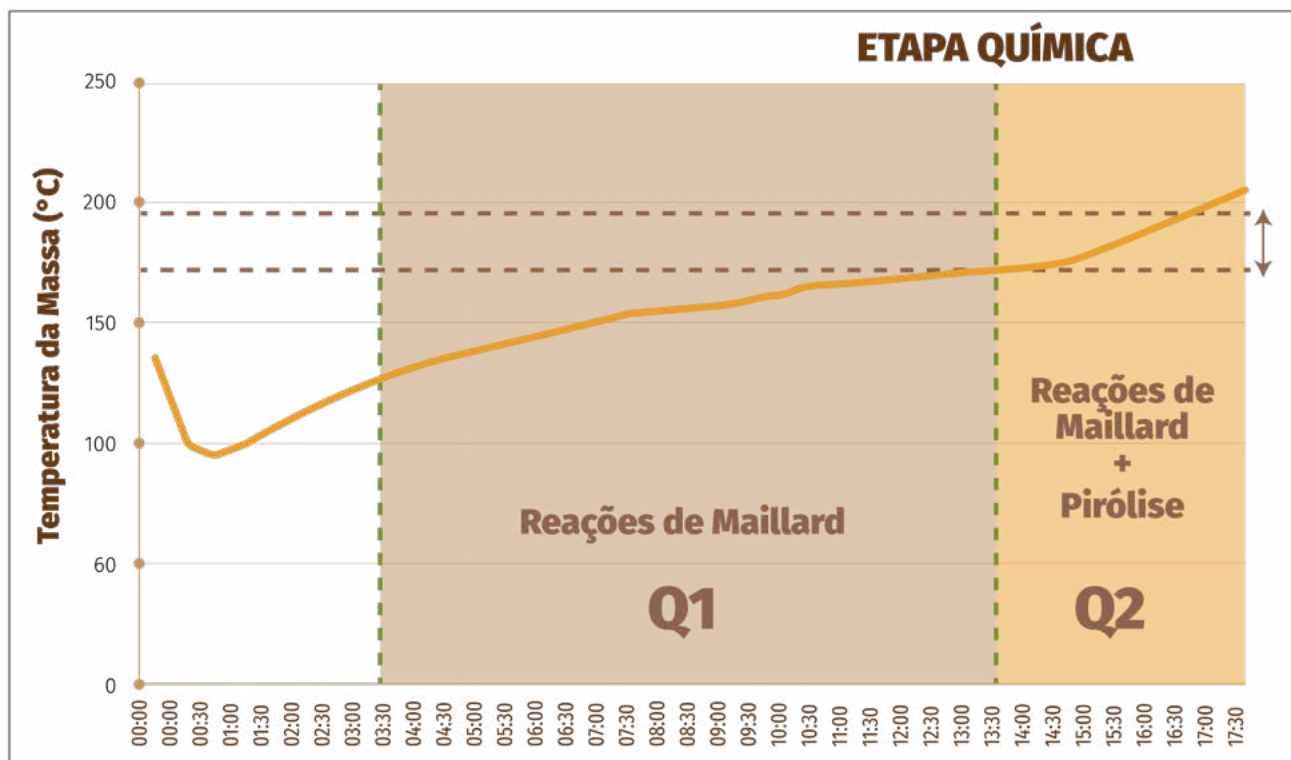


Figura 25 – Etapa química da torra.

Fonte: Ensei Neto - The coffee Traveler (2018).



Ter absoluto controle do processo de Desidratação é fundamental para a preservação de moléculas responsáveis por sabores e aromas delicados como florais e frutados, uma vez que são de natureza hidrossolúvel, para uniformizar a umidade das sementes e promover melhora da qualidade sensorial ao se retirar moléculas que provocam adstringência.

Controlar os parâmetros de torra durante as fases Química 1 e 2 (Q1-Q2), é muito importante para garantir um leque de Aromas e Sabores, tendo como características destas fases, a gestão de energia do sistema de torra através do Balanço Energético compreendido em cada fase de acordo com as transformações químicas das sementes. Destaca-se nestas fases a caramelização do açúcar, importante para aumento da vida útil do café na prateleira, e alterações físicas na semente proporcionando melhor extração dos compostos do café.



Figura 26 – Perfil adequado de torra.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

São muitas as variáveis que implicam na qualidade dos cafés. Produzir cafés especiais necessita de controle dos processos e conhecimento. A qualidade da xícara de café começa com o grão verde (Hall *et al.*, 2022) e cafés com sabor e qualidade específicos alcançam preços mais elevados (Bote e Vos, 2016).

Dessa forma, consideramos que a produção de cafés especiais é uma tendência de mercado e cada vez mais tem-se consumidores exigentes em qualidade do grão. Sendo assim, é notável que a cada dia, mais produtores se inserem nessa cadeia, com retorno econômico, social e ambiental de seu investimento.

REFERÊNCIAS

ABIC. **Pureza** (2022). Disponível em: <https://www.abic.com.br/certificacoes/pureza/>. Acesso em: 30 out. 2022.

ABIC. **Qualidade** (2022b) Disponível em: <https://www.abic.com.br/certificacoes/qualidade/>. Acesso em: 30 out. 2022.

ABREU, G. F. *et al.* Raman spectroscopy: a new strategy for monitoring the quality of green coffee beans during storage. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 287, p. 241-248, jul. 2019. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.019>).

ARTÊNCIO, M. M.; GIRALDI, J. DE M. E.; OLIVEIRA, J. H. C. DE. A cup of black coffee with GI, please! Evidence of geographical indication influence on a coffee tasting experiment. **Physiology & Behavior**, [S.L.], v. 245, p. 113671, mar. 2022. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113671>).

AVELINO, J. *et al.* (2007). Shade effects on sensory and chemical characteristics of coffee from very high altitude plantations in Costa Rica. In **Second International Symposium on Multi-Strata Agroforestry Systems with Perennial Crops: Making Ecosystem Services Count for Farmers, Consumers and the Environment**, (September), 1-6. (http://web.catie.ac.cr/cd_multistrata/Poster/session1/Shade_effects.pdf).

AZEVEDO, B. C. DE. **Qualidade de bebida e contaminações por fungos em grãos de Cofea arábica em diferentes sistemas de colheita e pós-colheita sob manejo orgânico em propriedade de base familiar no Caparaó capixaba**. 2019. 46 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

BACON, C. M. *et al.* Explaining the ‘hungry farmer paradox’: smallholders and fair trade cooperatives navigate seasonality and change in Nicaragua’s corn and coffee markets. **Global Environmental Change**, [S.L.], v. 25, p. 133-149, mar. 2014. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.02.005>).

BAEZA, G.; SARRIÁ, B.; BRAVO, L.; MATEOS, R. Exhaustive Qualitative LC-DAD-MSn Analysis of Arabica Green Coffee Beans: cinnamoyl-glycosides and cinnamoylshikimic acids as new polyphenols in green coffee. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, [S.L.], v. 64, n. 51, p. 9663-9674, 16 dez. 2016. American Chemical Society (ACS). (<http://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04022>).

BARBOSA, M. DE S. G.; SCHOLZ, M. B. DOS S.; KITZBERGER, C. S. G.; BENASSI, M. DE T. Correlation between the composition of green Arabica coffee beans and the sensory quality of coffee brews. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 292, p. 275-280, set. 2019. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.072>). Souard *et al.*, 2018

BARHAM, B. L.; WEBER, J. G. The Economic Sustainability of Certified Coffee: recent evidence from Mexico and Peru. **World Development**, [S.L.], v. 40, n. 6, p. 1269-1279, jun. 2012. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.11.005>).

BASAVALINGAIAH, K. *et al.* Energy flow and life cycle impact assessment of coffee-pepper production systems: an evaluation of conventional, integrated and organic farms in India. **Environmental Impact Assessment Review**, [S.L.], v. 92, p. 106687, jan. 2022. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106687>).

BERTRAND, B. *et al.* Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffee beverage quality. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 135, n. 4, p. 2575-2583, dez. 2012. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.060>).

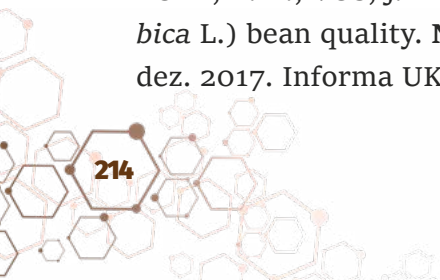
BHATTARAI, S. *et al.* Combining farm typology and yield gap analysis to identify major variables limiting yields in the highland coffee systems of Llano Bonito, Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [S.L.], v. 243, p. 132-142, jun. 2017. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2017.04.016>).

BHUMIRATANA, N.; ADHIKARI, K.; CHAMBERS, E. Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. **Lwt - Food Science And Technology**, [S.L.], v. 44, n. 10, p. 2185-2192, dez. 2011. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.001>).

BORRELLA, I.; MATAIX, C.; CARRASCO-GALLEGO, R. Smallholder farmers in the speciality coffee industry: opportunities, constraints and the businesses that are making it possible. **IDS Bulletin**, Brighton, v. 46, n. 3, p. 29-44, 2015.

BOSSELMANN AS, D. K.; OBERTHUR T.; SMITH O. C.; RAEBILD A.; USMA H. **The influence of shade trees on coffee quality in small holder coffee agroforestry systems in Southern Colombia**. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 129: 253-260, 2009.

BOTE, A. D.; VOS, J. Tree management and environmental conditions affect coffee (*Coffea arabica* L.) bean quality. **Njas: Wageningen Journal of Life Sciences**, [S.L.], v. 83, n. 1, p. 39-46, 1 dez. 2017. Informa UK Limited. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.njas.2017.09.002>).



BRANDO, C.H.J.; BRANDO, M.F. Methods of coffee fermentation and drying R.F. Schwan, G.H. Fleet (Eds.), Cocoa and coffee fermentations, **CRC Press**, Boca Raton, Florida, USA, pp. 367-396, 2014.

BRASIL. Congresso. Senado. Constituição (1996). **Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial**. Brasília, 1996.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 8**, de 11 de Junho de 2003. Brasília, DF, 13 jun. 2003.

BRESSANI, A.P. *et al.* Organic acids produced during fermentation and sensory perception in specialty coffee using yeast starter culture. **Food Research International**, [S.L.], v. 128, p. 108773, fev. 2020. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108773>).

BRESSANI, A.P.P. *et al.* Characteristics of fermented coffee inoculated with yeast starter cultures using different inoculation methods. **Lwt**, [S.L.], v. 92, p. 212-219, jun. 2018. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.029>).

BSCA. **Certificação de qualidade do café**. Disponível em: <https://bsca.com.br/certificacao>. Acesso em: 30 out. 2022.

CAMIZÁN, E. R. J. **ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CALIDAD DESPUÉS DEL PROCESO BENEFICIO DEL CAFÉ (*Coffea arábica* L.) HONEY, LAVABLE Y NATURAL, DEL DISTRITO DE SAN IGNACIO**. 2021. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Ingeniero Agroindustrial y Comercio Exterior, Universidad Señor de Sipan, Píntel, Perú, 2021.

CASSMAN, K. G.; GRASSINI, P. A global perspective on sustainable intensification research. **Nature Sustainability**, [S.L.], v. 3, n. 4, p. 262-268, 16 abr. 2020. Springer Science and Business Media LLC. (<http://dx.doi.org/10.1038/s41893-020-0507-8>).

CASTRO, V. M. M.; VALENZUELA, J. J. R.; RAMOS, J. D. R. **Evaluación del proceso de beneficio semiseco (Honey) en las variedades de Café (*Coffee arabica*) Castillo, Colombia y Caturra y su efecto en la calidad en taza**. Ingeniería y Región, [S.L.], v. 27, p. 6-11, 30 mar. 2022. Universidad Surcolombiana. (<http://dx.doi.org/10.25054/22161325.3148>).

CHENG, B.; FURTADO, A.; SMYTH, H. E.; HENRY, R. J. Influence of genotype and environment on coffee quality. **Trends In Food Science & Technology**, [S.L.], v. 57, p. 20-30, nov. 2016. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.003>). Rosa *et al.*, 2016). ANDRE

CHOU, C. H.; WALLER, G. R. Possíveis constituintes alelopáticos de *Coffea arábica*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 6, 643-654, 1980. (<https://doi.org/10.1007/BF00987675>)

CONAB- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de café – Safra 2019. **Acompanhamento da Safra Brasileira**, v.5, n.2, p.1-61, 2019.

DIAS, R. C. E. *et al.* Quantitative assessment of specific defects in roasted ground coffee via infrared-photoacoustic spectroscopy. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 255, p.132-138, jul. 2018. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.076>). CASAS *et al.*, 2017

DONFRANCESCO, B. DI; GUZMAN, N. G.; CHAMBERS, E. Similarities and differences in sensory properties of high quality Arabica coffee in a small region of Colombia. **Food Research International**, [s.l.], v. 116, p.645-651, fev. 2019. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.090>).

EDELMANN, H.; RUIZ, X. F. Q.; PENKER, M. How close do you like your coffee? - Examining proximity and its effects in relationship coffee models. **Journal Of Rural Studies**, [S.L.], v. 91, p. 24-33, abr. 2022. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.02.007>).

ENSEI N. **As múltiplas dimensões do sabor**. 2014. Disponível em: <https://www.thecoffeetraveler.net/home-1/2015/8/5/as-mltiplas-dimenses-do-sabor>. Acesso em: Jun. 2023.

ENSEI N. **A torra do café e a acidez**. 2018. Disponível em: <https://www.thecoffeetraveler.net/new-blog-3/tag/%C3%81cido+C%C3%ADtrico>. Acesso em: Jun. 2023.

ENSEI N. **The coffee Traveler**. Disponível em: <https://www.thecoffeetraveler.net/>. Acesso em: 1 dez. 2022.

FAIRTRADE. **Coffee**. Disponível em: <https://www.fairtrade.net/product/coffee>. Acesso em: 5 nov. 2022.

FARAH, A. Coffee production, quality and chemistry. **Royal Society of Chemistry**, 2019.

FARAH, A.; MONTEIRO, M.C.; CALADO, V.; FRANCA, A.S.; TRUGO, L.C. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 98, n. 2, p. 373-380, jan. 2006. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.032>).

FERRÃO, M.A.G. *et al.* **Origem, Dispersão Geográfica, Taxonomia e Diversidade Genética de Coffea canephora**. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; DE MUNER, L.H. (Org.). **Café Conilon**. 2 ed. Vitória: DCM/Incaper, v.1, p.81-101, 2017a.

FIGUEIREDO, L. P. *et al.* Raman spectroscopy for the differentiation of Arabic coffee genotypes. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 288, p. 262-267, ago. 2019. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.093>).

GEROMEL, C. Biochemical and genomic analysis of sucrose metabolism during coffee (*Coffea arabica*) fruit development. **Journal Of Experimental Botany**, [S.L.], v. 57, n. 12, p. 3243-3258, 7 ago. 2006. Oxford University Press (OUP). (<http://dx.doi.org/10.1093/jxb/erl084>).

GEROMEL, C. *et al.* Effects of shade on the development and sugar metabolism of coffee (*Coffea arabica* L.) fruits. **Plant Physiology And Biochemistry**, [S.L.], v. 46, n. 5-6, p. 569-579, mai. 2008. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2008.02.006>).

GLOESS, A. N. *et al.* Comparison of nine common coffee extraction methods: instrumental and sensory analysis. **European Food Research And Technology**, [S.L.], v. 236, n. 4, p. 607-627, 30 jan. 2013. Springer Science and Business Media LLC. (<http://dx.doi.org/10.1007/s00217-013-1917-x>).

GRABS, J.; PONTE, S. The evolution of power in the global coffee value chain and production network. **Journal Of Economic Geography**, [S.L.], v. 19, n. 4, p. 803-828, 18 mai. 2019. Oxford University Press (OUP). (<http://dx.doi.org/10.1093/jeg/lbz008>).

HALL, R. D.; TREVISAN, F.; VOS, R. C.H. DE. Coffee berry and green bean chemistry – Opportunities for improving cup quality and crop circularity. **Food Research International**, [S.L.], v. 151, p. 110825, jan. 2022. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110825>).

HARTMANN, J. Starbucks and the Third Wave. **Coffee**, [S.L.], p. 166-183, 15 mar. 2011. Wiley-Blackwell. (<http://dx.doi.org/10.1002/9781444393385.ch13>).

HEIDENREICH, A. *et al.* Sustainable intensification pathways in Sub-Saharan Africa: assessing eco-efficiency of smallholder perennial cash crop production. **Agricultural Systems**, [S.L.], v. 195, p. 103304, jan. 2022. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.agry.2021.103304>).

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html. Acesso em: 10 out. 2022.

IPBES, 2018. **Regional and Subregional Assessments of Biodiversity and Ecosystem Services**: Regional and Subregional Assessment for Africa. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Medellin, Colombia. Disponível em: <https://ipbes.net/assessment-reports/africa>. Acesso em: 15 Set. 2022.

JOËT, T. *et al.* Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 118, n. 3, p. 693-701, fev. 2010. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.048>).

KURNIAWAN, M. F. *et al.* Abordagem metabolômica para entender os papéis dos compostos fenólicos e da melanoidina na atividade antioxidante dos extratos de café robusta e arábica da Indonésia. **Food Sci Biotechnol**, v. 26, 1475-1480, 2017. (<https://doi.org/10.1007/s10068-017-0228-6>).

LACCHERI, E. *et al.* Different analytical approaches for the study of water features in green and roasted coffee beans. **Food Chemistry**, v. 146, 2015.

LARA-ESTRADA, L. D.; VAAAST, P. Effects of altitude, shade, yield and fertilization on coffee quality (*Coffea arabica* L. var. Caturra) produced. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 7, p. 2356-2361, 2007.

LAZZARINI, W. e MORAES, F.R.P.DE. **Influência dos grãos deteriorados (“tipo”) sobre a qualidade da “bebida” de café.** Bragantia. v.17. n 07. 109-118p., 1958. Pereira *et al.*, 2020

LEE, L. W. *et al.* Coffee fermentation and flavor – An intricate and delicate relationship. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 185, p. 182-191, out. 2015. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.124>).

LIMA, L. M. DE *et al.* **Behavioral aspects of the coffee consumer in different countries:** The case of Brazil. Coffee Consumption And Industry Strategies In Brazil, [s.l.], p.321-341, 2020. Elsevier. (<http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-814721-4.00016-0>).

LOCONTO, A., DANKERS, C., 2014. Impact of International Voluntary Standards on Smallholder Market Participation in Developing Countries: a Review of the Literature, **Agribusiness and Food Industries Series**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Retrieved. (<https://www.fao.org/publications/card/en/c/2858ceb4-4b8f-47af-9ba5-7c4e360bbf2d/>).

LOWDER, S. K.; SKOET, J.; RANEY, T. The Number, Size, and Distribution of Farms, Smallholder Farms, and Family Farms Worldwide. **World Development**, [S.L.], v. 87, p. 16-29, nov. 2016. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.041>).

MACHADO, R.M. *et al.* **Legislação de produção orgânica no Brasil:** projeto de fortalecimento da agroecologia e da produção orgânica nos SPG e OCS brasileiros. IFSuldeMinas: Pouso Alegre, 19 p.: il. – (Caderno PROAPO, n.3), 2017.

MAFRA, L. A. S. **Indicação Geográfica e construção do mercado:** a valorização da origem no Cerrado Mineiro. 2008. 137 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade., Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

MAGALHÃES, J. A. I. *et al.* A critical technoeconomic analysis of coffee processing utilizing a modern fermentation system: implications for specialty coffee production. **Food And Bioprocesses Processing**, [S.L.], v. 125, p. 14-21, jan. 2021. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2020.10.010>).

MÉNDEZ, V.E. *et al.* Effects of fair trade and organic certifications on small-scale coffee farmer households in Central America and Mexico. **Renewable Agric. Food Syst.** 25, 236-251, 2010.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO [MAPA]. **Café no Brasil**. 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe>. Acesso em: 14 out. 2022.

MUHIE, S. H. Strategies to improve the quantity and quality of export coffee in Ethiopia, a look at multiple opportunities. **Journal Of Agriculture And Food Research**, [S.L.], v. 10, p. 100372, dez. 2022. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100372>).

MUINHOS, R. **A ciência da torra**. 2017. Disponível em: <https://buenavistacafe.com.br/blog/2017/01/18/a-ciencia-da-torra/>. Acesso em: jun. 2023.

MURADIAN, R.; PELUPESSY, W., 2005. Governing the coffee chain: the role of voluntary regulatory Systems. **World Dev.**, v. 33, 2029-2044. (<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2005.06.007>).

MURADIAN, R.; PELUPESSY, W. Governing the coffee chain: the role of voluntary regulatory systems. **World Development**, [S.L.], v. 33, n. 12, p. 2029-2044, dez. 2005. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2005.06.007>).

NITZKE, J.L.; BIEDRZYCKI, A. **Reação de Maillard**. Disponível em: https://www.ufrgs.br/alimentus1/pao/fabricacao/fab_assamento_maillard.htm. Acesso em: jun de 2023.

O'BYRNE, R. C.; GAMBASICA, N. P.; FORERO, S. A. Microbial diversity associated with spontaneous coffee bean fermentation process and specialty coffee production in northern Colombia. **International Journal Of Food Microbiology**, [S.L.], v. 354, p. 109282, set. 2021. Elsevier BV.

OCHIENG, B. O.; HUGHEY, K. F.D.; BIGSBY, H. Rainforest Alliance Certification of Kenyan tea farms: a contribution to sustainability or tokenism? **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 39, p. 285-293, jan. 2013. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.048>).

OLIVEIRA, L. S. *et al.* Proximate composition and fatty acids profile of green and roasted defective coffee beans. **Lwt - Food Science And Technology**, [s.l.], v. 39, n. 3, p.235-239, abr. 2006. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2005.01.011>). DIAS *et al.*, 2018

PARRA, A., GARCÍA, O., VANEGAS, F., GAMBOA, J., & GONZALEZ, A. R. (2020). Preliminary study of drying of natural coffee by cyclical pressure changes. **Revista DYNA**, 53-60. (DOI: 10.15446/dyna.v87n214.83414).

PDG BRASIL, 2021. **Um Guia Básico de Diferentes Processamentos de Café: Lavado, Natural, Honey**. Disponível em: <https://perfectdailygrind.com/pt/2020/02/05/guia-basico-de-diferentes-processamentos-de-cafe-lavado-natural-honey/#:~:text=3.,gr%C3%A3os%20ficam%20durante%20o%20processamento>. Acesso em: jun de 2023.

PEIXOTO, p.h.p.; PIMENTA, M. R.; REIS, L. B. **Fisiologia Vegetal: Uma abordagem prática em multimídia**. 2018. 95 PAG. Disponível em: <https://www.ufjf.br/fisiologiavegetal/files/2018/07/Manual-de-Aulas-Pr%C3%A1ticas-Fisiologia-Vegetal.pdf> . Acesso em: jun, 2023.

PEREIRA, L. F. P.; GALVÃO, R. M.; KOBAYASHI, A. K.; CAÇÃO, S. M. B.; VIEIRA, L. G. E. Ethylene production and acc oxidase gene expression during fruit ripening of *Coffea arabica* L. **Brazilian Journal Of Plant Physiology**, [S.L.], v. 17, n. 3, p. 283-289, set. 2005. FapUNIFESP (SciELO). (<http://dx.doi.org/10.1590/s1677-04202005000300002>).

PHAM, H. G.; CHUAH, S.H.; FEENY, S. Coffee farmer preferences for sustainable agricultural practices: findings from discrete choice experiments in Vietnam. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 318, p. 115627, set. 2022. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115627>).

Potts, J.; Lynch, M.; Wilkings, A.; Huppé, G.; Cunningham, M.; Voora, V. 2014. The State of Sustainability Initiatives Review 2014: Standards and the Green Economy. **IISD (International Institute for Sustainable Development)**, Winnipeg. Retrieved. (<https://www.iisd.org/publications/state-sustainability-initiatives-review-2014-standards-and-green-economy>).

QUINET, M.; ANGOSTO, T.; YUSTE-LISBONA, F. J.; BLANCHARD-GROS, R.; BIGOT, S.; MARTINEZ, J. P.; LUTTS, S. Tomato Fruit Development and Metabolism. **Frontiers In Plant Science**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 1-23, 29 nov. 2019. Frontiers Media SA. (<http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2019.01554>).

QUINTÃO, R. T.; BRITO, E. P. Z.; BELK, R. W. The taste transformation ritual in the specialty coffee market. **Revista de Administração de Empresas**, [S.L.], v. 57, n. 5, p. 483-494, set. 2017. FapUNIFESP (SciELO). (<http://dx.doi.org/10.1590/s0034-759020170506>).

RABELO, M. H. S. *et al.* Impacts of quaker beans over sensory characteristics and volatile composition of specialty natural coffees. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 342, p. 128304, abr. 2021. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128304>).

Rainforest Alliance. (n.d). **It's (sustainable) tea time**: First steps in transforming the tea industry. Disponível em: http://www.rainforestalliance.org/profiles/documents/tea_fact_sheet.pdf. Acesso em: 30 mar. 2011.

RAINFOREST-ALLIANCE. **O que “Certificado Rainforest Alliance” significa?** Disponível em: <https://www.rainforest-alliance.org/pt-br/intuicoes/o-que-certificado-rainforest-alliance-significa/>. Acesso em: 3 nov. 2022.

Raynolds, LT; Murray, D.; Heller, A. Regulando a sustentabilidade no setor cafeeiro: uma análise comparativa de iniciativas de certificação ambiental e social de terceiros. **Agric. Hum. Values**, v. 24, 147-163, 2007. (<https://doi.org/10.1007/s10460-006-9047-8>).

RIBEIRO, J.S. *et al.* Prediction models for Arabica coffee beverage quality based on aroma analyses and chemometrics. **Talanta**, [s.l.], v. 101, p.253-260, nov. 2012. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2012.09.022>).

RIBEIRO, L. S. *et al.* Behavior of yeast inoculated during semi-dry coffee fermentation and the effect on chemical and sensorial properties of the final beverage. **Food Research International**, Barking, v. 92, p. 26-32, 2017.

RITZER, G. The McDonaldization of society, 5 ed. **Thousand Oaks**, USA: Pine Forge Press. p. 320, 2007.

ROSEBERRY, W. The Rise of Yuppie Coffees and the Reimagination of Class in the United States. **American Anthropologist**, [S.L.], v. 98, n. 4, p. 762-775, dez. 1996. Wiley. (<http://dx.doi.org/10.1525/aa.1996.98.4.02a00070>). Cassia, Fattore & Paleari, 2006.

RUBEN, R.; FORT, R.; ZÑIGA-ARIAS, G. Measuring the impact of fair trade on development. **Development In Practice**, [S.L.], v. 19, n. 6, p. 777-788, 22 jul. 2009. Informa UK Limited. (<http://dx.doi.org/10.1080/09614520903027049>).

SAMPER, L.; QUIÑONES-RUIZ, X. Towards a Balanced Sustainability Vision for the Coffee Industry. **Resources**, [S.L.], v. 6, n. 2, p. 17, 5 abr. 2017. MDPI AG. (<http://dx.doi.org/10.3390/resources6020017>).

SCHALTEGGER, S.; STURM, A. Ökologische Rationalität (German/in English: Environmental rationality). **Die Unternehmung**, v. 4, p. 117-131, 1990.

SCHOUTEN, G.; BITZER, V. The emergence of Southern standards in agricultural value chains: a new trend in sustainability governance? **Ecological Economics**, [S.L.], v. 120, p. 175-184, dez. 2015. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.10.017>).

SIQUEIRA, H. M. de; SOUZA, P. M. de; RABELLO, L. K. C.; FERREIRA, R. de S.; ALVAREZ, C. R. da S. Transição agroecológica e sustentabilidade dos agricultores familiares do Território do Caparaó, ES. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5(2), p. 247-263, 2010.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **METODOLOGIA SCAA DE AVALIAÇÃO DE CAFÉS ESPECIAIS GUIA RÁPIDO – GREEN COFFEE**. 10 pag. Disponível em: SCAA/CuppingProtocols/QuickGuidebyEnseiNeto_Portuguese/RevMar09. Acesso em; nov. 2022.

SUNARHARUM, W. B.; WILLIAMS, D. J.; SMYTH, H. E. Complexity of coffee flavor: a compositional and sensory perspective. **Food Research International**, [S.L.], v. 62, p. 315-325, ago. 2014. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.030>).

SUNARHARUM, W. B.; WILLIAMS, David J.; SMYTH, H. E. Complexity of coffee flavor: a compositional and sensory perspective. **Food Research International**, [S.L.], v. 62, p. 315-325, ago. 2014. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.030>).

Sustainable Agriculture Network. (2008). **Sustainable Agriculture Standard**. Disponível em: http://www.rainforestalliance.org/agriculture/documents/SAN_Sustainable_Agriculture_Standard_%20February2008.pdf. Acesso em: 9 abr. 2010.

THOMPSON, C. J.; ARSEL, Z. The Starbucks Brandscape and Consumers' (Anticorporate) Experiences of Glocalization. **Journal Of Consumer Research**, [S.L.], v. 31, n. 3, p. 631-642, dez. 2004. Oxford University Press (OUP). (<http://dx.doi.org/10.1086/425098>). Lima *et al.*, 2008.

TOLEDO, P. R. A. B.; PEZZA, L.; PEZZA, H. R.; TOCI, A. T. Relationship between the different aspects related to coffee quality and their volatile compounds. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 15, p. 705-719, 2016.

TOLESSA, K.; RADEMAKER, M.; BAETS, B. DE; BOECKX, P. Prediction of specialty coffee cup quality based on near infrared spectra of green coffee beans. **Talanta**, [S.L.], v. 150, p. 367-374, abr. 2016. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2015.12.039>). Ufer *et al.*, 2019

TRIPETCH, P.; BOROMPICHAICHARTKUL, C. Effect of packaging materials and storage time on changes of colour, phenolic content, chlorogenic acid and antioxidant activity in arabica green coffee beans (*Coffea arabica* L. cv. Catimor). **Journal Of Stored Products Research**, [s.l.], v. 84, p.1-10, dez. 2019. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101510>).

TRIPETCH, P.; BOROMPICHAICHARTKUL, C. Effect of packaging materials and storage time on changes of colour, phenolic content, chlorogenic acid and antioxidant activity in arabica green coffee beans (*Coffea arabica* L. cv. Catimor). **Journal Of Stored Products Research**, [S.L.], v. 84, p. 101510, dez. 2019. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101510>).

TRUJILLO, H. A.; MITIDIERI, F. J.; HASHIMOTO, E. M. Denomination of origin ‘Café del Huila’ and dynamics of coffee growing in Colombia. **Coffee Science**, [S.L.], v. 16, p. 1-10, 2021. Coffee Science. (<http://dx.doi.org/10.25186/v16i1.1827>).

VALENTE, M. E. R.; PEREZ, R.; RAMOS, A. M.; CHAVES, J. B. P. Indicação Geográfica de alimentos e bebidas no Brasil e na União Europeia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 3, p. 551-58, mar. 2012.

VALKILA, J. Fair Trade organic coffee production in Nicaragua — Sustainable development or a poverty trap? **Ecological Economics**, [S.L.], v. 68, n. 12, p. 3018-3025, out. 2009. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.07.002>).

VIEIRA, L. G. E. *et al.* Brazilian coffee genome project: an est-based genomic resource. **Brazilian Journal Of Plant Physiology**, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 95-108, mar. 2006. FapUNIFESP (SciELO). (<http://dx.doi.org/10.1590/s1677-04202006000100008>).

VILELA, D. M. *et al.* Molecular ecology and polyphasic characterization of the microbiota associated with semi-dry processed coffee (*Coffea arabica* L.). **Food Microbiology**, [S.L.], v. 27, n. 8, p. 1128-1135, dez. 2010. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2010.07.024>).

WEBER, J. G. How much more do growers receive for Fair Trade-organic coffee? **Food Policy**, [S.L.], v. 36, n. 5, p. 678-685, out. 2011. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2011.05.007>).

WOLDE Z., TEFERA A., YARED S., GEZAHAGN T, TADESSE, T. A review on coffee farming, production potential and constraints in Gedeo Zone, **Southern Ethiopia J. Nat. Sci. Res.**, v. 7 (23), p. 1-9, 2017.

YANG, N.; LIU, C.; LIU, X.; DEGN, T. K.; MUNCHOW, M.; FISK, I. Determination of volatile marker compounds of common coffee roast defects. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 211, p. 206-214, nov. 2016. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.124>).

ZEWELD, W.; VAN HUYLENBROECK, G.; TESFAY, G.; SPEELMAN, S. Smallholder farmers' behavioural intentions towards sustainable agricultural practices. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 187, p. 71-81, fev. 2017. Elsevier BV. (<http://dx.doi.org/10>

APOIO



**Consórcio
Pesquisa Café**



**GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO**

Secretaria da Ciência, Tecnologia,
Inovação e Educação Profissional



REALIZAÇÃO



Instituto Capixaba de Pesquisa,
Assistência Técnica e Extensão Rural

**GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO**

Secretaria da Agricultura,
Abastecimento, Aquicultura e Pesca



Acesse gratuitamente a
produção editorial do Incaper

ISBN: 978-85-89274-51-7



9 788589 274517

DOI: 10.54682/livro.9788589274517

