ISSN 1809-6875

COFFEE SCIENCE

Volume 8, Número 1, 2013

ISSN 1809-6875

COFFEE SCIENCE

Endereço/*Address*

COFFEE SCIENCE
Universidade Federal de Lavras (UFLA)
Caixa Postal 3037
37200-000 Lavras, MG, Brasil

Fone: +55 35 3829-1784
e-mail: coffeescience@dag.ufla.br
http://www.coffeescience.ufla.br

COFFEE SCIENCE

COFFEE SCIENCE é uma publicação quadrimestral, vinculada à Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil e ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café-CBP&D/Café, que tem por objetivo publicar artigos originais completos que contribuam para o desenvolvimento da cafeicultura nas diferentes áreas. É indexada na AGROBASE/BINAGRI, AGRIS/CARIS, BIBLIOTECA NACIONAL, IBICT/SEER, CAB ABSTRACTS (CABI – Commonwealth Agricultural Bureaux International), LATINDEX (Regional System of on-line Information for Scientific Publication of Latin America, Caribean, Spain and Portugal), PERIÓDICA (Indice de Revistas Latino Americanas em Ciências), SCOPUS-Elsevier e DOAJ (Directory of Open Access Journals).

Issued every four months, **COFFEE SCIENCE** is a journal linked to the Federal University of Lavras (Lavras, Minas Gerais state, Brazil) and to the Brazilian Consortium for Research and Development in Coffee – CBP&D/Café, which publishes original articles that contribute to the development of coffee production in different areas. COFFEE SCIENCE is indexed to AGROBASE/BINAGRI, AGRIS/CARIS, BIBLIOTECA NACIONAL, IBICT/SEER, CAB ABSTRACTS (CABI – Commonwealth Agricultural Bureaux International), LATINDEX (Regional System of on-line Information for Scientific Publication of Latin America, Caribbean, Spain and Portugal), PERIÓDICA (Indice de revistas Latino Americanas em Ciências), SCOPUS-Elsevier and DOAJ (Directory of Open Access Journals).

Circulação/*Distribution*
Biblioteca Central da UFLA

Impressão/*Printing*
Embrapa Informação Tecnológica - Brasília, DF.

Disponível na WEB*/Available in the web site*
http://www.coffeescience.ufla.br

Indexado em:/Indexed in:
SCOPUS – Elsevier
DOAJ – Directory of Open Access Journals
AGROBASE – Base de Dados da Agricultura Brasileira (Brasil)
AGRIS-FAO – International Information System for the Agricultural Sciences and Technology (Itália)
CAB ABSTRACTS (CABI - Commonwealth Agricultural Bureaux International)
LANTINDEX (Regional System of on-line Information for Scientific Publications of Latin America, Caribbean, Spain and Portugal)
PERIÓDICA (Índice de Revistas Latinoamericanas em Ciências)

Ficha Catalográfica /Catalog form
Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da UFLA

Coffee Science. – Vol . 8, n. 1 (jan./mar. 2013)- . – Lavras:
Universidade Federal de Lavras, 2013- .
v. : il. ; 27cm.

Trimestral: v. 1, n. 1, 2006. Semestral: a partir do v. 1, n. 2, 2006. Quadrimestral: a partir do v. 5, n. 1, 2010. Trimestral: a partir do v. 8, n. 1, 2013. Início: 2006.
ISSN: 1809-6875

1. Cafeicultura. I. Universidade Federal de Lavras. II. Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café.

CDD-633.73

Coffee Science

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
Ministério da Educação
Ministro: Aloizio Mercadante
Reitor: José Roberto Soares Scolforo
Vice-Reitora: Édila Vilela de Resende Von Pinho
Pró-Reitoria de Pesquisa: José Maria de Lima

Consórcio Pesquisa Café
Presidente do Conselho Diretor: Pedro Antônio Arraes Pereira

Embrapa Café
Gerente Geral: Gabriel Ferreira Bartholo
Gerente Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento: Antônio Fernando Guerra
Gerente Adjunto de Transferência de Tecnologia: Lucas Tadeu Ferreira
Gerente Adjunto de Administração: Walmir Luiz Rodrigues Gomes

Editora UFLA
Diretoria Executiva
Renato Paiva

Coffee Science
Comissão Editorial/*Editorial board*

Editor-Chefe/*Editor-in-chief*
Rubens José Guimarães – Universidade Federal de Lavras, MG, Brasil

Editores-Executivos/*Executive-editors*
Antônio Nazareno Guimarães Mendes – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, Brasil
Flávio Meira Borém – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, Brasil
Helena Maria Ramos Alves – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília-DF, Brasil
Luiz Gonzaga de Castro Júnior – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, Brasil
Marcelo Ribeiro Malta – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Lavras-MG, Brasil
Maurício Sérgio Zacarias – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília-DF, Brasil
Myriane Stella Scalco – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, Brasil
Samuel Pereira de Carvalho – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, Brasil

Secretaria/*Secretary*
Renata Kelly Silva Rezende

Editoração/*Editorship*
Patrícia Carvalho de Moraes, Renata de Lima Rezende

Revisão de Português/*Portuguese language review*
Jane Cherem

Revisão de Inglês/*English language review*
David Keith Crouse

Revisão de Referências Bibliográficas/*Revision of citations and references*
Márcio Barbosa Assis

Nomenclatura Científica/*Scientific Nomenclature*
Douglas Antônio de Carvalho

Apoio/*Supported by*
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG

Coffee Science, Lavras, v. 8, n. 1, p. 1-108, jan./mar. 2013

COFFEE SCIENCE

Editores Científicos/*Scientific-editors*

Alemar Braga Rena, UFV, Viçosa, MG
Amauri Alves de Alvarenga, UFLA, Lavras, MG
André Luis Teixeira Fernandes, UNIUBE, Uberaba, MG
Antônio Nazareno Guimarães Mendes, UFLA, Lavras, MG
Armando Androciolli Filho, IAPAR, Londrina, PR
Augusto Ramalho Morais, UFLA, Lavras, MG
Aymbiré Francisco Almeida da Fonseca, EMBRAPA CAFÉ, Venda Nova do Imigrante, ES
Carlos Henrique Siqueira de Carvalho, EMBRAPA, Brasília, DF
Édila Vilela de Resende Von Pinho, UFLA, Lavras, MG
Everardo Chartuni Mantovani, UFV,Viçosa, MG
Fábio Moreira da Silva, UFLA, Lavras, MG
Flávia Maria Avelar Gonçalves, UFLA, Lavras, MG
Flávia Maria de Mello Bliska, IAC, Campinas, SP
Gabriel Ferreira Bartholo, EMBRAPA, Brasília, DF
Itamar Ferreira de Souza, UFLA, Lavras, MG
Janice Guedes de Carvalho, UFLA, Lavras, MG
João Batista Silva Araújo, INCAPER, Venda Nova do Imigrante, ES
Laércio Zambolim, UFV, Viçosa, MG
Leandro Carlos Paiva, IFSM, Machado, MG
Lílian Padilha, EMBRAPA CAFÉ, Varginha, MG
Ludwig Heinrich Pfenning, UFLA, Lavras, MG
Luiz Gonzaga de Castro Júnior, UFLA, Lavras, MG
Manoel Alves de Faria, UFLA, Lavras, MG
Maria Amélia Gava Ferrão, EMBRAPA CAFÉ, Venda Nova do Imigrante, ES
Marilusa Pinto Coelho Lacerda, UNB, Brasília, DF
Mário Lúcio Vilela de Resende, UFLA, Lavras, MG
Mário Massayuki Inomoto, ESALQ/USP, Piracicaba, SP
Marta dos Santos Freire Ricci, EMBRAPA AGROBIOLOGIA, Seropédica, RJ
Maurício Alves Moreira, INPE, São José dos Campos, SP
Mirian Peres Maluf, EMBRAPA CAFÉ, Campinas, SP
Paulo Caramori, IAPAR, Londrina, PR
Paulo César Afonso Júnior, EMBRAPA, Brasília, DF
Paulo Rebelles Reis, EPAMIG, Lavras, MG
Ronaldo Alves Libânio, UFLA, Lavras, MG
Rosane Freitas Schwan, UFLA, Lavras, MG
Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira, UFLA, Lavras, MG
Sara Maria Chalfoun, EPAMIG, Lavras, MG
Sônia Maria de Lima Salgado, EPAMIG, Lavras, MG
Stella Dellyzete Veiga Franco da Rosa, EMBRAPA, Brasília, DF
Sylvana Naomi Matsumoto, UESB, Vitória da Conquista, BA
Vanessa Cristina de Almeida Theodoro, UNEMAT, Nova Xavantina, MT
Wander Eustáquio de Bastos Andrade, PESAGRO, Campos dos Goytacazes, RJ

COFFEE SCIENCE

SUMÁRIO/*SUMMARY*

01 Families of *Hymenoptera parasitoids* in organic coffee cultivation in Santo Antônio do Amparo, MG, Brazil
Famílias de *Himenopteros parasitoides* em cultivo orgânico de café em Santo Antônio do Amparo, MG, Brasil.
Fabricio Zelesnikar Ferreira, Luís Cláudio Paterno Silveira, Marcelo Mendes Haro 1

02 Atributos sensoriais e características físico-químicas de bebida de cultivares de café do IAPAR
Sensory attributes and physico-chemical characteristics of the coffee beverage from the IAPAR cultivars
Maria Brígida dos Santos Scholz, Joyce Vânia Nogueira da Silva, Vitória Ribeiro Garcia de Figueiredo, Cíntia Sorane Good Kitzberger 6

03 Análise da expressão do gene manose 6 fosfato redutase em cafeeiros submetidos ao déficit hídrico
Analysis of the mannose 6 phosphate reductase gene expression in coffee trees submitted to water deficit
Luciana Pereira Freire, Pierre Roger Marraccini, Gustavo Costa Rodrigues, Alan Carvalho Andrade..... 17

04 Acibenzolar-S-Metil no controle da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro em condições de campo
Acibenzolar-S-Methyl in control of rust and coffee plant cercosporiose in field conditions
Luiz Henrique Monteiro Fernandes, Mário Lúcio Vilela de Resende, Ricardo Borges Pereira, Bruno Henrique Garcia Costa, Ana Cristina Andrade Monteiro, Pedro Martins Ribeiro Júnior 24

05 Comportamento de progênies F_4 de cafeeiros arábica, antes e após a poda tipo esqueletamento
Performance of F_4 arabic coffee progenies, before and after framework pruning
Gladyston Rodrigues Carvalho, César Elias Botelho, Juliana Costa de Rezende, André Dominguett Ferreira, Rodrigo Luz da Cunha, Francisco Carlos Pedro 33

06 Características sensoriais de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) na região do Alto Paranaíba
Sensorial characteristics of coffee (*Coffea arabica* L.)varieties in the Alto Paranaíba region
Sara Maria Chalfoun, Marcelo Cláudio Pereira, Gladyston Rodrigues Carvalho, Antonio Alves Pereira, Taciana Villela Savian, Deila Magna dos Santos Botelho 43

07 Desempenho operacional da colheita mecanizada e seletiva do café em função da força de desprendimento dos frutos
Operacinal performance of mechanically harvested coffee and selectivity in accordance to force detachment of fruit
Flávio Castro da Silva, Fábio Moreira da Silva, Antônio Carlos da Silva, Murilo Machado de Barros, Marcos Antônio Zambillo Palma 53

08 Antecipação da produção e desenvolvimento da lavoura cafeeira implantada com diferentes tipos de mudas
Antecipation of the production and development of coffee plantation implanted with different types of seedlings
Danielle Pereira Baliza, Alexandrino Lopes de Oliveira, Rafael Antônio Almeida Dias, Rubens José Guimarães, Cynthia Reis Barbosa 61

Coffee Science

09 Potencial enzimático e toxigênico de fungos isolados de grãos de café
Enzymatic and toxigenic potential of fungi isolated from coffee beans
Elisângela de Fátima Rezende, Fabiana Aparecida Couto, Josiane Gonçalves Borges, Daiani Maria da Silva, Luis Roberto Batista 69

10 Aplicação de redes neurais artificiais na classificação de áreas cafeeiras em Machado-MG
Application of artificial neural network in the classification of coffee areas in Machado, Minas Gerais State
Lívia Naiara de Andrade, Tatiana Grossi Chquiloff Vieira, Wilian Soares Lacerda, Margarete Marin Lordelo Volpato, Clodoveu Augusto Davis Junior 78

11 Técnicas de extração de conhecimentos aplicadas à modelagem de ocorrência da cercosporiose (*Cercospora coffeicola Berkeley & Cooke*) em cafeeiros na região Sul de Minas Gerais
Technical knowledge extraction applied to modeling of occurrence (*Cercospora coffeicola Berkeley & Cooke*) coffee in the southern region of Minas Gerais
Vanessa Cristina Oliveira de Souza, Rodrigo Luz da Cunha, Lívia Naiara Andrade, Margarete Marin Lordelo Volpato, Vicente Luiz de Carvalho, Ahmed Ali Abdalla Esmin 91

12 Influência da planta hospedeira no comportamento reprodutivo de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae)
Influence of host plant on reproductive behavior of *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae)
Marcy das Graças Fonseca, Ana Paula Albano Araújo, Tiago Teixeira de Resende, Eraldo Lima..... 101

FAMILIES OF HYMENOPTERAN PARASITOIDS IN ORGANIC COFFEE CULTIVATION IN SANTO ANTONIO DO AMPARO, MG, BRAZIL

Fabricio Zelesnikar Ferreira[1], Luís Cláudio Paterno Silveira[2],Marcelo Mendes Haro[3]

(Recebido: 27 de maio de 2010; aceito: 4 de junho de 2012)

ABSTRACT: The objective of this study was to understand the profiles of families of Hymenoptera parasitoids present in the organic coffee grown in Santo Antônio do Amparo, Brazil. Samples were collected monthly to calculate the accumulation curve, richness and abundance indices. 4817 parasitoids distributed in nine families and 26 superfamilies were collected. The superfamily Chalcidoidea had the highest abundance (28.34 %) and diversity (13 families). Families that have natural enemies to the coffee pests represented 42 % of arthropods collected. Samples were taken of Parasitoid families not related to coffee pests, indicating the importance of organic farming in the conservation of hymenoptera.

Index terms: Organic agriculture, conservative biological control, diversity.

FAMÍLIAS DE HIMENÓPTEROS PARASITOIDES EM CULTIVO ORGÂNICO DE CAFÉ EM SANTO ANTÔNIO DO AMPARO, MG, BRASIL

RESUMO: *Objetivou-se neste estudo compreender os perfis das famílias de himenópteros parasitoides presentes na cultura de café orgânico, no município de Santo Antônio do Amparo, MG. Foram realizadas amostragens mensais e posterior cálculo da curva de acumulação, riqueza e índices de abundância. Foram coletados 4.817 parasitoides, distribuídos em nove superfamílias e 26 famílias. A superfamília Chalcidoidea apresentou maiores abundância (28,34%) e diversidade (13 famílias). Famílias que possuem inimigos naturais de pragas do café representaram 42% dos artrópodes coletados. Foram amostradas famílias de parasitoides não relacionadas a pragas do cafeeiro, indicando a importância do cultivo orgânico na conservação da fauna de himenópteros.*

Termos para indexação: *Agricultura orgânica, controle biológico conservativo, diversidade.*

1 INTRODUCTION

Insect pest attack is responsible for significant oscillations in coffee production costs, grain yield and quality in Brazil (BENAVIDES et al., 2002). Among these phytophagous, the most important throughout the country are the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae), and the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae), followed by a high number of secondary pests (GALLO et al., 2002).

In organic production system, due to the absence of pesticides, natural enemy community is responsible for insect pest regulation (ALTIERI; SILVA; NICHOLLS, 2003). Parasitoids from the order Hymenoptera stand out among these beneficial insects, performing as important role in the maintenance of ecological balance (PERIOTO et al., 2004). These individuals are studied aiming their use in biological control programs, with larger emphasis on the Chalcidoidea, Ichneumonoidea and Proctotrupoidea superfamilies (NICHOLLS; ALTIERI, 2007).

Regarding the control of coffee pests, the families Bethylidae, Eulophidae, Braconidae and Pteromalidae possess species responsible for the parasitism of *H. hampei* and *L. coffeella* (REIS; SOUZA; VENZON, 2002).

Families Braconidae, Chalcididae, Diapriidae, Figitidae, Monomachidae and Pteromalidae have high potential to control secondary coffee pests, such as the fruit fly *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae), the caterpillar *Eacles imperialis*

[1] Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Entomologia/DEN - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG -fzferreira@yahoo.com.br
[2] Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Entomologia/DEN - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - lcpsilveira@den.ufla.br
[3] Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Entomologia/DEN - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - marcelo_haro@hotmail.com

magnifica Walker, 1856 (Lepidoptera: Attacidae) and the root fly *Chiromyza vitata* Wiedemann (Diptera: Stratiomyidae) (HANSON; GAULD, 2006; REIS; SOUZA; VENZON, 2002).

Given to the economical importance of coffee cultivation in Minas Gerais and the essential role of parasitoids as pest regulator, the objective of this study was to understand the family profiles of hymenopteran parasitoids present in the coffee plant culture, cultivated under organic system in Santo Antônio do Amparo, MG.

2 MATERIAL AND METHODS

Study area

The experiment was conducted on Fazenda Cachoeira, in the municipality of Santo Antônio do Amparo, west region of Minas Gerais (20°53'51,55"S/44°56'32,11"W). Two areas of coffee were used for the development of this research: one with the Catuaí Amarelo cultivar, with an area of 3.1 hectares, and the other with 4.2 hectares of the Acaiá cultivar. Both cultivations were approximately five years old.

Period and sampling method

The parasitoid diversity survey was carried out monthly from February to June of 2009, aiming for the period of highest population of coffee pests (REIS; SOUZA; VENZON, 2002; SOUZA; REIS; RIGITANO, 1998). For the collections yellow plastic traps (Moericke) with 15cm of diameter were used, suspended 50 cm from the soil in bamboo stakes, fastened in the soil. A saturated solution of sodium chloride (30 g per litre of water) added to drops of detergent was used to conserve the insects collected.

Traps were distributed in five transects for each area, with 20m between traps and 40m between each transcect. In the smaller plot four traps were installed in each transect (total of 20), while in the larger area five were used in each (total of 25). The traps remained in the field for 72 hours per collection. The hymenopteran parasitoids collected were maintained in 70% alcohol and identified at family level.

Data analysis

The information was organized in a database. Family richness (total number of families collected) and abundance index (total number of individuals in each family collected) were determinate using the software Biodiversity Pro (MCALEECE et al., 1997). Diversity index (H') and species accumulation curves, used to verify the sufficiency of sampling period, were calculated using the software EstimateS© (COLWELL, 2006).

3 RESULTS AND DISCUSSION

The total of 4,817 parasitoid individuals from 26 families and nine superfamilies were collected (Table 1). Perioto et al. (2004), using of the same methodology in conventional coffee cultivations found only 21 families. Therefore, based on the collection curve (data not shown), the methodology used in this work was enough to sample most of the parasitoid families that potentially could be found in the areas.

Chalcidoidea was the superfamily with the highest number of families registered (Table I), result that agrees with the observations of Perioto et al. (2004). Possibly, the high number of hosts in the area, present in organic coffee plants and weeds (e.g. *Bidens pilosa* L., *Parthenium hysterophorous* L. and *Amaranthus* spp.), were the reasons for this result (GIBSON; HUBER; WOOLLEY, 1997; HANSON; GAULD, 2006).

The family Encyrtidae was the most abundant in this study. The wide number of potential hosts and the capacity to produce a large number of descendants, due to poliembryonic development, can explain the abundance observed (GIBSON; HUBER; WOOLLEY, 1997).

Eight families with importance for biological control of coffee pests were found: Bethylidae, Braconidae, Chalcididae, Diapriidae, Eulophidae, Figitidae, Monomachidae and Pteromalidae. These families represented 42.60% of the collected parasitoids, a proportion higher than the results in conventional cultivation, where Perioto et al. (2004) registered 24.72% and Santos (2007) 28.38%.

TABLE 1 – Superfamilies of Hymenoptera parasitoids collected; abundance, and percentage of families observed in organic coffee, in Santo Antônio do Amparo, MG, February to June/2009.

Superfamily/Family	Coffee variety		Total	Average	%
	Acaiá	Catuaí			
1. Ceraphronoidea					
1. Ceraphronidae	174	345	**519**	2.471	10,77%
Total	**174**	**345**	**519**	**2.471**	**10,77%**
2. Chalcidoidea					
2. Aphelinidae	54	78	**132**	0.629	2.74%
3. Chalcididae	14	21	**35**	0.167	0.73%
4. Encyrtidae	403	282	**685**	3.262	14.22%
5. Eucharitidae	1	2	**3**	0.014	0.06%
6. Eulophidae	25	56	**81**	0.386	1.68%
7. Eupelmidae	7	6	**13**	0.062	0.27%
8. Eurytomidae	4	3	**7**	0.033	0.15%
9. Mymaridae	101	184	**285**	1.357	5.92%
10. Perilampidae	1	0	**1**	0.005	0.02%
11. Pteromalidae	20	36	**56**	0.267	1.16%
12. Signiphoridae	26	15	**41**	0.195	0.85%
13. Torymidae	1	1	**2**	0.010	0.04%
14. Trichogrammatidae	14	10	**24**	0.114	0.50%
Total	**671**	**694**	**1365**	**6.500**	**28.34%**
3. Chrysidoidea					
15. Bethylidae	14	57	**71**	0.338	1,47%
16. Dryinidae	11	54	**65**	0.310	1.35%
Total	**25**	**111**	**136**	**0.648**	**2.82%**
4. Cynipoidea					
17. Figitidae	212	207	**419**	1.995	8.70%
Total	**212**	**207**	**419**	**1.995**	**8.70%**
5. Evanioidea					
18. Evaniidae	0	1	**1**	0.005	0.02%
Total	**0**	**1**	**1**	**0.005**	**0.02%**
6. Ichneumonoidea					
19. Braconidae	200	227	427	2.033	8.86%
20. Ichneumonidae	43	61	104	0.495	2.16%
Total	**243**	**288**	**531**	**2.529**	**11.02%**

Continues...

TABLE 1 – Continuation...

7. Platygastroidea					
21. Platygastridae	294	185	479	2.281	9.94%
22. Scelionidae	209	170	379	1.805	7.87%
Total	**503**	**355**	**858**	**4.086**	**17.81%**
8. Proctotrupoidea					
23. Diapriidae	317	335	652	3.105	13.54%
24. Monomachidae	169	142	311	1.481	6.46%
25. Proctotrupidae	3	2	5	0.024	0.10%
Total	**489**	**479**	**968**	**4.610**	**20.10%**
9. Vespoidea					
26. Tiphiidae	15	5	20	0.095	0.42%
Total	**15**	**5**	**20**	**0.095**	**0.42%**
Total parasitoids	**2332**	**2140**	**4817**	**22.938**	**100.00%**

Bethylidae family represented 1.47% of the individuals collected. This is a very important family, above all in function of the African species *Cephalonomia stephanoderis* Betrem and *Prorops nasuta* Waterston. These species participate in the natural control of the coffee berry borer, and they were introduced in Brazil in the decade of the 30's and 80's respectively, today being commonly found in surveys of parasitoids of that pest (REIS; SOUZA; VENZON, 2002).

The family Eulophidae also had low abundance (1.68% of the specimens collected in the organic coffee plantation), and they usually attack several miners and gall formers (GIBSON; HUBER; WOOLLEY, 1997). This family, however, possesses species that act controling the coffee berry borer, like the species *Phymastichus coffea* La Salle, as well as coffee leaf miner, of which about 10 species are registered in Brazil (REIS; SOUZA; VENZON, 2002).

Braconidae reached 8.86% of the collected parasitoids in the present study. Neotropical braconids occupy practically all terrestrial habitats, and they mostly attack larvae of the orders Lepidoptera, Coleoptera and Diptera (HANSON; GAULD, 2006). According to Reis, Souza e Venzon (2002) eight species of Braconidae have been reported parasitizing *L. coffeella* caterpillars in Brazil, whereby *Calastes letifer* (Mann) and *Mirax* sp. are considered the main braconids responsible for the population control of this pest.

Organic coffee areas also showed potential to conserve general parasitoid fauna, which was proved by the presence of Eucharitidae and Perilampidae, considered rare in faunistic surveys (HANSON; GAULD, 2006), followed by Mymaridae, Aphelinidae, Ichneumonidae and Dryinidae.

4 CONCLUSIONS

The high richness and abundance of parasitoids families observed in this study leads to the conclusion that organic management can contribute with coffee pest regulation. Presence of rare families also demonstrated the capacity of coffee ecosystem to preserve parasitoid diversity. Functional importance of high richness and abundance of parasitoid families observed in this work should be investigated in future papers.

5 ACKNOWLEDGMENTS

We thank the staff of Fazenda Cachoeira, Mr. Fernando Paiva and Mr. Helson Aguiar, for permission to use the areas and logistical support for sampling, and FAPEMIG, CNPq and CAPES for providing scholarships and financial support to carry out this work.

6 REFERENCES

ALTIERI, M. A.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C. I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 2003. 226 p.

BENAVIDES, P. et al. Evaluación de los métodos de control cultural, químico y biológico en el manejo integrado de la broca del café. **Revista Colombiana de Entomología**, Cali, v. 28, p. 247-253, 2002.

COLWELL, R. K. **EstimateS:** statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8. Baltimore, 2006. Available on: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>. Access in: 10 Aug. 2009.

GALLO, D. et al. **Manual de entomologia agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2002. 649 p.

GIBSON, G. A. P.; HUBER, J. T.; WOOLLEY, J. B. **Annotated keys to the general of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera)**. Ottawa: NRC Research, 1997. 794 p.

HANSON, P. E.; GAULD, L. D. **Hymenoptera de la región neotropical**. Davis: The American Entomological Institute, 2006. 994 p.

MCALEECE, N. et al. **Biodiversity Pro:** free statistics software for ecology. Oban: The Natural History Museum; The Scottish Association for Marine Science, 1997.

NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A. Projeção e implantação de uma estratégia de manejo de habitats para melhorar o manejo de pragas em agroecossistemas. In: ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I.; PONTI, L. (Ed.). **Controle biológico de pragas através do manejo de agroecossistemas**. Brasília: MDA, 2007. p. 2-16.

PERIOTO, N. W. et al. Himenópteros parasitoides (Insecta: Hymenoptera) coletados em cultura de café *Coffea arábica* L. (Rubiaceae) em Ribeirão Preto, SP, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 71, n. 1, p. 41-44, jan./mar. 2004.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C.; VENZON, M. Manejo ecológico das principais pragas do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 214/215, p. 83-99, jan./abr. 2002.

SANTOS, P. S. **Diversidade de himenópteros parasitoides em áreas de mata-de-cipó e cafezais em Vitória da Conquista, BA**. 2007. 72 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2007.

SOUZA, J. C.; REIS, P. R.; RIGITANO, R. L. O. **Bicho mineiro do cafeeiro:** biologia, danos e manejo integrado. 2. ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 1998. 48 p.

ATRIBUTOS SENSORIAIS E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE BEBIDA DE CULTIVARES DE CAFÉ DO IAPAR

Maria Brígida dos Santos Scholz[1], Joyce Vânia Nogueira da Silva[2], Vitória Ribeiro Garcia de Figueiredo[3], Cíntia Sorane Good Kitzberger[1]

(Recebido: 18 de novembro de 2010; aceito: 4 de julho de 2012)

RESUMO: As características genéticas juntamente com as condições ambientais determinam a qualidade de bebida do café, de modo que a seleção de novas cultivares de café requer informações de atributos sensoriais em diferentes condições ambientais. Objetivou-se, no presente estudo, avaliar as características físico-químicas e sensoriais das cultivares de café IPR 97, IPR 98, IPR 99, IPR 100, IPR 101, IPR 102, IPR 103, IPR 104, IPR 105, IPR 106, IPR 107, IPR 108 e IAPAR 59, Bourbon, Icatu e Tupi cultivados nos municípios de Paranavaí e Itaguajé – PR, safra de 2007-2008. Avaliaram-se as características da torra dos grãos e da bebida. Os atributos sensoriais foram avaliados através da análise sensorial descritiva de Perfil Livre. Foram observadas correlações significativas entre as diferentes características do grão torrado e da bebida. Na Análise de Componente Principal (ACP), as variáveis de grão torrado e da bebida reuniram os cafés, observando-se que a maioria das cultivares de Itaguajé apresentou cafés de coloração mais escura, de maior acidez e densidade do grão torrado quando comparado à Paranavaí. Os atributos aparência cor de café e brilho, aroma de café, aroma verde, gosto ácido e amargo, sabor verde e textura corpo foram os principais responsáveis pela separação entre locais. Cor do grão e acidez da bebida foram características físico-químicas e sensoriais importantes para discriminar as cultivares de café e locais de produção. Essas informações servem de auxílio na implantação de novas lavouras potencializando atributos sensoriais desejáveis de cada cultivar.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, Perfil Livre, atributos sensoriais, grão torrado, cultivares.

SENSORY ATTRIBUTES AND PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE COFFEE BEVERAGE FROM THE IAPAR CULTIVARS

ABSTRACT: *The genetic characteristics together with environmental conditions determine the quality of coffee beverage, so the selection of new cultivars of coffee requires information from sensory attributes in different environmental conditions. The aim of the present study was to evaluate the physico-chemical and sensory characteristics of the coffee cultivars IPR 97, IPR 98, IPR 99, IPR 100 , IPR 101, IPR 102, IPR 103, IPR 104, IPR 105, IPR 106, IPR 107, IPR 108 and IAPAR 59, Bourbon, Icatu and Tupi grown in the municipalities of Paranavaí and Itaguajé - PR, season 2007-2008. We evaluated the characteristics of the roasting of the beans and beverage. The sensory attributes were evaluated by descriptive sensory analysis of Free Choice Profilling. Significant correlations were observed between the different characteristics of the roasted bean and the beverage. In the Principal Component Analysis (PCA), the variables of roasted bean and beverage grouped the coffees, observing that most cultivars from Itaguajé showed darker coffees with higher acidity and density of roasted bean when compared to Paranavaí. The attributes of color appearance and brightness of coffee, coffee aroma, green aroma, sour and bitter taste, green flavor and body texture were the main attributes responsible for the separation between sites. Bean color and acidity of the beverage were physico-chemical and sensory characteristics important for discriminating coffee cultivars and production sites. This information serves to aid in the deployment of new crops enhancing desirable sensory attributes of each cultivar.*

Index terms*: Coffea arabica , Free Choice Profiling , sensory attributes, roasted bean, cultivars.*

1 INTRODUÇÃO

Inúmeras cultivares de café são lançadas pelos programas de melhoramento do cafeeiro nas diferentes instituições de pesquisa (EIRA et al., 2007) que, além da maior produtividade, apresentam características agronômicas potencializadas principalmente como alta produção, resistência às doenças, porte baixo, entre outras (CARVALHO, 2007). As novas

[1]Instituto Agronômico do Paraná/IAPAR - Área de Ecofisiologia - Laboratório de Fisiologia Vegetal - Rodovia Celso Garcia Cid, Km 375 - 86047-902 - Três Marcos - Cx. P. 481 - Londrina - PR - mbscholz@iapar.br, cintiasorane@yahoo.com.br
[2]Nortis Farmacêutica - Rua João Guilherme, 500 - 86042-290 - Londrina - PR - joyce.farm@hotmail.com
[3]Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR - Campus Londrina - Avenida dos Pioneiros, 3131 86036-370 - Londrina - PR – vic_figueiredo@hotmail.com

cultivares são resultados de cruzamentos que visam disponibilizar cafés adaptados às diferentes condições ambientais da região cafeeira nacional. No Paraná, o Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), nos últimos anos, registrou e lançou cultivares de café resultantes de cruzamentos entre o *Coffea arabica* (Villa Sarchi) e Híbrido de Timor, cuja característica principal é a resistência à ferrugem (SERA et al., 1996). Cultivares com porte baixo e resistência às pragas e doenças também foram lançadas (EIRA et al., 2007).

Estudos revelaram a estreita relação da qualidade com diversos compostos como proteínas, cafeína, trigonelina, carboidratos, lipídios e compostos fenólicos presentes no endosperma (OOSTERVELD; VORAGEN; SCHOLS, 2003). Vários compostos do grão de café são controlados geneticamente como, por exemplo, cafeína, lipídios, trigonelina e ácidos clorogênicos (KY et al., 2001; MONTAGNON et al., 1998) e outros como sacarose e proteínas são influenciados pelas condições ambientais e/ou pelos tratos culturais aplicados (GEROMEL et al., 2006; VAAST, 2006).

O café é consumido pelo seu aroma e sabor característicos formados durante o processo de torra. Quando o café é submetido a temperaturas entre 200-250°C, os constituintes do grão verde são transformados, gerando novos produtos, responsáveis pelos aromas e sabores típicos de café (DUTRA et al., 2001). Com a evolução da torra, a água é eliminada, formam-se gases e vapores de água que promovem a expansão do grão. A cor do grão, que inicialmente é verde-amarelada, escurece até tornar-se marrom-escuro. A torra é interrompida quando a luminosidade diminui bruscamente a fim de que os produtos formados não sejam degradados (PITTIA; DALLA ROSA; LERECI, 2001).

As características sensoriais e físico-químicas do café torrado dependem fundamentalmente da intensidade da torra. Observou-se que a intensidade dos atributos sensoriais da bebida de café, principalmente no corpo, gosto ácido e amargo dependem do grau de torra (NEBESNY; BUDRYN, 2006; YATE; TUO, 1995). Parâmetros como aroma, cor, temperatura dos grãos, tempo de torra, perda de peso podem ser empregados para o controle da torra do café (ALESSANDRINI et al., 2008; PITTIA; DALLA ROSA; LERECI, 2001; SCHENKER et al., 2000).

A avaliação da qualidade do café no Brasil, para a comercialização, é realizada pela prova de xícara, em que os provadores profissionais descrevem qualitativamente a bebida e cujos parâmetros são padrões de comercialização do café verde (BRASIL, 2003). No entanto, essas avaliações qualitativas são insuficientes para descrever os efeitos de cultivo, dos níveis de adubação ou do processo de colheita ou, ainda, quando se pretende descrever os atributos de uma nova cultivar. Nessas ocasiões, a análise sensorial descritiva é recomendada, pois permite a escolha de atributos previamente definidos para descrever mais profundamente a bebida do café (NEBESNY; BUDRYN, 2006). Porém, muitas vezes essa técnica tem alto custo e requer longo tempo de treinamento para se alcançar a concordância dos provadores para as interpretações dos termos que serão usados.

Entre as diversas técnicas sensoriais descritivas a técnica descritiva de Perfil Livre foi desenvolvida para reduzir a necessidade de longos treinamentos. Essa técnica baseia-se no princípio de que as pessoas percebem as mesmas características sensoriais no produto, mesmo que as expressem de forma diferenciada. Os provadores desenvolvem um vocabulário próprio (WILLIAMS; LANGRON, 1984), que, inevitavelmente, varia de provador para provador, em função da experiência e familiaridade com o produto e o número de atributos empregados é limitado apenas pela aptidão do provador em descrever e perceber as sensações (THAMKE; DURRSCHMID; ROHM, 2009).

Objetivou-se, neste estudo, avaliar os atributos sensoriais e características fisico-químicas do grão torrado e bebida de cultivares de café do IAPAR, cultivadas em dois locais da região cafeeira do estado do Paraná.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1.1 Material

Nos experimentos do IAPAR, em Paranavaí (23° 04' 22" S 52° 27' 54" O) e Itaguajé (22° 37' 04" S 51° 57' 57" O), na safra de 2007/2008 foram coletados cerca de 5 kg de café de 17 cultivares de café (IPR 97, IPR 98, IPR 99, IPR 100, IPR 101, IPR 102, IPR 103, IPR 104, IPR 105, IPR 106, IPR 107, IPR 108, IAPAR 59, Catuaí, Bourbon, Icatu e Tupi). Os grãos cereja selecionados manualmente foram secos por exposição ao sol, em peneiras até atingir a umidade de 12,5%. As amostras secas foram guardadas em local seco e após três meses de armazenamento foram beneficiadas e para todas as análises foram usados os grãos retidos em peneira 14.

2.1.2 Preparo das amostras para a análise sensorial descritiva de Perfil Livre

As amostras de café para o treinamento e para a análise sensorial descritiva foram torradas em torrador para pequenas amostras (Rod-Bel), em temperatura entre 210-220 °C, durante 8 a 10 minutos, até a perda de peso entre 13-14% do peso inicial e ter atingido coloração marrom. Para a análise sensorial de Perfil Livre, o café foi preparado com 70 g de café torrado e moído para 1000 mL de água filtrada aquecida a 96-98°C. A mistura foi passada através de papel de filtro (Melitta 102) e a bebida, mantida em garrafas térmicas e servida no máximo 30 minutos após o preparo.

2.1.3 Equipe de provadores

Funcionários e estagiários do IAPAR e provadores de café do Centro de Comércio de Café do Norte do Paraná e Bolsa de Cereais e Mercadorias de Londrina formaram a equipe de provadores. Participaram da equipe aqueles que tiveram um acerto superior a 80% no teste de reconhecimento de odor, aplicado na primeira sessão (DUTCOSKY, 2007).

Inicialmente, foi feita uma breve explicação dos objetivos e da técnica de análise sensorial. A seguir, aplicou-se o teste de reconhecimento dos gostos básicos para os provadores. Nas duas sessões seguintes, realizou-se a discussão sobre os aromas e sabores comumente encontrados no café e o uso de escalas de intensidade de atributos na avaliação sensorial de alimentos.

2.1.4 Levantamento dos atributos e ficha individual

Foram realizadas três sessões para o levantamento de atributos através do método de rede. Foram apresentadas simultaneamente pares de amostras de café com características bem diferenciadas, de maneira a levantar o maior número possível de atributos em relação à aparência, aroma, sabor e textura do café. Aos provadores pediu-se que identificassem e registrassem em uma ficha específica as similaridades e as diferenças encontradas entre as amostras. Após o levantamento dos atributos, individualmente os provadores e o líder discutiram e elaboraram as definições dos atributos para a ficha individual dos provadores, com as escalas de intensidades não estruturadas para cada atributo.

As amostras foram apresentadas aos provadores em copos plásticos descartáveis identificados com três dígitos. Foram realizadas três sessões com apresentação de quatro amostras e uma sessão com três amostras.

2.2 Análise do café torrado

A análise de cor foi realizada utilizando-se um colorímetro portátil Minolta CR 410, empregando iluminante C, colocado num ângulo de 10° e observador padrão CIE. Foram obtidos os valores de L* (luminosidade), os componentes cromáticos a* (vermelho-verde) e b* (amarelo-azul), segundo descrito por Schenker et al. (2000).

A densidade aparente do café verde e do café torrado foi determinada pelo método de queda livre (BUENAVENTURA-SERRANO; CASTAÑO-CASTRILLÓN, 2002). A expansão do volume foi calculada a partir da expressão: **Exp V (%) = {(Vtor-Vver) x 100)}/ Vtor**, onde Exp V= expansão de volume; Vtor: volume do café torrado e Vver: volume do café verde.

O volume de 20 mL da bebida de café (à 25ºC) foi titulado com solução de NaOH 0,1N até pH 8,2, medido em potenciômetro digital

(Metrohm, mod. 744) (BUENAVENTURA-SERRANO; CASTAÑO-CASTRILLÓN, 2002). O método de análise do pH da bebida de café seguiu a proposta de Yate e Tuo (1995).

2.3 Análise estatística dos dados

As determinações físico-químicas foram realizadas em duplicata e empregou-se a análise de variância e o teste de Tukey, para a comparação das médias. Os resultados das análises sensoriais de cada provador foram alocados em uma matriz (atributos nas linhas e amostras nas colunas) e analisados pela Análise Procrustes Generalizada (APG). As análises estatísticas foram realizadas no programa estatístico XLSTAT (ADDINSOFT, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análises físico-químicas

Durante a torra, as cultivares de café de Itaguajé e de Paranavaí apresentaram, respectivamente, perdas de peso médios de 14,29 e de 14,18%, quando o café atingiu coloração marrom (Tabela 1). A formação da coloração vermelha aumenta à medida que prossegue a torra, indicado pela correlação negativa e significativa (-0,38) entre perda de peso e o componente cromático a* (Tabela 2). Essa porcentagem de perda de peso corresponde a uma torra clara, segundo Franca et al. (2009) ou como torra média de acordo com Oosterveld, Voragen e Schols (2003), pois é possível atingir colorações semelhantes com perdas de peso diferentes, em virtude da composição de matéria-prima analisada.

A coloração dos grãos de café modifica-se, progressivamente, à medida que a torra transcorre: de cor verde ou verde- amarelado torna-se marrom-escuro (PITTIA; DALLA ROSA; LERECI, 2001). Os cafés de Itaguajé foram significativamente mais escuros (menor L*) que os de Paranavaí, com valores médios de 29,77 e 31,19, respectivamente, sugerindo diferentes composições químicas para os mesmos (Tabela 1). Valores inferiores a esses foram encontrados em cafés de diferentes procedências (ALESSANDRINI et al., 2008) e em cafés brasileiros avaliados por Franca et al. (2009).

Para complementar a descrição da cor, observou-se que os componentes cromáticos a*e b* dos cafés de Paranavaí indicaram que esses são significativamente mais amarelados que os cafés de Itaguajé apresentando maiores valores de b* (Tabela 1).

A densidade e a expansão dos grãos torrados são semelhantes nos locais amostrados (Tabela 1). Valores superiores (0,60 g/mL) e inferiores (0,30 g/mL) a esses foram observados, respectivamente, por Dutra et al. (2001) e Pittia,

TABELA 1 – Valores médios de L* (luminosidade), a* (componente cromático vermelho-verde) e b* (componente cromático amarelo-azul), densidade do grão torrado, expansão de volume do grão, pH e acidez titulável de café de Itaguajé e de Paranavaí.

	Itaguajé	Paranavaí
Perda de peso (%)	14,29^{a} ±0,45	14,18^{a}±0,50
L*	29,77^{b} ±0,90	31,19^{a}±1,32
a*	10,70^{b}±0,23	10,95^{a}±0,26
b*	15,74^{b}±1,07	17,15^{a}±1,46
Densidade do grão torrado (g/mL)	0,42^{a}±0,02	0,41^{a}±0,02
Expansão de volume de grão (%)	63,01^{a}±7,64	64,34^{a}±5,25
pH	5,12^{b}±0,09	5,24^{a}±0,15
Acidez titulável[1]	3,21^{a}±0,30	2,73^{b}±0,43

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5%.
[1]mL de NaOH 0,1 N para 20 mL de bebida de café atingir pH 8,2.

Dalla Rosa e Lereci (2001) em cafés brasileiros, provavelmente causadas pela maior intensidade de torra aplicada.

A formação de vapor de água na fase inicial de aquecimento causa aumento da pressão interna do grão, promovendo a expansão do volume. Dessa maneira, à medida que prossegue a torra observa-se uma diminuição de densidade aparente, em decorrência da perda de peso e aumento de volume dos grãos torrados (PITTIA; DALLA ROSA; LERECI, 2001). A expansão do grão torrado depende da resistência da parede celular do grão (REDGWELL; FISHER, 2006). Cafés dos locais estudados apresentaram valores de densidade e de expansão do grão próximos, sugerindo composições e formações similares de parede celular nestes grãos. Esse ponto de vista é aqui corroborado pelas correlações entre densidade e expansão do grão torrado (-0,87) e densidade do grão torrado e intensidade de torra (-0,41), medidas através da perda de peso (Tabela 2).

As diversas reações entre os compostos presentes no grão determinam as características físico-químicas da bebida e dependem fundamentalmente da intensidade da torra aplicada. Como os níveis de torra são semelhantes para os cafés dos locais avaliados, a acidez média da bebida (pH e acidez titulável) dos cafés de Itaguajé, significativamente mais elevadas que de Paranavaí (Tabela 1), pode ser atribuída às condições ambientais. Observa-se ainda que níveis de acidez (pH) das bebidas das cultivares avaliadas de ambos locais são aceitos pela grande maioria de consumidores, cuja faixa de aceitação está entre 5,08 e 5,22 (MANZOCCO; LAGAZIO, 2009).

As correlações de Pearson evidenciam as relações binárias entre as variáveis avaliadas. Entre acidez titulável e pH tem-se uma correlação (-0,87) negativa e significativa em virtude da ionização de grande parte dos compostos ácidos encontrados na bebida de café.

A acidez na bebida do café é resultado da formação e, posterior degradação dos compostos durante a torra (DAGLIA et al., 2000; GINZ et al., 2000) de maneira que quanto mais intensa a torra, menor a acidez encontrada, como sugerida pela correlação negativa e significativa entre perda de peso e acidez titulável (-0,42).

No presente estudo, observou-se que os cafés mais claros (maiores valores de L*) são menos ácidos (pH mais elevado), como demonstrado pela correlação entre luminosidade e pH (0,42).

Em virtude da dificuldade de interpretar e relacionar o grande número de dados das características de grão torrado e da bebida de cada cultivar aplicou-se a Análise de Componentes Principais (ACP), tornando possível a visualização da relação entre cultivares e essas características.

TABELA 2 – Matriz de correlação entre as variáveis do café torrado das diferentes cultivares de Itaguajé e Paranavaí.

Variáveis	pH	Act	L*	a*	b*	DensT	Exp	Pp
pH	*1,00*							
Act	*-0,87*	*1,00*						
L*	*0,42*	-0,31	*1,00*					
a*	0,06	0,02	*0,74*	*1,00*				
b*	*0,39*	-0,28	*0,97*	*0,83*	*1,00*			
DensT	-0,35	0,35	0,00	0,13	0,03	*1,00*		
Exp	0,14	-0,21	-0,21	-0,17	-0,24	*-0,87*	*1,00*	
Pp	0,32	*-0,42*	-0,20	*-0,38*	-0,22	*-0,41*	0,26	*1,00*

Os valores em itálico são significativamente diferentes de 0 com um nível de significância α=0,05.
Act = acidez titulável, L*=luminosidade, a* = componente cromático vermelho-verde, b* = componente cromático amarelo-azul, DensT = densidade do grão torrado, Exp = expansão de volume do grão, Pp = perda de peso.

Através da ACP observou-se que a redução das variáveis iniciais para dois fatores retém 72,55% (F1=38,36% e F2=34,19%) da variabilidade presente nos dados originais. O primeiro componente (F1) formou-se das variáveis relacionadas com a coloração do café (L*, a* e b*), enquanto o segundo é resultado das correlações com pH da bebida, acidez titulável, densidade e expansão do grão torrado e perda de peso (Equação 1).

Na dispersão das cultivares e das variáveis no biplot formado pelos dois componentes (Figura 1), verifica-se que a coloração dos grãos torrados foi o principal critério de separação dos cafés ao projetá-los em lados opostos. Verifica-se assim que, em média, os cafés de Paranavaí são mais claros que os de Itaguajé. Cultivares como IPR 105, IPR 102 e IPR 104 estão entre os cafés mais claros, sugerindo que cafés com perdas de peso semelhantes na torra necessariamente não terão a mesma coloração.

Os critérios relacionados com o efeito da torra na estrutura do grão (densidade e expansão) e acidez da bebida identificaram as características próprias de cada cultivar. Algumas cultivares plantadas nos dois locais apresentaram características similares como é o caso de IPR 97, IPR 108, IPR 102, IPR 105 e Icatu, que apresentaram baixa densidade, alta expansão e perda de peso durante a torra, e baixa acidez titulável de bebida.

Pode-se observar que as cultivares IPR 98 e IPR 99 apresentaram colorações semelhantes nos dois locais, porém suas características relativas

F1 = 0,50 pH - 0,39 Acti + **0,96 L*** + **0,81 a*** +**0,98 b***- 0,07 DensT - 0,26 Exp - 0,23 Pp

F2 = **- 0,71pH + 0,76 Acit** + 0,01L* + 0,27 a* + 0,04 b* + **0,81 DensT - 0,69Exp - 0,67Pp**

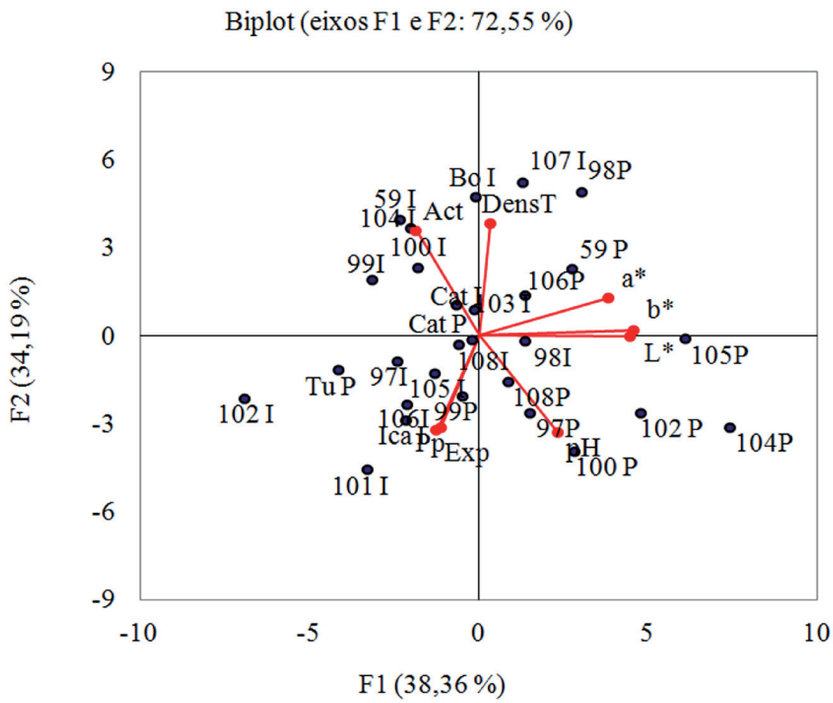


FIGURA 1 – Biplot das variáveis e cultivares no plano formado pelos componentes na ACP. A letra P designa cafés de Paranavaí e a letra I de Itaguajé. Abreviações das cultivares: o número designa o nome da cultivar (Exemplo: 105 = IPR 105), Cat = Catuaí, Ica = Icatu, Bo = Bourbon, Tu = Tupi. Códigos das variáveis: Act = acidez titulável, L*=luminosidade, a* = componente cromático vermelho-verde, b* = componente cromático amarelo-azul, DensT = densidade do grão torrado, Exp = expansão de volume do grão, Pp = perda de peso.

à densidade, expansão e perda de peso foram distintas. Cultivares como o IPR 100 e IPR 106 apresentaram todas as características diferentes nos locais estudados. A cultivar Catuaí apresentou coloração similar, enquanto para Iapar 59 esses parâmetros são diferentes, nos locais em estudo. Cafés com bebidas mais ácidas e com baixa densidade e expansão de volume são Iapar 59, Bourbon, IPR 107, IPR 99 todos cultivados em Itaguajé.

3.2 Análise sensorial

Os dados dos atributos de aparência, aroma, sabor e textura de bebida dos cafés submetidos à APG indicaram variância acumulada pela primeira e segunda dimensão de 21,20 e 16,04%, respectivamente, somando 37,24% da variabilidade existentes nos cafés. Esse valor é considerado aceitável quando comparado com aqueles encontrados em literatura, para outros produtos (CALEGUER; BENASSI, 2007; GONZALEZ-TOMAZ; COSTEL, 2006).

Os provadores, em número de 14, empregaram entre 11 e 17 atributos, com média de 14 atributos para avaliar os cafés. O aroma da bebida do café foi avaliado por 11 atributos diferentes (Tabela 3), sendo sete de caráter positivo (aroma de café, de caramelo, doce, chocolate, ácido, de chá e de açúcar queimado) e quatro de caráter negativo (amargo, verde, fermentado e cru). O sabor/gosto da bebida das cultivares de café foi descrito através de 14 atributos. Entre os gostos básicos, o ácido e o amargo foram empregados por todos os provadores e o gosto doce foi usado por sete provadores (Tabela 3). Os sabores de café, de caramelo, de chocolate e residual bom indicaram as características positivas de sabor da bebida e 11 provadores empregaram também a sensação adstringente. O sabor desagradável devido à presença de grãos imaturos foi descrito pelos sabores verde, fermentado e residual ruim. A textura da bebida do café foi descrita pelos atributos corpo, aguada e viscosa.

A descrição sensorial das cultivares de cafés é comparável a outros estudos dessa natureza com relação a sua qualidade. Geralmente, essa descrição é alcançada através da identificação e quantificação dos atributos de sua bebida (NEBESNY; BUDRYN, 2006). Nas avaliações de bebidas, os provadores analisam o café na busca de um equilíbrio entre termos positivos e negativos nas diferentes categorias dos atributos de aroma, sabor, textura e sabor residual.

Atributos considerados positivos como, por exemplo, frutado, ácido, cítrico, caramelo, chocolate e outros de caráter negativo como amargo, madeira, adstringente, verde ou fermentado (LELOUP et al., 2004; NEBESNY; BUDRYN, 2006) são sempre mencionados nas provas de bebida de café. Outros atributos de aroma floral, malte, doce, caramelo, ácido, azedo, verde, terroso, amargo, queimado, químico foram empregados na análise de oito blends de café, por provadores de diferentes países europeus (JONG; HEIDEMA; KNAAP, 1998) e para descrever café comercializado como sachê (NARAIN; PATERSON; REID, 2003).

Embora os atributos sejam citados por muitos provadores, foram considerados somente aqueles com mais de três citações com correlações acima de |0,35| para a formação de cada dimensão. Essas informações permitiram identificar os atributos de maior peso para descrever os cafés. Formaram-se grupos de cafés com qualidades distintas em função dos atributos escolhidos pelos provadores contribuindo para a separação aqueles atributos citados em maior número e mais correlacionados com as dimensões formadas na APG. A frequência de uso do atributo e a correlação com a respectiva dimensão demonstraram a sua importância na descrição do produto (THAMKE; DURRSCHMID; ROHM, 2009). Dessa maneira, a primeira dimensão foi formada pelos atributos de aparência cor de café e brilhante, aroma de café e verde, gosto ácido e amargo, sabor verde e textura corpo (Tabela 3), que promoveram a separação vertical dos cafés (Figura 2). Na segunda dimensão, os atributos de aparência (cor de café e turbidez), aroma doce, gosto doce e sabor adstringente, sabor e aroma de fermentado, foram responsáveis pela separação horizontal dos cafés.

Os atributos de aroma de café, sabor verde e textura corpo apresentaram-se com a mesma frequência de citação nas duas dimensões, destacando-se a importância desses atributos para os provadores na descrição dos cafés.

TABELA 3 – Frequência dos atributos citados para descrever as cultivares de café, nas dimensões F1 (F1+; F1-) e F2 (F2+; F2-) e o número de correlação acima de |0,35| para a formação das dimensões.

	Soma de F1 (+/-)	F1+	F1-	Soma de F2 (+/-)	F2+	F1-
Aparência						
Turbidez	2	1	1	4	1	3
Cor café/ escura	4	1	3	3		3
Brilhante	3	2	1	2		2
Transparente				2	2	
Aroma						
Aroma açúcar queimado						
Aroma café	4	1	3	4	2	2
Aroma caramelo	1	1				
Aroma chá	2	2				
Aroma ácido	1	1				
Aroma de café cru	1	1				
Aroma doce	2	1	1	4	3	1
Aroma amargo	1	1				
Aroma fermentado	2	1	1	3	2	1
Aroma verde	5	3	2	1	1	
Sabor/ gosto						
Sabor café	2		2	2	2	
Sabor caramelo	1		1	1	1	
Gosto doce	1		1	3	1	2
Gosto ácido	6	1	5	2	2	
Gosto amargo	3		3	1		1
Sabor verde	3	1	2	3	1	2
Sabor adstringente	2	1	1	4		4
Sabor fermentado/azedo	2	1	1	2	1	1
Sabor de cinzas	1	1				
Sabor residual ruim	1	1				
Textura						
Textura corpo/denso	3	1	2	3	1	2
Textura viscosa				1	1	

A Figura 2 representa a dispersão das cultivares de café, no plano formado pelas dimensões F1 e F2. Considerando os atributos formadores dessas dimensões (Tabela 3) verificou-se que os cafés foram separados pelos atributos formadores da F1, e a maioria dos cafés de Itaguajé ficaram alocados à esquerda do gráfico, em oposição aos cafés de Paranavaí.

As cultivares de café tiveram comportamentos diferenciados nos locais estudados não sendo

possível associar características sensoriais específicas para cada cultivar, sugerindo respostas diferentes para mesma cultivar em locais diferentes.

As cultivares IPR 98, IPR 99 e IPR 105, cultivadas em Paranavaí, apresentaram maior intensidade de aroma doce, foram menos encorpadas e mais transparentes, quando cultivadas em Itaguajé em função da separação pela dimensão F2. As cultivares IPR 100 e IPR 104 apresentaram esses mesmos atributos, porém com intensidades inversas nos dois locais.

Cultivares IPR 97 e IPR 108 apresentaram características similares de aroma de café, brilho e sabor doce e verde (separação por F2), porém quando cultivados em Paranavaí observou-se maior intensidade de aroma verde e textura aguada devido à separação pelos atributos formadores da F1.

Cultivares como Iapar 59, Catuaí cultivados nos dois locais e Tupi e Icatu apresentaram características sensoriais semelhantes separando-se das demais cultivares por atributos formadores da F2.

O grupo formado por Bourbon, IPR 97, IPR 98, IPR 99, IPR 101, IPR 103, IPR 106, IPR 107 e IPR 108 cultivadas em Itaguajé destacaram-se das demais por apresentarem bebidas encorpadas e com intenso aroma de café, cor de café, gosto ácido e amargo e baixa intensidade de aroma verde.

Ao se comparar as avaliações físico-químicas (ACP) e sensoriais (Perfil Livre) pôde-se observar que as características físico-químicas (parâmetros de cor e pH) foram percebidas pelos provadores (atributos de aparência cor e de sabor ácido) e tornaram-se importantes fatores para descrever e discriminar as cultivares de cafés nos locais avaliados.

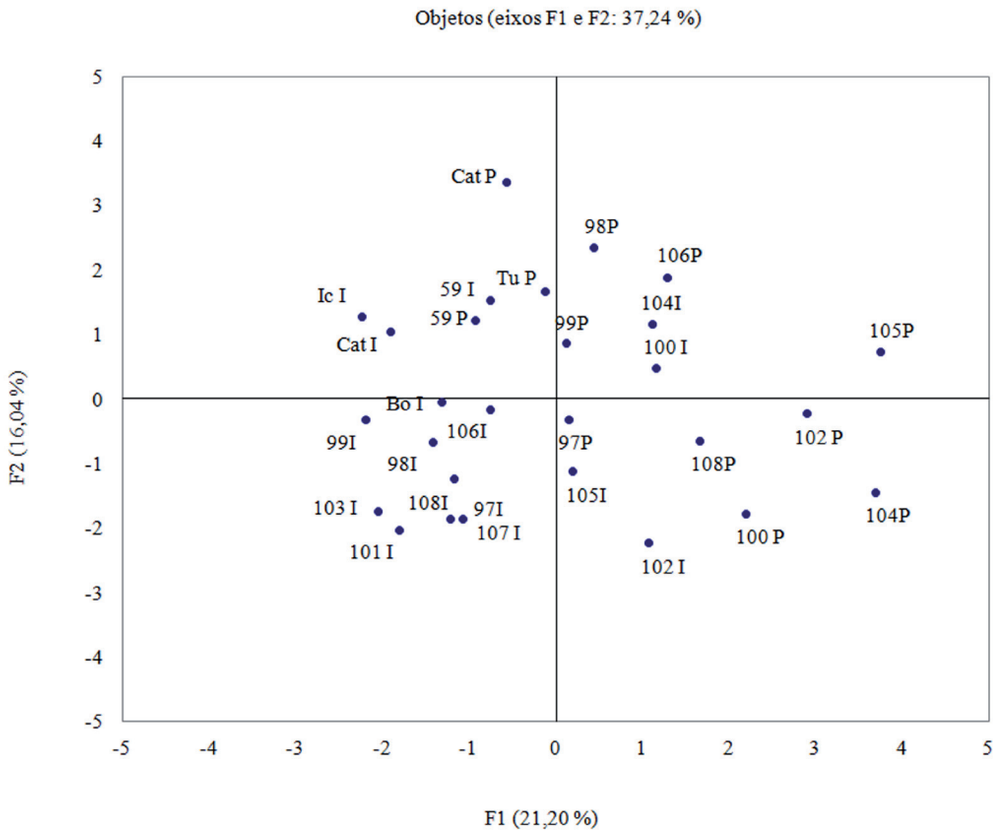


FIGURA 2 – Dispersão das cultivares de café no plano formado pelas dimensões F1 e F2 da análise de Perfil Livre.

4 CONCLUSÕES

Através de análises físico-químicas do café torrado e sensoriais das bebidas foi possível caracterizar os cafés de Itaguajé como cafés de coloração mais escura, de maior acidez e densidade do grão torrado, quando comparado com cafés de Paranavaí.

Os resultados aqui encontrados indicam que, em matrizes complexas como o café, análises complementares podem ser usadas como forma de estabelecer relações eficientes entre atributos sensoriais e características físico-químicas do grão torrado e da bebida para discriminar cultivares e locais de cultivo.

O conhecimento das reações das cultivares ao ambiente de produção em relação às suas características sensoriais é uma importante ferramenta para direcionar novas lavouras potencializando os melhores atributos de cada cultivar.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDINSOFT: software for statistical analysis. Paris: ADDINSOFT, 2008.

ALESSANDRINI, L. et al. Near infrared spectroscopy: an analytical tool to predict coffee roasting degree. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 625, p. 95-102, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 8**, de 11 de junho de 2003. Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado e de café verde. Brasília, 2003.

BUENAVENTURA-SERRANO, C. E.; CASTAÑO-CASTRILLÓN, J. J. Influencia de la altitud en la calidad de la bebida de muestras de café procedente del ecotopo 206B en Colombia. **Cenicafé**, Chinchina, v. 53, n. 2, p. 119-131, 2002.

CALEGUER, V. F.; BENASSI, M. T. Efeito da adição de polpa, carboximetilcelulose e goma arábica nas características sensoriais e aceitação de preparados em pó para refresco sabor laranja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 327-332, 2007.

CARVALHO, A. **Histórico do desenvolvimento do cultivo do café no Brasil**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007. 8 p. (Documentos IAC, 34).

DAGLIA, M. et al. In vitro antioxidant and ex vivo protetive activities of green and roasted coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Columbus, v. 48, n. 5, p. 1449-1454, May 2000.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 2. ed. Curitiba: Champagnat, 2007.

DUTRA, E. R. et al. A preliminary study on the feasibility of using the composition of coffee roasting exhaust gas for the determination of the degree of roast. **Journal of Food Engeneering**, Essex, v. 47, n. 2, p. 241-246, 2001.

EIRA, M. T. S. et al. Bancos de germoplasma de café no Brasil: base do melhoramento para produtividade e qualidade. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: EMBRAPA - Café, 2007. 1 CD-ROM.

FRANCA, A. et al. A preliminary evaluation of the effect of processing temperature on coffee roasting degree assessment. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 92, n. 3, p. 345-352, 2009.

GEROMEL, C. et al. Biochemical and genomic analysis of sucrose metabolism during coffee (*Coffea Arabica*) fruit development. **Journal of Experimental Botany**, Elmsford, v. 57, n. 12, p. 3243-3258, 2006.

GINZ, M. et al. Formation of aliphatic acids by carbohydrate degradation during roasting coffee. **European Food Research Technology**, Berlin, v. 211, p. 404-410, 2000.

GONZALEZ-TOMAZ, L.; COSTEL, E. Sensory evaluation of vanilla-dairy desserts by repertory grid method and free choice profile. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 21, p. 20-33, 2006.

JONG, S.; HEIDEMA, J. van den; KNAAP, H. C. M. Generalized procrustes analysis of coffee brands tested by five European sensory panels. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 9, n. 3, p. 111-114, 1998.

KY, C. L. et al. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. Canephora*, P. accessions. **Food Chemistry**, Oxford, v. 75, n. 2, p. 223-230, 2001.

LELOUP, V. et al. Impact of wet and dry process on green coffee composition and sensory characteristics. In: ASIC, 20., 2004, Bangalore. **Proceedings…** Bangalore: ASIC, 2004. 1 CD-ROM.

MANZOCCO, L.; LAGAZIO, C. Coffee brew shelf-life modelling by integration of acceptability and quality data. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 20, n. 1, p. 24-29, 2009.

MONTAGNON, C. et al. Genetic parameters of several biochemical compounds from green coffee *Coffea canephora*. **Plant Breeding**, Berlin, v. 117, p. 576-578, 1998.

NARAIN, C.; PATERSON, A.; REID, E. Free choice and conventional profiling of commercial black filter coffees to explore consumer perceptions of character. **Food Quality Preference**, Barking, v. 15, n. 1, p. 31-41, 2003.

NEBESNY, E.; BUDRYN, G. Evaluation of sensory attributes of brews from robusta coffee roasted under different conditions. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 224, n. 1, p. 159-165, 2006.

OOSTERVELD, A.; VORAGEN, A. G. J.; SCHOLS, H. A. Effect of roasting on the carbohydrate composition of *Coffea Arabica* beans. **Carbohydrate Polymers**, London, v. 54, n. 2, p. 183-192, 2003.

PITTIA, P.; DALLA ROSA, M.; LERECI, C. R. Textural changes of coffee beans as affected by roasting conditions. **LWT**, London, v. 34, n. 3, p. 168-175, 2001.

REDGWELL, R.; FISHER, M. Coffee carbohydrates. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Pelotas, v. 18, n. 1, p. 165-174, 2006.

SCHENKER, *S.* et al. Pore structure of coffee beans affected by roasting conditions. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 3, p. 452-457, 2000.

SERA, T. et al. IAPAR 59, genótipo de café para plantio adensado. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1994, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1996. p. 293-294.

THAMKE, I.; DURRSCHMID, K.; ROHM, H. Sensory description of dark chocolates by consumers. **LWT**, London, v. 42, p. 534-539, 2009.

VAAST, P. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Sussex, v. 86, n. 1, p. 197-204, 2006.

WILLIAMS, A. A.; LANGRON, S. P. The use of free choice profiling for the evaluation of commercials ports. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Sussex, v. 35, n. 5, p. 558-568, 1984.

YATE, D. K.; TUO, S. Contribuition a l´amelioration de la qualité du café par le choix d´une torrefaction optimale. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE, 16., 1995, Kyoto. **Proceedings...** Paris: ASIC, 1995. p. 886-901.

ANÁLISE DA EXPRESSÃO DO GENE MANOSE 6 FOSFATO REDUTASE EM CAFEEIROS SUBMETIDOS AO DÉFICIT HÍDRICO

Luciana Pereira Freire[1], Pierre Marraccini[2], Gustavo Costa Rodrigues[3], Alan Carvalho Andrade[4]

(Recebido: 17 de dezembro de 2010; aceito: 12 de julho de 2012)

RESUMO: Os efeitos do déficit hídrico sobre a expressão do gene *CaM6PR*, codificando a manose-6-fosfato redutase, foram avaliados em cafeeiros em fase de formação das cultivares IAPAR59 (Villa Sarchi x hibrido de Timor HT832/2) e RUBI MG 1192 (Mundo Novo x Catuaí) de *Coffea arabica,* consideradas respectivamente como tolerante e sensível ao estresse hídrico. As cultivares foram plantadas em dezembro de 2007 no campo experimental da Embrapa Cerrados – DF (CPAC) e cultivadas durante dois anos (2008 e 2009) com (I) e sem (NI) irrigação. Para cada ano, foram realizadas duas avaliações (P1, não estressado, durante a estação chuvosa e P2, estação seca). Para as duas cultivares, a expressão do gene *CaM6PR* foi medido em folhas por meio da técnica de PCR quantitativa, apresentou um forte aumento na estação seca para as plantas não irrigadas em comparação com as plantas irrigadas. Além disso, a expressão desse gene sempre foi maior no IAPAR59 que no RUBI MG 1192. Também, observou-se uma maior expressão desse gene no ano de 2008, quando comparada ao ano de 2009. Essa diferença poderia ser uma consequência direta dos níveis de estresse hídrico recebidos pelas plantas, já que as condições da seca em 2008 foram mais severas do que no ano de 2009. Assim,nesse trabalho, propõe-se o uso do gene *CaM6PR* como marcador molecular, para avaliar o nível de estresse das plantas cafeeiras submetidas ao déficit hídrico.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, estresse abiótico, expressão gênica, genes candidatos, qPCR.

ANALYSIS OF THE MANNOSE 6 PHOSPHATE REDUCTASE GENE EXPRESSION IN COFFEE TREES SUBMITTED TO WATER DEFICIT

ABSTRACT: *The effects of water deficit on the gene CaM6PR expression, encoding mannose -6- phosphate reductase, were evaluated in coffee trees in the formation phase of coffee cultivars IAPAR59 (Villa Sarchi x Timor hybrid HT832 / 2) and RUBI MG 1192 (Mundo Novo x Catuaí) of Coffea arabica, respectively regarded as tolerant and sensitive to water stress. The cultivars were planted in December 2007 in the experimental field of Embrapa Cerrados - DF (CPAC) and cultured for two years (2008 and 2009) with (I) and without (NI) irrigation. For each year two assessments were carried out (P1 , not stressed, during the rainy season and P2 , dry season). For both cultivars, the CaM6PR gene expression measured in leaves through quantitative PCR, showed a strong increase in the dry season for non-irrigated plants when compared with irrigated plants. In addition, the expression of this gene was always greater in IAPAR59 than in RUBI MG 1192. Also, there was an increased expression of this gene in 2008 when compared to 2009. This difference could be a direct consequence of drought stress levels received by plants, since drought conditions in 2008 were more severe than in 2009. Thus, in this work, we propose the use of the CaM6PR gene as a molecular marker to evaluate the stress level of the coffee plants submitted to water deficit.*

Index terms: *Coffea arabica, abiotic stress, gene expression, gene candidates, qPCR.*

1 INTRODUÇÃO

O cafeeiro é uma planta perene, pertencente à família Rubiaceae e ao gênero *Coffea*. Entre as espécies cultivadas, *Coffea arabica* L. (Arábica) e *Coffea canephora* Pierre ex. A. Froehner (Robusta) são as mais importantes economicamente, representando aproximadamente e respectivamente 70% e 30% da produção comercial mundial (LASHERMES; ANDRADE; ETIENNE, 2008; LEROY et al., 2006). Contudo, a ocorrência do déficit hídrico influencia o desenvolvimento e a produção das plantas cafeeiras (DAMATTA; RAMALHO, 2006). Importantes consequências sociais, econômicas e ecológicas, como o deslocamento de trabalhadores para regiões

[1] Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia – Parque Estação Biológica/PqEB – Av. W5 Norte (final) – Cx. P. 02372 – 70.770-917 – Brasília – DF – freire_luciana@yahoo.com.br
[2] CIRAD – UMR AGAP – Avenue d'Agropolis – F 34398 Montpellier – France – marraccini@cirad.fr
[3] Embrapa Informática Agropecuária – Cx.P. 6041 – 13083-886 – Campinas – SP – gustavo.rodrigues@embrapa.br
[4] Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia – Parque Estação Biológica/PqEB – Av. W5 Norte (final) – Cx. P. 02372 – 70.770-917 – Brasília – DF – alan.andrade@embrapa.br

diferentes das de origem e alterações no meio ambiente, podem ocorrer se nada for feito para diminuir ou amenizar os efeitos do déficit hídrico, que podem aumentar em função das mudanças climáticas. Estima-se que a geografia da produção agrícola no Brasil poderá mudar drasticamente nos próximos anos, mesmo com o aquecimento limitado a 1,5 ºC até o final do século (ASSAD, 2009; ASSAD et al., 2004; INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO, 2009).

Atualmente, os estudos na área de melhoramento genético do cafeeiro, têm visado o desenvolvimento de novas cultivares tolerantes à seca. No entanto, se conhece relativamente pouco sobre como os genótipos de cafeeiros respondem ao estresse hídrico, particularmente sobre os genes envolvidos nessa resposta, e como eles são regulados ao nível transcricional.

Para identificar os genes envolvidos na tolerância à seca em plantas de cafeeiro, diferentes estratégias foram seguidas no laboratório (MARRACCINI et al., 2007, 2009, 2012) tais como a identificação de genes candidatos via análise *in silico* dos dados do projeto Genoma café principalmente a partir das bibliotecas de cDNA de plantas submetidas ao estresse hídrico (ANDRADE, 2007; VIEIRA et al., 2006; VINECKY et al., 2012). O gene da *CaM6PR* foi um dos genes previamente identificados em folhas de diferentes clones de *Coffea canephora* var. *conilon*, cultivados em condições controladas (casa de vegetação), que apresentou um aumento de expressão sob estresse hídrico (MARRACCINI et al., 2009; VINECKY et al., 2012). Nesse caso, a expressão desse gene foi mais alta nas folhas do clone 14 tolerante à seca que nas folhas do clone 22 sensível à seca (MARRACCINI et al., 2012). Esse gene codifica para a NADPH-manose dependente -6- fosfato redutase, enzima chave do metabolismo do manitol, açúcar amplamente distribuído entre as plantas e considerado osmoprotetor (BRAY, 1993; LEPRINCE; HENDRY; MCKERSIE, 1993). Assim, o acúmulo de osmólitos nas células das plantas resulta em um decréscimo no potencial osmótico e mantém a absorção de água, expressão de turgor da célula, o que contribui para a manutenção dos processos fisiológicos, como abertura estomática, fotossíntese e crescimento da planta (ZHIFANG; LESCHER, 2003).

Mais recentemente, foi observada a ativação da via ABA, particularmente por meio do aumento da expressão dos genes PYL, codificando para os receptores de ABA e da queda de expressão dos genes, codificando para as proteínas fosfatase de tipo PP2C, nas plantas de *Arabidopsis* transformadas com o gene *M6PR* de aipo, sugerindo assim a ação do manitol como um sinal importante de controle da expressão dos genes implicados nas respostas aos estresses bióticos e abióticos (CHAN; GRUMET; LOESCHER, 2011).

Objetivou-se, neste trabalho, analisar a expressão do gene *M6PR* em cafeeiros em fase de formação das cultivares RUBI MG 1192 e IAPAR59 de *C. arabica*, consideradas respectivamente sensível e tolerante ao estresse hídrico. Para tanto, a expressão desse gene foi avaliada nas folhas dos cafeeiros, cultivados em campo, com (I) e sem (NI) irrigação, nas estações chuvosa e seca dos anos de 2008 e 2009.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal

Mudas das cultivares RUBI MG 1192 (Mundo Novo x Catuaí) e IAPAR 59 (Villa Sarchi x hibrido de Timor HT832/2) de *C. arabica*, consideradas respectivamente como sensíveis e tolerantes à seca (RODRIGUES et al., 2010), foram plantadas em dezembro de 2007, no campo experimental da Embrapa Cerrados – DF (CPAC) e cultivadas durante dois anos (2008 e 2009) com (I) e sem (NI) irrigação. Para cada ano, foram realizadas duas avaliações chamadas de P1 (não estressado, durante a estação chuvosa) e P2 (estação seca). Para cada avaliação, as folhas foram colhidas pela manhã (entre 10 e 12 h), congeladas imediatamente em nitrogênio líquido e armazenados a -80°C até serem utilizadas para a extração de RNA.

Avaliação fisiológica das plantas

A avaliação do estresse hídrico na estação seca foi realizada por meio de medidas de potencial hídrico foliar de antemanhã (Ψ_{am}) (determinado entre 4 e 6 h da madrugada), uma vez por

semana, utilizando-se uma bomba de pressão tipo Scholander. Para essas medidas, foram analisadas três plantas e coletadas três folhas de cada uma para os tratamentos irrigados (I) e não irrigados (NI), totalizando nove leituras por cultivar e por condição. As folhas encontravam-se no terceiro par dos ramos plagiotrópicos. Foram utilizadas para as medidas somente folhas totalmente expandidas e não danificadas. Para as extrações de RNA, o mesmo protocolo de amostragem (3 repetições biológicas de 3 folhas) foi seguido. As folhas foram congeladas no campo com nitrogênio líquido e armazenadas em -80°c, antes de serem pulverizadas.

Extração de RNA

As repetições biológicas das folhas foram pulverizadas independentemente com nitrogênio líquido e os RNA's totais foram extraídos como descrito a seguir. Aproximadamente 10 mg do material pulverizado foi misturado com 500 µL de tampão "Plant RNA Purification Reagent" (PRPR) (Invitrogen), incubado por 5 min. à temperatura ambiente e centrifugada (10 min. 4 °C, 16100 x *g*). A fase líquida foi recolhida e misturada com 100 µL de 5M NaCl e 300 µL de clorofórmio. Após homogeneização, a solução foi centrifugada com descrito previamente para recolher a fase superior que foi adicionada de 500 µL de isopropanol. Após precipitação (30 min. temperatura ambiente), a solução foi centrifugada novamente em solução etanol 70%, para retirar o excesso de sais e depois colocada em banho seco a 37 °C até secar. Em seguida, o pélete contendo os RNAs totais foi ressuspendido em 20 µL de água. A qualidade dos RNA's foi verificada por eletroforese em gel de agarose e os RNA foram quantificados por espectrofotômetria (Nanodrop® Espectrophotometer ND-1000).

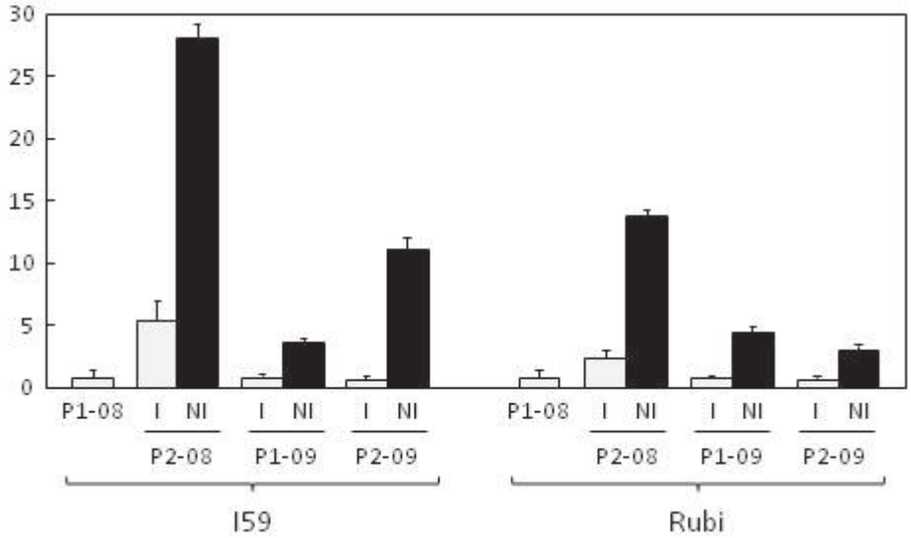
Tratamento com DNase e Transcriptase Reversa RT

A eliminação do DNA genômico contaminante, foi realizada por tratamento das amostras de RNAs com RQ1 RNase-free DNase, de acordo com as instruções do fabricante (Promega). A ausência de DNA genômico e a qualidade dos RNAs extraídos foram verificados com eletroforese em gel de agarose. A reação da síntese reversa foi realizada usando 1µg de RNA total, correspondendo a uma mistura (0.33 µg) de RNA total de cada uma das repetições biológicas. Depois, o RNA total foi incubado com o oligo dT_{15} durante 50 min a 42°c com a enzima SuperScript™ II Reverse Transcriptase de acordo com as recomendações do fornecedor (Invitrogen). Após a inativação da enzima (72 °C durante 15 min), as amostras de cDNA foram conservadas a -20 °C.

PCR quantitativo em tempo real (qPCR)

As reações de PCR quantitativo foram realizadas usando as amostras de cDNA preparadas previamente utilizando-se o protocolo recomendado para o uso do 7500 Fast Real-Time PCR Systems (Applied Biosystems). Os cDNAs foram diluídos (1/50), e testados em triplicatas com o gene controle endógeno (*GAPDH)*, usando os primers específicos GAPDH–F (5'TTGAAGGGCGGTGCAAA3') e GAPDH–R (5'AACATGGGTGCATCCTTGCT3') previamente descritos por Barsalobres-Cavallari et al. (2009). Para o gene *CaM6PR* (*M6PR* de *C. arabica*), os primers M6FR–F (5'-ACGAGTAAAGGGCTGGCTAAGA-3') e M6FR–R (5'-TTCCAAACGTCCATCCCTTT-3') foram desenhados a partir da sequência do EST GT648734 (número de acesso no GenBank), do Projeto Genoma Café (VIEIRA et al., 2006) e utilizando a sequência e o programa "Primer Express 3.0" (Applied Biosystems). A reação de qPCR foi realizada em um volume final de 10 µl com 1 µl de cDNA diluído (1/50), 0,2 µM (concentração final) de cada primers na presença de tampão 1 x SYBRGreen qPCR Mix-UDG/ROX (Invitrogen). Realizou-se um tratamento prévio com UDGAse (2 min - 50°C e 5 min. - 95°C) seguidos de 40 ciclos (de amplificação de 3 seg. - 95°C, 30 seg. - 60°C). Os dados foram analisados no programa 7500 Fast Software (software v2.0.1). A normalização foi realizada utilizando-se a equação $\Delta C_T = C_T$ (gene alvo) - C_T (controle endógeno). A calibração foi determinada pela fórmula $\Delta\Delta C_T = \Delta C_T$ (amostra) - ΔC_T (calibrador). O calibrador interno usado como base para padronizar os resultados de expressão foi a amostra I59-P1 (Figura 1).

FIGURA 1 – Perfis de expressão do gene *CaM6PR*, em folhas das cultivares de *Coffea arabica* IAPAR59 (I59) e RUBI MG 1192 (Rubi). As avaliações foram realizadas na estação chuvosa (P1) e na estação seca nos anos de 2008 (08) e 2009 (09) com (I) ou sem (NI) irrigação. As cultivares e os tratamentos são indicados. Resultados (em triplicado) de qPCR são expressos em quantificação relativa normalizada com a expressão do gene endógeno (referência) GAPDH. Para cada ano, os níveis de expressão obtidos com a amostra I59-P1 foram usados como o calibrador interno.



A quantificação relativa foi obtida pela fórmula $2^{-\Delta\Delta C_T}$. Os valores de expressão correspondem à média de 3 repetições técnicas com o desvio padrão. Vale ressaltar que foi utilizada como calibrador a amostra P1 (não estressado, durante a estação chuvosa).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises fisiológicas das plantas

As avaliações do potencial hídrico foliar de antemanhã (Ψ_{am}) indicaram que os valores desses potenciais em condição de estresse hídrico (NI: não irrigado) sempre foram mais negativos para a cultivar RUBI MG 1192 que para a cultivar IAPAR59 (TABELA 1).

Essas medidas também evidenciaram que o déficit hídrico, nas plantas não irrigadas (P2-NI) do ano 2008 foi mais severo que no ano 2009, com valores de potenciais mais negativos para as duas cultivares em 2008. Por outro lado, observaram-se valores de potenciais semelhantes para as plantas irrigadas (P2-I), durante o período de seca (± -0,2 MPa). De acordo com Pinheiro et al. (2005), os mecanismos fisiológicos associados à tolerância ao déficit hídrico da espécie de *C. canephora* var. *conilon* parecem estar relacionados à sensibilidade estomática induzida pelo déficit hídrico no solo. Estudos também têm confirmado que plantas adaptadas à seca e às condições de déficit hídrico são caracterizadas por um sistema radicular mais profundo e vigoroso (PINHEIRO et al., 2005). De acordo com Taiz e Zeiger (2004), sob condições normais de crescimento a parte aérea da planta funciona como o principal dreno de fotoassimilados, contudo, quando a planta está submetida ao déficit hídrico, algumas delas desenvolvem raízes mais profundas que passam a receber uma maior proporção de assimilados, uma vez que a demanda energética da parte aérea é diminuída devido à inibição da expansão foliar. Assim, sob estresse hídrico moderado, a inversão na relação fonte-dreno favorece o crescimento do sistema radicular que, assim, aprofunda suas raízes rumo às camadas mais inferiores e úmidas do solo.

TABELA 1 – Valores dos potencias hídricos foliares (Ψ_{am}) medidos durante a estação seca (P2) de 2008 e 2009 em folhas das cultivares IAPAR59 e RUBI MG 1192 de *Coffea arabica*, cultivadas com (I) ou sem (NI) irrigação. Os valores estão expressos em mega-Pascal (MPa) ± desvio padrão.

	2008		2009	
	P2-I	P2-NI	P2-I	P2-NI
IAPAR59	-0,38 ± 0,10	-0,80 ± 0,12	-0,12 ± 0,00	-0,59 ± 0,03
RUBI	-0,22 ± 0,07	-1,88 ± 0,36	-0,11 ± 0,00	-1,20 ± 0,16

Comparando-se o sistema radicular das cultivares RUBI MG 1192 e IAPAR59 das plantas analisadas com as medidas de potenciais e os dados de fluxo de seiva, Rodrigues et al. (2010) observaram uma maior taxa de eficiência do uso da água (WUE, "water use efficiency") para a cultivar IAPAR59 do que para a cultivar RUBI MG 1192. Esses resultados foram também confirmados com as medidas de descriminação isotópica de $\Delta^{13}C$, em folhas.

Com as medidas de potenciais descritas neste trabalho, os resultados demonstram que as plantas jovens da cultivar IAPAR59 dispõem de uma maior capacidade para reduzir as perdas de água que a cultivar RUBI MG 1192, o que torna a cultivar IAPAR59 mais tolerante à seca (RODRIGUES et al., 2010). Isso poderia estar relacionado ao acúmulo nas folhas de manitol ou de outros açúcares, pois esses compostos são conhecidos por agir como osmoprotetores contra os danos ocorridos durante os períodos de estresse como, por exemplo, à seca (BOHNERT; JENSEN, 1996).

Análise de PCR quantitativo, em tempo real (qPCR)

No ano 2008, as duas cultivares apresentaram níveis idênticos de expressão do gene *CaM6PR* na estação chuvosa. Para a avaliação realizada nas plantas irrigadas durante a estação seca, os níveis de expressão do gene *CaM6PR* foram mais elevados quando comparadas as avaliações realizadas nas plantas, durante a estação chuvosa (FIGURA 1). Nas condições de estresse hídrico das plantas não irrigadas (P2-NI), um aumento da expressão do gene *CaM6PR* foi observado para as duas cultivares (5,5 x). Independentemente das condições de irrigação, a expressão do gene *CaM6FR* foi sempre maior (2 x) nas folhas da cultivar IAPAR59 do que nas folhas da cultivar RUBI MG 1192.

Durante a estação chuvosa do ano 2009, foram observados níveis menores de expressão do gene *CaM6FR* para as duas cultivares comparados com as expressões medidas durante o período de seca de 2008. Durante a estação de seca do ano 2009, os níveis de expressão do gene *CaM6FR* sempre foram maiores para as duas cultivares nas folhas das plantas não irrigadas (NI), em comparação com as folhas irrigadas (I). Por essas análises é possível observar que o aumento de expressão do gene *CaM6FR*, no período seco foi maior nas folhas da cultivar IAPAR59 do que nas folhas da cultivar RUBI MG 1192. Para as duas cultivares, a comparação dos resultados dos dois anos indica que os níveis de expressão do gene *CaM6PR* foram mais baixos no ano 2009 que no ano anterior. Mesmo assim, e durante os dois anos do estudo, o aumento da expressão desse gene durante a seca sempre foi maior nas folhas da cultivar IAPAR59 do que nas folhas da cultivar RUBI MG 1192.

De acordo com os resultados, esses aumentos de expressão do gene *CaM6PR* na estação seca nas plantas de *C. arabica*, cultivadas em campo, são semelhantes às variações de expressão previamente descritas para o mesmo gene nas plantas *C. canephora,* cultivadas casa de vegetação (MARRACCINI et al., 2012). Também, as diferenças do nível de expressão do gene *CaM6FR*, nos dois anos do experimento, podem ser explicadas em parte com as variações do nível de estresse recebidas pelas plantas e avaliadas por meio das medidas dos potencias hídricos. Nesse caso, os níveis de expressão do gene *CaM6PR*, observados nas duas cultivares de *C. arabica,*

foram maiores durante a seca severa de 2008 do que durante a seca leve de 2009, corroborando perfeitamente com a hipótese de influência direta do estresse hídrico sobre o nível de resposta desse gene.

Levando-se em consideração o experimento prévio realizado com as cultivares *C. canephora* (MARRACCINI et al., 2012), e ressaltando que, nesse estudo, as cultivares estudadas são de *C. arabica*, o gene *CaM6FR* apresentou expressão maior com estresse hídrico na cultivar IAPAR59 de *C. arabica* e no clone 14 de *C. canephora* (considerados como tolerantes à seca), do que na cultivar RUBI MG 1192 de *C. arabica* e no clone 22 de *C. canephora* (considerados como sensíveis à seca). Como a manose-6-fosfato redutase controla a síntese de manitol, a sua maior expressão em condição de estresse hídrico pode estar diretamente ligada à maior tolerância dessas plantas ao estresse hídrico. De acordo com estudos realizados por Zhifang e Loescher (2003), plantas transgênicas que acumulam manitol parecem ser mais tolerantes ao estresse salino. Praxedes et al. (2006) não citaram participação dos açúcares no processo da tolerância à seca nas folhas de *C. canephora* var. *conilon*. Entretanto, os resultados do estudo para o gene *CaM6FR*, indicam uma alta expressão desse gene com a seca na cultivar IAPAR59, sugerindo que seria interessante avaliar os teores do manitol nas folhas das plantas I e NI das cultivares IAPAR59 e RUBI MG 1192, analisadas neste estudo.

4 CONCLUSÕES

De fato, a expressão do gene *CaM6FR* foi maior nas folhas da cultivar IAPAR59 tolerante à seca, quando comparada às folhas da cultivar RUBI, sensível à seca, o que sugere que a síntese de manitol pode estar implicada nos mecanismos de tolerância à seca em cafeeiro. Independentemente da cultivar analisada, observamos que a expressão do gene *CaM6FR* foi maior na seca severa. Sendo assim, podemos sugerir, a partir dos resultados obtidos, a utilização do gene *CaM6FR* como marcador molecular para avaliar o nível de estresse hídrico nas plantas de cafeeiro submetidas ao déficit hídrico.

5 AGRADECIMENTOS

À Financiadora de Estudos e Projetos FINEP, ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – (CBP&D-Café), ao CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier - França), à Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia – (CENARGEN) e à Universidade Federal de Lavras (UFLA).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. C. Projeto genoma café: uma ferramenta para acelerar o melhoramento de variedades. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Belo Horizonte, v. 73, p. 19-20, mar. 2007.

ASSAD, E. D. **Aquecimento global pode mudar o mapa de produção**. Disponível em: <http://www22.sede.embrapa.br/cafe/noticias/n30102009.html>. Acesso em: 17 out. 2009.

ASSAD, E. D. et al. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, nov. 2004.

BARSALOBRES-CAVALLARI, C. F. et al. Identification of suitable internal control genes for expression studies in *Coffea arabica* under different experimental conditions. **BMC Molecular Biology**, Bethesda, v. 10, n. 1, p. 1-11, Jan. 2009.

BOHNERT, H. J.; JENSEN, R. G. Strategies for engineering water stress tolerance in plants. **Trends Biotech**, Arizona, v. 14, n. 3, p. 89-97, Mar. 1996.

BRAY, E. Molecular responses to water deficit. **Plant Physiology**, Washington, v. 103, n. 4, p. 1035-1040, Dec. 1993.

CHAN, Z.; GRUMET, R.; LOESCHER, W. Global gene expression analysis of transgenic, mannitol-producing, and salt-tolerant *Arabidopsis thaliana* indicates widespread changes in abiotic and biotic stress-related genes. **Journal of Experimental Botany**, Elmsford, v. 62, n. 14, p. 4787-4803, Aug. 2011.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. C. Impact of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **As estatísticas do comercio do café**. Disponível em: <http://www.ico.org>. Acesso em: 25 nov. 2009.

LASHERMES, P.; ANDRADE, A. C.; ETIENNE, H. Genomics of coffee, one of the world's largest traded commodities. **Genomics of Tropical Crop Plants**, New York, v. 1, n. 1, p. 203-226, May 2008.

LEPRINCE, O.; HENDRY, G. A. F.; MCKERSIE, B. D. The mechanisms of desiccation tolerance in developing seeds. **Seed Science Research**, Ottawa, v. 3, n. 4, p. 231-246, July 1993.

LEROY, T. et al. Genetics of coffee quality. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 229-242, Jan./Mar. 2006.

MARRACCINI, P. et al. Análise da expressão de genes candidatos para a tolerância a seca em folhas de clones de *Coffea canephora* var. conillon, caracterizados fisiologicamente. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia, 2007. 1 CD-ROM.

_____. Differentially expressed genes and proteins upon drought acclimation in tolerant and sensitive genotypes of *Coffea canephora.* **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 63, n. 11, p. 4191-4212. Mar. 2012.

_____. Identificação de genes com expressão diferencial em folhas de cafeeiro *Coffea canephora* e *Coffea arabica* submetidas **à** diferentes condições de estresse hídrico. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2009, Vitória. **Anais…** Vitória: Consórcio Pesquisa Café, 2009. 1 CD-ROM.

PINHEIRO, H. A. et al. Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. **Annals of Botany**, London, v. 96, n. 1, p. 101-108, July 2005.

PRAXEDES, S. C. et al**.** Effects of long-term soil drought on photosynthesis and carbohydrate metabolism in mature robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre var. *kouillou*) leaves. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 56, n. 3, p. 263-273, July 2006.

RODRIGUES, G. C. et al. Preliminary results on phenotypic plasticity of coffee (*Coffea arabica* cv. Rubi and Iapar59) plants in response to water constraint under field conditions. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COFFEE SCIENCE, 23., 2010, Bali. **Proceedings…** Bali, 2010. 1 CD-ROM.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 715 p.

VIEIRA, L. G. E. et al. Brazilian coffee genome project: an EST-based genomic resource. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 95-108, Mar. 2006.

VINECKY, F.; SILVA, F. R. da; ANDRADE, A. C. Análise in silico das bibliotecas de cdna SH2 e SH3 para a identificação de genes responsivos à seca em cafeeiro. Coffee Science, Lavras, v. 7, n. 1, p. 1-19, 2012.

ZHIFANG, G.; LOESCHER, W. H. Expression of a celery mannose 6-phosphate reductase in *Arabidopsis thaliana* enhances salt tolerance and induces biosynthesis of both mannitol and a glucosyl-mannitol dimmer. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 26, p. 275-283, Feb. 2003.

ACIBENZOLAR-S-METIL NO CONTROLE DA FERRUGEM E DA CERCOSPORIOSE DO CAFEEIRO EM CONDIÇÕES DE CAMPO

Luiz Henrique Monteiro Fernandes[1], Mário Lúcio Vilela de Resende[2], Ricardo Borges Pereira[3], Bruno Henrique Garcia Costa[4], Ana Cristina Andrade Monteiro[5], Pedro Martins Ribeiro Júnior[6]

(Recebido: 28 de dezembro de 2010; aceito: 07 de janeiro de 2013)

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito do indutor de resistência acibenzolar-S-metil (ASM), associado ou não com fungicida à base de ciproconazol + azoxystrobin, no controle da ferrugem e cercosporiose do cafeeiro em condições de campo. O ensaio foi realizado em dois anos safra (2007/2008 e 2008/2009), em plantio comercial com a cultivar Mundo Novo. Os tratamentos utilizados foram: ASM (25 g ha^{-1}) aplicado mensalmente 5 vezes (dezembro a abril de cada ano safra); fungicida (500 mL ha^{-1}) e a mistura fungicida (500 mL ha^{-1}) + ASM aplicados 3 vezes (dezembro, fevereiro e abril de cada ano safra); a mistura fungicida (500 mL ha^{-1}) aplicado 3 vezes (dezembro, fevereiro e abril de cada ano safra) + ASM aplicado 5 vezes (dezembro a abril de cada ano safra); a mistura fungicida (750 mL ha^{-1}) aplicados 2 vezes (dezembro e março de cada ano safra) + ASM aplicado 5 vezes (dezembro a abril de cada ano safra) e testemunha. O controle da ferrugem (84%) proporcionado pelo ASM foi estatisticamente igual ao tratamento com o fungicida (94%) no ano de safra baixa (2008/2009), quando a intensidade das doenças não foi tão elevada quanto no ano de safra alta (2007/2008). No ano de safra alta, o ASM não controlou a cercosporiose, enquanto que no ano de safra baixa esse produto controlou a cercosporiose (77%) de forma inferior ao fungicida (92%) e suas misturas (89 a 94%). Em ano de safra baixa, o ASM pode ser usado no controle da ferrugem e cercosporiose do cafeeiro e apresentou compatibilidade com o fungicida ciproconazol + azoxystrobin.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, *Hemileia vastatrix*, *Cercospora coffeicola,* indução de resistência.

ACIBENZOLAR-S-METHYL IN CONTROL OF RUST AND COFFEE PLANT CERCOSPORIOSE IN FIELD CONDITIONS

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of inducing resistance acibenzolar-S-methyl (ASM), associated or not with the fungicide azoxystrobin + cyproconazole base, the control of Cercospora leaf rust and coffee under field conditions. The test was conducted in two crop years (2007/2008 and 2008/2009), in commercial plantation with cultivar Mundo Novo. The treatments were: ASM (25 g ha^{-1}) applied 5 times monthly (December-April harvest each year); fungicide (500 mL ha^{-1}) and fungicide mixture (500 mL $^{ha-1}$) + ASM applied 3 times (December, February and April of each crop year), the fungicide mixture (500 mL $^{ha-1}$) applied 3 times (December, February and April of each crop year) + ASM applied 5 times (December to April of each crop year) , the fungicide mixture (750 mL $^{ha-1}$) applied 2 times (December and March of each crop year) + ASM applied 5 times (December to April of each crop year) and untreated. The rust control (84%) provided by the ASM was statistically similar to the treatment with the fungicide (94%) in low crop year (2008/2009), when the intensity of the disease was not as high as in the year of crop high (2007/2008). In high crop year, ASM not controlled the cercospora, whereas in low crop years controlled the cercosporiose this product (77%) of the fungicide lower form (92%) and their mixtures (89-94%). In low harvest year, the ASM can be used to control Cercospora leaf rust and coffee and compatibility presented with the fungicide azoxystrobin + cyproconazole.

Index terms: *Coffea arabica L., Hemileia vastatrix, Cercospora coffeicola, induction of resistance.*

---

[1] Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Fitopatologia/DFP - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG – luizh_agronomia@hotmail.com
[2] Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Fitopatologia/DFP - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras – MG – mlucio@dfp.ufla.br
[3] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Embrapa Hortaliças – Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças – BR 060 – Km 09 – Cx. P. 218 – 70.359-970 – Gama – DF ricardo-borges.pereira@embrapa.br
[4] Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Fitopatologia/DFP - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras – MG – brunohenriquegc@yahoo.com.br
[5] Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Fitopatologia/DFP - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras – MG – aninha.samonte@hotmail.com
[6] Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Fitopatologia/DFP - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras – MG – ribeirojuniorpm@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

O café é uma das principais *commodities* produzidas no Brasil, e destaca-se como o maior produtor e exportador mundial. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2012), a produção de café arábica para a safra 2012/2013 está estimada em 37,9 milhões de sacas. Embora a cafeicultura apresente grande potencial de crescimento, algumas doenças têm limitado a produtividade das lavouras, como a ferrugem, causada por *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. e a cercosporiose, causada por *Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke (ZAMBOLIM; VALE; ZAMBOLIM, 2005). As perdas devido à ferrugem podem chegar a 50%, pois os danos à produção se estendem aos anos seguintes (POZZA, 2008). A doença causa a queda precoce das folhas e a seca dos ramos produtivos e por isso não produzem no ano seguinte, diminuindo a produtividade e a qualidade da bebida. Essa seca constante dos ramos reduz a longevidade dos cafeeiros, tornando a lavoura gradativamente antieconômica. Outra doença de grande importância na cafeicultura é a cercosporiose, capaz de promover a desfolha acentuada das plantas, reduzir a produção, causar danos aos frutos e depreciar a qualidade da bebida. Em condições de viveiro, a cercosporiose causa intensa desfolha nas mudas, provocando atraso no desenvolvimento, podendo torná-las raquíticas (ZAMBOLIM; VALE; ZAMBOLIM, 2005). Os prejuízos com a cercosporiose ganharam importância econômica em Minas Gerais após a implantação de lavouras nos cerrados, que apresentam solos com baixa fertilidade natural, ou em lavouras mal manejadas nutricionalmente (POZZA et al., 2000).

A indução de resistência em plantas contra fitopatógenos representa um método alternativo no controle de doenças, a qual ativa mecanismos de defesa latentes na planta. Essa ativação pode ser obtida por tratamento biótico (CAVALCANTI et al., 2006) ou por ativadores químicos, como o acibenzolar-S-metil (ASM) (LOON; BAKKER; PIETERSE, 1998). Entre os mecanismos de defesa podem ser citados a ativação de genes de proteínas relacionadas à patogênese (PR proteínas) (LOON; REP; PIETERSE, 2006), a ativação de genes que codificam para enzimas, as quais regulam rotas do metabolismo secundário de substâncias do tipo fitoalexinas ou compostos de defesa estruturais, como lignina (GLAZEBROOK, 2005).

O único produto comercial registrado no Ministério da Agricultura como ativador de plantas no Brasil é o Bion 500 WG® (Syngenta Proteção de Cultivos), cujo princípio ativo é o acibenzolar-S-metil (ASM). Esse produto é derivado da molécula do ácido salicílico e foi desenvolvido para promover a ativação de todo o aparato metabólico acima citado. Diversos trabalhos comprovaram o efeito protetor de ASM em plantas de cafeeiro contra uma ampla gama de patógenos. Guzzo et al. (2001) observaram que o ASM promoveu proteção local de 97% e sistêmica de 94% , em mudas de cafeeiro, contra a ferrugem. Segundo esse autor, o fato evidencia a capacidade de difusão equitativa do produto a partir do ponto de aplicação e/ou pela ativação de mecanismos de resistência das plantas (resistência sistêmica adquirida - RSA), que impedem ou dificultam o estabelecimento e/ou desenvolvimento do patógeno, mesmo não tendo sido constatado efeito algum na fase de pré-penetração (germinação e formação do apressório). Esse efeito indutor do ASM contra a ferrugem do cafeeiro foi confirmado por Pereira et al. (2009), relatando redução na severidade dessa doença em 70%, quando comparado com a testemunha. Em outro trabalho, Guzzo et al. (2004) observaram incremento nas atividades das PR proteínas quitinase e β-1,3-glucanase, um dia após a aplicação foliar do ASM, as quais se mantiveram altas até 35 dias após a aplicação, proporcionando redução na severidade da ferrugem de 60% a 80%, em condições controladas. Nardi et al. (2006) verificaram em folhas de cafeeiro, 16 horas após aplicação do ASM, a super expressão de genes responsáveis pela síntese de PR, proteínas como quitinase e de genes responsáveis pelo fortalecimento da parede celular, como a peroxidase.

Objetivou-se,neste trabalho, avaliar a ação de acibenzolar-S-metil, associado ou não ao fungicida padrão (ciproconazol 80 g L^{-1} + azoxystrobin 200 g L^{-1}), no controle da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro em campo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Cascavel, município de Carmo da Cachoeira, Sul de Minas Gerais, nos anos safra de 2007/2008 e 2008/2009. Utilizou-se lavoura cafeeira (Coffee arabica cv. Mundo Novo), suscetível à ferrugem e à cercosporiose, estabelecida no espaçamento de 3,5 m x 0,8 m, com seis anos após a recepa, sendo conduzida sob o sistema convencional de cultivo. Durante o período experimental a lavoura foi adubada conforme análises do solo e recomendação para a cultura no estado de Minas Gerais (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999). Como padrão de controle para se comparar a ação do acibenzolar-S-metil foi utilizado um produto fungicida composto por ciproconazol 80 g L^{-1} + azoxystrobin 200 g L^{-1}. Os tratamentos utilizados no experimento estão descritos na Tabela 1, assim como as doses e épocas de aplicação utilizadas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. As parcelas constituíram-se de três linhas de plantio com dez plantas cada. Foram utilizadas como parcela útil somente as seis plantas centrais da linha central da parcela.

Todas as pulverizações foram realizadas com atomizador costal motorizado, aplicando-se volumes de calda equivalentes a 400 L ha^{-1}. As avaliações da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro foram realizadas a cada 30 dias, utilizando as escalas diagramáticas de Cunha et al. (2001) e Custodio et al. (2011), respectivamente. Avaliou-se o terceiro ou quarto par de folhas de seis ramos plagiotrópicos do terço médio de cada planta (três ramos de cada lado da linha de plantio). Em seguida foram calculadas, para todos os tratamentos, as áreas abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) e severidade (AACPS) das doenças, utilizando a fórmula de Shaner e Finney (1977). A produtividade do cafeeiro também foi avaliada nos anos safra de 2007/2008 e 2008/2009. Para tal, frutos das seis plantas centrais da parcela foram colhidos mecanicamente, utilizando colhedora acoplada ao trator. Esses foram pesados, e os valores obtidos foram transformados no equivalente a sacas por hectare. As avaliações de enfolhamento do cafeeiro iniciaram-se pouco antes da colheita, e foram realizadas de acordo com a escala de notas de Boldini (2001). Notas de 1 a 5 representam de 0% a 20%, 21% a 40%, 41% a 60%, 61% a 80% e 81% a 100% de enfolhamento, respectivamente. As análises estatísticas dos dados foram realizadas em software estatístico Sisvar v. 5.1 (FERREIRA, 2008) e as comparações das médias foram realizadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

TABELA 1 – Tratamentos avaliados em lavoura de cafeeiro cultivar Mundo Novo nos anos safra de 2007/2008 e 2008/2009, suas respectivas doses e épocas de aplicação. Lavras, Minas Gerais, Brasil.

Tratamentos*		Doses ha^{-1} (mL ou g)	Épocas de aplicação´(anos safra)									
			2007/2008					2008/2009				
			dez	jan	fev	mar	abr	dez	jan	fev	mar	abr
1.	Fungicida	500	x	-	x	-	x	x	-	x	-	x
2.	Fungicida	500	x	-	x	-	x	x	-	x	-	x
	ASM	25	x	-	x	-	x	x	-	x	-	x
3.	Fungicida	500	x	-	x	-	x	x	-	x	-	x
	ASM	25	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4.	Fungicida	750	x	-	-	x	-	x	-	-	x	-
	ASM	25	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5.	ASM	25	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6.	Testemunha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* ASM: acibenzolar-S-metil; Fungicida: ciproconazol + azoxystrobin; Em todos os tratamentos foi utilizado óleo mineral parafínico na concentração 0,5% do volume de calda.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do experimento não foram verificados sintomas de toxidez no cafeeiro em virtude das aplicações dos tratamentos. De modo geral, as maiores incidências e severidades da ferrugem no ano safra de 2007/2008 ocorreram entre os meses de março e outubro, com picos em junho e julho. Já no ano safra de 2008/2009, o pico máximo da doença ocorreu a partir do mês de março (dados não mostrados). Como apresentado na Tabela 2, todos os tratamentos reduziram de forma significativa a área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPIF) e severidade (AACPSF) da ferrugem do cafeeiro, no primeiro ano de avaliação da doença (2007/2008). A mistura comercial dos fungicidas ciproconazol + azoxystrobin aplicada sozinha ou associada ao ASM, independente da época de aplicação, reduziu em 97% a AACPIF e em 98% a AACPSF, seguidas pelo ASM, o qual diferiu da testemunha e reduziu em 18% e 23% a AACPIF e a AACPSF, respectivamente.

No segundo ano de aplicação (2008/2009), sob menor pressão de doença, os tratamentos constituídos do fungicida ciproconazol + azoxystrobin ou da associação desse com ASM, independente da época de aplicação, reduziram a AACPIF e a AACPSF de forma semelhante, com redução de 89% a 96% em relação à testemunha (Tabela 2). O tratamento ASM não diferiu e reduziu em 84% e 85% a AACPIF e a AACPSF, respectivamente, mostrando-se tão eficiente quanto os fungicidas e associações avaliadas.

Em se tratando da cercosporiose do cafeeiro, as maiores incidências e severidades da doença, no ano safra de 2007/2008, foram observadas a partir de março, com picos nos meses de agosto e setembro. Já no ano de 2008/2009, as maiores incidências e severidades da doença foram observadas entre os meses de janeiro e junho (dados não mostrados). Como observado na Tabela 3, todos os tratamentos reduziram de forma significativa a área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPIC) e severidade (AACPSC) da cercosporiose do cafeeiro no primeiro ano de avaliação (2007/2008). A mistura dos fungicidas ciproconazol + azoxystrobin, associada ou não ao indutor ASM, independente da época de

TABELA 2 – Efeito dos tratamentos na redução (%) e na área abaixo da curva do progresso da incidência (AACPIF) e da severidade (AACPSF) da ferrugem em cafeeiro cultivar Mundo Novo, nos anos safra de 2007/2008 e 2008/2009.

Tratamentos*	Doses ha^{-1} (mL ou g)	2007/2008				2008/2009			
		AACPIF	Redução (%)	AACPSF	Redução (%)	AACPIF	Redução (%)	AACPSF	Redução (%)
1. Fungicida[a]	500	126,5 a	99	10,3 a	98,2	416,0 a	94	12,8 a	94
2. Fungicida[a]	500	252,9 a	98	16,5 a	97,1	554,7 a	92	17,0 a	92
ASM[a]	25								
3. Fungicida[a]	500	379,4 a	97	16,5 a	97,1	762,7 a	89	23,4 a	89
ASM[b]	25								
4. Fungicida[c]	750	252,9 a	98	18,5 a	96,8	277,3 a	96	8,5 a	96
ASM[b]	25								
5. ASM[b]	25	10369,0 b	18	442,6 b	23,2	1109,3 a	84	32,0 a	85
6. Testemunha	---	12645,2 c	---	576,5 c	---	6933,3 b		213,0 b	---

* ASM: acibenzolar-S-metil; Fungicida: ciproconazol+azoxystrobin; Médias com mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); [a] Aplicações: dezembro (2007), fevereiro e abril (2008), dezembro (2008), fevereiro e abril (2009); [b] Aplicações: dezembro (2007), janeiro, fevereiro, março, abril e dezembro (2008), janeiro, fevereiro, março e abril (2009); [c] Aplicações: dezembro (2007), março e dezembro (2008), março (2009).

aplicação, reduziu a AACPIC e a AACPSC de forma semelhante, com reduções de 73% a 79% e de 74% a 79%, respectivamente. Nesse primeiro ano de avaliação, o indutor ASM não controlou a cercosporiose de forma satisfatória, uma vez que não diferiu da testemunha.

No ano safra de 2008/2009, os tratamentos constituídos de ciproconazol + azoxystrobin ou da associação desse com ASM, independente da época de aplicação, apresentaram comportamento semelhante ao ano de 2007/2008, reduzindo a AACPIC de 89% a 94%, e a AACPSC de 89% a 95% (Tabela 3). Já o tratamento ASM apresentou comportamento diferente, pois diferiu dos demais tratamentos e da testemunha, reduzindo em 77% a AACPIC e AACPSC.

Em relação ao enfolhamento do cafeeiro no ano de 2007/2008, observou-se que plantas pulverizadas com ciproconazol + azoxystrobin, associado ou não ao ASM, apresentaram enfolhamentos de 89,2% a 94,2%, enquanto plantas pulverizadas com ASM e plantas testemunhas não diferiram entre si e apresentaram enfolhamentos de 44,8% e 48,3%, respectivamente (Tabela 4). No segundo ano de avaliação (2007/2009) não foi observada diferença significativa no enfolhamento de plantas pulverizadas com fungicida e/ou ASM e plantas testemunhas, as quais apresentaram enfolhamentos de 89,2% e 94,1%.

Não foi observada diferença significativa na produtividade de plantas entre os tratamentos no primeiro ano de avaliação, os quais produziram de 71,1 a 75,1 sacas ha^{-1} (Tabela 4). Em contrapartida, no ano de 2008/2009, considerado ano de baixa produção, as plantas pulverizadas com os fungicidas, exceto ASM (25 g ha^{-1}), apresentaram produtividades superiores à testemunha, as quais variaram de 19,8 a 23,9 sacas ha^{-1}. Plantas testemunha e pulverizadas somente com ASM produziram o equivalente a 10,2 e 10,3 sacas ha^{-1}, respectivamente.

Com o decorrer do ensaio de campo, verificou-se que o ativador ASM apresentou resultados satisfatórios, principalmente em ano de carga baixa pendente (2008/2009). No entanto, outros ensaios com doses maiores e diferentes épocas de aplicação devem ainda ser realizados, principalmente para anos de alta carga pendente.

TABELA 3 – Efeito dos tratamentos na redução (%) e na área abaixo da curva do progresso da incidência (AACPIC) e da severidade (AACPSC) da cercosporiose em cafeeiro cultivar Mundo Novo, nos anos de 2007/2008 e 2008/2009.

Tratamentos*	Doses ha^{-1} (mL ou g)	2007/2008				2008/2009			
		AACPIC	Redução (%)	AACPSC	Redução (%)	AACPIC	Redução (%)	AACPSC	Redução (%)
1. Fungicida[a]	500	2442,9 a	73	78,9 a	74	501,5 a	92	13,8 a	93
2. Fungicida[a]	500	1900,0 a	79	63,7 a	79	689,6 a	89	21,7 a	89
ASM[a]	25								
3. Fungicida[a]	500	2171,4 a	76	72,8 a	76	564,2 a	91	15,8 a	92
ASM[b]	25								
4. Fungicida[c]	750	2171,4 a	76	72,0 a	76	376,1 a	94	9,8 a	95
ASM[b]	25								
5. ASM[b]	25	8233,3 b	9	300,0 b	1	1441,8 b	77	45,3 b	77
6. Testemunha	---	9047,6 b	---	303,3 b	---	6268,7 c	---	196,9 c	---

* ASM: acibenzolar-S-metil; Fungicida: ciproconazol+azoxystrobin; Médias com mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$); [a] Aplicações: dezembro (2007), fevereiro e abril (2008), dezembro (2008), fevereiro e abril (2009); [b] Aplicações: dezembro (2007), janeiro, fevereiro, março, abril e dezembro (2008), janeiro, fevereiro, março e abril (2009); [c] Aplicações: dezembro (2007), março e dezembro (2008), março (2009).

TABELA 4 – Efeito dos tratamentos na porcentagem de enfolhamento e produtividade (sacas ha^{-1}) do cafeeiro cultivar Mundo Novo nos anos safra de 2007/2008 e 2008/2009.

	Tratamentos*	Doses ha^{-1} (mL ou g)	Enfolhamento (%)		Produtividade (sacas ha^{-1})	
			2007/2008	2008/2009	2007/2008	2008/2009
1.	Fungicida[a]	500	89,2 a	92,3 a	72,8 a	19,8 a
2.	Fungicida[a]	500	91,7 a	93,6 a	71,4 a	19,8 a
	ASM[a]	25				
3.	Fungicida[a]	500	94,2 a	92,7 a	75,1 a	23,9 a
	ASM[b]	25				
4.	Fungicida[c]	750	94,2 a	94,1 a	71,5 a	21,5 a
	ASM[b]	25				
5.	ASM[b]	25	44,8 b	91,3 a	74,7 a	10,3 b
6.	Testemunha	---	48,3 b	89,2 a	71,1 a	10,2 b

* ASM: acibenzolar-S-metil; Fungicida: ciproconazol+azoxystrobin; Médias com mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

[a] Aplicações: dezembro (2007), fevereiro e abril (2008), dezembro (2008), fevereiro e abril (2009);

[b] Aplicações: dezembro (2007), janeiro, fevereiro, março, abril e dezembro (2008), janeiro, fevereiro, março e abril (2009);

[c] Aplicações: dezembro (2007), março e dezembro (2008), março (2009).

No primeiro ano de avaliação (2007/2008) foi observado que o ASM aplicado sozinho, mesmo apresentando certo controle da ferrugem, não foi tão satisfatório quanto os demais tratamentos que tinham o fungicida ciproconazol + azoxystrobin. Sabe-se, porém, que esse foi um ano de elevada carga pendente, o que contribuiu para o efeito insatisfatório do ativador. Resultado semelhante foi encontrado para a cercosporiose e, nesse caso, o ASM não diferiu estatisticamente da testemunha.

No segundo ano de avaliação (2008/2009), para a cercosporiose do cafeeiro, o ASM mostrou-se eficaz na redução da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPSC e AACPIC), com 77% de redução. Tal resultado foi inferior ao obtido pelo fungicida, mas superior ao tratamento controle (testemunha). Para a ferrugem, o ASM mostrou-se tão eficiente quanto a mistura de fungicidas, chegando a níveis de redução da doença de até 85%, não diferindo estatisticamente dos tratamentos nos quais essa mistura foi utilizada. Dados como esses reforçam que a resistência sistêmica adquirida é mais eficiente para fungos biotróficos, como o caso da ferrugem do que para fungos necrotróficos, como é o caso da cercosporiose (PIETERSE; TON; LOON, 2001).

Guzzo et al. (2001), utilizando o ASM em mudas de cafeeiro cultivar Mundo Novo em casa de vegetação, verificaram redução de até 97% no número de lesões causadas por ferrugem. Também observaram que o efeito protetor de 90% persistiu por até 10 semanas. Tal resultado reforça o fato de o indutor ASM ter se comportado de maneira tão satisfatória no controle da doença em campo, principalmente no ano de 2009, ano de menor pressão da doença.

Patrício et al. (2008) observaram em experimento de casa de vegetação que fungicidas à base de estrobilurinas foram mais eficazes no controle da cercosporiose em mudas de cafeeiro do que os demais. O mesmo foi observado por Anesiadis, Karaoglanidis e Tzavella-Klonari (2003) e Karadimos, Karaoglanidis e Tzavella-Klonari (2005) no patossistema *Cercospora beticola* Sacc - beterraba (*Beta vulgaris* L.).

Pelos resultados apresentados, tanto para ferrugem quanto para cercosporiose, ficou evidente que a associação entre o ativador ASM e os fungicidas ciproconazol + azoxystrobin não promoveu acréscimo no controle da ferrugem e cercosporiose do cafeeiro em campo. No primeiro ano de avaliação (2007/2008), ano de

alta carga pendente, o tratamento ASM promoveu ligeiro controle da ferrugem e praticamente não influenciou na cercosporiose. Em contrapartida, o tratamento com os fungicidas ciproconazol + azoxystrobin, aplicado sem nenhuma associação com o indutor, foi altamente eficiente no controle das doenças. Quando houve a associação do ASM com o fungicida, não se verificou efeito potencializador desse indutor no controle da ferrugem e cercosporiose do cafeeiro. Esse fato ocorreu devido ao alto índice de controle das doenças, principalmente para a ferrugem que foi superior a 92% nos dois anos de avaliação. Resultado semelhante foi obtido por Patrício et al. (2008), trabalhando com o patossistema *C. coffeicola* - cafeeiro, em que os autores não verificaram efeito adicional do ASM ao oxicloreto de cobre, para o controle da doença.

Foi observado que duas aplicações da mistura de fungicidas, na dose 750 mL ha^{-1}, mostraram-se tão eficientes quanto três aplicações da mesma, na dose de 500 mL ha^{-1} (Tabela 3). A primeira situação é mais interessante, pois reduz o número de operações a serem feitas na lavoura, diminuindo a compactação do solo, gastos com combustível e mão de obra, além de menor exposição do trabalhador às moléculas tóxicas.

No primeiro ano de avaliação, não houve diferença na produtividade das plantas entre os tratamentos, pois essa reflete os tratos culturais dados no ano anterior, antes de iniciados os trabalhos na área. Quando foi realizada a primeira aplicação dos tratamentos (dezembro de 2007), a produção da lavoura já estava definida, pois, nessa época, o café já estava em início da granação (fase de expansão dos frutos – F2) e certamente não refletiria diferença entre os tratamentos na produção daquele ano (2007/2008). Entretanto, para o ano safra de 2008/2009, as diferenças entre os tratamentos ficaram evidentes, uma vez que essas foram reflexos de dois anos seguidos de aplicação, de forma que o segundo ano de produção foi reflexo das primeiras pulverizações feitas no ano de 2007/2008, quando já havia sido instalado o ensaio na área.

Quanto ao enfolhamento do cafeeiro, observou-se no ano safra de 2007/2008, quando a carga pendente foi alta, a força de dreno da planta para os frutos que aliada à alta pressão de inóculo na área, fez com que houvesse maior grau de desfolha nos tratamentos mais prejudicados pela ferrugem e cercosporiose, nesse caso, o tratamento ASM e a testemunha. Essa desfolha acentuada nesses tratamentos resultou em menor produção no ano subsequente (2008/2009) (Tabela 4). A produção é reduzida sob alta intensidade das doenças, a exemplo da ferrugem do cafeeiro (KUSHALAPPA; ESKES, 1989), afetando desde a formação dos botões florais, consequência da intensa queda de folhas do ciclo anterior da doença. A cercosporiose, além de promover a desfolha, leva à queda prematura de frutos e à perda no rendimento, prejudicando a safra (POZZA, 2008).

Plantas testemunhas e pulverizadas somente com ASM, que sofreram acentuada desfolha, necessitaram de um maior gasto metabólico e energético para se restabelecerem para o próximo ano, na emissão de novos ramos plagiotrópicos, no crescimento de ramos e na formação de folhas e raízes. Assim, as plantas que foram altamente prejudicadas pela desfolha no primeiro ano (2007/2008), consequentemente, produziram menos no segundo ano (2008/2009).

4 CONCLUSÕES

O ativador de plantas acibenzolar-S-metil na dose de 25 g ha^{-1} controlou a ferrugem e a cercosporiose do cafeeiro de forma satisfatória em ano de baixa carga pendente, mas no ano de alta carga pendente não foi eficiente.

A mistura comercial dos fungicidas ciproconazol + azoxystrobin, utilizada na dose de 750 mL ha^{-1} em duas aplicações (janeiro e março), controlou a ferrugem e a cercosporiose do cafeeiro com eficiência.

Nenhum dos produtos avaliados, nas doses e condições utilizadas, causaram fititoxidez ao cafeeiro.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida e ao Instituto Nacional de ciência e tecnologia do Café (INCT-Café), pelo apoio na realização do trabalho.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANESIADIS, T.; KARAOGLANIDIS, G. S.; TZAVELLA-KLONARI, K. Protective, curative and eradicant activity of the strobilurin fungicide azoxystrobin against *Cercospora beticola* and *Erysiphe betae*. **Plant Pathology**, Oxford, v. 151, n. 11, p. 647-651, Dec. 2003.

BOLDINI, J. M. **Epidemiologia da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro irrigado e fertirrigado**. 2001. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

CAVALCANTI, F. R. et al. Activities of antioxidant enzymes and photosynthetic responses in tomato pre-treated by plant activators and inoculated by *Xanthomonas vesicatoria*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 68, n. 4 p. 198-208, Apr. 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira:** café, terceira estimativa, setembro/2012. Brasília, 2012. 18 p.

CUNHA, R. L. et al. Desenvolvimento e validação de uma escala diagramática para avaliar a severidade da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) do cafeeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA Café, 2001. p. 1101-1108.

CUSTÓDIO, A. A. P. et al. Comparison and validation of diagrammatic scales for brown eye spots in coffee tree leaves. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1067-1076, nov. 2011.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

GLAZEBROOK, J. Contrasting mechanisms of defense against biotrophic and necrotrophic pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 43, p. 205-227, Mar. 2005.

GUZZO, S. D. et al. Ação protetora do acibenzolar-S-methil em plantas de cafeeiro contra ferrugem. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 68, n. 1, p. 89-94, jan./jun. 2001.

_____. Resistência sistêmica adquirida em cafeeiro contra *Hemileia vastatrix* e indução local e sistêmica de quitinases e β-1,3-glucanases por acibenzolar-S-metil. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 30, n. 3, p. 376-381, jul./set. 2004.

KARADIMOS, D. A.; KARAOGLANIDIS, G. S.; TZAVELLA-KLONARI, K. Biological activity and physical modes of action of the Qo inhibitor fungicides trifloxystrobin and pyraclostrobin against *Cercospora beticola*. **Crop Protection**, Guildford, v. 24, n. 1, p. 23-29, Jan./Mar. 2005.

KUSHALAPPA, A. C.; ESKES, A. B. Advances in coffee rust research. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v. 27, n. 1, p. 503-531, Dec. 1989.

LOON, L. C. van; BAKKER, P. A. H. M.; PIETERSE, C. M. J. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 36, n. 1, p. 453-483, Sept. 1998.

LOON, L. C. van; REP, M.; PIETERSE, C. M. J. Significance of inducible defense-related proteins in infected plants. **Annual Review of Phytopathology**, Palo alto, v. 44, p. 135-162, Sept. 2006.

NARDI, B. et al. Differential responses of *Coffea arabica* L. leaves and roots to chemically induced systemic acquired resistance. **Genome**, Toronto, v. 49, n. 12, p. 1594-1605, Dec. 2006.

PATRÍCIO, F. R. A. et al. Effectiveness of acibenzolar-S-methyl, fungicides and antibiotics for the control of brown eye spot, bacterial blight, brown leaf spot and coffee rust in coffee. **Annual Applied Biology**, Warks, v. 152, n. 1, p. 29-39, 2008.

PEREIRA, S. C. et al. Efeito da aplicação foliar de silício na resistência à ferrugem e na potencialização da atividade de enzimas de defesa em cafeeiro. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 223-230, 2009.

PIETERSE, C. M. J.; TON, J.; LOON, L. C. van. Cross-talk between plant defense signaling pathways: boost or burden? **AgBiotechNet**, Utrecht, v. 3, p. 1-8, June 2001.

POZZA, A. A. A. et al. Intensidade da mancha de olho pardo em mudas de cafeeiro em função de doses de N e K em solução nutritiva. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 29-33, jan./mar. 2000.

POZZA, E. A. A. Importância das doenças foliares do cafeeiro. In: NÚCLEO DE ESTUDOS EM FITOPATOLOGIA. **Manejo fitossanitário da cultura do cafeeiro**. Brasília: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2008. v. 1, p. 81-94.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:** 5ª aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.

SHANER, G.; FINNEY, R. F. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, Sant Paul, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, Aug. 1977.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, E. M. Doenças do cafeeiro (*C. arabica* e *C. canephora*). In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia:** doenças das plantas cultivadas. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 165-180.

COMPORTAMENTO DE PROGÊNIES F_4 DE CAFEEIROS ARÁBICA, ANTES E APÓS A PODA TIPO ESQUELETAMENTO

Gladyston Rodrigues Carvalho[1], César Elias Botelho[2], Juliana Costa de Rezende[3], André Dominguett Ferreira[4], Rodrigo Luz da Cunha[5], Francisco Carlos Pedro[6]

(Recebido: 18 de fevereiro de 2011; aceito: 17 de abril de 2012)

RESUMO: A utilização do adensamento em lavouras cafeeiras é um dos fatores de aumento da produtividade, entretanto, há a necessidade de selecionar genótipos mais adaptados a esse sistema de plantio. Objetivou-se, neste trabalho, selecionar progênies oriundas do cruzamento entre as cultivares Catuaí Amarelo IAC 2077-1-2-12-70 e Mundo Novo IAC 515-20 com boas características agronômicas, antes e após a poda tipo esqueletamento. O experimento foi implantado na Fazenda Experimental da Epamig, no município de Três Pontas, MG, em 1996, e após a avaliação de oito colheitas os cafeeiros foram submetidos à poda. Foram utilizadas 39 progênies e três cultivares, Catuaí Vermelho IAC 99, Rubi MG 1192, Acaiá Cerrado MG 1474, utilizadas como testemunhas, sendo avaliadas as características produtividade (antes e após a poda), rendimento de grãos, percentagem de frutos chochos, de grãos tipo chato e moca e de grãos com peneira alta, comprimento e número de nós no ramo plagiotrópico e comprimento do broto ortotrópico, após a poda das plantas. O genótipo 1189-12-52-2 foi o mais produtivo antes e após a poda do tipo esqueletamento. Os rendimentos superiores foram apresentados pelos genótipos 1189-9-80-3, 1190-2-16-1 e Acaiá Cerrado MG 1474. Verificaram-se, em todos os cafeeiros estudados,baixos percentuais de frutos chochos e moca, apresentando alto percentual de grãos peneira 16 e acima. Os genótipos estudados apresentaram resposta satisfatória à poda.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, produtividade, rendimento, qualidade dos grãos.

PERFORMANCE OF F_4 ARABIC COFFEE PROGENIES BEFORE AND AFTER FRAMEWORK PRUNING

ABSTRACT: *The use of densification in coffee plantations is one of the factors of increased productivity; however, there is the need to select genotypes adapted to this system of planting. The objective of this study was to select progenies from the cross between the Catuaí Amarelo IAC 2077-1-2-12-70 and Mundo Novo IAC 515-20 with good agronomic characteristics before and after framework pruning (cutting off all plagiotropic branches at 20-30 cm from the orthotropic branch). The experiment was conducted at the Experimental Farm of Epamig in the municipality of Tres Pontas, MG , in 1996 , and after evaluating eight harvests the trees underwent pruning. 39 progenies and three cultivars, IAC 99, Rubi MG 1192, Acaiá Cerrado MG 1474, were used as controls, with evaluations for productivity characteristics (before and after pruning), bean yield , percentage of fruits with empty locule, grain types such as flat and oval and grains with a high screen size , length and number of nodes in plagiotrophycal branch and length of the orthotropic bud, after pruning the plants. The genotype 1189-12-52-2 was the most productive before and after framework pruning. The higher yields were presented by genotypes 1189-9-80-3, 1190-2-16-1 and Acaiá Cerrado MG 1474. There were, in all studied coffee trees, low percentages of empty locule and oval fruit, presenting a high percentage of beans with a screen size of 16 and above. The genotypes studied showed satisfactory response to pruning.*

Index terms: *Coffea arabica, productivity, yield, bean quality.*

1 INTRODUÇÃO

O sistema de plantio adensado é comum na cafeicultura mundial e no Brasil para possibilitar maior produtividade de grãos. Assim, nesses plantios, a poda tipo esqueletamento é uma prática indispensável e que deve ser empregada evitando-se fechamento da lavoura, com o objetivo de renovar os cafezais por meio da eliminação dos tecidos vegetativos improdutivos (THOMAZIELLO et al., 2000) e o desenvolvimento de novos ramos, propiciando aumento da luminosidade e produção (CUNHA et al., 1999).

[1] Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Cx. P. 176 - 37.200-000 - Lavras - MG - carvalho@epamig.ufla.br
[2] Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Cx. P. 176 - 37.200-000 - Lavras - MG - cesarbotelho@epamig.br
[3] Instituto Agronômico/IAC - Av. Barão de Itapura, 1481 - Cx.P. 28 - 13012- 970 - Campinas - SP - julianacosta@iac.sp.gov.br
[4] Embrapa Gado de Corte - Avenida Rádio Maia, 830 - Vila Popular - 79106-550 - Campo Grande - MS - agroadf@yahoo.com.br
[5] Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Cx. P. 176 -37.200-000 - Lavras - MG - rodrigo@epamig.ufla.br
[6] Emater - João Pinheiro, 101 - 2º andar - 37270-000 – Campo Belo - MG - francisco@emater.mg.gov.br

A modalidade de poda tipo esqueletamento é uma técnica que consiste na eliminação de grande parte dos ramos plagiotrópicos a cerca de 40 cm do tronco, sendo considerada uma operação relativamente drástica por reduzir grande porção da parte aérea e, consequentemente, do sistema radicular, que será recuperado à medida que a brotação da parte aérea se intensificar (QUEIROZ-VOLTAN et al., 2006). Sendo assim, para a aplicação dessa técnica, é preciso associar a utilização de cultivares adequadas com emprego do correto manejo a fim de aumentar, a curto prazo, a produtividade de grãos em níveis bem mais elevados que o plantio em livre crescimento.

Objetivou-se, no presente trabalho, selecionar progênies F_4 resultantes do cruzamento entre as cultivares Mundo Novo e Catuaí, que apresentem boas características agronômicas antes e após a poda do tipo esqueletamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em janeiro de 1996, na Fazenda Experimental da Epamig, situada no município de Três Pontas, região Sul do estado de Minas Gerais, a uma altitude de 900m, latitude de 21º 22'01" S e longitude de 45º 30'45" W. A precipitação média anual é de 1670mm e a temperatura média anual é de 20,1ºC. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico, visto que apresenta saturação por bases baixo (V < 50%) e teores de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4) de 180g/Kg a <360g/Kg na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (SANTOS et al., 2006).

Foram avaliados 42 genótipos, sendo 39 progênies desenvolvidas pelo programa de Melhoramento Genético do Cafeeiro em Minas Gerais, coordenado pela Epamig, e três cultivares, Catuaí Vermelho IAC 99, Rubi MG 1192 e Acaiá Cerrado MG 1474, utilizadas como testemunhas. As progênies encontram-se na quarta geração de seleção por autofecundação após o segundo retrocruzamento entre as cultivares Catuaí Amarelo IAC 2077-1-2-12-70 e Mundo Novo IAC 515-20. Esse cruzamento foi realizado no Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e os retrocruzamentos com o parental Mundo Novo foram realizados pelo Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuária (EPAMIG/UFLA/UFV).

O experimento foi implantado em blocos casualizados, com três repetições no espaçamento de 2,50m entre fileiras x 0,70m entre plantas, correspondendo a 5.714 plantas por hectare, sendo as parcelas constituídas de seis plantas.

A implantação e a condução seguiram as recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro. As adubações foram realizadas conforme recomendações da quinta aproximação da comissão de fertilidade do solo de Minas Gerais, CFSEMG (GUIMARÃES et al., 1999). O manejo fitossanitário foi feito preventivamente ou curativamente, por meio de defensivos agrícolas, acompanhado via monitoramento da ocorrência de pragas e doenças.

As avaliações de produtividade foram realizadas a partir do trigésimo mês após o plantio, medida em litros de "café da roça" por parcela, anualmente, por oito safras (1998/1999 à 2005/2006), entre os meses de maio a julho de cada ano. Posteriormente, foi feita a conversão para sacas de 60kg de café beneficiado ha^{-1}, por aproximação de valores, que consiste em considerar um rendimento médio de 480 litros de "café da roça', para cada saca de 60kg de café beneficiado.

A poda tipo esqueletamento foi realizada após a oitava colheita (2005), quando as plantas estavam com nove anos e seis meses de idade. Após a poda, aos doze meses, o crescimento foi avaliado por meio da determinação do comprimento dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos e pela quantificação do número de nós dos ramos plagiotrópicos. Por ocasião da primeira colheita após a poda foram avaliados os caracteres produtividade, rendimento, percentual de frutos chochos, percentual de frutos com grãos moca e percentual de grãos peneira 16 e acima.

O comprimento do ramo plagiotrópico foi avaliado, com o auxílio de régua graduada, por meio da medição em dois lados da planta em relação à linha de plantio, com três medidas de cada lado da planta (terço inferior, mediano e superior), totalizando seis ramos por planta. Nesses mesmos ramos contou-se o número de nós. Já o comprimento do ramo ortotrópico foi medido

em centímetros da inserção do broto ortotrópico até a gema apical, também com auxílio de régua graduada.

Após a poda, a produção foi avaliada em quilogramas de café cereja por parcela. Posteriormente, três litros de café cereja de cada parcela foram acondicionados em sacos confeccionados com tela do tipo rede e, diariamente, colocados ao sol para secar em terreiro de concreto, até atingir umidade entre 11 e 12%. Em seguida, as amostras de café em coco foram beneficiadas e pesadas para estimar o rendimento, o qual foi obtido dividindo-se os três litros da amostra pelo peso do café beneficiado. Posteriormente, foi realizada a conversão para sacas de 60Kg de café beneficiado por hectare, considerando-se o rendimento obtido de cada parcela.

A percentagem de frutos chochos foi estimada por meio da metodologia proposta por Antunes Filho e Carvalho (1957), em que se colocaram 100 frutos cereja em água, sendo considerados chochos aqueles que permaneceram na superfície. Usando-se amostras de 500g, os grãos de café seco e beneficiados foram classificados por meio de peneiras intercaladas. Foi considerada para a análise estatística a porcentagem de grãos tipo chato resultantes do somatório das peneiras (crivo 16 e acima). A percentagem de grãos do tipo moca foi obtida pela soma de todas as peneiras de grãos moca 10 e acima (BRASIL, 2003).

Após os procedimentos descritos, os dados experimentais foram compilados e submetidos à análise de variância. Utilizou-se do aplicativo computacional 'Sisvar' (FERREIRA, 2000). Detectando-se diferenças entre os tratamentos, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo para todas as características avaliadas pelo teste de F, a 1 e 5% de probabilidade, exceto para número de nós no ramos plagiotrópicos, indicando que as progênies apresentam comportamento diferenciado nas condições do ensaio. O coeficiente de variação experimental variou de 6,13 a 19,5%, demonstrando existir boa precisão na avaliação das características.

Parâmetros vegetativos após a poda

Notou-se que a cultivar Acaiá Cerrado MG 1474 apresentou maior comprimento do broto ortotrópico e do ramo plagiotrópico em relação às demais (Tabela 1). Segundo Medina Filho, Bordignon e Carvalho (2008), o porte baixo é uma característica controlada por quatro genes dominantes e independentes, que encurtam os internódios dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, tornando as plantas mais baixas e mais compactas, sem prejudicar a produção, pelo fato dos frutos se originarem nas axilas das folhas que nascem nos nós e não nos entrenós que são encurtados por esses genes. Deve ser levado em consideração o fato que a 'Acaiá Cerrado MG 1474' possui comprimento do internódio longo (FAZUOLI et al., 2008), ao contrário das cultivares Rubi MG 1192 e Catuaí Vermelho IAC 99 (CARVALHO et al., 2008).

É importante ressaltar que as progênies estudadas são oriundas do cruzamento entre 'Catuaí' e 'Mundo Novo', sendo essas cultivares de internódios curtos e de internódios longos, respectivamente. O porte baixo das plantas é uma característica desejável e controlada no processo de seleção, dessa forma, nota-se que apenas a progênie 1189-12-52-1 apresentou altura intermediária, sendo inferior à 'Acaiá Cerrado MG 1474' e superior às demais.

Verifica-se, de maneira geral, baixa variabilidade fenotípica entre as progênies avaliadas sob parâmetros vegetativos, corroborando Aguiar (1999), o qual caracterizou em quatro ambientes, onze linhagens das cultivares comerciais de *Coffea arabica* L. selecionadas pelo IAC sob parâmetros morfológicos e agronômicos, e observou-se baixa variabilidade genotípica e fenotípica por meio das características vegetativas e reprodutivas avaliadas.

Características agronômicas

Houve diferença estatisticamente significativa para as características produtividade de oito safras (1997/1998 à 2004/2005) antes da poda, produtividade após a poda (safra 2007/2008), rendimento, percentagem de frutos chochos, percentagem de grãos chatos com peneira 16 e acima e de grãos moca peneira 10 e acima, conforme estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 1 – Valores médios do comprimento do broto ortotrópico (CBO), do ramo plagiotrópico (CRP) e número de nós dos ramos plagiotrópicos (N) dos genótipos, após a poda de esqueletamento.

Genótipos	CBO (cm)	CRP (cm)	N (unid.)
1189-12-6-1	51,37 c	36,56 c	10,49 a
1189-12-27-1	52,83 c	35,89 c	10,56 a
1189-12-52-1	73,59 b	44,21 b	10,01 a
1189-12-52-2	54,02 c	41,18 b	10,62 a
1189-12-72-2	51,53 c	35,97 c	10,06 a
1189-12-94-1	49,06 c	38,73 c	10,23 a
1189-12-117-3	47,11 c	35,02 c	10,46 a
1189-9-5-2	47,72 c	36,10 c	10,10 a
1189-9-5-3	41,02 c	35,37 c	10,06 a
1189-9-80-1	50,32 c	42,78 b	11,31 a
1189-9-80-2	45,48 c	36,71 c	10,85 a
1189-9-80-3	48,76 c	36,99 c	10,37 a
1189-12-106-1	45,58 c	34,41 c	10,07 a
1189-12-106-2	52,15 c	34,27 c	9,93 a
1189-12-106-4	50,96 c	37,22 c	10,59 a
1189-12-126-2	48,20 c	34,01 c	10,02 a
1189-12-126-4	50,27 c	34,78 c	9,94 a
1190-2-7-1	45,54 c	34,16 c	10,45 a
1190-2-7-3	44,14 c	35,16 c	10,27 a
1190-2-7-4	44,21 c	35,26 c	10,89 a
1190-2-16-1	57,26 c	41,87 b	9,85 a
1190-2-16-2	48,12 c	37,18 c	10,57 a
1190-2-16-3	42,91 c	37,92 c	11,02 a
1190-2-26-3	46,58 c	36,61 c	10,73 a
1190-2-128-2	51,88 c	36,10 c	10,89 a
1190-2-128-4	47,20 c	34,36 c	10,37 a
1190-11-8-2	42,95 c	40,02 c	10,28 a
1190-11-8-4	56,51 c	36,39 c	10,72 a
1190-11-17-1	48,02 c	35,46 c	10,55 a
1190-11-17-4	45,22 c	35,45 c	9,94 a
1190-11-34-1	47,82 c	33,96 c	10,49 a
1190-11-34-3	47,57 c	32,01 c	10,56 a
1190-11-70-1	37,05 c	35,83 c	10,31 a
1190-11-70-2	48,60 c	38,64 c	10,76 a
1190-11-70-4	52,71 c	38,43 c	11,07 a

Continua...

TABELA 1 – Continuação...

1189-12-126-3	50,70 c	36,48 c	10,85 a
1190-11-108-3	48,97 c	35,76 c	10,51 a
1190-11-119-1	40,55 c	32,26 c	10,11 a
1190-11-128-1	47,90 c	34,38 c	10,00 a
Catuaí Vermelho IAC 99	47,65 c	36,67 c	10,18 a
Rubi MG 1192	50,08 c	36,41 c	10,37 a
Acaiá Cerrado MG 1474	88,20 a	55,14 a	11,75 a
Média	49,72	36,95	10,48
CV (%)	11,45	7,72	6,13

Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

TABELA 2 – Médias de produtividade de café beneficiado (Prod.[1]), em sacas de 60Kg.ha^{-1} de oito safras avaliadas antes da poda (safras 1997/1998 à 2004/2005). Produtividade (Prod.[2]), rendimento (Rend.) (litros de café da roça por saca de 60 Kg de café beneficiado por hectare), percentagem de frutos chochos (Chocho), de grãos com peneira 16 e acima (Peneira) e moca peneira 10 e acima (Moca), avaliadas após a poda (safra 2007/2008).

Progênie	Prod.[1]	Prod.[2]	Rend.	Chocho	Peneira	Moca
1189-12-6-1	36,29 c	64,63 c	456,59 c	5,40 b	75,99 b	10,78 c
1189-12-27-1	39,19 b	84,00 b	417,40 b	8,17 d	74,27 b	8,83 b
1189-12-52-1	19,81 e	45,97 c	445,73 c	7,58 d	77,00 b	8,27 a
1189-12-52-2	47,90 a	100,43 a	464,93 c	5,71 c	80,47 a	7,98 a
1189-12-72-2	39,81 b	69,10 c	462,71 c	6,17 c	80,35 a	7,79 a
1189-12-94-1	42,00 b	67,53 c	452,21 c	4,14 a	82,45 a	6,60 a
1189-12-117-3	28,67 d	51,77 c	568,19 e	6,67 c	81,73 a	7,90 a
1189-9-5-2	44,57 a	83,33 b	439,81 c	5,99 c	78,45 a	7,60 a
1189-9-5-3	29,44 d	61,60 c	480,06 c	6,97 c	74,41 b	9,57 b
1189-9-80-1	48,75 a	68,50 c	419,40 b	4,79 b	80,50 a	7,18 a
1189-9-80-2	33,06 c	56,80 c	462,30 c	8,13 d	82,93 a	7,17 a
1189-9-80-3	51,36 a	73,70 b	376,99 a	6,63 c	82,27 a	7,30 a
1189-12-106-1	42,62 b	69,90 c	460,01 c	5,15 b	76,47 b	8,41 a
1189-12-106-2	39,36 b	73,93 b	413,00 b	4,07 a	74,27 b	9,28 b
1189-12-106-4	38,92 b	76,50 b	438,47 c	3,79 a	81,25 a	7,22 a
1189-12-126-2	32,67 c	81,83 b	418,80 b	9,84 d	76,46 b	7,42 a
1189-12-126-4	34,50 c	73,13 b	432,13 c	6,69 c	79,36 a	9,07 b
1190-2-7-1	42,21 b	61,63 c	428,80 b	5,69 c	80,21 a	7,74 a
1190-2-7-3	31,92 c	68,93 c	484,99 c	4,87 b	77,80 b	7,45 a
1190-2-7-4	33,61 c	73,17 b	479,35 c	6,17 c	74,58 b	9,08 b
1190-2-16-1	37,77 c	65,43 c	380,95 a	5,89 c	80,61 a	8,34 a

Continua...

TABELA 2 – Continuação...

1190-2-16-2	44,72 a	85,07 b	443,18 c	3,91 a	75,98 b	7,01 a
1190-2-16-3	33,38 c	68,77 c	443,98 c	5,64 c	76,06 b	8,58 a
1190-2-26-3	36,66 c	67,30 c	484,40 c	4,02 a	75,58 b	7,75 a
1190-2-128-2	34,63 c	53,63 c	583,12 e	5,84 c	78,67 a	8,16 a
1190-2-128-4	44,52 a	67,30 c	460,93 c	5,75 c	80,14 a	8,42 a
1190-11-8-2	35,32 c	66,77 c	514,30 d	5,16 b	76,86 b	6,83 a
1190-11-8-4	45,88 a	81,67 b	448,10 c	3,38 a	78,25 a	7,26 a
1190-11-17-1	39,53 b	62,30 c	472,77 c	5,30 b	76,27 b	9,37 b
1190-11-17-4	38,76 b	75,50 b	448,41 c	5,87 c	73,26 b	11,24 a
1190-11-34-1	35,54 c	63,27 c	519,50 d	7,73 d	72,94 b	9,03 b
1190-11-34-3	29,43 d	55,07 c	437,53 c	3,25 a	78,11 a	8,29 a
1190-11-70-1	39,72 b	82,60 b	452,22 c	4,24 a	75,67 b	7,65 a
1190-11-70-2	41,32 b	99,40 a	456,19 c	5,30 b	72,21 b	7,90 a
1190-11-70-4	41,83 b	68,77 c	459,49 c	5,51 c	73,18 b	8,30 a
1189-12-126-3	37,62 c	72,20 b	437,81 c	7,71 d	74,08 b	10,20 a
1190-11-108-3	37,04 c	70,60 c	496,60 d	6,90 c	74,66 b	7,85 a
1190-11-119-1	39,21 b	54,00 c	450,60 c	4,01 a	76,88 b	7,89 a
1190-11-128-1	37,67 c	80,37 b	468,23 c	2,98 a	76,06 b	6,41 a
Catuai Verm.	34,35 c	72,90 b	455,81 c	4,96 b	78,61 a	7,66 a
Rubi	47,00 a	81,43 b	487,98 c	3,24 a	81,31 a	6,33 a
Acaiá Cerrado	31,83 c	79,17 b	380,12 a	2,43 a	84,30 a	7,24 a
Média	38,08 A	70,95	455,39	5,52	77,64	8,10
CV (%)	13,19	14,52	6,31	19,5	4,92	13,15

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Produtividade antes e após a poda

Quando se consideram as produtividades antes da poda, os genótipos 1189-12-52-2, 1189-9-5-2, 1189-9-80-1, 1189-9-80-3, 1190-2-16-2, 1190-2-128-4, 1190-11-8-4 e a cultivar Rubi MG 1192 se destacaram das demais, com produtividade variando entre 44,72 a 51,36 sc ha^{-1} na média das oito colheitas superando as cultivares Catuaí Vermelho IAC-99 e Acaiá Cerrado MG-1474, cujas produtividades foram de 34,35 e 31,83 $sc.ha^{-1}$, respectivamente (Tabela 2). Resultado semelhante foi encontrado por Carvalho et al. (2006b), avaliando progênies resultantes do mesmo cruzamento em São Sebastião do Paraíso (MG), na média de seis colheitas. Nesse trabalho, os autores identificaram um grupo de progênies com maior produtividade em relação às cultivares Catuaí Vermelho IAC 99 e Acaiá Cerrado MG 1474, utilizadas como testemunhas.

Quando se avaliam os dados referentes à primeira produção após o esqueletamento dos genótipos estudados, observa-se a produtividade variando entre 45,97 e 100,43 sacas de café beneficiado ha^{-1}. Uma lavoura é considerada eficiente quando é capaz de formar, ano após ano, um extenso e bem iluminado dossel, com alta taxa fotossintética, capaz de produzir muitos grãos e de mobilizar grandes quantidades de carboidratos para enchimento dos frutos (RENA et al., 1994). Sendo assim, pode-se afirmar que os genótipos

estudados apresentaram resposta positiva mediante a intervenção da poda.

Após a poda, nota-se que as maiores produtividades (Tabela 2) foram obtidas pelas progênies 1189-12-52-2 (que também se destacou antes da poda) e 1190-11-70-2, as quais apresentaram produtividade média de 100,43 e 99,40 sc ha^{-1}, superando as cultivares Rubi MG 1192, Acaiá Cerrado MG 1474 e Catuaí Vermelho IAC 99, em 22,10%, 25,6% e 36,4%, respectivamente. Esses resultados coincidem, em parte ,com os obtidos por Carvalho et al. (2006a, 2006b) que, trabalhando com as mesmas progênies nos municípios mineiros de Campos Altos, Capelinha, Três Pontas e São Sebastião do Paraíso também verificaram maior produtividade e adaptabilidade da progênie 1190-11-70-2. Esses autores observaram que as progênies 1190-11-70-2, 1190-11-119-1, 1190-11-70-1 e 1190-11-8-2 apresentaram as maiores produtividades médias.

O desempenho satisfatório em relação à produtividade de grãos dessas progênies em seleção é justificado pelo potencial produtivo dos parentais, conforme relatos encontrados na literatura. Segundo Fazuoli et al. (2005), as progênies da cultivar Mundo Novo têm ótima capacidade produtiva, boa longevidade e excelente rusticidade. Esses mesmos autores, avaliando cultivares Mundo Novo, Bourbon Amarelo e Bourbon Vermelho no município de Campinas (SP), constataram que, dentre as 30 progênies mais produtivas, quatro pertenciam à geração S_2 de Mundo Novo e, as restantes eram de Mundo Novo S_1, indicando a eficiência da seleção. Nenhuma progênie de Bourbon Amarelo ou de Bourbon Vermelho revelou-se tão produtiva quanto às de Mundo Novo. Similarmente, Martins et al. (1992) observaram produções semelhantes de progênies de Catuaí Amarelo, Catuaí Vermelho e o padrão Mundo Novo. Queiroz, Almeida e Matielo (2002), na avaliação de cafeeiros diversos com resistência à ferrugem e linhagens de Catuaí em Caratinga-MG, verificaram que as cultivares Catuaí Amarelo IAC 62, IAC 32 e Catuaí Vermelho IAC 99, produziram mais na média de três safras.

Rendimento

Para a característica rendimento houve grande variação entre os genótipos estudados, os quais foram agrupados em cinco grupos distintos. Os genótipos 1189-9-80-3, 1190-2-16-1 e a cultivar Acaiá Cerrado MG 1474 apresentaram rendimentos superiores, variando de 376,9 a 380,9 litros de café da roça para cada saca de 60Kg de café beneficiado. Um segundo grupo foi formado por cinco genótipos, 1189-12-27-1, 1189-9-80-1, 1189-12-106-2, 1189-12-126-2, 1190-2-7-1, variando entre 413,0 e 428,8 litros.

O rendimento de grãos beneficiados (obtido a partir de certo volume de café cereja) é influenciado, entre outros fatores, pela ocorrência de frutos com lojas desprovidas de grãos (chochos), grãos do tipo moca ou mal formados (CARVALHO; ANTUNES FILHO, 1955; GASPARI-PEZZOPANE; MEDINA FILHO; BORDIGNON, 2004; MÔNACO, 1960). Essas características dos grãos são influenciadas por fatores climáticos e genéticos, sendo esses últimos, alvos de estudo de programas de melhoramento genético do cafeeiro.

No presente trabalho, houve uma amplitude de variação de 54% no rendimento entre os genótipos estudados (se considerado o maior e o menor rendimento observado). Em experimentos de café, vários trabalhos têm demonstrado a importância de se corrigir a produção bruta (café da roça) para o valor de café beneficiado, que é a produção real (DIAS et al., 2005; MARTINS et al., 1992). Esse fator deve ser levado em consideração como um adicional na seleção de cafeeiros, controladas, entretanto, as influências ambientais que o afetam.

Percentagem de frutos chochos

Analisando-se a percentagem de frutos chochos (Tabela 2), nota-se ampla variabilidade fenotípica das progênies para essa característica, com formação de quatro grupos distintos. Verifica-se que todos os genótipos apresentaram maior percentagem de frutos bem granados em relação aos chochos, com uma amplitude de variação de 90,16% a 97,57%. Segundo Carvalho et al. (2006a), acima de 90% de frutos bem granados é um percentual considerado satisfatório pelos melhoristas, durante a avaliação e seleção de cafeeiros em programa de melhoramento, visto que grande parte das cultivares comerciais apresentam tal percentual.

Vale ressaltar que os genótipos 1190-11-70-1, 1189-12-106-4, 1190-11-119-1, 1190-2-16-2, 1190-11-8-4, 1190-11-34-3, Rubi MG 1192, 1190-11-128-1 e Acaiá Cerrado MG-1474 apresentaram alta percentagem de frutos bem granados (variando de 95,7 a 97,6) atrelada à alta produtividade, com destaque para o Acaiá Cerrado MG 1474 e o genótipo 1189-12-106-2, que apresentaram ainda rendimento satisfatório. Essas características evidenciam mais uma vez o potencial desses genótipos, uma vez que, quanto maior a percentagem de frutos bem granados, maior o rendimento de café cereja em relação ao beneficiado e, consequentemente, maior o potencial produtivo da progênie.

Porém, esses resultados são contraditórios aos encontrados por Carvalho (2006b) que, avaliando progênies na quarta geração oriundas do cruzamento entre Catuaí x Mundo Novo em vários locais, observaram após seis colheitas que as progênies 1190-11-8-4, 1190-11-70-1 e 'Acaiá Cerrado MG-1474' apresentaram, na média, uma percentagem inferior a 90% de frutos bem granados. Essa diferença de resultados pode ser atribuída a fatores climáticos e de cultivo. Segundo Severino (2000), a ocorrência de sementes chochas também pode ser influenciada por fatores genéticos, morfológicos, tais como a localização do fruto na planta, pela partição de fotoassimilados e por fatores como ataque de pragas e doenças e estresses térmicos e nutricionais.

Percentual de peneira alta

Em relação à característica peneira 16 e acima, observa-se a formação de dois grupos distintos. No grupo superior estão inseridos 16 genótipos e as três testemunhas estudadas (Tabela 2), variando de 78,1 a 84,3%. Esses resultados diferem daqueles encontrados por Dias et al. (2005), em que as cultivares Acaiá Cerrado MG 1474, Catuaí Vermelho IAC 99 e Rubi MG 1192 ficaram em um grupo intermediário, com médias entre 71,5% e 63,5% de grãos retidos na peneira 16 acima. Entretanto, o tamanho dos grãos também sofre interferência de fatores abióticos. Segundo Alves (2008), os frutos de café se expandem até atingir seu tamanho máximo por volta de dezembro, mantendo em seu interior uma consistência aquosa. Estresse hídrico nessa fase pode prejudicar seu crescimento e o enchimento dos frutos, resultando em percentual de grãos de peneira baixa.

No grupo inferior estão inseridos 23 genótipos, com percentual de peneira alta variando entre 72,21% e 77,80%. Assim, é importante destacar que todos os genótipos apresentaram alta percentagem de grãos peneira alta, sendo essa uma característica buscada pelos melhoristas e desejada pelos cafeicultores e consumidores. Valor alto na peneira média pode ser expressão, não só de boa característica genética, como também indica que a lavoura cafeeira estava em boas condições de nutrição e sanidade, durante o desenvolvimento do fruto (ALVARENGA, 1991).

A classificação por peneiras é indicada por ser uma característica relacionada aos padrões de qualidade do produto, para que sirva como medida na seleção de genótipos de uma nova variedade (FONSECA, 1999). Dessa forma, como proposto neste trabalho, as progênies que apresentaram uma melhor classificação por peneiras devem ser consideradas para futuros trabalhos de melhoramento genético do cafeeiro.

Percentual de grãos do tipo Moca

Quando se considera percentual de grãos tipo moca, nota-se que houve a formação de três agrupamentos. A maioria dos genótipos apresentou baixa percentagem de frutos desse tipo. Os genótipos 1190-11-17-4, 1189-12-6-1 e 1189-12-126-3 apresentaram respectivamente 11,24%, 10,78% e 10,20% de grãos do tipo moca peneira 10 e acima. O grupo intermediário foi composto por sete progênies, com variação percentual entre 8,83 e 9,57 e o grupo superior, assim como na característica peneira alta, foi formado pela maioria dos genótipos e pelas testemunhas estudadas, com percentual de grãos do tipo moca, variando entre 6,60 e 8,58%.

Não existe uma exigência para porcentagem máxima de grãos moca como critério para se avaliar a qualidade dos grãos. Guimarães, Mendes e Souza (2002) citam que, para produção de sementes certificadas, o critério de padronização indica uma tolerância máxima de 12% de sementes

moca. Com isso, os resultados observados no presente trabalho não indicam prejuízos para nenhuma progênie estudada.

4 CONCLUSÕES

Os genótipos estudados apresentaram resposta satisfatória mediante a intervenção da poda.

O genótipo 1189-12-52-2 foi o mais produtivo antes e após a poda do tipo esqueletamento. Os rendimentos superiores foram apresentados pelos genótipos 1189-9-80-3, 1190-2-16-1 e 'Acaiá Cerrado MG 1474'. Verificaram-se, em todos os cafeeiros estudados, baixos percentuais de frutos chochos e moca, apresentando peneira alta.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT-Café), ao Consórcio de Pesquisa Café e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo suporte financeiro ao projeto.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. T. E. Caracterização de linhagens de cultivares comerciais de café selecionados pelo IAC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25., 1999, Franca. **Anais...** Franca: Ministério da Agricultura, 1999. p. 79-82.

ALVARENGA, A. de P. **Produção e outras características de progênies de café Icatu (*Coffea* spp)**. 1991. 75 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

ALVES, J. D. Morfologia do cafeeiro. In: CARVALHO, C. H. S. de (Ed.). **Cultivares de café:** origem, característica e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. v. 1, p. 33-55.

ANTUNES FILHO, H.; CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro, ocorrência de lojas vazias em frutos de café Mundo Novo. **Bragantia**, Campinas, v. 13, n. 14, p. 165-179, 1957.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 8**, de 11 de junho de 2003. Brasília, 2006. Disponível em: <http:www.abic.com.br/arquivos/abic_nm_a1d_inst_normativa08.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2009.

CARVALHO, A.; ANTUNES FILHO, H. Melhoramento do cafeeiro X seleção visando eliminar o defeito "lojas vazias do fruto" no café Mundo Novo. **Bragantia**, Campinas, v. 14, n. 6, p. 51-62, 1955.

CARVALHO, C. H. S. et al. Cultivares de café arábica de porte baixo. In: _____. **Cultivares de café:** origem, características e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. v. 1, p. 155-252.

CARVALHO, G. R. et al. Avaliação e seleção de progênies resultantes do cruzamento de cultivares de café Catuaí com Mundo Novo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 844-852, 2006a.

_____. Seleção de progênies oriundas do cruzamento entre Catuaí e Mundo Novo em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 583-590, 2006b.

CUNHA, R. L. et al. Efeito da época, altura de poda e adubação foliar na recuperação de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) depauperados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 222-226, jan./fev. 1999.

DIAS, F. P. et al. Caracterização de progênies do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) selecionadas em Minas Gerais: II., caracteres relacionados à produção. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, n. 299, p. 85-100, 2005.

FAZUOLI, L. C. Avaliação das cultivares Mundo Novo, Bourbon Amarelo e Bourbon Vermelho de *Coffea arabica* L. em Campinas, SP. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052005000400003&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 18 fev. 2009.

FAZUOLI, L. C. et al. Cultivares de Café Arábica de Porte Alto. In: _____. **Cultivares de café:** origem, características e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. v. 1, p. 225-252.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FONSECA, A. F. A. **Análises biométricas em café conillon (*Coffea canephora* Pierre)**. 1999. 115 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

GASPARI-PEZZOPANE, C.; MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R. Variabilidade genética do rendimento intrínseco de grãos em germoplasma de Coffea. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 29-54, 2004.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG**: UFV, 1999. p. 289-302.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. Colheita. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. (Ed.). **Cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p. 285-300.

MARTINS, A. L. M. et al. Avaliação de progênies de cafés Catuaí Amarelo e Catuaí Vermelho na região de Pindorama, SP. **Bragantia**, Campinas, v. 51, n. 1, p. 31-38, 1992.

MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R.; CARVALHO, C. H. S. Desenvolvimento de Novas Cultivares de Café Arábica. In: _____. **Cultivares de Café:** origem, características e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. v. 1, p. 77-99.

MÔNACO, L. C. Efeito das lojas vazias sobre o melhoramento do café Mundo Novo. **Bragantia**, Campinas, v. 19, p. 1-12, 1960.

QUEIROZ, A. R.; ALMEIDA, S. R.; MATIELO, J. B. Competição de materiais híbridos diversos de café com resistência à ferrugem e linhagens de Catuaí na região de Caratinga, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 124-125.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B. R. B. et al. Eficiência da poda em cafeeiros no controle da *Xylella fastidiosa*. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 433-440, 2006.

RENA, A. B. et al. Fisiologia do cafeeiro em plantios adensados. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1., 1994, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1994. p. 71-85.

SANTOS, H. G. dos et al. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306 p.

SEVERINO, L. S. **Caracterização de progênies de Catimor e a avaliação de descritores em *Coffea arabica* L.** 2000. 85 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

THOMAZIELLO, R. A. et al. **Cultura do café**. Campinas: CATI, 1996. 69 p. (Boletim Técnico).

SENSORIAL CHARACTERISTICS OF COFFEE (*Coffea arabica* L.)VARIETIES IN THE ALTO PARANAÍBA REGION

Sara Maria Chalfoun[1], Marcelo Cláudio Pereira[2], Gladyston Rodrigues Carvalho[3], Antonio Alves Pereira[4], Taciana Villela Savian[5], Deila Magna dos Santos Botelho[6]

(Recebido: 11 de março de 2011; aceito 9 de agosto de 2011)

ABSTRACT: The objective of this study was to verify the sensorial characteristics of grains of 21 Coffea arabica L. cultivars obtained from EPAMIG Experimental Farm in Patrocínio, Minas Gerais, in the Alto Paranaíba Region. The coffee cherries were husked and dried in wooden trays, until 11 to 12% humidity and sent to three Brazilian Specialty Coffee Association BSCA accredited professional coffee tasters. The data were statistically evaluated by multivariate analysis to compare the cultivars and group them. The following cultivars, listed in decreasing order according to the first principal component with scores above 80 points, thus considered to produce superior beverage based on the attributes with the highest scores (flavor, sweetness, balance, acidity, clean beverage and aspect), for the two methods, during the two –year study was cultivar H419-6-2-5-2. The ascendancy of the cultivars and progenies tested, whether derived or not from the Timor Hybrid, did not affect their qualitative performance.

Index terms: Quality; husked coffee cherry, processing, specialty coffee.

CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DE CULTIVARES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) NA REGIÃO DO ALTO PARANAÍBA

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, verificar as características sensoriais dos grãos de 21 cultivares de café (Coffea arabica L.), provenientes do ensaio de melhoramento da EPAMIG, Fazenda Experimental de Patrocínio em Minas Gerais, na Região do Alto Paranaíba. Frutos cerejas após o descascamento foram secos em bandejas de madeira , com fundo telado de 1 m^2, até atingirem de 11 a 12% de umidade (b.u.). Após a secagem , os frutos foram encaminhados para três provadores credenciados pela BSCA. Procedeu-se à avaliação estatística multivariada dos dados, com o objetivo de estabelecer comparações entre as cultivares e realizar os agrupamentos das mesmas. As cultivares em ordem decrescente segundo a primeira componente principal , com notas acima de 80 pontos-portanto consideradas como de bebida superior , de acordo com os atributos-com os maiores escores (sabor, doçura, balanço, acidez, bebida limpa e aspecto), durante os dois anos estudados foi apenas a cultivar H419-6-2-5-2. A ascendência das cultivares e progênies testadas, oriundas ou não do Híbrido Timor, não afetou o desempenho qualitativo das mesmas.

Termos para indexação: *Qualidade, cereja descascado, processamento, cafés especiais.*

1 INTRODUCTION

Since the late 20th century, most breeding programs implemented in coffee-producing countries (Brazil, Colombia, Kenya, Costa Rica, Honduras) have transferred resistance to rust (*Hemileia vastatrix* Berk. and Br.), root-knot nematodes (Meloidogyne sp.) and Coffee Berry Disease (*Colletotrichum kahawae* sensu Hindorf) from the Timor Hybrid to *C. arabica* cultivars. The amount of foreing genetic material introgressed in many Arabica lines ranges from 8 % to 27 % of the *C. canephora* Pierre genome (LASHERMES et al., 2000).

However, there are doubt related to the quality of some hybrid varieties derived from the crossing of Arabica with robusta and other species (CARVALHO et al., 2000; CASTILLO,

[1]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Cx. P. 176 - 37.200-000 - Lavras-MG chalfoun@epamig.ufla.br
[2]Instituto Nacional Ciência e Tecnologia do Café- INCT CAFÉ - Rua Marechal Deodoro da Fonseca,86 Lavras-MG - 37.200-000 - marceloclaudio@posgrad.ufla.br
[3]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Cx. P. 176 - 37.200-000 - Lavras-MG carvalho@epamig.ufla.br
[4]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais /EPAMIG - Cx. P. 176 - 37.200-000 - Lavras-MG pereira@epamig.ufv.br
[5]Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz/ESALQ - Avenida Pádua Dias, 11- Piracicaba-SP tacianavillela@gmail.com
[6]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG- Cx. P. 176 - 37.200-000 - Lavras-MG deilamagna@hotmail.com

1990; MORENO; MORENO; CADENA, 1995; PUERTA, 2000).

Good quality coffee requires special care from pre-harvest throughout harvest and post-harvest, as several factors may cause changes that may lead to low-quality beverage (BORÉM, 2008). Better quality coffee production brings better price and, consequently, greater profit for the producer.

Coffee quality is directly related to several physical, physicochemical and chemical properties, responsible for the characteristic appearance of the roasted bean, beverage flavor and aroma, such as the volatile and phenolic (chlorogenic acid) components, fatty acids, proteins, and some enzymes, whose presence confers coffee its peculiar flavor and aroma (PEREIRA et al., 2010).

Coelho and Pereira (2002) define the following as determining factors affecting coffee quality in a broad sense: a) the chemical composition of the beans, determined by genetic, environmental, and cultural factors and, mainly, by the interaction between them; b) harvesting, processing, and storage methods, and c) roasting and beverage preparation. These authors found that roasting and beverage preparation have an effect on the chemical composition changes undergone by the beans, stressing that such changes are dependent on their original chemical composition.

Coffee beverage quality is intimately related to its flavor and aroma, generating consumer satisfaction. Mendonça, Pereira and Mendes (2005) believe that beverage quality is mainly associated to consumer satisfaction with a balanced combination of flavors and aromas (*Flavor*), perceptible only after roasting, which is dependent on the chemical composition of the raw bean.

Malavolta (2000) considers coffee quality a combination of sensorial characteristics of the beans or the beverage, conferring a commercial value. Defining coffee quality is not easy, especially because of the fact that coffee has been consumed for a long time but only recently has gained importance for its differentiated characteristics, which remain unknown to most consumers.

Besides the physical, chemical, and sensorial attributes frequently cited in the literature, the hygienic-sanitary attributes must also be considered important for the production of quality coffees and consumer satisfaction.

The global quality of gourmet coffee is a combination of flavor, body, and aroma, absence of BIS (black, immature, and sour) beans, fermented flavor, rotten or black-immature beans, and beverage balance and harmony, leading to a pleasant sensation during and after consumption (MORI et al., 2003).

According to Flament (2002), the aroma of non-roasted coffee and the flavor of roasted coffee are a function of their volatile and non-volatile components, with some of the non-volatile constituents resisting roasting conditions, and, consequently, more or less contributing to the organoleptic quality of the final beverage, as in the particular case of the multifunctional acids and phenols.

Pimenta (2003) points out that adequate harvesting and coffee preparation techniques are very important, improving the quality of coffee, facilitating its commercialization and providing higher economic returns. According to this author, adequate harvesting season is indispensable not only to allow perfect drying, avoiding fermentation, but also to produce coffee with an adequate chemical composition and fewer undesirable biochemical changes that harm beverage quality.

Historically, two basic systems have been used to process coffee cherries: the wet and the dry processing methods. In the dry processing, whole coffee cherries are used, producing dried beans known as natural coffee (BORÉM, 2008). The Alto Paranaiba region, characterized by climatic conditions of low humidity during fruit maturation and post-harvest, presents favorable conditions for this type of processing, allowing a high quality final product with differentiated coffee characteristics via wet processing, as well.

Arabic coffee presents superior quality attributes compared to robusta, thus having a higher commercial value. It is the major variety cultivated in the state of Minas Gerais, mainly because of the favorable climatic conditions. Mendonça, Pereira and Mendes (2005) emphasize the importance of knowing the quality of different cultivars through the evaluation of the chemical composition of the beans, as they have a great potential to produce special coffees.

Aware of the recent changes in coffee beverage production, the Brazilian Association of Coffee Industry, understands that the main alternative to overcome the obstacles inhibiting competition with other beverages is to continue to increase consumption offering diversified, high quality products. The international market has become more demanding for better coffee quality. Brazilian coffee, traditionally known for its good quality, has maintained its sales leadership in countries such as Germany, Italy and Japan. According to Vegro (1994), coffee is one of the few agricultural products in Brazil whose price is associated to qualitative parameters, i.e., higher commercial value with quality. By implementing the Coffee Quality Program (CQP), aims to change the popular belief that all coffees are the same.

As reported by several authors, better quality coffees are obtained when coffee is processed at the cherry stage, when the beans present an adequate chemical composition (PIMENTA; VILELA, 2003).

According to Borém (2008) appearance or increase of astringency in coffee beverage is mainly due to the presence of immature beans, harvested when the fruit were still green. Thus, special coffee should not contain immature beans.

Borges, Jorge and Noronha (2002) evaluated the effect of age of coffee plant of the same variety and maturation stages of beans (dried, cherry and green) on the commercial classification and quality of coffee beverage, concluding that, overall, younger coffees presented the best characteristics. In addition, these authors verified that in the classification by size and determination of medium–sized sieve, the 12-year batches with medium sieve 15, presented a result inferior to that obtained by the 3-year batches, with medium sieve 16. For commercial and beverage classification, better results were obtained, overall, for the 3-year batches, in different mixtures, without the influence of different stages of maturation. In this work, a 12-year-old and a 3-year-old Cafe arabica, Catuaí variety areas were used.

This study was carried out to evaluated the relationship between different cultivars and coffee quality, aiming to make a sensorial characterization of 21 coffee cultivars in the Alto Paranaíba region, one of the major coffee-producing areas in the country. This region was chosen based on its highly productive and technological standard of coffee cultivation as well as favorable environmental conditions to obtain high quality coffee.

2 MATERIALS AND METHODS

This work was carried out at the EPAMIG Experimental Station located in Patrocínio, State of Minas Gerais, Brazil.

2.1 Experimental characteristics

The coffee used in the analysis originated from the following cultivars and progenies: Acaiá Cerrado MG 1474; Bourbon Vermelho DATERRA; Catiguá MG 1; Catiguá MG 2; Catuaí Amarelo IAC 62; Catuaí Vermelho IAC 15; H 419-3-1-4-2; H 419-6-2-5-2; H 419-6-2-5-3; H 419-6-2-7-3 Vermelho; H 493-1-2-10; H 514-7-10-1 Vermelho; H 514-7-10-6; H 515-4-2-2; H 518-3-6-1; Icatú Amarelo IAC 3282; Mundo Novo 379-19; Mundo Novo IAC 376-4; Rubi MG 1192; Sacramento MG 1;and Topázio MG 1190.

2.2 Preparation of dehusked cherry coffee

The fruits from each plot were manually picked from the trees, and later dehusked, during the cropping years 2005/2006 and 2006/2007.

Twenty liters of dehusked coffee of each cultivar were dried on wooden trays, until 11 to 12% humidity (b.u.) for approximately 15 days. After drying and processing, the coffee beans were sent to Dr. Alcides de Carvalho, at the Coffee Quality Laboratory of EPAMIG, for physicochemical and chemical analyses.

2.3 Evaluation of the sensorial attributes

Sensorial analysis was conducted by three professional tasters using methodology proposed by the Brazilian Specialty Coffee Association (BSCA). Based on this methodology, each attribute evaluated (coffee beverage, sweetness, acidity, body, flavor, after taste, balance or/ and aspect) was given a score from 0-8, according to the intensity in the samples, thus being more objective than the conventional cupping test. The sum of all the scores corresponded to the final

beverage classification. Each sample started with a pre-established scale of 36 points, to which the scores given to each attribute were incorporated, with those higher than 80 being classified as special coffees.

2.4 Experimental design and statistical nalysis

For the final coffee beverage classification (variable G), the experiment was arranged in a randomized block design with 21 treatments (21 cultivars) and three repetitions (3 tasters). The cultivar means were differentiated by the Scott-Knott test with a nominal significance of 5%. Univariate statistical analysis was conducted using SISVAR software.

The statistical model used was:

$y_{ij} = \mu + c_i + p_j + \varepsilon_j$, where y_{ij} is the value of the response-variable of the i-nth cultivar attributed by the j-nth taster ; μ is a constant inherent to each observation; c_i is the effect of the i-nth cultivar, with i = 1, ..., 21; p_j is the effect of the j-nth taster, with j= 1, 2, 3; ε_{ij} is the independent experimental error and identically distributed of a Normal with a zero mean and σ^2 variance.

For the characteristics evaluated in the sensorial analysis (clean beverage, sweetness, acidity, body, flavor, after taste, balance, and aspect), A principal components analysis was carried out using the proc princomp procedure of the SAS statistical package (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS INSTITUTE, 1999). The 21 coffee cultivars used in this study were ranked in Patrocínio, during the cropping years 2005/2006 and 2006/2007, according to the dehusked coffee cherry preparation method.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Principal components analysis for the sensorial analysis variables used for the Patrocínio region cultivars and dehusked coffee Incherry method in the cropping year 2005/2006.

Interpretation of sensorial analysis data using the principal components analysis (PCA) is a clear example of the versatility of this method, as shown in similar studies (MAEZTU et al., 2001). Sensorial analysis is a scientific method used to measure, analyze and interpret the reactions to food characteristics, as perceived by vision, smell, taste, touch and hearing organs. Thus, sensorial analysis is directly related to acceptance or rejection of a particular product. PCA allows the visualization of complex multidimensional data, extracting maximum relevant information.

The first two principal components combined explained 62.91% of the variability in the samples, with 45.39 and 17.52% of the variation explained by the first and the second principal components, respectively.

The first principal component reflects a global index of coffee quality. This index is influenced mainly by the attributes clean beverage, aspect, balance, acidity, and flavor, confirmed by the high coefficients of correlation of these attributes with the principal component (Table 1).

TABLE 1 – Coefficients of the principal components (and correlations), percentages of the total and explained variation accumulated by the components for the cropping year 2005/2006.

Variable	1st PC	2ndPC
Clean beverage	0.55 (0.88)*	-0.21 (-0.21)
Sweetness	0.07 (0.19)	-0.27 (-0.44)*
Acidity	0.33 (0.71)*	-0.11 (-0.14)
Body	0.22 (0.42)	0.53 (0.64)*
Flavor	0.32 (0.57)*	0.21 (0.23)
After taste	0.02 (0.08)	0.24 (0.53)*
Balance	0.39 (0.62)*	0.55 (0.54)*
Aspect	0.53 (0.85)*	-0.43 (-0.43)*
Explained variation	0.4539	0.1752
Accumulated variation	0.4539	0.6291

The results presented in Table 2 and Figure 1 show that the cultivars indexed by numbers 8 (H 419-6-2-5-2), 3 (Catigua MG 1), 2 (Bourbon Vermelho DATERRA), 10 (H 419-6-2-7-3 Vermelho) and 15 (H 518-3-6-1) obtained higher scores than the other cultivars, according to the first principal component, in the attributes clean beverage, aspect, balance, acidity and flavor.

However, for coffee to be classified as special coffee, according to the BSCA methodology, it must present a score higher than 80, obtained only by the cultivars cited above.

The second principal component describes the coffee cultivars mainly in relation to the attributes body, after taste, balance (positively correlated), sweetness, and aspect (negatively correlated). The results presented in Table 3 and Figure 2 show that for all the coffee cultivars, the attributes body, after taste, and balance surpassed the attributes sweetness and aspect, since the scores were all positive.

Based on the first principal component, one can calculate the scores for each coffee cultivar and classify them according to the global quality presented. The cultivars with the best attributes of body, after taste and balance are those indexed by numbers 20 (Sacramento MG1), 5 (Catuaí Amarelo IAC 62), 14 (H 515-4-2-2), 12 (H 514- 7-10-1 Vermelho) and 21 (Topázio MG 1190), although these cultivars did not reach a score higher than 80 points, special coffee, according to BSCA.

3.2 Principal component analysis for the sensorial analysis variables of the coffee cultivars in the Patrocínio region and dehusked coffee cherry method in the cropping year 2006/2007.

The first two principal components combined explain 84.71% of the variation, explained by the first principal component 77.14, and 7.57% of the variation explained by the second principal component.

TABLE 2 – Global score indices of coffee quality based on the first principal component and Scott-Knott test for the general variable of sensorial analysis for the cropping year 2005/2006.

Cultivar	First principal component score	Rank	Scott-Knott for G
1. Acaiá Cerrado MG 1474	12.4211	13º	77 b
2.Bourbon Vermelho DATERRA	**14.2101**	**3º**	**82 a**
3. Catigua MG 1	**14.2187**	**2º**	**82 a**
4. Catiguá MG 2	12.9717	8º	76 b
5.Catuaí Amarelo IAC 62	13.1309	7º	79 b
6. Catuai vermelho IAC 15	12.4211	13º	78 b
7. H 419-3-1-4-2	13.5003	6º	80 b
8. H 419-6-2-5-2	**14.5408**	**1º**	**83 a**
9. H 419-6-2-5-3	12.2021	15º	78 b
10. H 419-6-2-7-3 Vermelho	**14.1531**	**4º**	**82 a**
11. H 493-1-2-10	12.4211	13º	78 b
12. H 514- 7-10-1 Vermelho	12.3471	14º	78 b
13. H 514-7-10-6	12.4211	13º	77 b
14. H 515-4-2-2	12.8088	9º	78 b
15. H 518-3-6-1	**13.8880**	**5º**	**83 a**
16.Icatu Amarelo IAC 3282	12.7076	12º	78 b
17. Mundo Novo 379/19	12.2021	15º	77 b
18. Mundo Novo IAC 376/4	12.4211	13º	78 b
19. Rubi MG 1192	12.2021	15º	78 b
20. Sacramento MG1	12.7348	11º	78 b
21. Topázio MG 1190	12.7432	10º	78 b

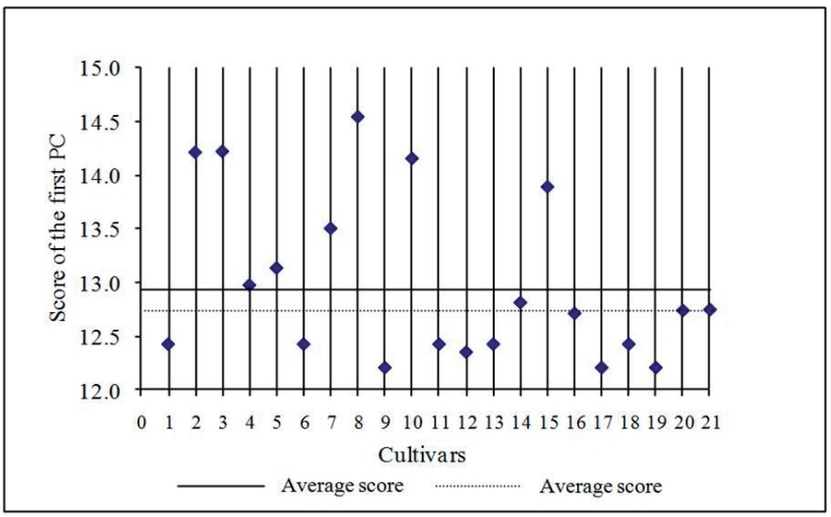


FIGURE 1 – First principal component scores for each coffee cultivar in the Patrocínio region using dehusked coffee cherry in the cropping year 2005/2006.

TABLE 3 – Global scores indices of coffee quality, based on the second principal component for the cropping year 2005/2006.

Cultivar	Second principal component score	Ranking
1. Acaiá Cerrado MG 1474	3.2887	8º
2. Bourbon Vermelho DATERRA	3.3979	6º
3. Catigua MG 1	3.0858	10º
4. Catiguá MG 2	3.0731	11º
5. Catuaí Amarelo IAC 62	**4.0426**	**2º**
6. Catuai vermelho IAC 15	3.2887	8º
7. H 419-3-1-4-2	2.6440	14º
8. H 419-6-2-5-2	3.2923	7º
9. H 419-6-2-5-3	2.7572	12º
10. H 419-6-2-7-3 Vermelho	2.7449	13º
11. H 493-1-2-10	3.2887	8º
12. H 514- 7-10-1 Vermelho	**3.5624**	**4º**
13. H 514-7-10-6	3.2887	8º
14. 14.H 515-4-2-2	**3.8361**	**3º**
15. H 518-3-6-1	3.1914	9º
16. Icatu Amarelo IAC 3282	2.0864	15º
17. Mundo Novo 379/19	2.7572W	12º
18. Mundo Novo IAC 376/4	3.2887	8º
19. Rubi MG 1192	2.7572	12º
20. Sacramento MG1	**4.1098**	**1º**
21. Topázio MG 1190	**3.4952**	**5º**

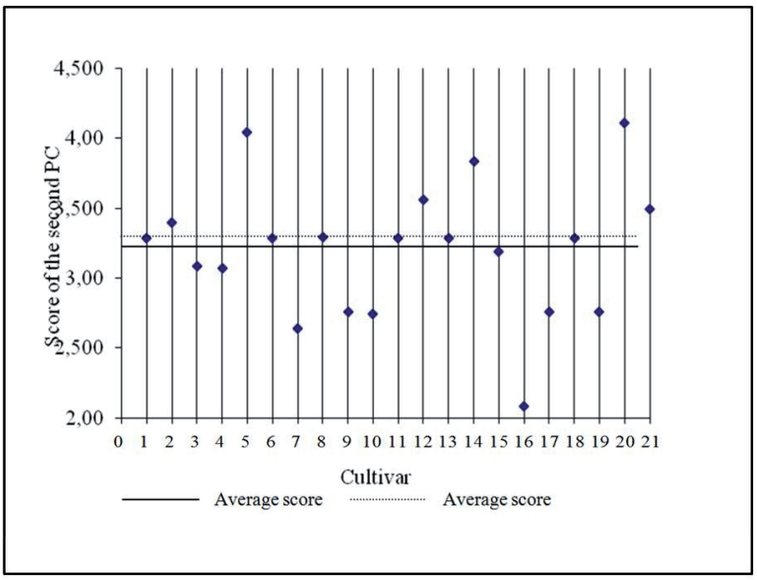


FIGURE 2 – Second principal component scores for each coffee cultivar in the Patrocínio region using dehusked coffee cherry in the agricultural year 2005/2006.

The highest contributions for this component are the variables sweetness and flavor, although all of them are significantly correlated with the first principal component (Table 4).

TABLE 4 – Coefficients of the principal components (and correlations), percentages of the total and explained variation accumulated by the components for the cropping year 2006/2007.

Variables	1st PC	2nd PC
Clean beverage	0.31 (0.85)*	0.53 (0.46)*
Sweetness	0.48 (0.95)*	0.15 (0.09)
Acidity	0.38 (0.88)*	-0.45 (-0.32)
Body	0.35 (0.91)*	-0.21 (-0.18)
Flavor	0.44 (0.87)*	-0.38 (-0.24)
After taste	0.23 (0.77)*	-0.03 (-0.03)
Balance	0.31 (0.87)*	0.19 (0.16)
Aspect	0.24 (0.77)*	0.51 (0.51)*
Explained variation	0.7714	0.0757
Accumulated variation	0.7714	0.8471

Although all the variables are significantly correlated with the first principal component, the results presented in Table 5 and Figure 3 show that the variables sweetness and flavor obtained the highest scores for cultivar Catiguá MG 2 with 96 points, followed by Rubi MG 1192 with 93 points; H 514-7-10-6, with 92 points and cultivars H 419-3-1-4-2 and H 419-6-2-5-2 with 91 points. Although statistically inferior in relation to the first group of cultivars, these cultivars obtained scores ranging from 80 to 89 points and, according to BSCA, can all be classified as special coffees.

The second principal component describes the main varieties of coffee especially in relation to the attributes related to clean beverage and aspect (positively related).

According to Table 6 and Figure 4, all varieties of coffee clean beverage the attributes and appearance attributes exceeded acidity, flavor and body (negatively correlated). Cultivars with the best attributes and appearance are clean beverage: Catiguá MG1; H 514-7-10-6; Sacramento MG1; Ac aia Cerrado MG 1474; Mundo Novo IAC 376 / 4 and Catuai Amarelo IAC 62.

TABLE 5 – Global score indices of coffee quality based on the first principal component and Scott-Knott test for the general variable of sensorial analysis for the cropping year 2006/2007.

Cultivar	First principal component score	Rank	Scott-Knott for G
1. Acaiá Cerrado MG 1474	16.1037	14	83 d
2.Bourbon Vermelho DATERRA	15.1220	20	80 d
3. Catigua MG 1	17.7126	8	87 c
4. Catiguá MG 2	**20.9697**	**1**	**96 a**
5. Catuaí Amarelo IAC 62	16.5629	12	84 c
6. Catuai vermelho IAC 15	15.7877	17	82 d
7. H 419-3-1-4-2	**18.9685**	**4**	**91 b**
8. H 419-6-2-5-2	**18.9214**	**5**	**91 b**
9. H 419-6-2-5-3	17.3419	9	86 c
10. H 419-6-2-7-3 Vermelho	16.3400	13	84 d
11. H 493-1-2-10	18.2147	6	89 b
12. H 514- 7-10-1 Vermelho	17.7221	7	87 c
13. H 514-7-10-6	**19.1718**	**3**	**92 b**
14. H 515-4-2-2	16.7956	11	*85 c*
15. H 518-3-6-1	15.8322	16	82 d
16. Icatu Amarelo IAC 3282	15.4747	18	81 d
17. Mundo Novo 379/19	16.1037	15	83 d
18. Mundo Novo IAC 376/4	15.1159	21	80 d
19. Rubi MG 1192	**19.4480**	**2**	**93 b**
20.Sacramento MG1	17.1977	10	86 c
21.Topázio MG 1190	15.3412	19	81 d

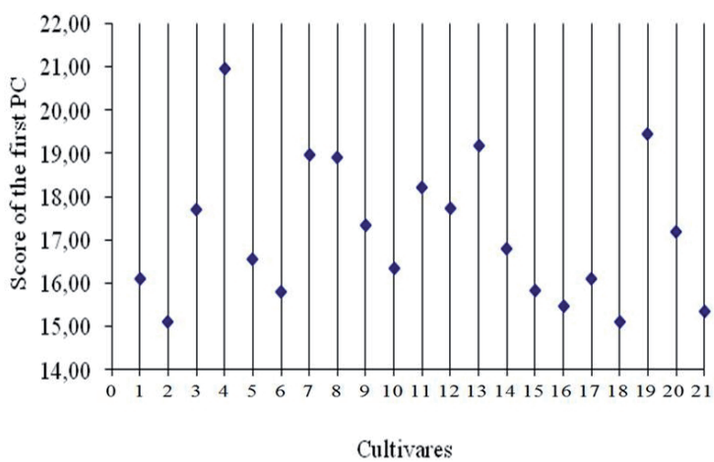


FIGURE 3 – First principal component scores for each coffee cultivar in the Patrocínio region using dehusked coffee cherry in the cropping year 2006/2007.

TABLE 6 – Second principal component scores and ranking for the cropping year 2006/2007.

Cultivar	Second principal component score	Ranking
1. Acaiá Cerrado MG 1474	**1.9384**	**5**
2. Bourbon Vermelho DATERRA	1.5242	16
3. Catigua MG 1	1.4341	18
4. Catiguá MG 2	1.5361	15
5. Catuaí Amarelo IAC 62	1.8408	7
6. Catuai vermelho IAC 15	1.7660	12
7. H 419-3-1-4-2	1.6391	14
8. H 419-6-2-5-2	1.8366	8
9. H 419-6-2-5-3	1.8040	9
10. H 419-6-2-7-3 Vermelho	**1.9783**	**3**
11. H 493-1-2-10	1.4824	17
12. H 514- 7-10-1 Vermelho	1.7231	13
13. H 514-7-10-6	1.9190	6
14. H 515-4-2-2	1.7720	10
15. H 518-3-6-1	**2.0870**	**1**
16. Icatu Amarelo IAC 3282	1.7668	11
17. Mundo Novo 379/19	**1.9384**	**5**
18. Mundo Novo IAC 376/4	**1.9539**	**4**
19. Rubi MG 1192	**2.0685**	**2**
20.Sacramento MG1	1.3453	19
21.Topázio MG 1190	1.2780	20

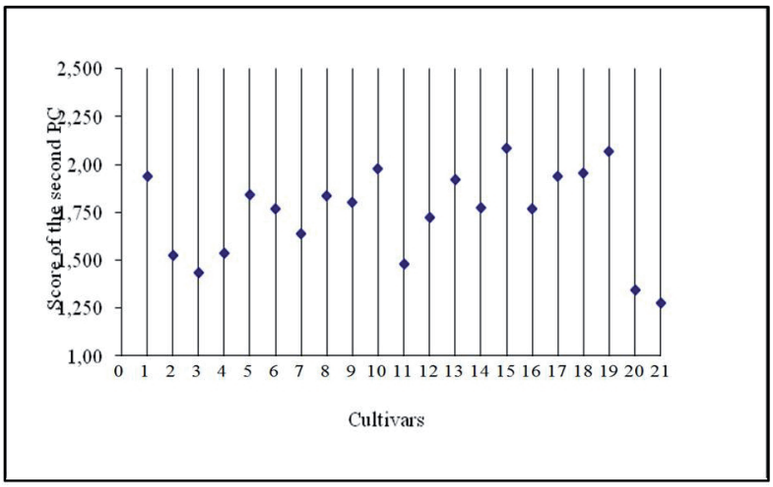


FIGURE 4 – Second principal component scores for each coffee cultivar in the Patrocínio region using dehusked cherry coffee in the cropping year 2006/2007.

4 CONCLUSIONS

According to the first principal component, the cultivar with scores above 80 and thus, considered as producing special coffee beverages, based on the attributes with the highest scores (clean beverage, acidity, flavor, balance and aspect) for the husked coffee cherry preparation method during the two years studied, was H419-6-2-5-2.

The ascendancy of the cultivars and progenies tested, derived or not from the Timor Hybrid, did not affect their qualitative performance.

5 REFERENCES

BORÉM, F. M. **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. 631 p.

BORGES, F. B.; JORGE, J. T.; NORONHA, R. Influência da idade da planta e da maturação dos frutos no momento da colheita na qualidade do café. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 158-163, 2002.

CASTILLO, Z. Mejoramiento genetico del café en Colombia. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. **50 años de Cenicafé, 1938-1988**. San José, 1990.

COELHO, K.F.; PEREIRA, R. G. F. A. Influência de grãos defeituosos em algumas características químicas do café cru e torrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 375-384, mar./abr. 2002.

LASHERMES, P. et al. Molecular analysis of introgressive breeding in coffee (*Coffea arabica* L.). **Theoretical Applied Genetics**, Amsterdam, v. 100, p. 139-146, 2000.

MAEZTU, L. et al. Multivariate methods for characterization and classification of espresso coffees from different botanical varieties and types of roast by foam, taste, and mouthfeel. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 10, p. 4743-4747, Oct. 2001.

MALAVOLTA, E. **História do café no Brasil:** agronomia, agricultura e comercialização. São Paulo: Ceres, 2000. 464 p.

MENDONÇA, L. V. L.; PEREIRA, R. G. F. A.; MENDES, A. N. G. Parâmetros bromatológicos de grãos crus e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 239-243, 2005.

MORENO, G.; MORENO, E.; CADENA, G. Bean characteristics and cup quality of the Colombia variety (*Coffea arabica*) as judged by international tasting panels. In: INTERNATIONAL SCIENTIFC COLLOQUIUM ON COFFEE, 16., 1995, Kyoto. **Proceedings...** Kyoto, 1995. p. 574-583.

MORI, E. E. M. et al. Brazil coffee growing regions and quality of natural, pulped natural and washed coffees. **FFI Journal**, Osaka, v. 208, n. 1, p. 416-423, 2003.

PEREIRA, M. C. et al. Multivariate analysis of sensory characteristics of coffee grains (*Coffea arabica* L.) in the region of upper Paranaíba. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 635-641, 2010.

PIMENTA, C. J. **Qualidade de café**. Lavras: UFLA, 2003. 304 p.

PIMENTA, C. J.; VILELA, E. R. Efeito do tipo e época de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 131-136, 2003.

PUERTA, G. I. Calidad en taza de algunas mezclas de variedades de café de la especie *Coffea arabica* L. **Cenicafé**, San José, v. 51, p. 5-19, 2000.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **User's guide**. Version 8. Cary, 1999. 295 p.

VEGRO, C. L. R. Competitividade da indústria brasileira de café. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 65-72, fev. 1994.

DESEMPENHO OPERACIONAL DA COLHEITA MECANIZADA E SELETIVA DO CAFÉ EM FUNÇÃO DA FORÇA DE DESPRENDIMENTO DOS FRUTOS

Flávio Castro da Silva[1], Fábio Moreira da Silva[2], Antônio Carlos da Silva[3], Murilo Machado de Barros[4], Marcos Antônio Zambillo Palma[5]

(Recebido: 04 de abril de 2011; aceito 12 de setembro de 2011)

RESUMO: Na colheita mecanizada, uma das dificuldades encontradas pelos cafeicultores é determinar o momento adequado de iniciar-se a colheita, bem como determinar a vibração e a velocidade operacional mais adequada para cada cultivar ao longo do período de colheita. De modo geral, a regulagem da vibração e da velocidade operacional das colhedoras tem sido feita pelos produtores de modo empírico, por tentativas, buscando o maior desempenho operacional. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a eficiência de colheita mecanizada em oito progênies de acordo com a força de tração necessária para o desprendimento dos frutos. Os ensaios foram realizados com três repetições, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) dentro de uma mesma gleba, em parcelas aleatórias ,contendo cinco plantas. Buscou-se levantar a força de desprendimento dos frutos de café na planta, de acordo com a maturação dos frutos, sendo classificados, para a determinação da força, os frutos verdes e cerejas. Também foi avaliada a eficiência de colheita nas progênies analisadas em dois anos de safra. Concluiu-se que há diferença significativa entre as progênies avaliadas tanto na força de desprendimento como na eficiência de colheita e que a eficiência de colheita está relacionada diretamente com a força de desprendimento dos frutos maduros na planta.

Termos para indexação: Progênies, maturação, colheita mecanizada.

OPERACINAL PERFORMANCE OF MECHANICALLY HARVESTED COFFEE AND SELECTIVITY IN ACCORDANCE TO FORCE DETACHMENT OF FRUIT

ABSTRACT: *In mechanized harvesting, one of the difficulties encountered by farmers is to determine the appropriate time to start harvesting, as well as vibration and determine the most appropriate operating speed for each cultivar during the harvest period. In general, the regulation of vibration and operating speed of the harvester has been made by producers in an empirical way, by trial, seeking greater operational performance. This study aimed to evaluate the efficiency of mechanical harvesting of eight progenies according to the traction force required for detachment of the fruit. The tests were conducted with three replications using a completely randomized design (CRD) within the same plot in random plots containing five plants. We tried to raise the strength of detachment from coffee fruits on the plant, according to the ripening of fruits, and graded to determine the strength, the green fruits and cherries. We also evaluated the efficiency of the harvest in the progenies analyzed over two years of harvest. It was concluded that there are significant differences between progenies in both the force of detachment as to the efficiency of picking and that picking efficiency is directly related to the force of detachment of mature fruits on the plant.*

Index terms: *Progenies, maturation, mechanized harvest.*

1 INTRODUÇÃO

A colheita mecânica do café é realizada por meio de varetas situadas em cilindros oscilantes na colhedora os quais trabalham na vertical, envolvendo os cafeeiros lateralmente, derriçando os frutos pelo efeito da vibração. Parchomchuk e Cooke (1971) afirmam que o desprendimento dos frutos de café ocorre quando as forças inerciais, devido ao movimento no fruto, tornam-se maiores do que a força de tração necessária para causar o desprendimento. Silva et al. (2002) afirmam que, para se retirar o maior número de frutos cerejas, é necessário ajustar a vibração das varetas da colhedora, deixando a maioria dos verdes

[1] Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia Agrícola/DEG - Secretaria do PPGEA - Cx. P. 3037 - 37200-000 - Lavras/MG - flavioengufla@gmail.com
[2] Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia Agrícola/DEG - Cx. P. 3037 37200-000 - Lavras/MG - famsilva@deg.ufla.br
[3] Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia Agrícola/DEG - Cx. P. 3037 37.000-000 - Lavras/MG - engcarlinhos@hotmail.com
[4] Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia Agrícola/DEG - Cx. P. 3037 37200-000 - Lavras/MG - egmurilo@yahoo.com.br
[5] Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia Agrícola/DEG - Cx. P. 3037 37200-000 - Lavras/MG - markospalma@gmail.com

na planta, o que é feito variando a vibração de 650 a 950 ciclos.minuto^{-1}. Souza et al. (2005) descrevem que o número de ciclos necessários ao desprendimento dos frutos é proporcional ao tempo de desprendimento, e a influência significativa do estádio de maturação sobre este parâmetro indica que o tempo de aplicação da vibração é um parâmetro que deve ser considerado no processo de colheita de frutos do cafeeiro visando à colheita seletiva. Um possível parâmetro objetivo para a determinação da vibração e da velocidade operacional adequadas poderia ser a força exigida pelos frutos do cafeeiro para seu desprendimento da planta.

Entretanto, a força necessária para ocorrer o desprendimento dos frutos é diferente dentro de cada estádio de maturação. Crisosto e Nagao (1991) afirmam que essa diferença é significativa, principalmente na força de desprendimento de frutos verdes e cerejas e que a diferença também é significativa em diferentes cultivares de cafeeiros. Além disso, observaram que a força para desprendimento dos frutos verdes foi semelhante em cinco cultivares estudadas, porém essa força foi aproximadamente o dobro da requerida para remoção dos frutos no estádio cereja. Tongumpai (1993) também chegou à conclusão de que a força para o desprendimento de frutos verdes é geralmente maior do que a força de desprendimento de frutos cereja. Ainda, segundo os autores, as maiores amplitudes de vibração tendem a apresentar valores de números de ciclos semelhantes, independentemente do estádio de maturação dos frutos. Silva et al. (2010) afirmam que a diferença da força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas difere entre cultivares e ao longo do período de maturação. Ainda segundo os autores, essa diferença na força entre os estádios de maturação verde e cereja pode ser um parâmetro para o gerenciamento da colheita mecanizada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados na Fazenda Campos Altos, município de Campos Altos no estado de Minas Gerais, cujas coordenadas geográficas do local são de 19°41' S e 46°10' W, com altitude média de 930 m nas safras agrícolas de 2007, 2008 e 2009. As progênies utilizadas nas avaliações são resultantes do cruzamento entre 'Catuaí Vermelho IAC 141' com Híbridos de Timor, bem como 'Catuaí Amarelo IAC 86' com Híbridos de Timor, transplantadas no espaçamento 4,0 x 1,0 m com uma população média de 2,5 mil plantas por hectare; espaçamento este comumente utilizado em áreas comerciais visando à colheita mecanizada.

Os ensaios foram realizados com três repetições, utilizando-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) dentro de uma mesma gleba, em parcelas aleatórias contendo cinco plantas. Buscou-se avaliar a força de desprendimento dos frutos de café na planta de acordo com a maturação, sendo categorizados para a determinação da força os frutos verdes e cerejas antes da derriça. Os dados de força de desprendimento e colheita seletiva foram coletados nas safras 2007, 2008 e 2009, sendo que na safra 2007 não foi realizada a colheita devido à baixa carga pendente presente nas plantas e a indisponibilidade da colhedora na área. A determinação da força de desprendimento foi realizada por meio de um dinamômetro portátil construído especificamente para esse fim. Sua construção foi realizada no Laboratório de Protótipos do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), possibilitando medidas de 0,30 a 15,00 N.

A aferição do dinamômetro foi realizada por meio da deformação elástica da mola solicitada por corpos com massas conhecidas, mensurado em balança de precisão. A partir desse procedimento, determinou-se o valor da constante elástica da mola, obtendo-se o valor de 0,008375 N.m^{-1}. A determinação dessa força de desprendimento baseia-se na Lei de Hooke, que correlaciona a deformação de corpos, dentro do regime elástico, com a força exercida sobre o corpo, já que a força é proporcional ao deslocamento a partir do seu ponto de equilíbrio.

A determinação da força de desprendimento dos frutos em cada planta marcada foi feita em três posições: terço inferior, médio e superior. Em cada posição foi determinada a força de desprendimento de 24 frutos de café por estádio de maturação, utilizando-se o dinamômetro. Os valores coletados em campo foram transferidos para planilhas

eletrônicas visando determinar a força média de desprendimento de todas as repetições dentro de cada progênie,bem como dentro de cada estádio de maturação dos frutos.

Para a colheita na safra 2008 foi utilizada a colhedora modelo K-3 automotriz, fabricada pela empresa "Jacto Máquinas Agrícolas S.A.", operando na velocidade operacional de 1300 metros . h^{-1} e nas vibrações de 800, 900 e 1000 ciclos . $minuto^{-1}$ (13,34; 15,00 e 16,67 Hz). Para a safra 2009, foi utilizada a mesma colhedora, porém, foi realizada uma colheita seletiva com duas passadas da colhedora na velocidade operacional de 1300 metros . h^{-1} e vibração de 950 ciclos . $minuto^{-1}$.

Considerou-se como eficiência de derriça, tanto para a primeira como para segunda passada, o volume de café colhido mais o volume de café caído no chão, uma vez que o café caído no chão também foi derriçado pelo efeito da interação entre a velocidade e a vibração da colhedora com a planta. Para a eficiência de colheita considerou-se o volume de café colhido e a carga pendente nas plantas. Para a safra 2008, a colheita foi realizada com apenas uma passada da colhedora, realizada em 12 de agosto na qual foi analisada a eficiência de colheita. Para a safra 2009, a colheita foi realizada com duas passadas da colhedora visando à colheita seletiva, a primeira passada no dia 06 de julho e a segunda 29 dias depois, no dia 04 de agosto nas quais foram analisadas a eficiência de derriça e de colheita. A obtenção da eficiência de derriça e de colheita foi obtida através das equações (1) e (2) abaixo.

$$\text{Ef. derriça} = \frac{\text{Carga pendente}}{\text{vol. colhido+vol.chão}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Ef. colheita} = \frac{\text{Café colhido}}{\text{carga pendente}} \times 100 \quad (2)$$

Para a obtenção da carga pendente média, realizou-se a colheita manual derriçando-se os frutos de cinco plantas aleatórias sobre panos e medidos os volumes em litros para cada progênie avaliada, utilizando-se um recipiente graduado.

O volume de café colhido em cada parcela foi medido em $L.planta^{-1}$, sendo coletado diretamente na saída da bica da colhedora, utilizando-se uma medida graduada de 60 L para a qual foi deslocado todo o volume de frutos colhidos. Para a determinação das perdas de colheita, o chão sob a copa de cinco plantas de cada parcela foi forrado com panos e a colhedora passou a operar sobre os mesmos. A quantidade de café caído no chão foi medida em volume ($L.planta^{-1}$) sendo consideradas perdas de colheita. Para evitar que resíduos da progênie avaliada anteriormente influenciassem na progênie posterior, a colhedora operou por um intervalo de 25 metros na linha da progênie sucessiva, antes da coleta dos dados.

Os dados levantados foram analisados utilizando-se o programa Microsoft Office Excel® e para avaliação estatística o programa Sisvar®. As variáveis significativas na análise de variância ($p<0,05$) foram submetidas ao teste Scott-Knott ($p = 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a Figura 1, observa-se que a progênie (H2) apresentou menores valores de força de desprendimento nas safras 2007 e 2009, apresentando respectivamente 4,68 e 4,06 N. Somente no ano de 2008 , a referida progênie não apresentou menores valores, permanecendo com valor intermediário entre as progênies avaliadas. Já a progênie (H4) apresentou os maiores valores de força de desprendimento ao longo de todo o período de avaliação, apresentando valores médios de força de desprendimento de 8,43 N, 10,15 N e 7,20 N nos anos de 2007, 2008 e 2009, respectivamente. Verifica-se que a força de desprendimento é um comportamento de cada progênie e que ,ao longo dos anos, não sofre grandes alterações. As progênies que apresentaram maiores valores de força de desprendimento no inicio do período de avaliação permanecem com tal comportamento durante as demais avaliações.

Verifica-se na Figura 1 que a força média de desprendimento (N) de frutos no estádio cereja, das progênies nas safras de avaliação de 2007, 2008 e 2009 difere significativamente entre as progênies avaliadas. Nota-se que a progênie (H4) apresentou maiores valores de força de desprendimento em todos os anos de avaliação além de ter apresentado a menor eficiência de colheita na safra 2008.

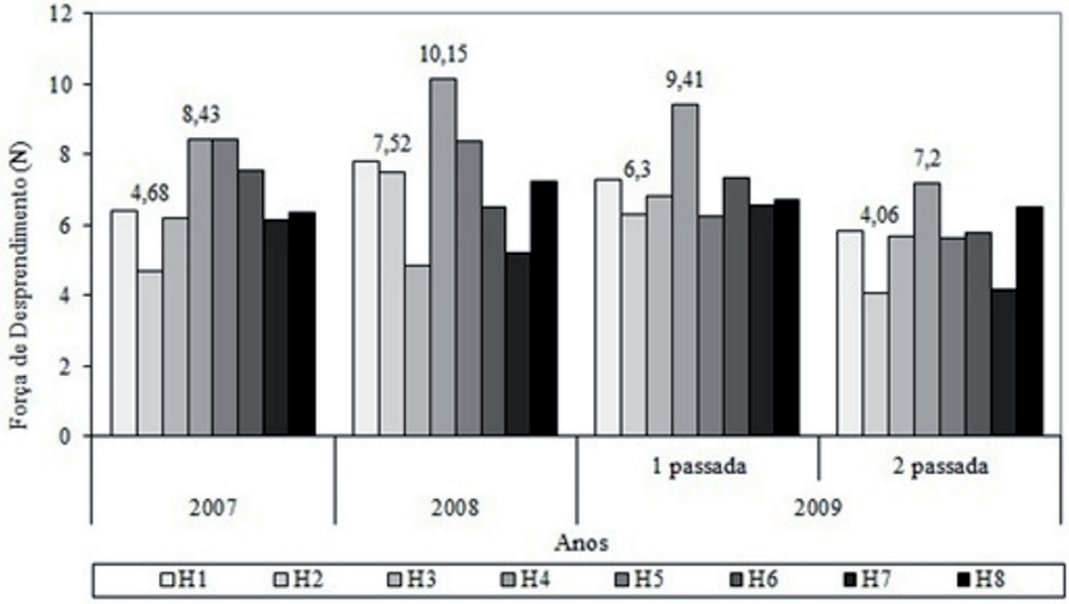


FIGURA 1 – Força média de desprendimento (N) das progênies nos anos de avaliação.

Portanto a força média de desprendimento e a eficiência de colheita estão relacionadas de forma direta para a referida progênie. Para a safra de 2008, as progênies que apresentaram os menores valores de força de desprendimento dos frutos foram (H3), (H6) e (H7), necessitando de 4,83, 6,50 e 5,23 N, respectivamente. Essas três progênies não diferiram significativamente entre si, mas diferiram das demais. A progênie que apresentou maior valor de força de desprendimento do cereja foi a (H4), necessitando de 10,15 N, que diferiu das demais progênies. A diferença entre a progênie (H4), com a maior força de desprendimento e a progênie (H3), com a menor força de desprendimento do cereja foi de 5,32 N, (110,1%). Analisando-se a força de desprendimento do cereja para as progênies (H3), (H6) e (H7), respectivamente 4,83, 6,50 e 5,23N, foi possível indicar o início da colheita mecânica e seletiva para a progênie (H3), seguida de (H7) e (H6) (Tabela 1).

A partir da metodologia utilizada e com base nos resultados encontrados pode-se observar que houve diferença significativa da força de desprendimento dos frutos cereja do cafeeiro entre as progênies, sendo que a progênie (H3) apresentou a menor força de desprendimento.

Com relação à eficiência média de colheita, observam-se variações de 34,13% a 66,87%, entre as progênies avaliadas. A menor eficiência de colheita ocorreu com a progênie (H4) apresentando eficiência de 34,13%, sendo que apresentou o maior valor médio de força de desprendimento do cereja, 10,15 N, salientando que a força de desprendimento dos frutos verdes foi de 12,0 N. As progênies que apresentaram força de desprendimento dos frutos cereja menor que 7,00 N, (H6); (H7) e (H3), apresentaram as maiores porcentagens de frutos cereja colhidos com médias de 73,00; 62,24 e 76,67% respectivamente (Tabela 2). Este comportamento se explica pelo fato da força de desprendimento do cereja ser relativamente baixa, o que facilita a derriça. Contudo, observa-se que na progênie (H7) a eficiência média de colheita foi de 49,34%, na qual a força de desprendimento dos frutos verdes foi de 8,8 N, com diferença entre a força de desprendimento do cereja de 3,57N. Assim , na menor vibração pouca quantidade de verdes foi colhida aumentando a proporção de cerejas. Esse comportamento não se verificou nas progênies (H3) e (H6) o que pode ser explicado pela baixa diferença de forças de desprendimento entre o cereja e o verde, apenas 1,3 e 1,7N, respectivamente.

TABELA 1 – Força média de desprendimento (N) de frutos no estádio cereja das progênies, nos anos de avaliação de 2007, 2008 e 2009.

Progênie	2007*	2008*	2009*	
			1ª passada	2ª passada
H1	6,39 a	7,83 b	7,27 a	5,83 b
H2	4,68 a	7,52 b	6,30 a	4,06 a
H3	6,20 a	4,83 a	6,81 a	5,66 b
H4	8,43 b	10,15 c	9,41 b	7,20 b
H5	8,44 b	8,39 b	6,27 a	5,63 b
H6	7,54 b	6,50 a	7,37 a	5,80 b
H7	6,13 a	5,23 a	6,58 a	4,20 a
H8	6,35 a	7,24 b	6,74 a	6,50 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott.
*Significativo, ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 2, observa-se que, para a safra de2008, a maior eficiência média de colheita bem como um percentual maior de frutos cereja colhido foi obtida na progênie (H2), apresentando valores de 66,87 e 64,97% respectivamente, a qual obteve valor de força de desprendimento intermediário entre as demais progênies avaliadas porém, destacando-se com relação à eficiência de colheita e percentual de frutos cerejas colhidos.

Com base na Tabela 3, onde encontra-se a eficiência de colheita nas diferentes vibrações para as progênies avaliadas na safra de 2008, observa-se que a eficiência de colheita não diferiu significativamente entre as vibrações de 800 e 900 ciclos . min^{-1} para todas as progênies avaliadas. Isso ocorreu apenas nas progênies (H3), (H4), (H6) e (H8) em que o incremento da vibração favoreceu o aumento significativo na eficiência de colheita. Analisando a eficiência de colheita dentro da mesma vibração, observa-se que há diferença significativa dentro das progênies avaliadas, em que a (H2) destacou –se das demais.

Na Tabela 4, encontra-se a análise estatística em que fica evidenciado que a eficiência de colheita difere significativamente entre as progênies avaliadas e as vibrações utilizadas na safra de 2008.

Pela Tabela 5, demonstram-se os resultados obtidos nos ensaios experimentais de colheita seletiva das progênies, com duas passadas da colhedora na safra 2009 realizada nas datas 07 de julho e 05 de agosto, com velocidade operacional de 1300 metros. hora^{-1} e vibração de 950 ciclos . minuto^{-1}.

Na primeira passada, a eficiência média de derriça variou entre as progênies de 47,0 a 72,0%, para a vibração e velocidade empregadas. A maior eficiência de derriça ocorreu na progênie (H2) com 72,0% e a menor eficiência nas progênies (H3), (H5) e (H6) com 47,0%.

TABELA 2 – Valores médios de Carga Pendente, Força de desprendimento dos frutos cerejas, Porcentagem de frutos cereja colhido e Eficiência média de colheita de frutos de café nas progênies, em 12 de agosto de 2008.

Progênies	Carga Pendente (L/planta.)*	Força de desprendimento do fruto cereja (N)*	Cereja colhido (%)*	Eficiência média de Colheita (%)*
H1	2,6 d	7,83 b	64,97 a	39,38 b
H2	1,8 c	7,52 b	71,34 b	66,87 d
H3	1,4 a	4,83 a	73,00 b	51,34 c
H4	3,2 g	10,15 c	75,00 b	34,13 a
H5	2,8 e	8,39 b	52,67 a	35,82 a
H6	1,7 b	6,50 a	62,24 a	46,57 b
H7	4,6 h	5,23 a	76,67 b	49,34 c
H8	3,1 f	7,24 b	73,34 b	53,73 c

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott.
*Significativo, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 3 – Eficiência de colheita nas diferentes vibrações para as progênies avaliadas em 12 de agosto de 2008.

	Eficiência de Colheita (%)*		
	Vibração (ciclos . min^{-1})		
Progênies	800	900	1000
H1	32,94 aA	38,60 aA	46,59 aA
H2	64,60 cA	65,21 cA	70,80 bA
H3	46,00 bA	46,67 aA	61,36 bB
H4	31,00 aA	33,30 aA	38,09 aB
H5	32,72 aA	34,53 aA	40,20 aA
H6	33,28 aA	42,60 aA	63,83 bB
H7	40,10 bA	50,98 bA	53,92 aA
H8	44,78 bA	53,73 bA	62,69 bB

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott.
Minúsculas na coluna e maiúscula na linha.
*Significativo, ao nível de 5% de probabilidade.

Considerando-se as duas passadas (primeira e segunda), a maior eficiência de derriça total foi de 93,0 % e ocorreu na progênie (H2), que também apresentou maior eficiência de derriça na primeira passada. Essa eficiência de derriça, na colheita seletiva com duas passadas pode ser considerada elevada, estando muito próxima dos resultados obtidos por Oliveira (2006), que alcançou 97,64%, sobre uma lavoura da cultivar Acaiá. Santinato, Correia e Zaranza Júnior (1998) e Silva et al. (2000) encontraram resultados semelhantes, em que a eficiência de derriça total chegou a 97,00%, porém, usando menores velocidades operacionais.

A menor eficiência de derriça total ocorreu na progênie (H6) com 80,0%, sendo a mesma que apresentou a menor eficiência na primeira passada. Observa-se ainda que na primeira passada as menores eficiências de derriça ocorreram nas progênies (H3), (H5) e (H6), com 47,00%, observando-se que essas progênies apresentam cargas pendentes distintas variando de 4,03 a 5,17 litros . planta^{-1}, demonstrando que a eficiência de colheita foi influenciada pela carga pendente das plantas (Tabela 6). Esse comportamento demonstra a maior ou menor facilidade que as várias progênies apresentaram em relação à colheita, destacando as progênies (H1), (H2) e (H7), como as mais aptas à colheita mecanizada.

Na Tabela 6, encontra-se a análise estatística em que fica evidenciado que a eficiência de colheita difere significativamente entre as progênies avaliadas e entre as duas passadas da colhedora, visando assim à colheita seletiva.

TABELA 4 – Tabela de Análise estatística para a eficiência de colheita das progênies avaliadas nas vibrações utilizadas na safra de 2008.

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr > Fc
Progênie	7	5932,85	847,55	2484,35	0,00
Vibração	2	2664,22	1332,11	3904,71	0,00
Progênie x Vibração	14	778,53	55,60	163,00	0,00
erro	48	16,37	0,34		
CV (%)	1,21				

TABELA 5 – Valores médios de Carga Pendente, Café Colhido, Eficiência de Colheita, Café Caído no chão, Eficiência de Derriça e Eficiência de Derriça Total nas progênies avaliadas em 06 de julho (primeira passada) e 04 de agosto (segunda passada) na safra 2009.

Progênies	Carga pendente (L/planta)*	Café colhido (L/planta)	Eficiência de colheita (%)*	Café caído no chão (L/planta)	Eficiência de derriça (%)	Eficiência de derriça Total (%)
			Primeira passada			
H1	4,02 a	1,81	45,0 g	0,43	56,0	-
H2	3,33 a	1,99	60,0 h	0,41	72,0	-
H3	4,03 a	1,15	28,0 a	0,77	47,0	-
H4	3,94 a	1,68	43,0 f	0,96	67,0	-
H5	4,78 b	1,50	31,0 b	0,76	47,0	-
H6	5,17 b	1,68	32,0 c	0,77	47,0	-
H7	5,30 b	2,10	40,0 e	1,06	60,0	-
H8	5,02 b	1,86	37,0 d	0,66	50,0	-
			Segunda passada			
H1	1,09 a	0,53	48,0 c	0,18	-	89,0
H2	0,66 a	0,35	53,0 f	0,09	-	93,0
H3	2,06 b	1,05	51,0 e	0,27	-	81,0
H4	1,63 b	0,76	46,0 b	0,29	-	86,0
H5	2,52 c	1,26	50,0 d	0,52	-	85,0
H6	1,80 b	0,71	39,0 a	0,26	-	80,0
H7	1,92 b	1,03	54,0 g	0,34	-	89,0
H8	1,99 b	0,91	46,0 b	0,34	-	84,0

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott.
*Significativo, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6 – Tabela de Análise estatística para a eficiência de colheita seletiva das progênies avaliadas na safra de 2009.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Progênie	7	15,65	2,23	14,50	0,00
Passada	1	88,72	88,72	575,40	0,00
Progênie x Passada	7	3,25	0,46	3,01	0,01
erro	32	4,93	0,15		
CV (%)	12,71				

4 CONCLUSÕES

A progênie (H2) foi a que obteve o menor valor de força de desprendimento dos frutos cereja bem como maior eficiência de colheita, tanto utilizando-se uma passada quanto realizando colheita seletiva, mostrando-se mais apta para a colheita mecânica.

Quando utilizando-se de uma passada da colhedora, a eficiência de colheita é aumentada à medida que há incremento na vibração das varetas.

A força de desprendimento dos frutos demonstrou poder ser um parâmetro objetivo para indicar o momento de início de colheita mecanizada e seletiva do café e também um parâmetro para o gerenciamento da colheita mecanizada.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pelo apoio ao trabalho.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRISOSTO, C. H.; NAGAO, M. A. Evaluation of fruit removal force of coffee cultivars. **HortiScience**, Alexandria, v. 26, n. 2, p. 210-230, 1991.

OLIVEIRA, E. **Colheita mecanizada do café em maiores velocidades operacionais**. 2006. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

PARCHOMCHUK, P.; COOKE, J. R. Vibratory fruit harvesting: an experimental analysis of fruit-stem dynamics. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 15, n. 4, p. 598-603, 1971.

SANTINATO, R.; CORREIA, J. P.; ZARANZA JÚNIOR, L. Número e modo de passada da colhedora K3-Jacto e seu efeito na produção do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: MAPA/PROCAFÉ, 1998. p. 60-61.

SILVA, C. F.; SILVA, F. M.; ALVES, M. C.; BARROS, M. M.; SALES, R. S. Comportamento da força de desprendimento dos frutos de cafeeiros ao longo do período de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 468-474, mar./abr. 2010.

SILVA, F. M.; OLIVEIRA, E.; SALVADOR, N.; TOURINO, E. S. Avaliação da colheita mecanizada e seletiva do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambú. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 150-152.

SILVA, F. M.; RODRIGUES, R. F.; SALVADOR, N.; TOURINO, E. S.; SILVA, S. S. S. Custo da colheita mecanizada de café com colhedoras automotrizes no Sul de Minas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 8, n.1, p. 54-60, jan./mar. 2000.

SOUZA, C. M. A.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; RAFULL, L. Z. L. Desenvolvimento de uma máquina vibradora para estudo do desprendimento de frutos do cafeeiro. **Engenharia Agrícola**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 7-18, jan./mar. 2005.

TONGUMPAI, P. **Strategies for machine harvesting of mature coffe (*Coffee arabica L.)* fruits**. 1993. 167 f. Thesis (Ph.D. in Crop Science) - Oregon State University, Saint Joseph, 1993.

ANTECIPAÇÃO DA PRODUÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA LAVOURA CAFEEIRA IMPLANTADA COM DIFERENTES TIPOS DE MUDAS

Danielle Pereira Baliza[1], Alexandrino Lopes de Oliveira[2],
Rafael Antônio Almeida Dias[3], Rubens José Guimarães[4], Cynthia Reis Barbosa[4]

(Recebido: 19 de abril de 2011; aceito 24 de janeiro de 2012)

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho buscar a antecipação da produção e avaliar o desenvolvimento da lavoura cafeeira implantada com diferentes tipos de mudas. As mudas foram produzidas no período de junho de 2003 a dezembro de 2005 quando o experimento foi instalado em campo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com 15 tratamentos constituídos pelos diferentes tipos de mudas em três repetições. Os tipos de mudas testados referem-se a diferentes períodos de permanência em viveiro (seis a trinta meses), diferentes recipientes e volumes de substrato (sacolas de 27 X 32cm, 16 X 25cm, 11 X 22cm e tubetes de 120mL), podadas e não podadas (conduzidas com uma ou duas hastes), com sementes conservadas em câmara fria, ou ainda com plântulas cultivadas em ambiente controlado, enxertadas, autoenxertadas ou em pé franco, com estacas enraizadas, formadas à pleno sol ou com "forçamento" com nitrogênio. Avaliou-se a produtividade (scs. ha^{-1}) dos anos de 2007, 2008, 2009 e 2010, a produtividade acumulada desses quatro anos e o percentual de frutos verdes, cerejas, passas, secos e chochos do ano de 2010. Concluiu-se que é possível aumentar a produtividade nas primeiras safras da lavoura cafeeira com a utilização de mudas podadas (conduzidas com duas hastes), com permanência de 18 meses no viveiro em sacolas de 16x25cm, com maturação dos frutos semelhante à proporcionada pela utilização de mudas convencionais e sem o comprometimento pela ocorrência de grãos chochos.

Termos para indexação: *Coffea arabica* L., tipos de mudas, antecipação da produção.

ANTECIPATION OF THE PRODUCTION AND DEVELOPMENT OF COFFEE PLANTATION IMPLANTED WITH DIFFERENT TYPES OF SEEDLINGS

ABSTRACT: *The objective of this work was to seek anticipation of production and to evaluate the development of coffee plantations implanted with different types of seedlings. The seedlings were produced between June 2003 and December 2005 when the experiment was installed in the field. The experimental design was randomized blocks with 15 treatments constituted by different types of plants in three replications. The types of plants tested refers to different periods in nursery (six to thirty months), and volumes of various containers (27 bags x 32 cm, 16 x 25 cm, 11 x 22cm and tubes 120ml), trimmed and not trimmed (driven with one or two stems), seeds stored in cold, or with seedlings cultivated in a controlled environment, grafted, grafted or self-standing Franco, with rooted cuttings, formed with the full sun or "forcing" with nitrogen. We evaluated: the productivity (bags.ha-1) of the years 2007, 2008, 2009 and 2010, the accumulated productivity of these four years and the percentage of green fruits, cherries, raisins, dry and hollow in the year 2010. We conclude that: it is possible to increase productivity in the first harvests of coffee by utilizing pruned trees (with two steams) and a stay of 18 months in nursery bags 16x25cm, with ripening of the fruit similar to that of conventional seedlings without the the occurrence of hollow grains.*

Index terms: *Coffea arabica L., types of seedlings, anticipating production.*

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura tem grande importância econômico-social no Brasil, sendo que por mais de 150 anos, esse país é o maior produtor e também, o maior exportador mundial de café. A produção nacional prevista para o ano de 2011 é de 43,31 milhões de sacas de café beneficiado, sendo que Minas Gerais deve contribuir com 50,71% dessa produção (COMPANHIA NACIONAL

[1] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - Câmpus do Rio Pomba - Departamento de Agricultura e Ambiente - 36.180-000 - Rio Pomba - MG danielle.baliza@ifsudestemg.edu.br
[2] Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/ Triângulo e Alto Paranaíba, s/n - Cx. P. 171 - 38740-000 - Patrocínio - MG - alexandrinoo@bol.com.br
[3] Rua Brasilia, 31 - Condominio Primavera - 37890-000 – Muzambinho - MG - rafaell_diass@hotmail.com
[4]Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 Lavras - MG - rubensjg@dag.ufla.br
[4]Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 Lavras - MG - cynthia.reis87@gmail.com

DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2011). Em face do aumento da competitividade do mercado internacional, torna-se necessária a busca de inovações tecnológicas para o setor cafeeiro, visando o aumento da eficiência da produção.

Carvalho et al. (2008) comentam que a fase de formação da lavoura cafeeira, além de ser bastante onerosa, tem o aspecto peculiar da ausência de produção do cafeeiro, fazendo de opções como o cultivo consorciado uma boa estratégia para a geração de renda capaz de cobrir, total ou parcialmente, os gastos efetuados nessa etapa. Portanto, a fase de formação da lavoura é muito longa até o retorno do capital investido, ou seja, desde o semeio, passando pela formação da muda, plantio em campo, até a primeira produção são cerca de 36 meses. Ainda deve-se considerar que devido às pequenas produções iniciais do cafeeiro, o retorno do capital investido pode ser ainda mais demorado.

Uma lavoura instalada em época apropriada, no início do período chuvoso, pode ter a porcentagem de replantio reduzida e antecipar o seu desenvolvimento, isso porque o tempo de permanência dessas mudas em condições climáticas favoráveis será maior, e ocorrerá, consequentemente, um possível aumento de produtividade nas primeiras safras. No entanto, as sementes de cafeeiro apresentam germinação lenta e armazenagem difícil, o que dificulta a formação de mudas em tempo hábil para implantação da lavoura em condições climáticas favoráveis (GUIMARÃES et al., 2002).

Diversos trabalhos foram desenvolveram-se com o objetivo de buscar a antecipação do plantio de mudas em campo, coincidindo com o início da época chuvosa. Rena e Maestri (1986) afirmam que a remoção do pergaminho, aliado ao aumento da temperatura até 30 ^{o}C, propicia a germinação em períodos menores. Também Carvalho et al. (1998, 1999) e Guimarães et al. (1998) buscaram melhores tecnologias na produção de mudas que poderiam proporcionar plantios em épocas mais oportunas e consequente aumento das primeiras produtividades, após o período de formação das lavouras.

Outra tentativa de se levar mudas de menor juvenilidade a campo é a utilização de mudas "passadas" (mudas com tamanho maior que o padrão atual para produção de mudas) e podadas, que poderiam da mesma forma proporcionar melhores colheitas nas primeiras produções. Carvalho et al. (2007) afirmam que mudas recuperadas por meio de podas apresentam desenvolvimento superior às mudas normais semeadas em época propícia no viveiro.

Outra técnica que pode proporcionar maior vigor, desenvolvimento e maior produtividade inicial das plantas é a utilização da enxertia, que também é uma ferramenta para se produzir café em áreas com presença de nematóides. Fahl et al. (1998), com o objetivo de avaliar, o efeito da enxertia de cultivares de *Coffea arabica* L. sobre progênies de *Coffea canephora* Pierre e *Coffea congensis* A. Froehner, na produtividade de plantas, concluíram que em média de cinco colheitas, a enxertia aumentou a produtividade das plantas. Esse dado aponta para resultados promissores com o uso da enxertia na busca de aumento de produtividade das lavouras cafeeiras também nas primeiras safras, para retorno mais rápido do capital investido.

Outras tentativas de formação de mudas mais vigorosas e consequente maior produtividade nas primeiras safras foram feitas como: maiores volumes de substratos e uso de tubetes (MARCHI et al., 2003; VALLONE et al., 2009), mudas "de ano", enraizamento de estacas (REZENDE et al., 2010), forçamento do crescimento com nitrogênio e mudas formadas a pleno sol (PAIVA; GUIMARÃES; SOUZA, 2003).

A maior ou menor ocorrência de grãos chochos pode ser devida à característica da cultivar utilizada e da adubação suficiente e equilibrada sendo que, segundo Laviola et al. (2006) o nível de adubação influencia na formação de grãos e alerta para a influência de outros fatores, como o status nutricional da planta e a carga pendente de frutos. Como a utilização de diferentes tipos de mudas, com diferentes graus de juvenilidade e sistemas radiculares de diferentes formações (sementes em saquinhos ou tubetes, estacas, mudas podadas, forçadas com nitrogênio, e de diferentes idades) têm influência direta na nutrição das plantas, procurou-se avaliar a maturação dos frutos e a ocorrência de grãos chochos oriundos dos diferentes tratamentos.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho buscar a antecipação da produção e avaliar o desenvolvimento da lavoura cafeeira implantada com diferentes tipos de mudas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, localizada no município de Lavras, MG, cujas coordenadas geográficas são: 21º 14' S e 45º 00' W, com altitude média de 918 m. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com 15 tratamentos, sendo constituídos pelos diferentes tipos de mudas em três repetições (Tabela 1).

A lavoura foi implantada em espaçamento de 3,8 x 0,7 m. A cultivar de *Coffea arabica* utilizada foi a Topázio MG1190 e a de *Coffea canephora* foi a Apotã IAC 2258. As mudas utilizadas no experimento foram produzidas no viveiro de mudas do Setor de Cafeicultura, no período de junho de 2003 a dezembro de 2005. O experimento foi instalado em campo no dia 20 de dezembro de 2005. Cada parcela constou de 3

TABELA 1 – Descrição dos tipos de mudas utilizados como tratamentos.

Trat.	Descrição do tipo de muda utilizado
1	Semeadas em junho de 2003, sacolas 27 x 32 cm, podadas em junho de 2005, conduzidas com duas hastes (30 meses no viveiro).
2	Semeadura em junho de 2003, sacolas de 16 x 25cm, podadas em junho de 2005, conduzidas com duas hastes (30 meses no viveiro).
3	Semeadura em junho de 2004, sacolas de 16 x 25 cm (18 meses no viveiro).
4	Semeadura em de junho de 2004, sacolas de 16 x 25 cm, podadas em junho de 2005, conduzidas com duas hastes (18 meses no viveiro).
5	Enxertadas, sacolas 16 x 25 cm, semeadas em agosto/2004, podadas em junho de 2005, conduzidas com duas hastes (18 meses no viveiro).
6	Mudas em tubetes-120 mL, semeadas em agosto/2004, podadas em junho de 2005, haste única (18 meses no viveiro);
7	Sementes colhidas em junho/2004, armazenadas em câmara fria, semeio realizado em dezembro de 2004, em germinador de areia e depois transplantadas para sacolas 16 x 25 cm (12 meses no viveiro);
8	Enxertadas em janeiro de 2005, e conduzidas em sacolas 16 x 25 cm (12 meses no viveiro).
9	Mudas produzidas a partir de plântulas formadas em ambiente controlado com sementes colhidas em maio de 2005 e repicadas para tubetes de 120 ml (8 meses no viveiro).
10	Enxertia de plântulas formadas em ambiente controlado com sementes de 'Apoatã IAC-2258' armazenadas no ano anterior, enxertia em julho de 2005 e repicadas para tubetes de 120 ml (8 meses no viveiro);
11	Mudas de meio ano auto-enxertadas com duas raízes (dois porta-enxertos e um enxerto por muda), repicadas para tubetes de 120 ml em julho de 2005, após a enxertia (8 meses no viveiro);
12	Estacas enraizadas transplantadas para sacolas plásticas de 15 x 20 cm, três meses após a indução do enraizamento (6 meses no viveiro);
13	Mudas de meio ano, sacolas de 11 x 22 cm, semeadas em junho de 2005 e conduzidas a pleno sol (6 meses no viveiro);
14	Mudas de meio ano semeadas em sacolas plásticas 11 x 22 cm em junho de 2005 e "forçadas" com nitrogênio em duas aplicações, com 30 gramas de sulfato de amônio em 10 litros de água para cada 1000 mudas (6 meses no viveiro).
15	Testemunha - mudas de meio ano, sacolas plásticas 11 x 22cm em junho de 2005 (6 meses no viveiro).

linhas de plantas com 6 plantas em cada fileira, sendo a área útil formada pelas 4 plantas da fileira central.

Foi avaliada a produção de grãos em litros de café por parcela, as colheitas foram realizadas nos meses de maio de 2007, julho de 2008, julho de 2009 e junho de 2010. Para obtenção da produtividade, consideraram-se para conversão, 480 litros de café da roça para cada saca de café beneficiado, posteriormente, procedeu-se **à** conversão para a produtividade (sacos de 60 kg de café beneficiado ha^{-1}). Considerou-se a produtividade acumulada, ou seja, foram somadas as quantidades em sacas de café beneficiados em cada parcela dos anos de 2007, 2008, 2009 e 2010, para se avaliar a produtividade nas quatro primeiras safras dos diferentes tipos de mudas utilizadas no experimento.

Para os percentuais de maturação, avaliaram-se as quatro plantas centrais de cada parcela, no mês de junho de 2010. Utilizou-se amostra de 300 mL da produção de cada parcela para obtenção do percentual dos frutos verdes, e maduros (cereja, passa e seco) pela contagem do número de frutos em cada estádio e também o percentual de frutos chochos, utilizando-se a técnica preconizada por Antunes Filho e Carvalho (1957) modificada. Essa técnica consiste em colocar uma amostra de cem frutos no estádio cereja em um recipiente de água, contando-se os que sobrenadam, fazendo-se a verificação manual de cada fruto.

As análises estatísticas foram realizadas de acordo com o delineamento utilizado, construindo-se a análise de variância dos dados à significância de 5% de probabilidade pelo teste F, utilizando-se o programa computacional "SISVAR", desenvolvido por Ferreira (2000). Quando houve efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas por meio do teste de Scott-Knott ($P<0,05$). Os dados do percentual de maturação e de grãos chochos foram transformados em $\sqrt{(x + 1)}$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 ,são apresentados os resultados de produção das quatro primeiras safras, provenientes de diferentes tipos de mudas. Considerando-se a produtividade da safra 2007, os melhores resultados foram obtidos com os tratamentos 1, 3, 4 e 7, com uma diferença de até 94,75% superior ao tratamento testemunha. No ano de 2008, o tratamento 2 com mudas podadas, formadas em 2003 em sacolas de 16 x 25 cm, teve uma produtividade superior aos demais tratamentos, porém com uma diferença de apenas 10,50% em relação ao tratamento 4 que, nesse ano, ficou no grupo dos piores tratamentos e de 11,56% em relação a testemunha. Em 2009, os tratamentos 1, 2, 3, 4, 7, 13 e 14, obtiveram os melhores resultados diferenciando significativamente dos demais tratamentos, com uma diferença de produtividade de até 34,25% superior ao tratamento testemunha. Já em 2010, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Porém, como um dos objetivos do presente trabalho é buscar o aumento de produtividade nas primeiras safras da lavoura cafeeira, com utilização de diferentes tipos de mudas na implantação, para um retorno mais rápido do capital investido, analisaram-se os dados acumulados das quatro primeiras safras onde foi observada a superioridade do tratamento 4 que teve, no plantio, mudas podadas formadas em 2004 (18 meses de viveiro), em sacola de 16 x 25 cm, com uma produtividade de até 50,75% superior aos demais tratamentos e 35,16% superior ao tratamento testemunha.

Verificou-se que as mudas "passadas" (mudas com tamanho maior que o padrão atual para produção de mudas) e podadas proporcionaram maiores produtividades, porém, apresentam maior custo de produção. Mais estudos devem ser conduzidos, a fim de comprovar se a maior produtividade proporcionada por essas mudas, compensa o maior custo de produção**.**

Uma das explicações para esse resultado é que as mudas podadas possuem um sistema radicular mais desenvolvido em relação às mudas de "meio ano" (CARVALHO et al., 2007), porém a permanência das mudas podadas, em viveiro por mais tempo (30 meses), parece ter prejudicado o desenvolvimento das mudas em campo (tratamentos 1 e 2) em relação à permanência de 18 meses (tratamento 4). No caso, o tratamento 4 proporcionou uma produtividade acumulada nas 4 safras de 130,45 $sacas.ha^{-1}$, ou seja uma produtividade média de 32,61 sacas.

ha^{-1} que, para lavouras no espaçamento de 3,8 x 0,7m, representa alta produtividade, enquanto o tratamento testemunha alcançou 21,15 sacas.ha^{-1} ,em média.

Assim, a utilização de mudas podadas (conduzidas com duas hastes), com permanência de 18 meses no viveiro ,em sacolas de 16x25cm, passa a ser uma alternativa, principalmente para cafeicultores familiares, para retorno mais rápido do capital investido. Já as demais alternativas de produção de mudas para a formação de lavouras não obtiveram produtividades superiores à testemunha, o que descredencia aquelas opções especificamente para aumento de produtividade no período de formação, por ser a testemunha (mudas de 6 meses, multiplicadas por sementes do ano em sacolas de 11 X 22cm) de menor custo e maior facilidade de produção.

Na Tabela 3, encontram-se os dados de percentual de maturação e grãos chochos do ano de 2010. Para os percentuais de frutos verdes, verificou-se que os tipos de mudas representados pelos tratamentos 3, 8, 9, 10, 12 e 13 apresentaram maior percentual, diferenciando significativamente dos demais tratamentos.

Nota-se, pela Tabela 3, que houve variação no percentual de frutos verdes entre os diferentes tratamentos. Segundo alguns autores, o percentual de frutos verdes remanescentes na planta por ocasião do início da colheita deve ser, no máximo de 5 %, já outros admitem percentuais de até 20% (GUIMARÃES; MENDES; SOUZA, 2002). Observa-se ainda que, o tratamento 4 obteve maior produtividade nas primeiras quatro safras e ficou no grupo dos nove tratamentos com menor percentual de frutos verdes, sendo que, desses nove, sete (77,80%) são tratamentos que tiveram mudas com permanência em viveiro superior aos seis meses da testemunha. Outro fato interessante é que apenas um tratamento, com plantio de

TABELA 2 – Valores de produção (scs.ha^{-1}) das quatro primeiras safras, em cafeeiros provenientes de diferentes tipos de mudas.

Tratamentos	2007 sc/ha	2008 sc/ha	2009 sc/ha	2010 sc/ha	Acumulada sc/ha
1. Podadas, 30 meses, sacolas 27x32 cm	4,73 a	6,16 b	63,30 a	34,5 9 ^{ns}	108,92b
2. Podadas, 30 meses, sacolas 16x25 cm	1,60 b	6,40 a	67,43 a	29,37 ^{ns}	104,94b
3. 18 meses, sacolas 16x25 cm	6,20 a	5,93 b	76,60 a	11,75 ^{ns}	100,48b
4. Podadas, 18 meses, sacolas 16x25 cm	3,80 a	5,73 c	84,00 a	34,59 ^{ns}	130,45a
5. Enxert. podadas, 18 meses, sacolas 16x25 cm	2,83 b	5,90 b	60,00 b	20,23 ^{ns}	88,97b
6. Podadas, 18 meses, tubetes 120 ml	0,63 b	6,00 b	57,83 b	31,98 ^{ns}	96,38b
7. 12 meses, sacolas 16x25 cm	6,87 a	5,50 c	73,96 a	18,27 ^{ns}	104,47b
8. Enxertadas, 12 meses, sacolas 16x25 cm	2,17 b	6,03 b	56,13 b	27,41 ^{ns}	91,98 b
9. Pé-franco, tubetes 120 ml, 8 meses	0,00 b	5,90 b	53,50 b	21,86 ^{ns}	81,30b
10. Enxertadas, 8 meses, tubetes de 120 ml,	0,03 b	5,60 c	31,33 b	27,41 ^{ns}	64,25b
11. Enxertadas, 8 meses, tubetes de 120 ml,	0,02 b	5,46 c	47,83 b	18,27 ^{ns}	71,36b
12. Estacas enraizadas, 6 meses, sacolas 15x20 cm	0,97 b	5,93 b	50,90 b	20,88 ^{ns}	78,75b
13. Pleno sol, 6 meses, sacolas 11x22 cm	0,87 b	5,30 c	67,86 a	18,27 ^{ns}	92,28b
14. “Forçadas” c/ N, 6 meses, sacolas 11x22 cm	1,27 b	5,73 c	68,30 a	23,50 ^{ns}	98,63b
15. Testemunha, 6 meses, sacolas 11x22 cm	0,36 b	5,66 c	55,23 b	23,49 ^{ns}	84,59b
CV	23,54	3,20	20,03	23,82	18,97

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05). CV: coeficiente de variação; ns: não significativo.

mudas que permaneceram 30 meses em viveiro (tratamento 2), apresentou percentual de frutos verdes inferior a 5%, possivelmente por apresentar menor juvenilidade que os demais tipos de mudas. Todos os demais tratamentos desse grupo com menor porcentagem de grãos verdes apresentaram valores inferiores a 20%, indicando que a colheita das plantas desse grupo (inclusive a testemunha) deve ser mais precoce em relação à colheita dos demais tratamentos.

O grupo de tratamentos de maior percentual de frutos verdes apresentou percentuais que variaram entre 23,05% a 27,78%, sinalizando que, no caso da utilização desses tipos de mudas na implantação de lavouras, a colheita deverá ser atrasada, pois valores elevados de frutos no estádio verde podem ocasionar maior quantidade de defeitos (grãos pretos, verdes e ardidos), além de prejuízos na classificação por tipo, proporcionando bebidas de qualidade inferior, levando o cafeicultor a prejuízos econômicos (GUIMARÃES; MENDES; SOUZA, 2002).

Não foi encontrada diferença significativa entre os diferentes tratamentos para as características % de frutos cereja e secos (Tabela 3).

Em relação aos frutos "passa" verificou-se que os tratamentos 1, 2 e 4, juntamente com o tratamento testemunha (15), apresentaram maturação mais precoce que os demais tratamentos. Esse resultado indica a viabilidade de utilização desses tipos de mudas para implantação da lavoura, esperando-se precocidade semelhante ao tipo de muda mais utilizado atualmente.

As diferenças encontradas entre os diferentes tratamentos, para os percentuais de grãos verdes e passas nessa fase da cultura, podem ser explicadas , em parte, pela perda de juvenilidade das mudas que permaneceram mais tempo no viveiro e pelas diferentes arquiteturas conferidas às plantas, em função dos diferentes tipos de mudas utilizados.

Quanto ao percentual de grãos chochos, não houve diferença significativa entre os diferentes tipos de mudas, ou seja, nenhum dos tipos de

TABELA 3 – Percentuais de grãos verdes, cerejas, passas e secos e de grãos chochos, colhidos de plantas provenientes de diferentes tipos de mudas no ano de 2010.

Tratamentos	Verdes	Cerejas	Passas	Secos	Chochos
1. Podadas, 30 meses, sacolas 27x32 cm	13,17 a	47,06 ns	30,67 b	9,75 ns	4,67 ns
2. Podadas, 30 meses, sacolas 16x25 cm	4,20 a	51,77 ns	35,27 b	8,76 ns	2,00 ns
3. 18 meses, sacolas 16x25 cm	24,92 b	52,58 ns	16,38 a	6,12 ns	4,00 ns
4. Podadas, 18 meses, sacolas 16x25 cm	9,10 a	48,50 ns	27,97 b	14,44 ns	10,00 ns
5. Enxert. podadas, 18 meses, sacolas 16x25 cm	7,22 a	65,79 ns	22,01 a	4,98 ns	10,67 ns
6. Podadas, 18 meses, tubetes 120 ml	16,25 a	51,12 ns	22,06 a	10,57 ns	5,33 ns
7. 12 meses, sacolas 16x25 cm	15,21 a	59,71 ns	18,37 a	6,70 ns	2,67 ns
8. Enxertadas, 12 meses, sacolas 16x25 cm	26,14 b	50,55 ns	19,88 a	3,42 ns	6,00 ns
9. Pé-franco, tubetes 120 ml, 8 meses	26,80 b	57,43 ns	12,11 a	3,66 ns	8,00 ns
10. Enxertadas, 8 meses, tubetes de 120 ml,	27,78 b	45,62 ns	20,42 a	6,18 ns	2,00 ns
11. Enxertadas, 8 meses, tubetes de 120 ml,	18,50 a	56,56 ns	19,47 a	5,47 ns	8,00 ns
12. Estacas enraizadas, 6 meses, sacolas 15x20 cm	24,72 b	50,56 ns	13,21 a	11,51 ns	6,00 ns
13. Pleno sol, 6 meses, sacolas 11x22 cm	23,05 b	44,75 ns	19,80 a	12,37 ns	8,67 ns
14. "Forçadas" c/ N, 6 meses, sacolas 11x22 cm	13,94 a	59,04 ns	19,54 a	7,48 ns	6,00 ns
15. Testemunha, 6 meses, sacolas 11x22 cm	13,67 a	48,54 ns	28,89 b	8,90 ns	6,00 ns
CV	17,30	9,62	18,08	28,91	29,10

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (P<0,05). CV: coeficiente de variação; ns: não significativo.

mudas testados para a implantação de lavouras comprometeram a granação dos frutos, o que poderia prejudicar o rendimento (quantidade em litros de "café da roça" necessários para se obter 60 kg de café beneficiado).

4 CONCLUSÕES

É possível aumentar a produtividade nas primeiras safras da lavoura cafeeira com a utilização de mudas podadas (conduzidas com duas hastes), com permanência de 18 meses no viveiro, obtendo maturação normal dos frutos e sem o comprometimento pela ocorrência de grãos chochos.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de Bolsa de Produtividade.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pelo apoio logístico na instalação e condução do experimento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES FILHO, H.; CARVALHO, A. Melhoramento de cafeeiro: XI. análise da produção e de progênies de híbridos de Bourbon Vermelho. **Bragantia**, Campinas, v. 16, n. 13, p. 175-195, nov. 1957.

CARVALHO, A. J. et al. Desempenho técnico-econômico de sistemas de consórcio do feijoeiro-comum com café (*Coffea arabica* L.) adensado recém-plantado. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 133-142, jul./dez. 2008.

CARVALHO, A. M. et al. Recuperação de mudas de cafeeiro em tubetes através de podas. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 79-86, jan./jun. 2007.

CARVALHO, G. R. et al. Efeito do ácido giberélico e benzilaminopurina no crescimento in vitro de embriões de cafeeiro cv. Acaiá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 847-851, jun. 1998.

CARVALHO, G. R. et al. Efeito do tratamento de sementes na emergência e desenvolvimento de mudas de cafeeiro *Coffea arabica* L. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 4, p. 800-808, jul./ago. 1999.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira:** café–safra 2011–primeira estimativa-janeiro/2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_01_06_08_52_41_boletim_cafe_1a_estimativa_safra_2011..pdf >. Acesso em: 15 abr. 2011.

FAHL, J. I. et al. Enxertia de C*offea arabica* sobre C*offea canephora* e *Coffea congensis* na nutrição mineral, crescimento e produção. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, p. 297-312, 1998.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃOBRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

GUIMARÃES, R. J. et al. Efeitos da citocinina, giberelina e remoção do endocarpo na germinação de sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 3, p. 390-396, maio/jun. 1998.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. **Cafeicultura**. Lavras: UFLA, 2002. 317 p.

GUIMARÃES, R. M. et al. Tolerância à dessecação em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 128-139, jan./fev. 2002.

LAVIOLA, B. G. et al. Influência da adubação na formação de grãos mocas e no tamanho de grãos de café (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 36-42, abr./jun. 2006.

MARCHI, E. C. S. et al. Épocas de plantio de mudas de cafeeiro produzidas em sacos plásticos e tubetes e plantadas em duas classes de solo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 290, p. 499-508, jul./ago. 2003.

PAIVA, L. C.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Influência de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento de mudas de cafeeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 134-140, jan./fev. 2003.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro:** fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p. 13-85.

REZENDE, T. T. et al. Types of system cuttings and enviromenmts on the growth of coffeestem shoots. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, p. 387-391, 2010.

VALLONE, H. S. et al. Recipientes e substratos na produção de mudas e no desenvolvimento inicial de cafeeiros após o plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1327-1335, 2009.

POTENCIAL ENZIMÁTICO E TOXIGÊNICO DE FUNGOS ISOLADOS DE GRÃOS DE CAFÉ

Elisângela de Fátima Rezende[1], Fabiana Aparecida Couto[2], Josiane Gonçalves Borges[3], Daiani Maria da Silva[4], Luis Roberto Batista[5]

(Recebido: 5 de julho de 2011; aceito 29 de março de 2012)

RESUMO: A presença de algumas espécies de fungos filamentosos em grãos de café pode indicar redução da qualidade e riscos de micotoxinas. Por outro lado, outras espécies podem ser bioprotetoras da integridade dos grãos, indicadores de alterações ambientais e indicativo. Objetivou-se, neste estudo, avaliar a atividade enzimática e o potencial toxigênico de fungos filamentosos isolados de 12 amostras de grãos de café (11 amostras de *Coffea arabica* e uma amostra de *Coffea canephora*). Foram isolados e identificados 182 fungos pertencentes a dois gêneros: *Aspergillus* e *Penicillium*. Dos 138 fungos do gênero *Aspergillus* pertencentes à Seção *Circumdati* e Seção *Nigri* testados, 28,3% foram produtores de ocratoxina A, com destaque para as espécies *A. ochraceus* e *A. ostianus*. Dos 14 isolados de *A. flavus* testados, 78,6% foram produtores de aflatoxina B1 e B2. *A. versicolor*, *Cladosporium cladosporioides*, *P. roqueforti* e *Penicillium* sp. apresentaram índice enzimático superior a 2 (IE > 2) para poligalacturonase e *P. funiculosum*, *P. aurantiogriseum* e *Aspergillus sclerotiorum* apresentaram atividade pectato liase acima de 2 (IE > 2). Os isolados de *P. brevicompactum* apresentaram potencial pectinolítico para as duas enzimas testadas. Esses resultados demonstram que os grãos de café podem ser importante fonte de fungos com potencial biotecnológico e que os fungos potencialmente toxigênicos apresentam limitada capacidade enzimática de degradar substratos ricos em pectina como a mucilagem e produzir micotoxinas.

Termos para indexação: *Aspergillus*, *Penicillium*, café, micotoxinas, potencial biotecnológico.

ENZYMATIC AND TOXIGENIC POTENTIAL OF FUNGI ISOLATED FROM COFFEE BEANS

ABSTRACT: *The presence of some species of filamentous fungi in coffee beans may indicate reduced quality and risks of mycotoxins. Moreover, other species may be bioprotective of the bean integrity, indicators of environmental changes and informative. The objective of this study was to evaluate the enzymatic activity and toxigenic potential of filamentous fungi isolated from 12 samples of coffee beans (11 samples of Coffea arabica and 1 sample of Coffea canephora). 182 fungi were isolated and identified belonging to two genera: Aspergillus and Penicillium. Of the 138 fungi from the genus Aspergillus belonging to the Section Nigri and Section Circumdati tested, 28.3 % were producers of ochratoxin A, particularly for the species A. ochraceus and A. ostianus. Of the 14 isolates of Aspergillus flavus tested, 78.6 % were producers of aflatoxin B1 and B2 . Aspergillus versicolor , Cladosporium cladosporioides , Penicillium roqueforti and Penicillium sp . showed an enzymatic index greater than 2 (IE> 2) for polygalacturonase and Penicillium funiculosum , Penicillium and Aspergillus sclerotiorum aurantiogriseum showed pectate lyase activity above 2 (IE> 2). The isolstes of Penicillium brevicompactum showed potential pectinolitica for the two enzymes tested. These results demonstrate that coffee beans can be an important source of fungi with biotechnological potential and potentially toxigenic fungi have limited enzyme capacity of degrading pectin -rich substrates such as mucilage and produce mycotoxins.*

Index terms: *Aspergillus , Penicillium , coffee , mycotoxins , biotechnological potential .*

1 INTRODUÇÃO

O café é um dos produtos agrícolas de maior geração de riquezas do planeta (ESPADALÉ; LAMPURLANÉS; AUBERT, 2008). É responsável por um grande número de empregos em todos os setores da economia, empregando direta ou indiretamente meio bilhão de pessoas em todo o mundo (PASIN; ALMEIDA; ABREU, 2009). O Brasil lidera o ranking da

[1]Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Biologia/ DBI - Microbiologia Agrícola Cx. P. 3037 37200-000 - Lavras - MG - rezende.e@gmail.com
[2]Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Biologia/ DBI - Microbiologia Agrícola Cx. P. 3037 37200-000 - Lavras - MG - fapcouto@yahoo.com.br
[3]Universidade de São Paulo/FZEA - Ciências da Engenharia de Alimentos/ ZEA - Cx. P. 23 Pirassununga - SP josianejgb@gmail.com
[4]Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Biologia/ DBI - Microbiologia Agrícola Cx. P. 3037 37200-000 - Lavras- MG - daiani0905@yahoo.com.br
[5]Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Ciência dos Alimentos/DCA - Cx. Postal 3037 37200-000 - Lavras- MG - luisrb@dca.ufla.br

produção mundial de café, respondendo por mais de um terço de toda a produção, seguido pelo Vietnã e Colômbia e, em conjunto, esses países respondem pela metade da produção mundial (MONTEIRO et al., 2010). O estado de Minas Gerais produz a metade do café nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2010).

Os frutos e grãos de café, assim como outras culturas, podem ser contaminados por microrganismos durante diferentes estágios de crescimento, colheita, processamento, transporte e estocagem (BATISTA et al., 2009; SILVA; BATISTA; SCHWAN, 2008). A diversidade de fungos encontrados nos grãos de café depende de vários fatores, como variedade do café, região geográfica, clima e método de processamento (PERRONE et al., 2007). No sistema de cultivo, a falta de Boas Práticas Agrícolas aumenta as contaminações e o desenvolvimento de microrganismos, dentre esses, os fungos toxigênicos (BATISTA et al., 2009; DUARTE; PENA; LINO, 2010).

A presença de fungos toxigênicos em grãos de café não afeta apenas a qualidade, como também coloca em risco a segurança do produto final devido à produção de micotoxinas, que podem ser nocivas aos consumidores (BERNET; KLICH, 2003; VILELA et al., 2010). Os fungos associados aos frutos e grãos de café podem, sob condições específicas, causar perdas de qualidade, produzindo odores e sabores desagradáveis (VILELA et al., 2010). Tal degradação ocorre devido ao complexo sistema enzimático produzido pelos fungos filamentosos, como celulases, hemicelulases, xilanases, pectinases, proteases e outros. As pectinases são utilizadas para degradar a polpa e a mucilagem do café e favorecer o desenvolvimento dos fungos. Esse desenvolvimento pode ser acompanhado pela produção de micotoxinas. A micotoxina mais comum presente no café é a ocratoxina A (OTA) (FERRAZ et al., 2010; GIL-SERNA et al., 2011). A OTA é produzida, principalmente, por espécies de fungos dos gêneros *Aspergillus* pertencentes à Seção *Circumdati* e à Seção *Nigri* e *Penicillium* (*P. nordicum* e *P. verrucosum*) (GIL-SERNA et al., 2011). A OTA possui ação nefrotóxica, teratogênica e, possivelmente carcinogênica (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER - IARC, 1993), sendo detectada em diversos produtos alimentícios, incluindo cereais, nozes, grãos de café, cacau, frutas secas, temperos, vinho e cerveja (BATISTA et al., 2009; PERRONE et al., 2007; SILVA et al., 2007).

Além de metabólitos secundários tóxicos, os fungos filamentosos podem ser produtores de enzimas de importância biotecnológica. As pectinases produzidas por fungos apresentam características importantes para a aplicação em bioprocessos (MALVESSI; SILVEIRA, 2004). As enzimas pectinolíticas são responsáveis pela degradação de uma molécula complexa de pectina presente em todos os tecidos vegetais jovens. Dentre as espécies de fungos capazes de produzir enzimas pectinolíticas estão: *Alternaria mali*, *Aspergillus aculeatus*, *A. awamori*, *A. japonicus*, *A. nidulans*, *A. niger*, *A. oryzae*, *A. tubingensis*, *Colletotrichum lindemuthiomum*, *Fusarium moniliforme*, *F. oxysporum*, *Neurospora crassa*, *Rhizopus stolonifer* (JAYANI; SAXENA; GUPTA, 2005). A utilização e o tratamento de resíduos agroindustriais por bioprocessos enzimáticos não somente proporcionam substratos alternativos, que serão convertidos em produtos de valor comercial agregado, como também ajudam a diminuir os problemas ambientais (SOCCOL; VANDENBERRG, 2003). Objetivou-se, no presente trabalho, estudar a biodiversidade e avaliar, semiquantitativamente, a atividade enzimática pectinolítica e toxigênica de diferentes espécies de fungos filamentosos isolados de grãos de café.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Amostras

Foram estudadas doze amostras de grãos de café verde (500g), obtidos na Cooperativa Alto Rio Grande Cafés, no município de Lavras, MG, das quais onze amostras eram de café arábica (*Coffea arabica* L.) e uma amostra de café robusta (*Coffea canephora* Pierre ex. A. Froehner).

Isolamento de fungos filamentosos

Para o isolamento de fungos, foi utilizada a técnica de plaqueamento direto em meio de cultura

Dicloram Rosa de Bengala Cloranfenicol (DRBC) (glicose 10g; peptona bacteriológica 5g; KH_2PO_4 1g; $MgSO_4.7H_2O$ 0,5g; ágar 15g; água destilada 1L; rosa de bengala 15mg; dicloran 2 mg; cloranfenicol 100g), sendo utilizados, em cada amostra, 100 grãos de café desinfectados superficialmente (álcool 70% e NaCl 1%) e 100 grãos sem desinfecção superficial, conforme Samson et al. (2000). Os fungos isolados foram purificados em extrato de malte (MA) 2% e mantidos a 25 ºC, durante sete dias. Posteriormente, os isolados foram cultivados em meios específicos para identificação e identificados conforme Klich (2002), Pitt (2000), Pitt e Hocking (1997) e Samson et al. (2000). A purificação e a identificação dos fungos filamentosos foram realizadas no Laboratório de Micotoxinas e Micologia de Alimentos, no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras.

Potencial ocratoxigênico e aflatoxigênico dos fungos isolados de grãos de café

Para a determinação do potencial toxigênico das espécies utilizou-se a metodologia de Plug Agar, descrita por Filtenborg e Frisvad (1980).

Potencial biotecnológico

Para detectar a atividade pectinolítica, foi utilizado o meio de cultura descrito por Hankin et al. (1971), que contém pectina cítrica como substrato. O meio em pH 7,0 foi utilizado para detectar a produção de pectato liase e em pH 5,0, para avaliar a atividade de poligalacturonase. Para a visualização da atividade pectinolítica, adicionou-se ao meio de cultura uma solução de bromide hexadeciltrimetilamonio 1% (cetrimida 1%).

A habilidade de degradar substâncias pécticas foi determinada pela produção das enzimas pectinolíticas: pectato liase e poligalacturonase em meios com pH ótimo para cada enzima, sendo pH 7 e pH 5, respectivamente. A atividade enzimática foi detectada pela formação de um halo claro em torno da colônia, visualizado com a adição do reagente cetrimida 1% (Figura 2a e 2b). Esse reagente precipita a pectina intacta no meio, possibilitando a formação de zonas claras ao redor das colônias, onde houve a degradação da pectina. Dessa forma, com a razão do halo para o tamanho da colônia, foi possível quantificar (semiquantitativamente) a atividade pectinolítica dos fungos analisados. O índice de atividade enzimática é um dos parâmetros semiquantitativos mais utilizados para avaliar a produção de enzimas pelos microrganismos em meio sólido. Os microrganismos considerados produtores de enzimas possuem correlação direta entre o diâmetro do halo de degradação e a habilidade degradativa dos microrganismos (LIN; CHANG; SHEN, 1991). Os fungos filamentosos considerados potencialmente viáveis para uso biotecnológico apresentam um índice enzimático (IE – razão do diâmetro do halo pelo diâmetro da colônia) acima de 2,0 (LEALEM; GASHE, 1994; STAMFORD; ARAÚJO; STAMFORD, 1998).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O nível médio de contaminação das amostras foi de 62% com a desinfecção superficial e de 100% sem desinfecção superficial. Esses valores já eram esperados, pois, com a desinfecção superficial, somente os fungos do interior dos grãos são detectados. Todas as amostras estudadas apresentaram contaminações por várias espécies de fungos. No entanto, quando se realizou a desinfecção superficial dos grãos, houve redução do índice de contaminação por fungos filamentosos e maior presença de fungos leveduriformes (Figuras 1a e 1b) conforme já observado por Batista et al. (2003).

Em todas as amostras analisadas, a que apresentou maior índice de contaminação foi café conillon (*Coffea canephora*) sem desinfecção superficial. Das espécies de fungos filamentosos isolados, 50,5% pertenciam ao gênero *Aspergillus* Seção *Nigri* e a espécie *A. niger* foi mais frequente. Neste estudo não foi detectado a espécie *A. carbonarius* que é descrito como a espécie do gênero *Aspergillus* Seção *Nigri* com maior potencial de produção de ocratoxina A (PARDO et al., 2004). A contaminação com essa espécie é ligeiramente superior em café conillon do que em café arábica (NOONIM et al., 2008; PARDO et al., 2004). Essa afirmação foi reforçada pelos estudos de Taniwaki et al. (2003), que encontram 62,95% de *A. niger* e 6,19% de *A. carbonarius* em grãos de café e identificaram como ocratoxigênicos apenas

3% dos isolados de *A. niger* enquanto nos isolados de *A. carbonarius* essa proporção foi de 77%. Os fungos do gênero *Aspergillus* Seção *Nigri* são economicamente importantes devido à produção de ocratoxina A, e produção de enzimas que são utilizadas na indústria, como por exemplo as que são produzidas por *A. niger* (PERRONE et al., 2007; SAMSON et al., 2007; SAMSON; HONG; FRISVAD, 2006).

As principais espécies identificadas pertencem aos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*. As espécies isoladas do gênero *Aspergillus* foram: *Aspergullus flavus*, *A. foetidus*, *A. lacticoffeatus*, *A. niger*, *A. niger* Agregado, *A. ochraceus*, *A. oryzae*, *A. ostianus*, *A. sydowi*, *A. tubingensis*, *A. versicolor*, *A. wentii*, *A. westerdijkiae* e *Aspergillus* sp. As espécies isoladas do gênero *Penicillium* foram: *Penicillium brevicompactum*, *P. funiculosum*, *P. hirsutum*, *P. roquefortii* e *Penicillium* sp, esses isolados também foram relatados por outros autores (BATISTA et al., 2003, 2009; GIL-SERNA et al., 2011; SILVA; BATISTA; SCHWAN, 2008).

Cento e trinta e oito isolados do gênero *Aspergillus*, Seção *Nigri* (n = 99) e *Aspergillus* Seção *Circumdati* (n = 39) foram testados para a produção de ocratoxina A. Apenas um isolado da espécie *A. niger* foi produtor de ocratoxina A. 97,4% dos isolados pertencentes à Seção *Circumdati* foram potencialmente ocratoxigênicos, com destaque para *A. ochraceus*, *A. ostianus* e *A. westerdijkiae* que 100% dos isolados foram produtores de OTA. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Batista et al. (2009) que apontaram a espécie *A. ochraceus* como a principal espécie ocratoxigênica isolada de frutos e grãos de café. *A. ostianus* e *A. westerdijkiae* podem ser produtoras de ocratoxina A e serem isoladas de grãos de café (BATISTA et al., 2003; FRISVAD et al., 2004; GIL-SERNA et al., 2011). Do total de 14 isolados de *Aspergillus* Seção *Flavi*, 78,6% foram produtores de aflatoxina. Resultados semelhantes foram obtidos por Batista et al. (2003) e a espécie testada foi *A. flavus* (Tabela 1).

A presença dessas espécies não indica, necessariamente, a presença de ocratoxina A e aflatoxinas B1 e B2 nas amostras de grãos de café. Uma série de fatores estão envolvidos na síntese de metabólitos secundários de fungos filamentosos, como composição química do café, atividade de água, fatores ambientais como temperatura e umidade (PATERSON; LIMA, 2010). A identificação das espécies produtoras de micotoxinas é essencial para serem adotadas medidas de controle fitossanitário e garantir a segurança dos produtos (SILVA; BATISTA; SCHWAN, 2008).

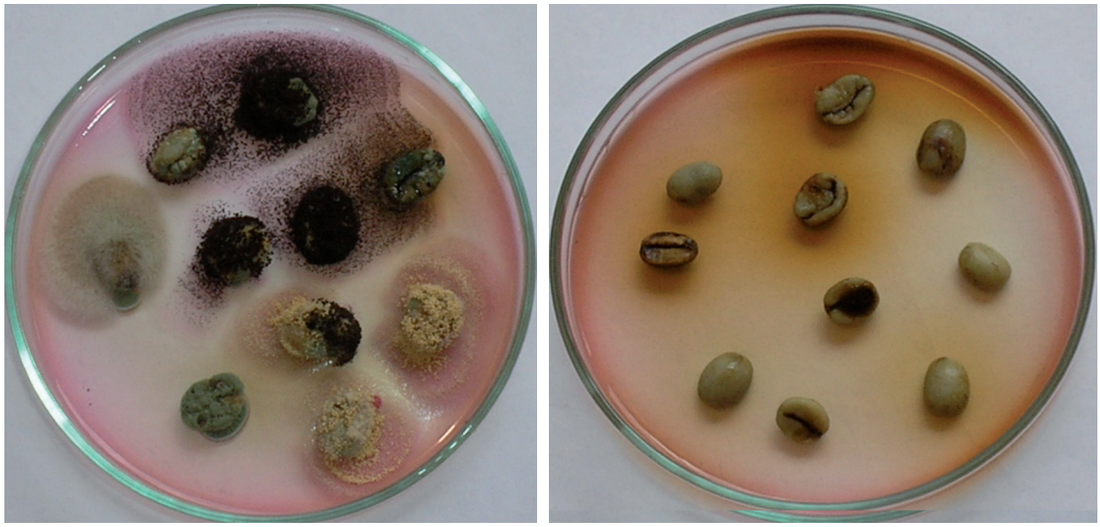


FIGURA 1 – (a) Grãos de café sem o processo de desinfecção; (b) grãos de café com o processo de desinfecção.

Dos 182 fungos analisados para o potencial enzimático, 42 apresentaram atividade pectinolítca ≥ 2. Dos 32 isolados de *P. brevicompactum* testados, 18 apresentaram potencial pectinolítico para as duas enzimas testadas, pectato liase e poligalacturonase (Figura 2a e 2b). Os 4 isolados de *A. versicolor*, 75%, apresentaram potencial para poligalacturonase. *Cladosporium cladosporioides*, *P. roqueforti* e *Penicillium* sp. apresentaram boa atividade para poligalacturonase e *P. funiculosum*, *P. aurantiogriseum* e *A. sclerotiorum* apresentaram atividade pectato liase ≥2 (Tabela 2). Quarenta e sete por cento dos fungos foram produtores de enzimas pécticas, embora nenhuma delas tenha apresentado atividade superior a 2. As espécies que apresentaram Índice Enzimático inferior a 2 foram: *Aspergillus aculeatus*, *A. flavus*, *A. foetidus*, *A. fumigatus*, *A. lacticoffeatus*, *A. niger*, *A. niger*

TABELA 1 – Espécies de fungos produtores de ocratoxina A.

Espécie	Nº de isolados testados	Nº de isolados potencialmente toxigênicos OTA
Aspergillus aculeatus	1	-
Aspergillus foetidus	44	-
Aspergillus lacticoffeatus	1	-
Aspergillus niger	24	1 (4,17%)
Aspergillus niger Agregado	2	-
Aspergillus ochraceus	27	27 (100%)
Aspergillus ostianis	7	7 (100%)
Aspergillus sclerotiorum	1	-
Aspergillus sp.	1	-
Aspergillus tubingensis	26	-
Aspergillus westerdijkiae	4	4 (100%)

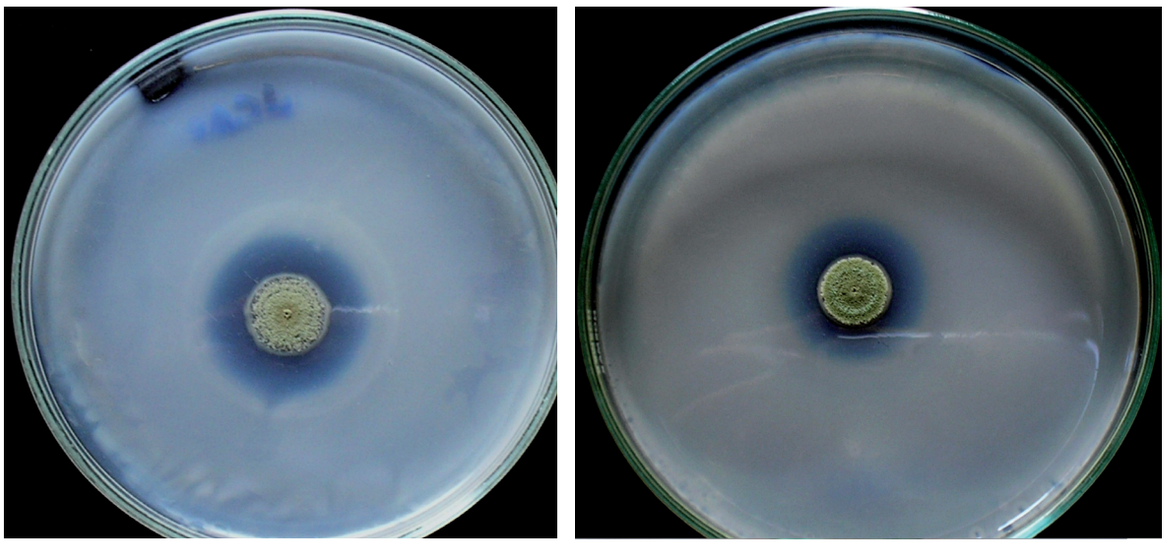


FIGURA 2 – Potencial enzimático dos fungos testados. (a) *Penicillium brevicompactum* pH 5; (b) *Penicillium brevicompactum* pH 7.

Agregado, *A. ochraceus*, *A. oryzae*, *A. ostianus*, *A. sydowii*, *A. tubingensis*, *A. versicolor*, *A. wentii*, *A. westerdijkiae*, *Aspergillus* sp., *Eurotium chevalieri*, *Penicillium citrinum*, *P. hirsutum*, *P. pinophilum*, *P. hirsutum* e *Penicillium* sp.

Os isolados de *Penicillium brevicompactum* foram produtoras de pectato liase e poligalacturonase. Essa espécie já foi citada como produtora de enzimas pécticas (PIANZZOLA; MOSCATELLI; VERO, 2004). De acordo com Varavallo et al. (2005), *P. brevicompactum* apresenta potencial para a aplicação industrial, devido à sua eficiente produção de enzimas do complexo pectinolítico. *Cladosporium cladosporioides* apresentou potencial para a produção de poligalacturonase. A presença dessa espécie nos frutos pode estar relacionada à boa qualidade do café (PEREIRA; PFENNING; CASTRO, 2005). O crescimento de *Cladosporium* funciona como uma barreira para a entrada de outros fungos prejudiciais à qualidade do café, portanto, a presença de *C. cladosporioides* pode ser considerada positiva para a segurança do café (CHALFOUN, 2010; CHALFOUN et al., 2009; MARTINS; SILVEIRA; SILVA, 2001). *C. cladosporioides* caracteriza-se por ser um fungo saprófito encontrado em intensidade máxima quando os frutos estão nos estágios de cereja, mas também é possível encontrá-lo em outros estágios dos frutos (PEREIRA; PFENNING; CASTRO, 2005). Por ser um fungo de presença frequente em café, ele pode ter um grande papel biotecnológico para tratar resíduos da produção cafeeira. Sugere-se também que sejam realizadas outras pesquisas, visando o uso de *P. brevicompactum* para processos biotecnológicos, principalmente para a degradação da pectina nos resíduos da agroindústria do café (despolpado e desmucilado), já que esse é um microrganismo presente no ambiente em grande quantidade.

TABELA 2 – Espécies de fungos produtores de Pectato liase e Poligalacturonase.

Identificação	Espécie	Pectato liase	Poligalacturonase
DCA01	*Penicillium brevicompactum*	2,10	3,20
DCA02	*Penicillium brevicompactum*	2,20	2,90
DCA03	*Penicillium brevicompactum*	2,80	2,40
DCA04	*Penicillium brevicompactum*	2,00	2,50
DCA05	*Penicillium brevicompactum*	2,00	2,40
DCA06	*Penicillium brevicompactum*	1,50	3,60
DCA07	*Penicillium brevicompactum*	1,90	2,70
DCA08	*Penicillium brevicompactum*	1,70	2,70
DCA09	*Penicillium brevicompactum*	2,60	1,80
DCA10	*Cladosporium cladosporioides*	1,80	3,40
DCA11	*Aspergillus versicolor*	1,30	2,20
DCA12	*Aspergillus versicolor*	1,10	2,50
DCA13	*Aspergillus versicolor*	1,60	2,50
DCA14	*Penicillium roqueforti*	1,10	3,20
DCA15	*Penicillium* sp.	1,10	2,00
DCA16	*Penicillium funiculosum*	2,00	1,40
DCA17	*Penicillum aurantiogriseum*	2,00	1,60
DCA18	*Aspergillus sclerotiorum*	2,00	1,20

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que existe grande diversidade de fungos filamentosos em grãos de café (*Coffea arabica* e *Coffea canephora*). Foram identificadas, como espécies produtoras de ocratoxina A, *Aspergillus. ochraceus*, *A. ostianus*, *A. westerdijkiae* e *A. niger* e, como produtora de aflatoxina B1 e B2, *A. flavus*. A micobiota estudada apresentou várias espécies com atividade enzimática, o que confirma o potencial biotecnológico para estudos futuros, visando à utilização desses fungos filamentosos na indústria de alimentos e agroindústria. Esses resultados também demonstram que os fungos potencialmente toxigênicos apresentam limitada capacidade enzimática, para degradar substratos dos frutos de café ricos em pectinas.

5 AGRADECIMENTOS

Á Cooperativa Alto Rio Grande Cafés e o apoio financeiro da FAPEMIG pelo financiamento do projeto BIODIVERSIDADE DE FUNGOS OCRATOXIGÊNICO EM GRÃOS DE CAFÉ DE CULTIVO CONVÊNCIONAL E ORGÂNIGO POR TAXONOMIA POLIFÁSICA, : CBB - APQ-00781-08.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, L. R. et al. Ochratoxin A in coffee beans (*Coffea arabica* L.) processed by dry and methods. **Food Control**, Guildford, v. 20, n. 9, p. 784-790, Sept. 2009.

_____. Toxigenic fungi associated with processed (green) coffee beans (*Coffea arabica* L.). **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 58, n. 3, p. 293-300, Aug. 2003.

CHALFOUN, S. M. Biological control and bioactive microbial metabolites: a coffee quality perspective. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1071-1085, set./out. 2010.

CHALFOUN, S. M. et al. Antifungical potential of *Cladosporium cladosporioides* (Fres.) de Vries metabolites in reduction of coffee contamination by toxigenis Aspergillus genera. **BioMicroWorld**, Lisboa, n. 259, p. 113-117, Dec. 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Balanço das exportações brasileiras de café de 2009**. Brasília, 2010. 4 p.

DUARTE, S. C.; PENA, A.; LINO, C. M. A review on ochratoxin A occurrence and effects of processing of cereal and cereal derived food products. **Food Microbiology**, London, v. 27, n. 2, p. 187-198, Apr. 2010.

ESPADALÉ, R. M. A.; LAMPURLANÉS, X. S.; AUBERT, A. C. Exposición laborala hongos en uma planta de procesamiento de café. **Medicina y Seguridad del Trabajo**, Madrid, v. 54, n. 211, p. 31-37, marzo 2008.

FERRAZ, M. B. M. et al. Kinetics of ochratoxin A destruction during coffee roasting. **Food Control**, Vurrey, v. 21, n. 6, p. 872-877, June 2010.

FILTENBORG, O.; FRISVAD, J. C. A simple screening method for toxigenic molds in pure cultures. **Lebensmittel-Wissenschaft Technologie**, London, v. 13, n. 3, p. 128-130, 1980.

FRISVAD, J. C. et al. New ochratoxin A producing species of *Aspergillus* section *Cirumdati*. **Studies in Mycology**, Wageningen, v. 50, n. 4, p. 23-43, Oct. 2004.

GIL-SERNA, J. et al. Revision of ochratoxin a production capacity by the main species of *Aspergillus* Section *Circumdati. Aspergillus steynii* revealed as the main risk of OTA contamination. **Food Control**, Vurrey, v. 22, n. 2, p. 343-345, Feb. 2011.

HANKIN, L.; ANAGNOSTAKIS, S. L. The use of solid media for detection of enzymes production by fungi. **Mycologia**, New York, v. 67, n. 3, p. 597-607, May/June 1971.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines, and mycotoxins. **International Agency for Research on Cancer**, Lyon, v. 56, p. 489-521, June 1993.

JAYANI, R. S.; SAXENA, S.; GUPTA, R. Microbial pectinolytic enzymes: a review. **Process Biochemistry**, London, v. 40, n. 9, p. 2931-2944, Sept. 2005.

KLICH, M. A. **Identification of common *Aspergillus* species**. Wageningen: Centraalbureau voor Schimmelculture, 2002. 116 p.

LEALEM, F.; GASHE, B. A. Amylase production by a gram-positive bacterium isolated from fermenting tef (*Eraglostis tef*). **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v. 77, n. 3, p. 348-352, 1994.

LIN, J. E.; CHANG, D. C. N.; SHEN, G. J. Correlations among several screening methods used for identifying wood-decay fungi that can degrade toxic chemicals. **Biotechnology Technology**, Oxford, v. 5, n. 5, p. 275-280, Aug. 1991.

MALVESSI, E.; SILVEIRA, M. M. Influence of medium composition and pH on the production of polygalacturonases by *Aspergillus oryzae*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 5, p. 693-702, Sept. 2004.

MARTINS, A. N.; SILVEIRA, A. P.; SILVA, R. J. N. Avaliação da microbiota presente no café armazenado e recém beneficiado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Resumos...** Brasília: CBP&D-Café; EMBRAPA Café, 2001. p. 59.

MONTEIRO, M. A. M. et al. Influência da torra sobre a aceitação da bebida café. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 2, p. 145-150, mar./abr. 2010.

NOONIM, P. et al. Isolation, identification and toxigenic potential of ochratoxin A producing *Aspergillus* species from coffee beans grown in two regions of Thailand. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 128, n. 2, p. 197-202, Dec. 2008.

PARDO, E. et al. Occurrence of ochratoxigenic Fungi and Ochratoxin A in green coffee from diferent origins. **Food Science and Technology International**, London, v. 10, n. 1, p. 45-50, Feb. 2004.

PASIN, L. A. A. P.; ALMEIDA, J. R.; ABREU, M. S. Fungos associados a grãos de cinco cultivares de café (*Coffea arabica* L.). **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 1129-1132, out. 2009.

PATERSON, R. R. M.; LIMA, N. How will climate change affect mycotoxins in food? **Food Research International**, Dublin, v. 43, n. 7, p. 1902-1914, Aug. 2010.

PEREIRA, R. T. G.; PFENNING, L. H.; CASTRO, H. A. Caracterização e dinâmica de colonização de *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) de Vries em frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1112-1116, nov./dez. 2005.

PERRONE, G. et al. Biodiversity of *Aspergillus* species in some important agricultural products. **Studies in Micology**, Wageningen, v. 59, n. 1, p. 53-66, Dec. 2007.

PIANZZOLA, M. J.; MOSCATELLI, M.; VERO, S. Characterization of *Penicillium* isolates associated with blue mold on apple in Uruguay. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 88, n. 1, p. 23-28, Jan. 2004.

PITT, J. I. **A laboratory guide to common *Penicillium* species**. 3rd ed. Melbourne: North Ryde, 2000. 197 p.

PITT, J. I.; HOCKING, A. D. **Fungi and food spoilage**. 2nd ed. Cambridge: Chapman & Hall, 1997. 593 p.

SAMSON, R. A. et al. Diagnostic tools to identify black aspergilli. **Studies in Mycology**, Wageningen, v. 59, n. 1, p. 129-145, Oct. 2007.

_____. **Introduction to food-and airborne fungi**. 6th ed. Utrecht: Centraalbureau Voor Schimmelcultures, 2000. 387 p.

SAMSON, R. A.; HONG, S. B.; FRISVAD, J. V. Old and new concepts of species differentiation in *Aspergillus*. **Medical Mycology**, Oxford, v. 44, n. 8, p. 133-148, Sept. 2006.

SILVA, C. F.; BATISTA, L. B.; SCHWAN, R. F. Incidence and distribution of filamentous fungi during fermentation, drying and storage of coffee (*Coffea arabica* L.) beans. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 521-526, July/Sept. 2008.

SILVA, R. A. et al. Inquérito sobre o consumo de alimentos possíveis de contaminação por micotoxinas na ingesta alimentar de escolares da cidade de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 439-447, mar./abr. 2007.

SOCCOL, C. R.; VANDENBERGHE, L. P. S. Overview of applied solid-state fermentation in Brazil. **Biochemical Engineering Journal**, Oxford, v. 13, n. 2/3, p. 205-218, Mar. 2003.

STAMFORD, T. L. M.; ARAÚJO, J. M.; STAMFORD, N. P. Atividade enzimática de microrganismos isolados do jacatupé (*Pachyrhizus erosus* L. Urban). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 382-385, out./dez. 1998.

TANIWAKI, M. H. et al. The source of ochratoxin A in Brazilian coffee and its formation in relation to processing methods. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 82, n. 2, p. 173-179, Apr. 2003.

VARAVALLO, M. A. et al. Development of a transformation system for *Penicillium brevicompactum* based on the *Fusarium oxysporum* nitrate reductase gene. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 184-189, Apr./June 2005.

VILELA, D. M. et al. Molecular ecology and polyphasic characterization of the microbiota associated with semi-dry processed coffee (*Coffea arabica* L.). **Food Microbiology**, London, v. 27, n. 8, p. 1128-1135, Dec. 2010.

APLICAÇÃO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS NA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS CAFEEIRAS EM MACHADO-MG

Lívia Naiara de Andrade[1], Tatiana Grossi Chquiloff Vieira[2], Wilian Soares Lacerda[3], Margarete Marin Lordelo Volpato [4], Clodoveu Augusto Davis Junior [5]

(Recebido: 21 de julho de 2011; aceito: 15 de outubro de 2012)

RESUMO: A cafeicultura é atividade de fundamental importância na região sul de Minas Gerais e técnicas de estimativa da área plantada, visando previsões de safra confiáveis, estão sendo intensamente pesquisadas. Apresenta-se,no presente estudo, uma aplicação de Redes Neurais Artificiais (RNA) para a classificação automática de dados de sensoriamento remoto, objetivando identificar áreas cafeeiras da região de Machado, MG. A metodologia para desenvolvimento da aplicação da RNA foi dividida em três etapas: pré-processamento dos dados; treinamento e uso da RNA; e análise dos resultados. Na primeira etapa foi realizada a divisão da área em estudo em duas partes (uma com relevo mais movimentado e outra com relevo menos movimentado), isso porque a região apresenta relevo suave ondulado a forte ondulado, o que acarreta maior dificuldade do mapeamento automático do uso da terra a partir de imagens de satélite. Foram também criadas máscaras na rede de drenagem e área urbana. Na segunda etapa, diversas RNAs foram treinadas a partir de várias amostras de imagens representativas das classes de interesse e foi feita a classificação do restante da imagem utilizando a melhor RNA obtida. A terceira etapa consistiu na análise e validação dos resultados, realizando um cruzamento entre o mapa classificado visualmente e o mapa classificado pela Rede Neural escolhida. Utilizou-se o índice Kappa para avaliar o desempenho da RNA, uma vez que o uso desse coeficiente é satisfatório na avaliação da precisão de uma classificação temática. O resultado obtido foi superior aos resultados encontrados na literatura, com um índice Kappa de 0,558 para o relevo mais movimentado e 0,602 para o relevo menos movimentado.

Termos para indexação: Redes Neurais Artificiais, classificação automática, cafeicultura.

APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK IN THE CLASSIFICATION OF COFFEE AREAS IN MACHADO, MINAS GERAIS STATE

ABSTRACT: *The coffee is extremely important activity in southern of Minas Gerais and techniques for estimating acreage, seeking reliable crop forecasts are being intensely investigated. It is presented in this study, an application of Artificial Neural Networks (ANN) for the automatic classification of remote sensing data in order to identify areas of the coffee region Machado, Minas Gerais. The methodology for developing the application of RNA was divided into three stages: pre-processing of data, training and use of RNA, and analysis of results. The first step was performed dividing the study area into two parts (one embossed busiest and least busy one with relief), because this region has a strong emphasis smooth wavy, causing a greater difficulty of automatic mapping of use earth from satellite images. Masks were also created in the drainage network and the urban area. In the second step, various RNA's were trained from several samples representative of the classes of images of interest and was made to classify the rest of the image obtained using the best RNA. The third step consisted in analyzing and validating the results, performing a cross between the classified map and the map visually classified by neural network chosen. We used the Kappa index to evaluate the performance of the RNA, since the use of this coefficient is satisfactory to assess the accuracy of a thematic classification. The result was higher than the results reported in the literature, with a Kappa index of 0.558 to 0.602 relief busiest and least busy for relief.*

Index Terms: Artificial Neural Networks, automatic classification, coffee.

---

[1] Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Ciência da Computação/DCC - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - livia.naiara.andrade@gmail.com
[2] Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Laboratório de Geoprocessamento/ GEOSOLOS - Cx. P. 176 37.200-000 - Lavras - MG - tatiana@epamig.ufla.br
[3] Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Ciência da Computação/DCC - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - lacerda@ufla.br
[4] Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Laboratório de Geoprocessamento/ GEOSOLOS - Cx. P. 176 37.200-000 - Lavras - MG - margarete@epamig.ufla.br
[5] Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG - Departamento de Ciência da Computação/DCC - Av. Antônio Carlos, 6627 Prédio do ICEx - Pampulha - 31270-010 - Belo Horizonte - MG - clodoveu@dcc.ufmg.br

1 INTRODUÇÃO

O mapeamento e a dinâmica do uso e ocupação da terra, em termos de usos e coberturas, têm impactos importantes nos sistemas socioeconômicos e ambientais, apresentando medidas estratégicas significativas para a cadeia produtiva do café.

Quando se tem como alvo lavouras de café, é preciso ter em conta que essas estão inseridas num contexto ambiental, havendo, portanto, interferências múltiplas, tanto dos objetos adjacentes, quanto das variações de suas próprias características. Dessa forma o solo, por exemplo, influencia a reflectância de superfícies compostas de vegetação e solos. Outro fator a se considerar é a exposição dessa superfície à luz incidente, em função da orientação da vertente causando diferentes efeitos resultantes de sombreamento (relevo muito movimentado propicia regiões sombreadas) e aumento ou redução da componente de radiação difusa. Além disso, estudos têm mostrado que o café apresenta uma resposta espectral complexa e variada que está relacionada aos parâmetros da cultura. Soma-se a isso o fato de que cafezais com mais de três anos de plantio, apresentam uma resposta espectral semelhante à mata (EPIPHANIO; LEONARDI; FORMAGGIO, 1994; VIEIRA et al., 2006).

Devido a estes fatores, no mapeamento de áreas cafeeiras os métodos de classificação baseados em conceitos estatísticos não têm alcançado os objetivos desejados, visto que se torna necessária ainda a interação humana, ou seja, a interpretação visual tem desempenhado um papel expressivo. Tendo em vista as dificuldades observadas no processo de reconhecimento de padrões em imagens, aplicações na classificação de imagens de sensoriamento remoto têm sido registradas na literatura, mostrando que as Redes Neurais Artificiais (RNAs) utilizadas para classificação de culturas agrícolas têm apresentado resultados superiores em relação aos métodos convencionais de classificação automática (CHAGAS et al., 2009; VIEIRA; LACERDA; BOTELHO, 2009).

As redes neurais têm sido aplicadas com sucesso nas áreas de processamento de imagens e reconhecimento de padrões (GONÇALVES et al., 2008). As RNAs usam elementos de computação não linear (chamados neurônios) organizados como redes, de maneira análoga à que se acredita que os neurônios estejam interconectados no cérebro humano (BRAGA; CARVALHO; LUDERMIR, 2007; GONZALES; WOODS, 2008). No caso particular de aplicações em classificação de imagens de sensoriamento remoto, diversos trabalhos (CHAGAS et al., 2010; LIU; XIAO, 1991; RUHOFF; FANTIN-CRUZ; COLLISCHONN, 2010) fizeram uso de RNA, aplicando uma rede de Perceptrons multicamadas (MLP - *Multi Layer Perceptron*) para resolver o problema de classificação. Esse tipo de rede caracteriza-se por assumir regiões de decisão semelhantes àquelas formadas por um classificador estatístico, porém com entradas não correlacionadas e distribuições diferentes para os dados (LIPPMANN, 1987).

Sendo assim, objetivou-se neste trabalho definir um procedimento de classificação automática utilizando Redes Neurais Artificiais para identificação de áreas cafeeiras em imagens de satélite da região de Machado-MG, que se encontra entre as mais importantes regiões cafeeiras do Sul de Minas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo encontra-se no Sul de Minas Gerais, localizada na região de Machado, delimitada pelas coordenadas 21º42’05’’ e 21º31’10’’ Sul e 46º02’38’’ e 45º47’30’’ Oeste. O ambiente é caracterizado por áreas elevadas, com altitudes de 780 a 1260 metros, clima ameno, sujeito a geadas, moderada deficiência hídrica, relevo suave ondulado a forte ondulado, com grande possibilidade de produção de bebidas finas, sistemas de produção de médio a alto nível tecnológico. O café produzido nas montanhas de Machado tem destaque internacional. Recentemente a cidade recebeu o título de capital mundial do café orgânico devido a seu pioneirismo nessa cultura.

Neste trabalho foram utilizadas imagens multiespectrais para classificação automática com RNA, que se referem às bandas 3, 4 e 5 do satélite Landsat 5, sensor TM, com data de passagem de 16/08/2007 (Figura 1), disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, e o mapa de uso da terra Machado-MG (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS

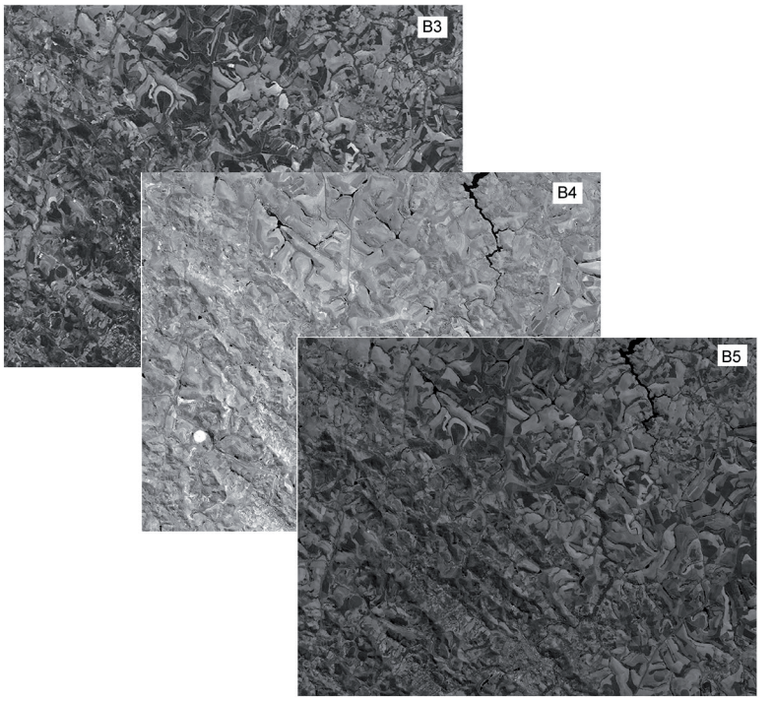


FIGURA 1 – Imagens TM/Landsat 5, bandas 3, 4 e 5.

GERAIS - EPAMIG, 2009) (Figura 2), classificado visualmente a partir da mesma imagem. Foram utilizados os sistemas de informações geográficas SPRING[6] versão 4.3.3 e o software IDRISI[7].

O diagrama da Figura 3 apresenta todas as etapas de desenvolvimento do trabalho.

Pré-processamentos

Foi realizado um processo de restauração nas imagens para melhorar a qualidade espacial dos dados (PAPA et al., 2008). O processo de restauração transformou os *pixels* que possuíam resolução espacial de 30m para 10m. Boggione e Fonseca (2003) explicam que as técnicas de restauração de imagens são orientadas para a modelagem da degradação e recuperação do sinal original que foi degradado durante o processo de formação de imagens.

Durante o processo de geração de imagens, a resolução espacial é degradada devido à difração óptica, ao tamanho do detector, às limitações do filtro eletrônico, canal de transmissão, etc. Essa degradação faz com que as imagens apresentem um aspecto borrado, que caracteriza a perda de detalhes. Com técnicas de restauração, é possível melhorar a resolução efetiva da imagem até certo nível (BOGGIONE; FONSECA, 2003).

Em seguida, foi criada uma máscara ao longo da rede de drenagem (Figura 4), utilizando a Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), do SPRING, em cada uma das três bandas. Foram utilizadas as linhas de drenagem digitais do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), e sobre elas, criado um buffer de 50m e atribuído o valor dez aos pixels que se encontravam nessas áreas. Esse procedimento foi realizado para tentar eliminar o erro causado pela classificação da RNA, uma vez que ao longo da drenagem existem pequenas áreas de mata que se confundem com café ou qualquer outra classe de uso. Foi criada, também, uma máscara na área

[6] http://www.dpi.inpe.br/spring/
[7] CLARK LABS. **IDRISI Andes.** Version 15.00. Worcester: Clark University, 2006.

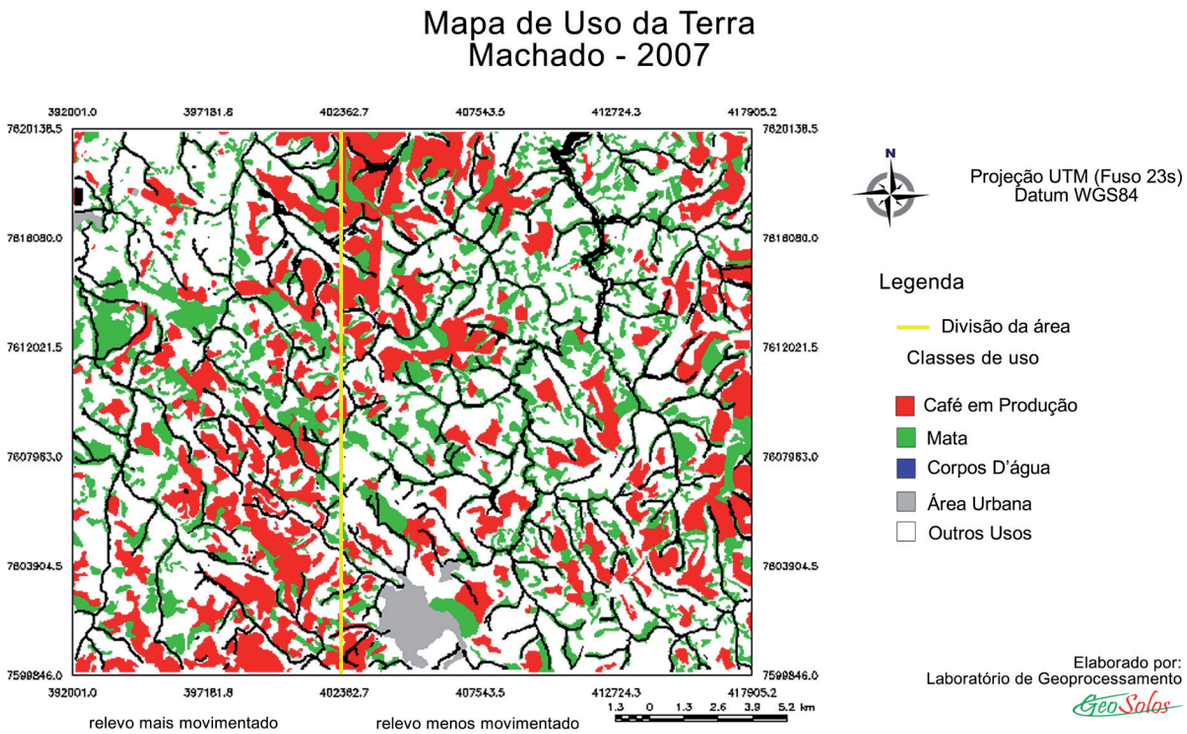


FIGURA 2 – Mapa de uso da terra classificado visualmente com a máscara de drenagem**.**

urbana de Machado e atribuído o valor dos pixels em 255.

Após a criação da máscara, a imagem foi dividida em duas partes, uma com relevo mais movimentado e outra com relevo menos movimentado. Utilizou-se o software SPRING para realizar a divisão da imagem, sendo que a separação dos ambientes ocorreu em linha reta (por questão de simplificação), como pode ser visto na imagem RGB apresentada na Figura 4. De acordo com Lacerda et al. (2001), na região de Machado existem dois ambientes geomórficos: Ambiente Geomórfico N-NE-E, em relevo predominantemente plano a ondulado, ocorrendo na região norte, nordeste e leste em relação ao núcleo urbano; e Ambiente Geomórfico WNW, ocorrendo relevo predominantemente ondulado a montanhoso na região oeste e noroeste em relação ao núcleo urbano. O ambiente mais movimentado da imagem apresenta sombreamento em algumas áreas, o que dificulta a classificação da imagem pela rede neural, enquanto que o ambiente menos movimentado está menos propício à ocorrência de sombras. A separação dos ambientes permite à rede neural identificar melhor as classes, pois, se aplicada sobre toda a imagem poderia não apresentar bons resultados, porque o mau desempenho de um ambiente prejudicaria o resultado do outro.

Treinamento da RNA

A obtenção de áreas para treinamento da RNA foi realizada por meio da extração de áreas em formato de polígonos da imagem para cada classe a ser classificada. Para auxílio na definição das amostras de treinamento foi utilizado um mapa temático de uso da terra da região selecionada, classificado visualmente. Foram selecionados entre 45 e 50 polígonos de tamanhos variados e espaçados ao acaso para cada classe, compostas da seguinte forma: **café em produção**: lavouras com idade superior a três anos; **mata**: formações florestais densas e florestas de galeria às margens dos córregos; área urbana: área com

grande concentração de construções; água: lagoas, represas e a máscara na rede de drenagem; e **outros usos**: áreas com café em formação (menor que três anos), áreas com culturas anuais em diversos estágios de desenvolvimento, pastagens e outros tipos de vegetação. A classe "outros usos" agregou diversas áreas para que essas áreas não interferissem na classificação da RNA, uma vez que o objetivo principal do trabalho era identificar as áreas cafeeiras existentes na imagem.

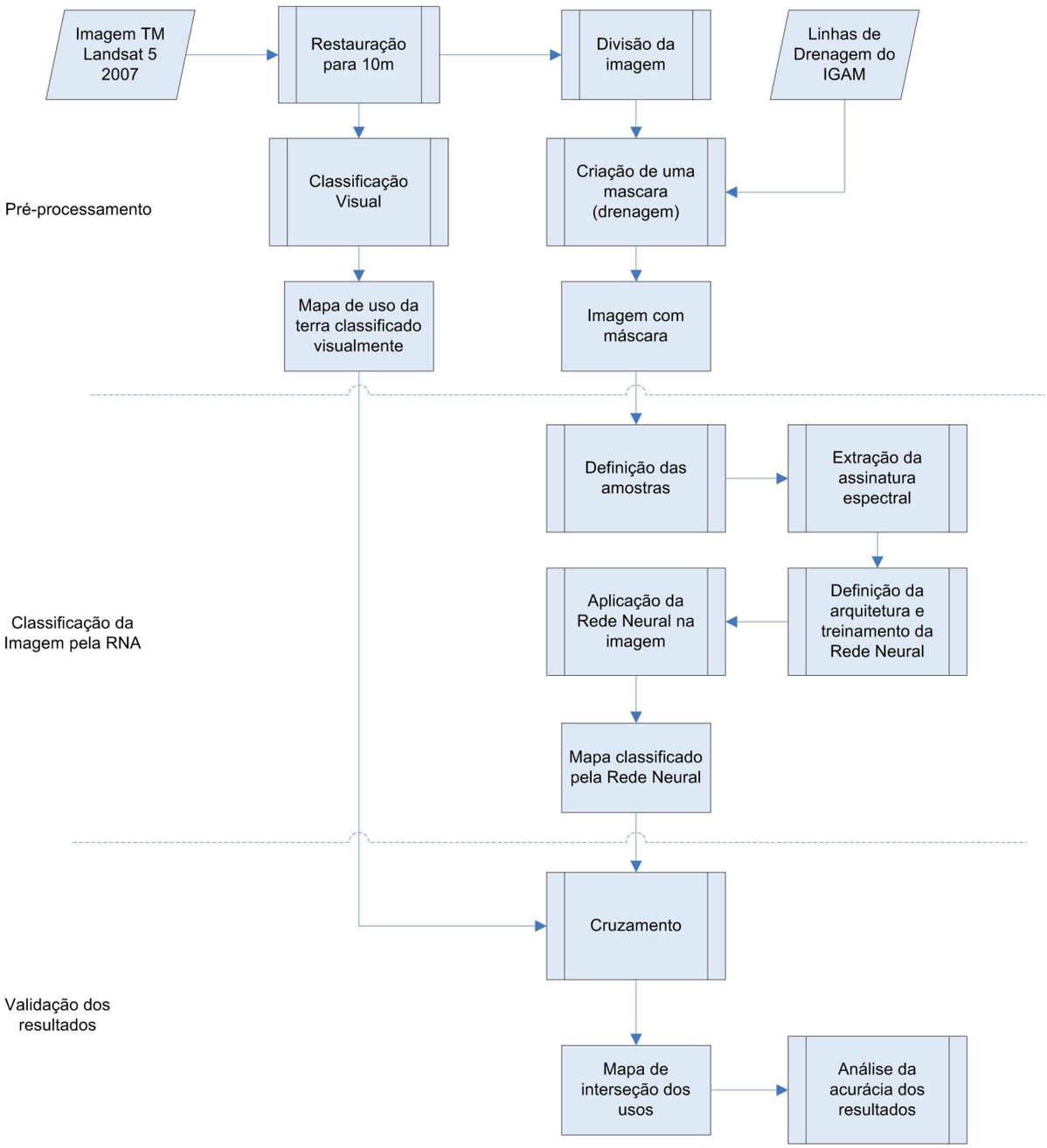
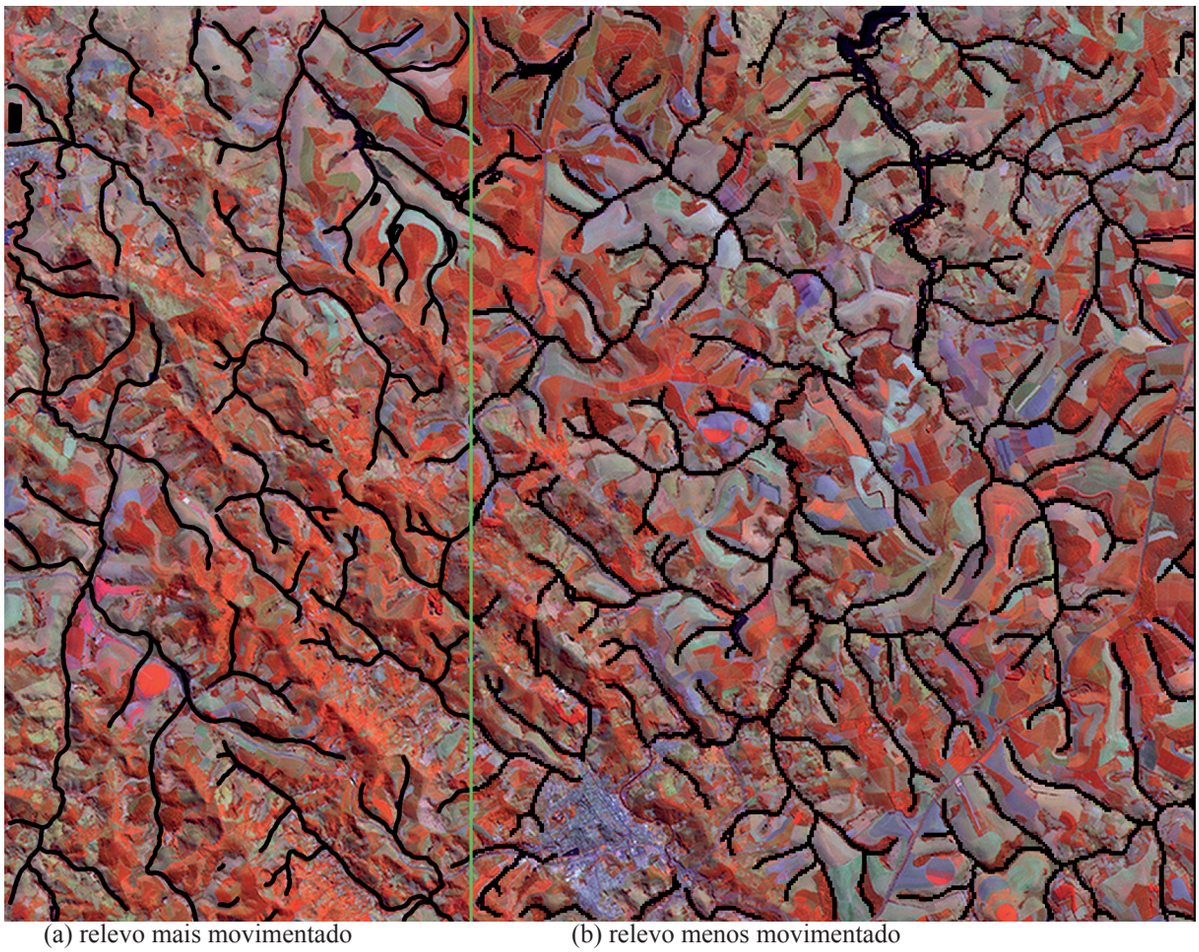


FIGURA 3 – Metodologia do trabalho.



(a) relevo mais movimentado (b) relevo menos movimentado

FIGURA 4 – Imagem composição RGB com máscara de drenagem: (a) relevo mais movimentado (b) relevo menos movimentado.

Após obtenção das áreas de treinamento, foi utilizado o módulo *Makesig* do IDRISI para realizar a extração da assinatura espectral do conjunto de amostras. Para definição da arquitetura da RNA para classificação da imagem, foi executado o módulo de classificação por redes neurais do tipo *multi layer perceptron* (MLP), do software IDRISI, com treinamento supervisionado. O número de elementos da camada de saída foi definido com base no número de classes a serem classificadas na imagem, sendo cinco nós com valores identificados na criação das amostras.

A RNA foi treinada com algoritmo *backpropagation*, realizando as seguintes alterações na arquitetura da RNA: número do conjunto de pixels para o conjunto de treinamento e teste; número de camadas; número de neurônios nas camadas; fator de momentum e taxa de aprendizado. Em seguida, a melhor rede treinada foi aplicada sobre a área de estudo, identificando automaticamente as classes definidas durante a coleta das amostras, resultando em um mapa temático.

Validação dos resultados

Um mapeamento temático baseado em imagens de satélite necessita ser validado para que as informações geradas possam ser

confiáveis. Utilizando-se a linguagem LEGAL do software SPRING, foram realizados cruzamentos entre o mapa classificado visualmente com os classificados automaticamente pela melhor rede neural treinada. O resultado desse cruzamento é uma matriz de confusão, a partir da qual é possível obter os coeficientes de concordância para validar a exatidão da classificação.

A matriz de confusão é uma matriz quadrada de números que expressam a quantidade de unidades amostrais, associada a uma dada categoria durante o processo de classificação efetuado, e à categoria real a que pertencem essas unidades (CONGALTON, 1991; SOUSA et al., 2010).

Utilizou-se o índice Kappa (GÓES; MELLO FILHO; CARVALHO, 2006) para avaliar o desempenho da RNA. O uso desse coeficiente é satisfatório na avaliação da precisão de uma classificação temática, pelo fato de levar em consideração toda a matriz de confusão no seu cálculo, inclusive os elementos de fora da diagonal principal, os quais representam as discordâncias na classificação (FRANCA; SANO, 2011).

O índice Kappa é uma medida da concordância real (indicado pelos elementos diagonais da matriz de confusão) menos a concordância por chance (indicado pelo produto total da linha e coluna) (MOREIRA, 2005), conforme segue:

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^{r} x_{ii} - \sum_{i=1}^{r} (x_{i+}\, x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^{r} (x_{i+}\, x_{+i})}$$

sendo: K = índice Kappa; N = quantidade total de pontos amostrais; r = número de linhas da matriz de erro; xii = valor na linha i e coluna i; xi+ = soma da linha i; x+i = soma da coluna i. Os níveis utilizados para avaliar a qualidade da classificação, baseados no valor Kappa obtido, são os propostos por Nanni et al. (2010).

A análise do desempenho da RNA também foi avaliada através de um mapa, constituído de três classes, sendo elas: Áreas classificadas corretamente: pixels de áreas de café classificadas pela RNA e pelo método visual; Áreas classificadas incorretamente: pixels que a RNA classificou como café, porém não eram áreas cafeeiras e Áreas não classificadas: pixels que a RNA deixou de classificar como café, classificando como outra classe.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para definir o número de camadas escondidas e o número de neurônios de cada camada foram realizadas diversas implementações com diferentes arquiteturas de rede e verificado o desempenho de cada rede treinada. O número de camadas escondidas e o número de elementos nessas camadas foram definidos experimentalmente, tendo sido avaliadas arquiteturas com uma e duas camadas escondidas. Alguns dos resultados obtidos constam da Tabela 1.

As configurações de teste e treinamento da rede neural utilizadas foram as mesmas tanto para o relevo mais movimentado, quanto para o relevo menos movimentado. A Tabela 1 exibe as configurações utilizadas, e em destaque as que apresentaram melhores resultados.

A rede que apresentou melhor resultado para o relevo menos movimentado possuía 18 neurônios em uma única camada escondida e 5 neurônios na saída, sendo cada amostra com 70 pixels de imagem, taxa de aprendizado de 0,02; fator de momentum de 0,53 para agilizar na convergência da rede; e constante de sigmóide de 1. Para o relevo mais movimentado, a RNA que obteve melhor resultado também possuía apenas uma camada escondida, porém com 14 neurônios, taxa de aprendizado de 0,01 e fator de momentum 0,5. Como critério de parada do treinamento da rede foi estabelecido, para ambas as partes, erro médio quadrático (EMQ) de 0,0001 ou 10.000 iterações (o que ocorrer primeiro). A parada do treinamento da RNA aconteceu pelo número de iterações do algoritmo *backpropagation*, resultando em um valor final de EQM para os dados de treinamento e de teste.

De acordo com a Tabela 1, a rede neural obteve melhor desempenho com uma camada escondida. As camadas intermediárias trabalham com estimativas de erro para ajustes dos pesos de entrada dos neurônios, as quais, em maior quantidade, levam a problemas de convergência

TABELA 1 – Configurações utilizadas no treinamento.

Conf.	Pixel[1*]	Nº de camadas internas	Neurônios		Taxa de aprend.	Mom.	Iterações	EMQ (relevo menos movimentado)		EMQ (relevo mais movimentado)	
			1ª Cam.	2ª Cam.				Trein.	Teste	Trein.	Teste
1	60	1	16	-	0,01	0,5	10000	0,005661	0,005841	0,00501	0,005715
2	60	2	20	14	0,01	0,5	10000	0,004914	0,005907	-	-
3	**65**	**1**	**14**	**-**	**0,01**	**0,5**	**10000**	**-**	**-**	**0,005491**	**0,005474**
4	65	1	18	-	0,01	0,5	10000	-	-	0,005231	0,005599
5	65	1	18	-	0,01	0,5	10000	0,004861	0,005471	0,005231	0,005599
6	65	2	24	18	0,01	0,53	10000	0,005129	0,005137	-	-
7	70	1	16	-	0,01	0,5	10000	0,005062	0,005216	0,004369	0,005332
8	70	2	16	10	0,01	0,5	10000	0,00497	0,005185	-	-
9	70	1	18	-	0,01	0,5	10000	0,004771	0,005381	0,005116	0,00514
10	**70**	**1**	**18**	**-**	**0,02**	**0,53**	**10000**	**0,00472**	**0,004984**	**0,00465**	**0,005073**

* Número de pixels selecionados para o conjunto de treinamento e teste.

da rede (sobreajuste). Observando os resultados obtidos no relevo menos movimentado, percebeu-se que aumentando o número de pixels das amostras dos conjuntos de treinamento e teste, a rede produziu melhores resultados com um número de neurônios da primeira camada variando entre 16 e 18. No relevo mais movimentado, a rede que obteve melhores resultados também possuía um número pequeno de neurônios na camada intermediária. O bom desempenho na utilização de apenas uma camada oculta pode ser visto também no trabalho dos pesquisadores Boschi e Galo (2007) que aplicaram uma rede do tipo MLP na classificação da cobertura do solo urbano de Presidente Prudente e obtiveram resultados satisfatórios na discriminação das variações na cobertura do solo urbano.

O desempenho da melhor rede neural obtida foi testado gerando-se o índice Kappa entre o mapa classificado pela RNA e o de uso da terra classificado visualmente. A Figura 5 apresenta a classificação realizada pela RNA nos dois ambientes.

O índice de exatidão global do mapa classificado pela RNA foi de 73.33% para o relevo menos movimentado e 70.42% para o relevo mais movimentado. O índice de acurácia Kappa foi de 0,558 para o relevo mais movimentado e 0,602 para o relevo menos movimentado, que segundo Nanni et al. (2010) são índices bom e muito bom. Os índices obtidos na classificação por RNA podem ter sido prejudicados pelos fatores ambientais que interferem no padrão espectral da imagem, tais como variações do estágio fenológico, vigor vegetativo, do espaçamento das plantas nas lavouras e dos tratos culturais utilizados, existência de culturas intercalares, maior sombreamento devido ao relevo acidentado e baixa resolução espacial das imagens Landsat utilizadas. Contudo, se comparados aos resultados obtidos por Marques (2003) e Santos et al. (2007), que utilizaram os algoritmos de classificação automática Battacharya e Maxver, na mesma região cafeeira para mapeamento de uso da terra, a RNA apresentou melhor resultado.

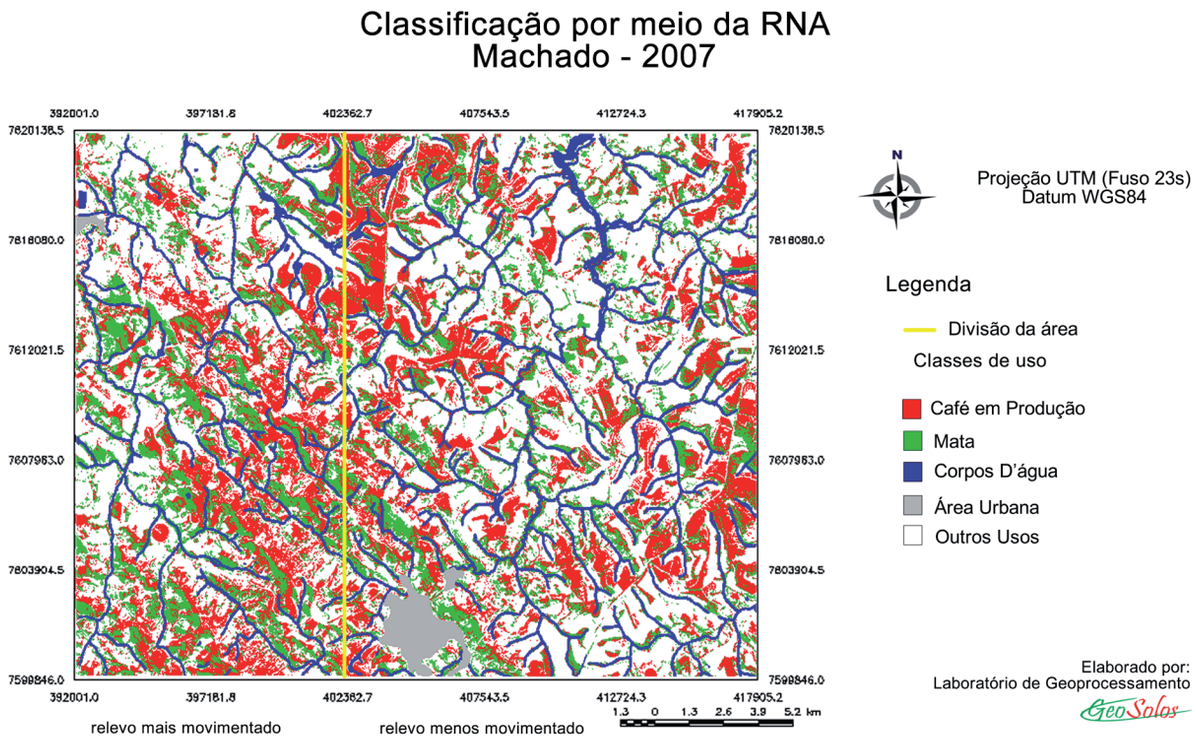


FIGURA 5 – Mapa de uso da terra classificado pela RNA.

Marques (2003) aplicou os classificadores automáticos Battacharya (classificador por região) e Maxver (classificador pixel a pixel) em imagens Landsat 7 ETM+ do ano 2000 e, apesar dos baixos índices de acurácia Kappa, Maxver com 0,39 e Battacharya com 0,42, o autor concluiu que os classificadores tiveram um desempenho moderado, pois a área possui um relevo que dificulta a classificação. Já Santos et al. (2007) utilizaram os mesmos classificadores automáticos em imagens Landsat 5 TM do ano de 2005, na mesma área e obteve baixos índices de acurácia Kappa, sendo 0,202 para o classificador Battacharya e 0,25 para o Maxver. Os autores concluíram que o baixo desempenho das classificações pode ser explicado por essa região possuir um relevo muito movimentado, proporcionando regiões sombreadas e lavouras cafeeiras contíguas a fragmentos de vegetação nativa, os quais apresentam resposta espectral semelhante à da lavoura de café.

Na Tabela 2 é apresentada a matriz de confusão entre os mapas de referência e o classificado pela RNA. A matriz contém os erros de omissão e comissão, exatidão do consumidor e produtor para cada classe. Os valores destacados em cinza são das áreas com relevo menos movimentado.

Analisando a matriz de confusão, pode-se observar que no relevo menos movimentado a rede classificou melhor as áreas cafeeiras, com uma porcentagem de acerto de 63,60% (exatidão do produtor), que corresponde a aproximadamente 55% da área real de café, representados pela exatidão do consumidor. Aproximadamente 44% da área mapeada como café não correspondia espacialmente ao real, o que equivale aos erros de comissão para essa classe. No relevo mais movimentado, a rede conseguiu um acerto um pouco menor, de 59,06%. Como era de se esperar, o relevo menos movimentado apresentou melhor resultado devido a menor interferência da sombra na reflectância do dossel do cafeeiro. Outro fator importante foi a criação de máscaras na rede de drenagem, eliminando o erro de classificação entre as classes temáticas mata e café ao longo

dos drenos, e, assim, melhorando o resultado da classificação da RNA.

A classe outros usos que engloba café em formação, culturas anuais em diversos estágios de desenvolvimento, pastagens e outros tipos de vegetação, também pode ser considerada como uma boa classificação, variando entre 75 e 82%, apresentando pequena confusão com áreas de café e mata.

Outra dificuldade de classificação apresentada pela RNA pode ser observada na classe mata, que obteve como acerto 42% e 50% para o relevo menos movimentado e para o relevo mais movimentado, respectivamente. A classificação da mata teve grande confusão com áreas de café, devido ao padrão espectral muito próximo (VIEIRA et al., 2006), e apresentou também grande confusão com áreas de outros usos, devido a fatores já discutidos anteriormente.

A classe água apresentou exatidão superior a 90%, porque durante a criação da máscara foi atribuído o valor 10 aos pixels que se encontravam nas áreas cobertas pelo *buffer* e nas áreas de água. A classe área urbana teve uma boa classificação, com índices superiores a 95%, pois também foi criada uma máscara com pixels no valor de 255.

O mapa de referência e o gerado pela classificação da RNA foram cruzados no SPRING, utilizando a linguagem LEGAL. Desse cruzamento obteve-se o mapa temático apresentado na Figura 6, em que consta, espacialmente, o desempenho da RNA, e apresenta as seguintes classes temáticas: áreas corretamente classificadas, áreas classificadas incorretamente e áreas não classificadas.

TABELA 2 – Matriz de confusão com os erros de omissão e comissão, exatidão do consumidor e produtor, índice de exatidão global e kappa, obtidos entre os mapas de referência e o classificado pela RNA.

		Mapa Classificado pela RNA (km²)							
		Café em Produção	**Mata**	**Água**	**Área Urbana**	**Outros Usos**	**TOTAL**	**Erro de omissão**	**Exatidão do produtor**
Mapa Classificado Visualmente (km²)	**Café em Produção**	**40.801**	9.0397	0.205	0.01	14.0987	64.1544	36%	63.60%
		27.1553	9.4697	0.0001	0.0054	9.3493	45.9798	40.94%	59.06%
	Mata	14.875	**22.3209**	1.2182	0.0134	14.2844	52.7119	58%	42.35%
		9.5603	**17.254**	0.0051	0.0006	7.4564	34.2764	49.66%	50.34%
	Água	0.4812	0.8532	**33.9702**	0.2273	1.5846	37.1165	8%	91.52%
		0.0001	0.0002	**21.3333**	0	0.0015	21.3351	0.01%	99.99%
	Área Urbana	0.0215	0.0313	0.0069	**6.0838**	0.08	6.2235	2%	97.76%
		0	0	0	**0.516**	0.0001	0.5161	0	99.98%
	Outros Usos	13.1591	11.913	1.6071	0.1669	**127.4844**	154.3305	17%	82.60%
		12.4853	12.6592	0.014	0.011	**79.0199**	104.1894	24.16%	75.84%
	TOTAL	69.3378	44.1581	37.0074	6.5014	157.5321	314.5368		
		49.201	39.3831	21.3525	0.533	95.8272	206.2968		
	Erro de omissão	44.48%	41.43%	8.18%	6.71%	19.47%			
		47.95%	64.56%	0.09%	3.29%	16.13%			
	Exatidão do produtor	55.52%	58.57%	91.82%	93.29%	80.53%			
		52.05%	35.44%	99.91%	96.71%	83.87%			
	Índice de exatidão global		73.33%		**Kappa**		0.602		
			70.42%				0.558		

* Cada célula da tabela contém dois valores, referentes as duas áreas classificadas pela rede neural (relevo menos movimentado, relevo mais movimentado).

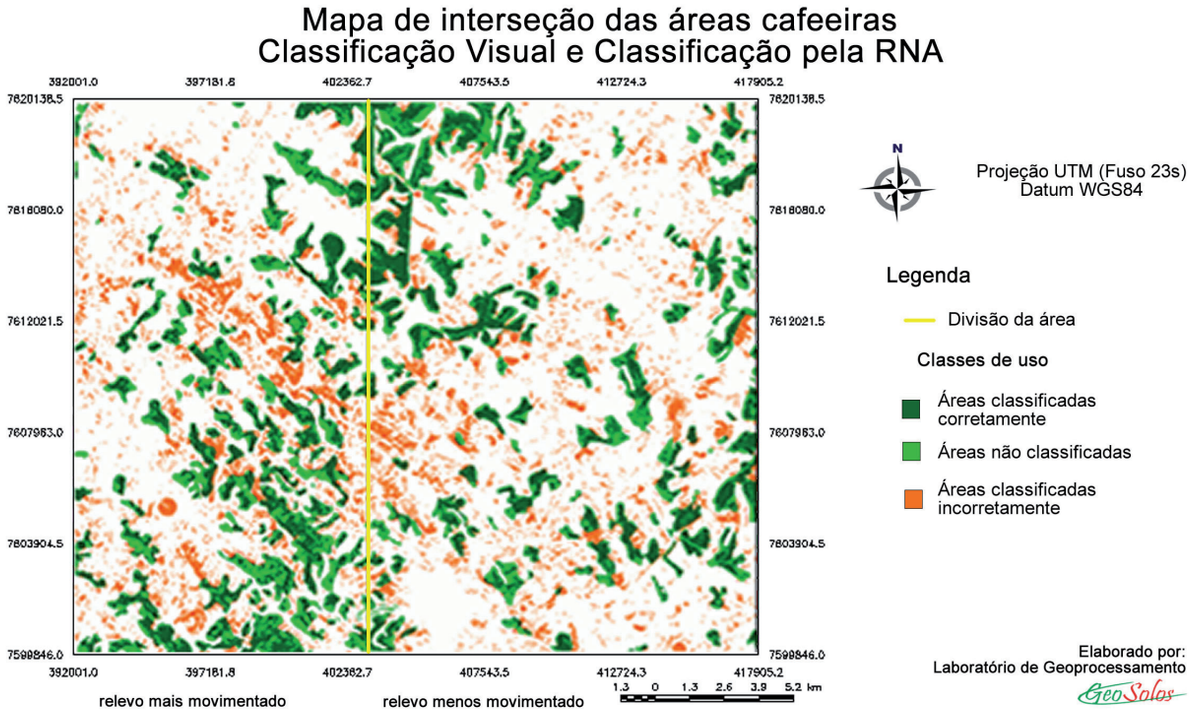


FIGURA 6 – Mapa de cruzamento das áreas de café entre o mapa de referência e o classificado pela RNA.

A área total do mapa é de 520 km^2, sendo 110,13 km^2 de áreas cafeeiras. Os mapas apresentam o desempenho da RNA sobre a classe café, em que o café classificado corretamente equivale a 67,95 km^2, o classificado incorretamente a 50,58 km^2 e as áreas de café não classificadas a 42,18 km^2. Analisando as áreas separadamente, o relevo menos movimentado possui 69,34 km² de áreas cafeeiras, sendo classificadas corretamente pela RNA 40,80 km^2, e 28,54 km² em áreas classificadas incorretamente. Já o relevo mais movimentado possui 49,20 km² de áreas cafeeiras, sendo 27,15 km² classificadas corretamente e 22,04 km² classificadas incorretamente.

4 CONCLUSÕES

Este trabalho demonstrou o potencial das redes neurais artificiais na classificação automática de imagens de satélite para identificação de áreas cafeeiras, obtendo-se na acurácia da classificação índices superiores aos encontrados na literatura.

A separação dos ambientes geomórficos e a inclusão das máscaras na rede de drenagem e na área urbana no pré-processamento possibilitaram a diminuição da variabilidade dos alvos observados nas imagens.

Trabalhos futuros propondo a divisão dos diferentes ambientes geomórficos por meio de um mapa de declividade, derivado de um Modelo Digital de Elevação, poderão ser realizados separando com mais precisão as áreas com diferentes relevos. Também como propostas futuras, incorporar à estrutura da RNA atributos como forma e textura dos alvos, visto que esses são os atributos utilizados pela interpretação visual, em momentos em que apenas a resposta espectral não é suficiente.

5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao CBP&D/Café , pelos recursos financeiros disponibilizados para o desenvolvimento do projeto e bolsas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOGGIONE, G. A.; FONSECA, L. M. G. Restoration of Landsat-7 images. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT: INFORMATION FOR RISK MANAGEMENT AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 30., 2003, Honolulu. **Proceedings...** Honolulu: ISRSE, 2003. 1 CD-ROM.

BOSCHI, L. S.; GALO, M. L. B. T. Análise da incerteza na representação de classes de cobertura do solo urbano resultantes da aplicação de uma rede neural artificial. **Revista Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 13, n. 1, p. 22-41, jan./jun. 2007.

BRAGA, A. P.; CARVALHO, A. C. P. L. F.; LUDERMIR, T. B. **Redes neurais artificiais:** teoria e aplicações. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 226 p.

CHAGAS, C. S. et al. Atributos topográficos e dados do Landsat 7 no mapeamento digital de solos com uso de redes neurais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 497-507, maio 2010.

_____. Utilização de redes neurais artificiais na classificação de níveis de degradação em pastagens. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 319-327, 2009.

CONGALTON, R. G. A review of assessing the accuracy classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 49, n. 12, p. 1671-1678, Dec. 1991.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Centro Tecnológico do Sul de Minas. Laboratório de Geoprocessamento. **Geosolos**. Lavras, 2009. Disponível em: <http://www.epamig.br/geosolos/>. Acesso em: 18 fev. 2010.

EPIPHANIO, J. C. N.; LEONARDI, L.; FORMAGGIO, A. R. Relações entre parâmetros culturais e resposta espectral de cafezais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 439-447, mar. 1994.

FRANCA, A. M. S.; SANO, E. E. Mapeamento de áreas de Campo Limpo Úmido no Distrito Federal a partir de fusão de imagens multiespectrais. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 197-209, 2011.

GÓES, C. A.; MELLO FILHO, W. L.; CARVALHO, M. Avaliação do desempenho de diferentes classificadores (Isoseg, Bhattacharyya, Maxwer e Maxwer-ICM), utilizando imagens CCD/CBERS-1 e ETM+/Landsat-7 fusionadas. **Revista Ambi-Água**, Taubaté, v. 1, n. 2, p. 80-89, 2006.

GONÇALVES, M. L. et al. Classificação não-supervisionada de imagens de sensores remotos utilizando redes neurais auto-organizáveis e métodos de agrupamento hierárquicos. **Revista Brasileira de Cartografia**, Campina Grande, v. 60, n. 1, p. 17-29, 2008.

GONZALES, R. C.; WOODS, R. E. **Digital image processing**. 3rd ed. New York: Prentice Hall, 2008.

LACERDA, M. P. C. et al. Caracterização de agroecossistemas cafeeiros de Minas Gerais por meio do SPRING: parte II, agroecossistema de Machado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Café, 2001. 1 CD-ROM.

LIPPMANN, R. P. An introduction to computing with neural nets. **IEEE ASSP Magazine**, Ottawa, v. 4, p. 4-22, 1987.

LIU, Z. K.; XIAO, J. Y. Classification of remotely-sensed image data using artificial neural networks. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 12, n. 11, p. 2433-2438, Nov. 1991.

MARQUES, H. S. **Uso de geotecnologias no estudo das relações entre solos, orientação de vertentes e o comportamento espectral de áreas cafeeiras em Machado, Minas Gerais**. 2003. 82 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 320 p.

NANNI, M. R. et al. Discriminação de unidades de paisagem para fins de levantamentos pedológicos por meio da resposta espectral orbital. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 555-561, 2010.

PAPA, J. P. et al. Convex restriction sets for CBERS-2 satellite image restoration. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 29, p. 443-458, 2008.

RUHOFF, A.; FANTIN-CRUZ, I.; COLLISCHONN, W. Modelos de simulação dinâmica do desmatamento na Amazônia. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 11, n. 36, p. 258-268, dez. 2010.

SANTOS, W. J. R. et al. Exatidão de classificações automáticas de uma imagem Landsat 5 TM para a região cafeeira de Machado, MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Café, 2007. 1 CD-ROM.

SOUSA, B. F. S. et al. Avaliação de classificadores baseados em aprendizado de máquina para classificação do uso e cobertura da terra no bioma Caatinga. **Revista Brasileira de Cartografia**, Campina Grande, v. 62, n. 2, p. 385-399, 2010. Edição especial.

VIEIRA, T. G. C. et al. Crop parameters and spectral response of coffee (*Coffea arabica* L.) areas within the state of Minas Gerais, Brazil. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 111-118, 2006.

VIEIRA, T. G. C.; LACERDA, W. S.; BOTELHO, T. G. Mapeamento de áreas cafeeiras utilizando redes neurais artificiais: estudo de caso na região de Três Pontas, Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. 1 CD-ROM.

TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO DE CONHECIMENTOS APLICADAS À MODELAGEM DE OCORRÊNCIA DA CERCOSPORIOSE (*Cercospora coffeicola Berkeley & Cooke*) EM CAFEEIROS NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS

Vanessa Cristina Oliveira de Souza[1], Rodrigo Luz da Cunha[2], Lívia Naiara Andrade[3], Margarete Marin Lordelo Volpato[4], Vicente Luiz de Carvalho[5], Ahmed Ali Abdalla Esmin[6]

(Recebido: 15 de agosto de 2011; aceito 4 de junho de 2012)

RESUMO: O levantamento do progresso da cercosporiose torna-se potencialmente útil e compreensível no entendimento da doença e no processo de tomada de decisão para medidas de controle. Nos últimos anos, programas computacionais têm ajudado a elucidar quais fatores bióticos ou abióticos são mais representativos. Objetivou-se, neste trabalho, investigar, utilizando técnicas de extração do conhecimento, quais atributos ambientais e fenológicos mais influenciam na ocorrência da cercosporiose em cafeeiros no Sul de Minas Gerais, sob dois sistemas de cultivo: convencional e orgânico. Para isso, foram organizados dados de incidência de cercosporiose nos dois sistemas de cultivo, com dados climáticos e fenológicos da cultura, em um período de cinco anos de avaliação. Em seguida, um algoritmo de extração do conhecimento baseado em árvore de decisão foi utilizado para obter os atributos que mais favorecem a ocorrência da cercosporiose. Os modelos gerados tiveram 60% de taxa de acerto e mostraram que a temperatura média foi o atributo de maior influência na totalidade dos dados e para o sistema convencional de cultivo. No manejo orgânico, a precipitação mensal e a fenologia são os fatores que mais interferem na ocorrência da doença.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, mineração de dados epidemiológicos, epidemiologia de doenças de plantas.

TECHNICAL KNOWLEDGE EXTRACTION APPLIED TO MODELING OF OCCURRENCE (Cercospora coffeicola Berkeley & Cooke) COFFEE IN THE SOUTHERN REGION OF MINAS GERAIS

ABSTRACT: *The survey of the progress of Cercospora leaf spot becomes potentially useful and understandable in understanding the disease process and in decision making for control measures. In the last years, computer programs have helped to elucidate what factors are biotic or abiotic more representative. The aim of this work was to investigate, using knowledge extraction techniques, which phenological and environmental attributes most influence on the occurrence of Cercospora leaf spot on coffee trees in southern Minas Gerais, under two tillage systems: conventional and organic. For this, data were organized incidence of Cercospora leaf spot in both cropping systems, with climatic data and phenological crop in a period of five years of evaluation. Then an algorithm based on knowledge extraction decision tree was used to obtain the attributes that most favor the occurrence of Cercospora leaf spot. The generated models were 60% hit rate and showed that the average temperature of the attribute was greater influence on the entire data and the conventional culture system. In organic management, the precipitation and phenology are the factors that most influence the occurrence of disease.*

Index terms: *Coffea arabica L., epidemiological data mining, epidemiology of plant diseases.*

1 INTRODUÇÃO

A cercosporiose, também conhecida como mancha-de-olho-pardo, olho pardo, mancha parda ou olho de pombo, é uma das doenças mais antigas do cafeeiro, causada pela *Cercospora coffeicola* Berk & Cook. Os sintomas característicos, que conferem essas denominações à doença nas folhas

[1]Universidade Federal de Itajubá/UNIFEI - Instituto de Ciências Exatas - Departamento de Matemática e Computação (ICE/DMC) - Cx. P. 50 - 37500-903 - Itajubá - MG - vanessa.vcos@gmail.com
[2]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Unidade Regional do Sul de Minas (URESM) - Cx. P. 176 - 37200-000 - Lavras -MG - rodrigo@epamig.ufla.br
[3]Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Ciência da Computação/DCC - Cx. P. 3037 37200-000 - Lavras - MG - livia.naiara.andrade@ufla.br
[4]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Unidade Regional do Sul de Minas (URESM) - Cx. P. 176 - 37200-000 - Lavras - MG - margarete@epamig.ufla.br
[5]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Unidade Regional do Sul de Minas (URESM) - Cx. P. 176 - 37200-000 - Lavras - MG - vicentelc@epamig.ufla.br
[6]Universidade Federal de Lavras /UFLA - Departamento de Ciência da Computação/DCC - Cx. P. 3037 37200-000 - Lavras - MG - aesmin@gmail.com

são manchas circulares de coloração castanho-claro a escuro, com o centro branco acinzentado, quase sempre envolvido por um halo amarelado; e nos frutos são lesões deprimidas alongadas no sentido dos polos (CARVALHO; CHALFOUN; CUNHA, 2010).

A doença está amplamente disseminada por todas as regiões cafeeiras brasileiras, causando prejuízos tanto na fase de viveiro como no campo, em plantas novas e adultas, atacando folhas e frutos (CARVALHO; CHALFOUN, 2000). O período de maior incidência da cercosporiose no campo vai de janeiro a maio, quando, em lavouras adultas, causa severa desfolha, maturação e queda prematura dos frutos, aumento do número de grãos chochos além da aderência da polpa ao pergaminho, o que dificulta a despolpa, causando reflexos negativos sobre a produtividade e a qualidade do produto final (CARVALHO; CHALFOUN, 1998; CHALFOUN, 1997). Segundo Pozza et al. (2001), a cercosporiose pode reduzir de 15% a 30% a produtividade no campo, tornando-se sério problema para a economia cafeeira.

A maior ou menor intensidade das doenças está associada ao ambiente, ao patógeno, ao hospedeiro e ao manejo da cultura (CARVALHO; CHALFOUN; CUNHA, 2010). Segundo Salgado et al. (2007), a obtenção de êxito no manejo da cultura depende do conhecimento dos fatores que influenciam o desenvolvimento das doenças. No que diz respeito ao ambiente, a pluviosidade, a temperatura e a umidade do ar afetam tanto a incidência quanto a severidade da doença.

Além das condições climáticas, a nutrição deficiente e/ou desequilibrada em solos muito argilosos, muito arenosos ou solos compactados, assim como sistemas radiculares deficientes ou pião torto, são fatores que predispõem as plantas à doença. As condições do solo e do sistema radicular influenciam diretamente a nutrição da planta. Vários trabalhos indicam que a nutrição deficiente ou desequilibrada tem efeito direto na intensidade de ataque da cercospora (CARVALHO et al., 2008; POZZA et al., 2001; TALAMINI et al., 2001).

Apesar da importância da cercosporiose, pouco se sabe sobre seu agente causal, a *Cercospora coffeicola* (MARTINS; MAFFIA; MIZUBUTI, 2008). As determinações das condições ambientais que favorecem a doença são genéricas, como alta umidade relativa, temperatura entre 10 e 25ºC, excesso de insolação e déficit hídrico (ALMEIDA, 1986; ZAMBOLIM et al., 1997). Pozza e Alves (2008), determinaram, para ambientes controlados, a alta favorabilidade de ocorrência da cercosporiose em regiões com temperatura mensais médias entre 18 e 24ºC e precipitação média de 3mm/dia. No entanto, Santos et al. (2008b), ressaltam que esse conhecimento foi gerado a partir de estudos da doença em cafeeiros conduzidos em sistema de produção denominado convencional, no qual a nutrição das plantas baseia-se no uso de adubos minerais prontamente solúveis e que, até o momento, pouco se estudou sobre a intensidade da cercosporiose em sistema de produção orgânico.

O controle efetivo de uma doença depende de amplo conhecimento das condições ambientais que a favorecem e de técnicas e ferramentas que permitam ampliar o conhecimento sobre o seu comportamento.

A descoberta de conhecimento em bancos de dados (*Knowledge Discovery in Database* - KDD) é o processo de identificar em um conjunto de dados, padrões que sejam válidos, previamente desconhecidos, potencialmente úteis e compreensíveis, visando melhorar o entendimento de um problema ou processo de tomada de decisão (FAYYAD et al., 1996).

A Mineração de Dados (MD), uma das etapas do KDD, não é um processo trivial, que consiste na habilidade de identificar, nos dados, padrões válidos, novos e significativos, envolvendo métodos estatísticos, ferramentas de visualização e técnicas de inteligência artificial. Porém, o conhecimento que é possível adquirir através da MD tem sido muito útil nas mais diversas áreas, como na medicina, finanças, marketing, meteorologia, agricultura e pecuária, bioinformática, entre outros. A MD estende a capacidade de gerar e validar hipóteses e por isso podem ocorrer conhecimentos novos (inesperados), proveitosos e interessantes (BUCENE; RODRIGUES; MEIRA, 2002; GALVÃO; MARIN, 2009).

Mucherino et al. (2009) apresentam o uso de técnicas de mineração de dados na agricultura

que é um campo de pesquisa relativamente novo. Porém, os mesmos afirmam que técnicas eficientes podem ser desenvolvidas para resolver problemas complexos nessa área.

Uma das técnicas de mineração de dados é chamada classificação, cujo objetivo é identificar características distintas de classes predefinidas, baseadas num conjunto de instâncias. Amplamente utilizadas em algoritmos de classificação, as árvores de decisão representam, de forma simples e eficiente, o conhecimento. Nas árvores de decisão, os nós representam os atributos; as arestas recebem os valores possíveis para esses atributos; e os nós, folhas representam as diferentes classes de um conjunto de treinamento. Classificação, nesse caso, é a construção de uma estrutura de árvore (modelo), que pode ser usada para classificar corretamente todos os objetos do conjunto de dados da entrada. Como exemplo de algoritmos de classificação utilizando árvore de decisão, pode-se citar: ID3, o C4.5 e o J4.8.

Galvão e Marin (2009) explicam ainda que, com o uso de árvore de decisão é possível produzir um modelo de previsão exato ou descobrir a estrutura preditiva do problema. No último caso, a intenção é entender qual das variáveis e interações conduzem ao fenômeno que está sendo estudado.

Meira, Rodrigues e Moraes (2008) utilizaram árvore de decisão para auxiliar na compreensão de manifestações epidêmicas da ferrugem do cafeeiro em Minas Gerais. Segundo esses autores, a árvore de decisão auxiliou na compreensão de quais variáveis conduziram as epidemias da ferrugem do cafeeiro no campo e de como são as interações dessas variáveis.

Objetivou-se, neste trabalho, investigar, utilizando técnicas de mineração de dados, quais atributos ambientais e fenológicos mais influenciam a ocorrência da cercosporiose, em lavoura de cafeeiros no Sul de Minas Gerais, sob dois sistemas de cultivo: convencional e orgânico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Pré-processamento dos dados

2.1 Dados de Cercosporiose

O ensaio foi conduzido na Fazenda Experimental de São Sebastião do Paraíso, MG, e instalado no começo do ano de 2000, com o preparo do solo e plantio de duas áreas distintas, no espaçamento de 3,2 m x 0,8 m, cada área, ocupando em torno de 2.500 m^2, totalizando 1 ha. Foram avaliados dois materiais sendo um a cultivar Rubi MG 1192 e o outro um Híbrido H-419 (Progênie em seleção). As parcelas foram constituídas por 8 plantas de cafeeiro de cada material. Os tratamentos constaram de dois sistemas de condução da lavoura, ou seja, lavoura conduzida no sistema orgânico e no sistema convencional.

Durante 5 anos de avaliação do experimento, foram realizadas avaliações mensais da incidência de cercosporiose, em 100 folhas por parcela. Esses dados foram disponibilizados em forma de seis planilhas eletrônicas, como exemplificado na Tabela 1. Eram esperadas 1300 amostras. No entanto, havia 32 amostras, cujos valores de infestação não puderam ser coletados. Dessa forma,foram 1268 as amostras válidas.

Dos dados apresentados na Tabela 1, os atributos infestação nascente e infestação poente foram ignorados. Tendo em vista a inexistência de métodos padronizados para a quantificação da cercosporiose no campo, a infestação total foi discretizada nas seguintes classes:

- 0 a 7 - Baixa infestação
- 8 a 15 - Média infestação
- >15 - Alta infestação

O atributo Mês foi transformado e ajustado de forma a sugerir o estádio fenológico da planta, segundo Camargo e Camargo (2001), conforme a Figura 1.

2.2 Dados Climáticos

Os dados climáticos foram coletados em estação meteorológica convencional presentes na fazenda experimental da EPAMIG, em parceria com a INMET e foram analisados os seguintes dados: Precipitação, Temperatura Mínima, Temperatura Máxima e Umidade Relativa do Ar.

Como os dados climáticos eram diários e os de doença eram mensais, utilizaram-se dados de médias mensais. Dos dados de temperatura mínima e máxima gerou-se o atributo temperatura

TABELA 1 – Amostra da planilha sobre a ocorrência da cercosporiose. Os atributos infestação nascente e poente indicam a posição de amostragem de coleta das folhas, e o somatório representa a porcentagem de infestação total.

Manejo	Cultivar	Mês	Infestação (Nascente)	Infestação (Poente)	Infestação (Total)
Convencional	Rubi	Janeiro	12	6	18
Convencional	Rubi	Janeiro	8	10	18
Convencional	Rubi	Janeiro	11	8	19
Convencional	Rubi	Janeiro	10	6	16
Convencional	Rubi	Janeiro	10	10	20
Convencional	Híbrido	Janeiro	5	7	12
Convencional	Híbrido	Janeiro	4	6	10
Convencional	Híbrido	Janeiro	3	3	6
Convencional	Híbrido	Janeiro	10	6	16
Convencional	Híbrido	Janeiro	8	4	12
Orgânico	Rubi	Janeiro	9	3	12
Orgânico	Rubi	Janeiro	3	2	5
Orgânico	Rubi	Janeiro	2	3	5
Orgânico	Rubi	Janeiro	7	2	9
Orgânico	Rubi	Janeiro	4	0	4
Orgânico	Híbrido	Janeiro	11	7	18
Orgânico	Híbrido	Janeiro	13	8	21
Orgânico	Híbrido	Janeiro	9	6	15
Orgânico	Híbrido	Janeiro	8	5	13
Orgânico	Híbrido	Janeiro	5	3	8

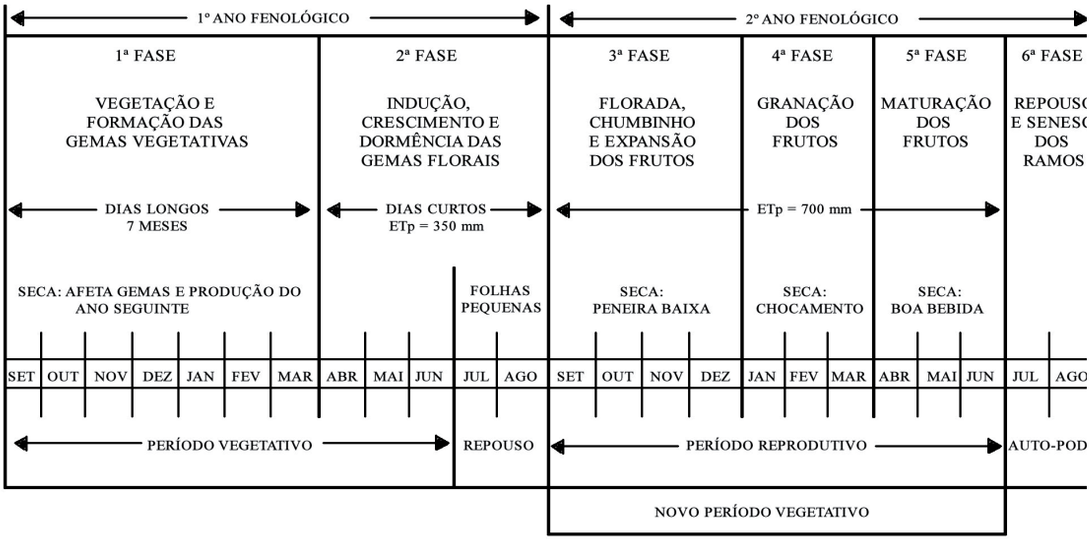


FIGURA 1 – Ilustração da fenologia do cafeeiro utilizada para ajustar data de ocorrência da cercosporiose com o estádio fenológico da planta. Fonte: Camargo e Camargo (2001)

média. Do dado de precipitação, gerou-se a precipitação diária, dividindo-se a quantidade de chuva do mês por 30.

A discretização dos dados de temperatura e precipitação diária seguiu sugestão de Pozza e Alves (2008). Baseados em consultas, foram realizadas entrevistas com os especialistas da área que sugeriram as seguintes classes: Precipitação Mensal: < 70 e >= 70. Umidade: < 60 e >= 60.

Ao final da etapa de pré-processamento, os dados de doença e clima foram integrados (Tabela 2), e então passaram pelo processo de mineração.

Os dados foram analisados utilizando-se o *software* Weka (versão 3.6.1, Universidade de Waikato, Nova Zelândia), executado em plataforma Windows. O Weka é uma coleção de algoritmos de aprendizado de máquina e de ferramentas relacionadas, que também oferece suporte ao processo completo de mineração de dados. É um *software* livre e gratuito, utilizado em iniciativas de mineração de dados que usam *software open source* (MEIRA; RODRIGUES; MORAES, 2008).

O algoritmo utilizado foi o J4.8 (WITTEN; FRANK, 2005), que é um indutor de árvore de decisão. Os parâmetros de configuração tiveram o valor padrão do Weka. Apenas o parâmetro *'confidenceFactor'* foi alterado para 0,3, de forma a gerar árvores mais completas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro experimento foi realizado com a totalidade dos dados, ou seja, as 1268 amostras. O resultado é apresentado na Figura 2. A taxa de acerto foi de 60%.

A leitura da árvore faz-se a partir do topo da árvore (nó raiz) em direção aos nós folhas, passando pelos seus ramos, de acordo com os testes nos valores dos atributos. Os nós folhas representam o objeto de estudo, ou seja, a taxa de infestação da cercospora. Cada ramo na árvore é uma conjunção de condições. Assim, o percurso na árvore (da raiz à folha) corresponde a uma regra de classificação.

Desse primeiro experimento verifica-se que a temperatura média foi o atributo de maior separabilidade. Pozza e Alves (2008) classificaram como média a favorabilidade da cercosporiose

TABELA 2 – Amostra do resultado final do pré-processamento. Os dados de manejo, cultivar, fenologia, clima e ocorrência da doença foram discretizados e integrados em um único arquivo.

Manejo	Cultivar	Fenologia	Precipitação (Soma)	Precipitação (Média)	Temperatura Média	Umidade	Infestação Total
Convencional	Rubi	Maturação dos Frutos	>=70	<3	Entre 18 e 24	>=60	Baixa
Convencional	Rubi	Maturação dos Frutos	>=70	<3	Entre 18 e 24	>=60	Baixa
Convencional	Rubi	Maturação dos Frutos	>=70	<3	Entre 18 e 24	>=60	Baixa
Convencional	Rubi	Maturação dos Frutos	>=70	<3	Entre 18 e 24	>=60	Baixa
Convencional	Hibrido	Maturação dos Frutos	>=70	<3	Entre 18 e 24	>=60	Baixa
Convencional	Hibrido	Maturação dos Frutos	>=70	<3	Entre 18 e 24	>=60	Baixa
Convencional	Hibrido	Maturação dos Frutos	>=70	<3	Entre 18 e 24	>=60	Baixa
Convencional	Hibrido	Maturação dos Frutos	>=70	<3	Entre 18 e 24	>=60	Baixa
Convencional	Hibrido	Maturação dos Frutos	>=70	<3	Entre 18 e 24	>=60	Baixa
Orgânico	Rubi	Granação dos Frutos	>=70	>=3	Entre 18 e 24	>=60	Baixa
Orgânico	Rubi	Granação dos Frutos	>=70	>=3	Entre 18 e 24	>=60	Baixa
Orgânico	Rubi	Granação dos Frutos	>=70	>=3	Entre 18 e 24	>=60	Baixa
Orgânico	Rubi	Granação dos Frutos	>=70	>=3	Entre 18 e 24	>=60	Baixa

em condições em que as temperaturas estejam entre 12 e 18 e entre 24 e 30 e a precipitação se mantenha maior que 2 e menor ou igual a 3. O ramo direito da árvore corrobora tais autores. Apesar de os atributos temperatura e precipitação média não terem sido suficientes para determinar a favorabilidade da doença, onde a precipitação foi menor que 3, a infestação da doença foi alta para a cultivar Rubi e Média para a cultivar Híbrido. Em toda a árvore, o cultivar Hibrido manifestou menos ocorrência de Cercosporiose do que o Rubi, resultado atribuído à característica genética do material. Onde a precipitação foi maior ou igual a três, a infestação foi baixa, independente da cultivar.

No ramo da árvore em que a temperatura aparece entre 18 e 24 graus, a fenologia também foi um atributo decisivo para a ocorrência da doença. Nas fases de Repouso e Senescência e Florada, a infestação foi sempre baixa, independente de qualquer outro atributo. Fato explicado pela época do ano (julho a dezembro), onde as condições ambientais não favorecem o aparecimento da doença.

Na fase da maturação (abril a junho), a temperatura e a fenologia não foram suficientes para decidir a infestação. Os atributos precipitação média e precipitação mensal foram necessários. Quando a precipitação mensal foi menor que 70 mm, a infestação foi baixa. Para meses onde a precipitação total foi maior que 70 mm, a precipitação média precisou ser utilizada. Assim, precipitação mensal maior que 70 mm e diária maior ou igual a 3 resultou em infestação média. Precipitação mensal maior que 70 mm e diária menor que 3 resultou em infestação baixa. Esse último cenário indica que choveu bastante no mês, porém não de forma contínua. Chuvas ocasionais e de maior intensidade, desfavorecem a doença, pois proporcionam a lavagem dos propágulos do patógeno da superfície das folhas, dificultando sua disseminação e infecção (TALAMINI et al., 2003; WOLF; ISARD, 2007).

Na fase de granação dos frutos (janeiro a março), os atributos temperatura, fenologia, precipitação mensal, manejo e cultivar foram necessários para decidir sobre a infestação da doença. Para precipitação mensal menor que 3, a infestação foi baixa, concordando com Pozza e Alves (2008) e contrapondo ao encontrado em temperaturas entre 12 e 18 e entre 24 e 30 graus Celsius. Para precipitação mensal maior ou igual a 3, foi necessário consultar o atributo manejo. Na fase de granação, a planta está sujeita a um grande

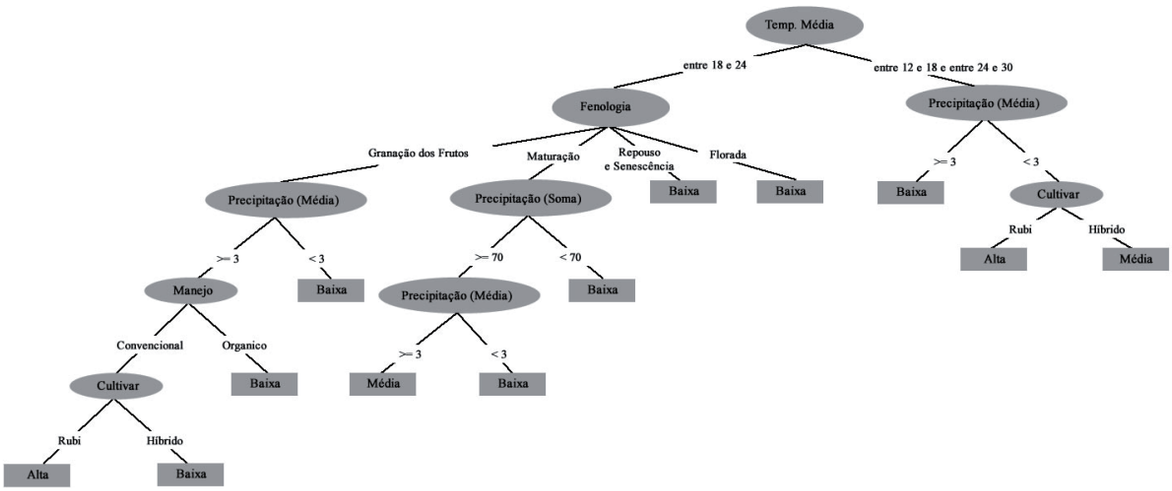


FIGURA 2 – Modelo para ocorrência de cercosporiose, nos sistemas de produção convencional e orgânico. O atributo de maior separabilidade é a temperatura. O ramo da direita indica temperaturas de menor favorabilidade da doença. Nesse caso, o atributo precipitação média é o segundo mais decisivo para a ocorrência ou não da doença. O ramo da direita indica maior favorabilidade da doença.Aí a fenologia é decisiva para a ocorrência da doença.

dreno para a formação dos frutos, necessitando estar bem nutrida. Esse fato explica o uso do atributo manejo. O desequilíbrio nas combinações de elementos nutricionais pode influenciar a tolerância da planta a uma doença (BALARDIN et al., 2006). Em cafeeiros conduzidos no sistema orgânico, a mineralização da matéria orgânica e a lenta liberação de nutrientes podem promover o desequilíbrio nutricional temporário da planta, tornando-a menos tolerante e favorecendo a doença (SANTOS et al., 2008a). Por outro lado, no manejo convencional, a aplicação de adubos químicos, devido a sua solubilidade, é prontamente disponível, atendendo a suas necessidades (MARSCHNER, 1995).

No entanto, o que se vê na árvore da figura 2 é um comportamento oposto. No manejo orgânico prevaleceu uma baixa infestação da doença, enquanto no manejo convencional, a infestação foi alta para o cultivar Rubi e média para o cultivar Híbrido. Esse fato pode ser explicado pelo uso do Sulfato de cobre que, embora utilizado no controle da ferrugem, aplicado no talhão de manejo orgânico, inibiu de forma eficiente, o desenvolvimento da cercosporiose. Enquanto que, no manejo convencional, o uso de fungicidas sistêmicos foi específico para a ferrugem do cafeeiro. De fato, segundo Carvalho et al. (2008), o uso de cobre em lavouras cafeeiras reduz a infestação de cercosporiose. Dessa forma, o modelo gerado foi específico para o sistema orgânico com o uso de fonte de cobre.

Alguns testes foram feitos para determinar classes de precipitação mensal que se adequassem melhor à realidade do experimento. A Figura 3 apresenta o resultado encontrado, quando as classes do atributo precipitação mensal (<70 e >=70) foram substituídas pelas classes <150 e >=150. Verificou-se que o modelo gerado apresenta uma mesma estrutura de árvore do modelo da Figura 2. No entanto, a árvore cresceu em complexidade, mantendo a mesma taxa de erros do modelo anterior. Sendo assim, o modelo foi descartado. As melhores classes encontradas de precipitação mensal foram <70 e >=70.

Foram realizados mais dois experimentos, dividindo as amostras por manejo. Sendo assim, realizou-se um experimento para o manejo convencional (Figura 4) e outro para o manejo orgânico (Figura 5).

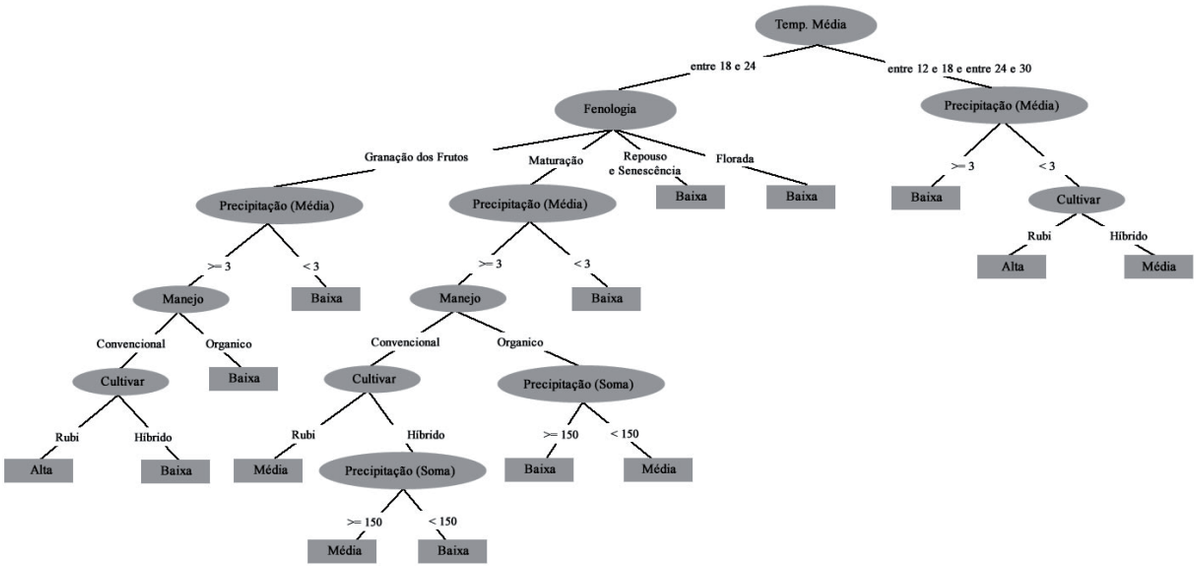


FIGURA 3 – Modelo para ocorrência de cercosporiose nos sistemas de produção convencional e orgânico e atributo de precipitação (Soma) discretizado entre <150 e >=150. A árvore manteve a estrutura da árvore da figura 2, mas cresceu em complexidade, sendo refutada.

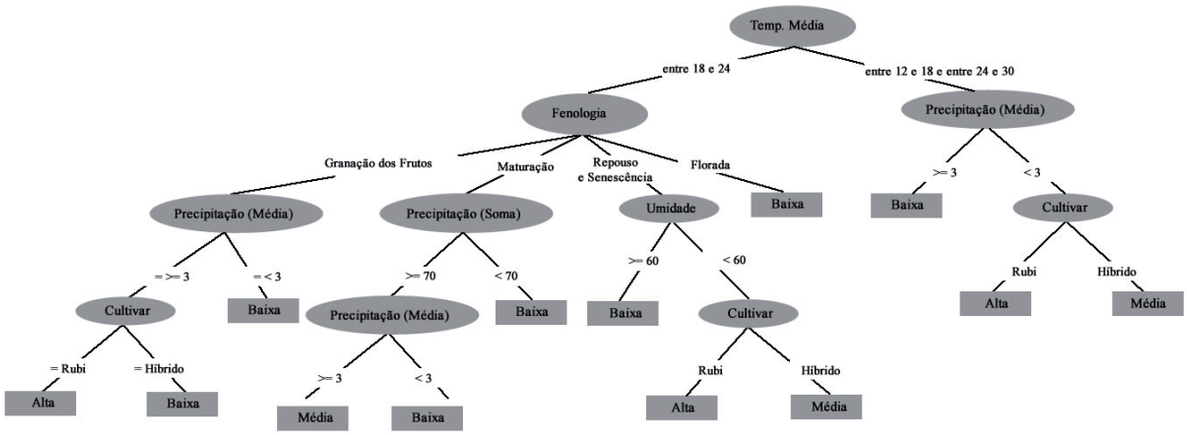


FIGURA 4 – Modelo de ocorrência de cercosporiose no sistema de produção convencional. O modelo manteve a estrutura daquele da figura 2. A principal diferença está no ramo da fenologia de repouso e senescência. Neste caso, a favorabilidade da doença passa a depender da Umidade e da Cultivar.

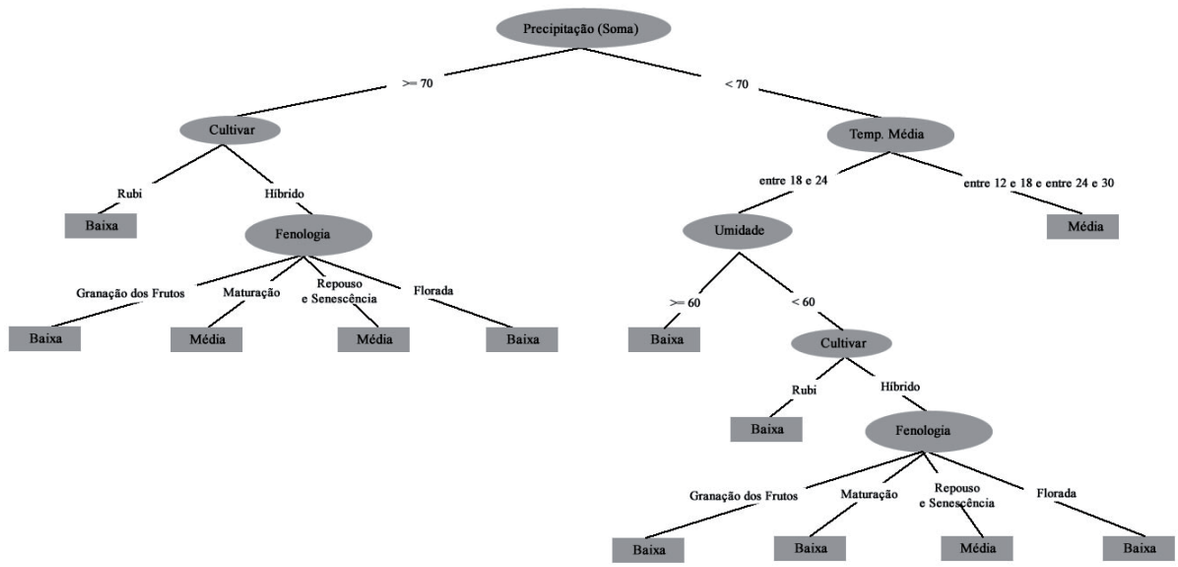


FIGURA 5 – Modelo de ocorrência de cercosporiose no sistema de produção orgânico, com o uso de fonte de cobre. O modelo é completamente diferente daquele do sistema convencional. Nesse caso, o atributo de maior separabilidade é a quantidade total de precipitação. Para valores de precipitação maiores que 70 mm, a temperatura não influencia a ocorrência da doença.

O modelo gerado para o manejo convencional possui a mesma estrutura de árvore dos modelos anteriores. A maior diferença ocorreu no ramo fenologia – Repouso e Senescência. Nesse caso, o atributo Umidade, que ainda não tinha aparecido nos modelos anteriores, surgiu como atributo decisivo. Esse fato pode ser explicado pela fase fenológica da cultura que coincide com o período desfavorável ao progresso da doença (CARVALHO; CHALFOUN; CUNHA, 2010).

O modelo gerado para o manejo orgânico (Figura 5) possui estrutura de árvore bem distinta dos modelos anteriores. Nesse manejo, a precipitação mensal foi o atributo de maior separabilidade e a fenologia interfere na ocorrência da doença, quando comparado ao manejo convencional. Isso demonstra que as práticas culturais interferem no progresso da doença, sendo a nutrição e as medidas de controle da cercosporiose adotadas como os principais componentes do resultado obtido.

A limitação desses modelos desenvolvidos está relacionada com a sua abrangência. Concordando com Meira, Rodrigues e Moraes (2008), regiões diferentes do sul de Minas e outras variáveis, que não foram representadas, podem modificar, de algum modo, a estrutura dos modelos citados acima.

Verifica–se que o aprimoramento na coleta de dados para construção e validação de novos modelos, pode proporcionar um melhor entendimento da doença por parte dos pesquisadores, técnicos e produtores.

4 CONCLUSÕES

Verificou-se que a ocorrência da doença no manejo orgânico é modelada de forma diferente da do manejo convencional e que a temperatura e fenologia foram os atributos de maior destaque.

5 AGRADECIMENTOS

Ao apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao CBP&D/Café pelos recursos financeiros para o desenvolvimento do projeto e bolsas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. R. Doenças do cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. (Ed.). **Cultura do cafeeiro:** fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potossa e do Fosfato, 1986. p. 391-400.

BALARDIN, R. S. et al. Influência do fósforo e do potássio na severidade da ferrugem da soja *Phakopsora pachyrhizi*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 462-467, out. 2006.

BUCENE, L. C.; RODRIGUES, L. H. A.; MEIRA, C. A. A. **Mineração de dados climáticos para previsão de geada e deficiência hídrica para as culturas do café e da cana-de-açúcar para o Estado de São Paulo**. Campinas: EMBRAPA-CNPTIA, 2002. 41 p. (Documentos, 20). Disponível em: <http://www.cnptia.embrapa.br/files/doc20.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2010.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 65-68, jan./abr. 2001.

CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M. Doenças do cafeeiro: diagnose e controle. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 58, p. 44, 2000.

_____. Manejo integrado das principais doenças do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 3, p. 27-35, 1998.

CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M.; CUNHA, R. L. Manejo de doenças do cafeeiro. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed.). **Café Arábica do plantio a colheita**. Lavras: URESM, 2010. v. 1, p. 689-756.

CARVALHO, V. L. et al. Influência do zinco na incidência de doenças do cafeeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 804-808, maio/jun. 2008.

CHALFOUN, S. M. **Doenças do cafeeiro:** importância, identificação e métodos de controle. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 96 p.

FAYYAD, U. et al. **Advances in knowledge discovery and data mining**. Cambridge: MIT, 1996. 560 p.

GALVÃO, N. D.; MARIN, H. F. Data mining: a literature review. **Acta Paulista de Enfermagem**, São Paulo, v. 22, n. 5, p. 121-128, out. 2009.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic, 1995. 889 p.

MARTINS, R. B.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G. Genetic variability of cercospora coffeicola from organic and conventional coffee plantings, characterized by vegetative compatibility. **Phytopathology**, Oxford, v. 98, n. 11, p. 1205-1211, Nov. 2008.

MEIRA, C. A. A.; RODRIGUES, L. H. A.; MORAES, S. A. Analysis of coffee leaf rust epidemics with decision tree. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 114-124, Mar./Apr. 2008.

MUCHERINO, A.; PAPAJORGJI, P.; PARADALOS, M. P. A survey of data mining techniques applied to agriculture. **Operational Research**, Melbourne, v. **9, n.** 2, p. 121-140, 2009.

POZZA, A. A. A. et al. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha-de-olho-pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 53-60, jan. 2001.

POZZA, E. A.; ALVES, M. C. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças fúngicas do cafeeiro no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Ed.). **Mudanças climáticas:** impactos sobre doenças de plantas no Brasil. Brasília: EMBRAPA, 2008. p. 216-233.

SALGADO, B. G. et al. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro consorciado com grevílea, com ingazeiro e a pleno sol em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 1067-1074, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542007000400019&nrm=iso>. Acesso em: 29 abr. 2010.

SANTOS, F. S. et al. Adubação orgânica, nutrição e progresso de cercosporiose e ferrugem-do-cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 7, p. 1431-1440, jul. 2008a.

_____. Progresso da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berkeley & Cooke) em cafeeiros sob cultivos orgânico e convencional. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, n. 1, p. 48-54, 2008b.

TALAMINI, V. et al. Progresso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) com diferentes épocas de ínicio e parcelamentos da fertirrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 141-149, jan./fev. 2003.

_____. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em diferentes lâminas de irrigação e diferentes parcelamentos de adubação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 55-62, jan./fev. 2001.

WITTEN, I. H.; FRANK, E. **Data mining:** practical machine learning tools and techniques. San Francisco: M. Kaufmann, 2005. 525 p.

WOLF, E. D.; ISARD, S. A. Disease cycle approach to plant disease prediction. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 45, p. 203-220, 2007. Disponível em: <http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.phyto.44.070505.143329>. Acesso em: 12 set. 2010.

ZAMBOLIM, L. et al. Café (*Coffea arábica L.*), controle de doenças. In: VALE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Controle de doenças de plantas:** grandes culturas. Viçosa, MG: UFV; Brasília: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1997. v. 2, p. 83-179.

INFLUÊNCIA DA PLANTA HOSPEDEIRA NO COMPORTAMENTO REPRODUTIVO DE *Leucoptera coffeella* (GUÉRIN-MÉNEVILLE) (LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE)

Marcy das Graças Fonseca[1], Ana Paula Albano Araújo[2],
Tiago Teixeira de Resende[3], Eraldo Lima[4]

(Recebido: 27 de agosto de 2011; aceito 11 de maio de 2012)

RESUMO: Objetivou-se, neste estudo, avaliar o efeito da planta hospedeira, *Coffea arabica*, no comportamento reprodutivo de *Leucoptera coffeella.* Avaliou-se: i) o efeito da condição reprodutiva das fêmeas em resposta aos voláteis de folhas do cafeeiro; ii) se a proporção de acasalamento, tempo de início e a duração da cópula são afetados pela presença dos voláteis do cafeeiro; e iii) se fêmeas de *L. coffeella* podem ovipositar em outro hospedeiro. A avaliação da resposta olfativa de fêmeas virgens e acasaladas aos voláteis de folhas do cafeeiro foi feita utilizando-se olfatômetro em "Y". Para avaliar a proporção de cópula, o tempo de início e a duração da cópula, foram utilizados casais em gaiolas plásticas com a presença ou ausência de voláteis das folhas do cafeeiro. E, para avaliar a oviposição das fêmeas foram oferecidas a elas folhas da planta hospedeira e não hospedeira. Os voláteis emitidos pela planta hospedeira pareceram não constituir pista relevante para sua localização pelas fêmeas, mas esses voláteis mostraram-se importantes durante o acasalamento. A proporção de acasalamento, o início e a duração da cópula foram significativamente alterados na presença dos voláteis do cafeeiro. Quando uma planta não hospedeira foi oferecida às fêmeas como sítio de oviposição, houve uma redução considerável no número de ovos depositados, indicando que fêmeas usam pistas da planta hospedeira para ovipositar. Assim, registrou-se que a planta hospedeira tem papel relevante no comportamento reprodutivo de *L. coffeella*.

Termos para indexação: Voláteis da planta hospedeira, café, olfatômetro, acasalamento, oviposição.

INFLUENCE OF HOST PLANT ON REPRODUCTIVE BEHAVIOR OF *Leucoptera coffeella* (GUÉRIN-MÈNEVILLE) (LEPIDOPTERA: LYONETIIDAE)

ABSTRACT: *The objective of this study was to evaluate the effect of the host plant, Coffea arabica, the reproductive behavior of Leucoptera coffeella. We evaluated: i) the effect of reproductive condition of females in response to the volatile coffee leaves, ii) the proportion of mating, start time and duration of copulation are affected by the presence of volatile coffee and iii) if female L. coffeella can lay eggs on another host. The assessment of olfactory response of virgin females and mated to the volatile coffee leaves was done using olfactometer "Y". To evaluate the proportion of copulation, the start time and duration of copulation, couples were used in plastic cages with the presence or absence of volatiles of coffee leaves. And, to assess the ovoposition females were offered to them leaves of the host plant and not host. The volatiles emitted by host plant appeared to be not relevant to track their location by females, but these volatiles were important during mating. The proportion of mating, the onset and duration of copulation were significantly altered in the presence of volatile coffee. When a host plant was not offered to females as oviposition site, there was a considerable reduction in the number of eggs deposited, indicating that females use cues of the host plant to lay eggs. Thus, there was the host plant plays an important role in the reproductive behavior of L. coffeella.*

Index terms: *Volatile host plant, coffee, olfactometer, mating, oviposition.*

1 INTRODUÇÃO

O bicho mineiro do café, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) é a principal praga do cafeeiro no Brasil, devido à sua ocorrência generalizada e aos prejuízos econômicos que causa (SOUZA; REIS, 1992). Apesar da sua importância e alto grau de especialização, conhece-se pouco sobre o efeito da planta hospedeira, *Coffea arabica L.*, sobre o comportamento reprodutivo de adultos dessa espécie. Devido ao alto grau de especialização de *L. coffeella* em relação a sua planta hospedeira, hipotetiza-se que os sinais visuais, químicos e táteis aperfeiçoarão o encontro e aceitação da planta pelas fêmeas. Nesse caso, espera-se que

[1] Embrapa Gado de Leite - Rua Eugênio do Nascimento,610 - Bairro Dom Bosco - 36038-330 - Juiz de Fora - MG - marcyfonseca@gmail.com
[2] Universidade Federal de Sergipe/UFS - Av. Marechal Rondon, s/n - Cidade Universitária Prof. Jardim Rosa Elze - 49100-000 - Aracaju - SE - anatermes@gmail.com
[3] Embrapa Gado de Leite - Rua Eugênio do Nascimento, 610 - Bairro Dom Bosco - 36.038-330 - Juiz de Fora - MG - tiago@cnpgl.embrapa.br
[4] Universidade Federal de Viçosa/UFV - Departamento de Biologia Animal Entomologia - 36570-000 - Viçosa - MG - eraldo.lima@gmail.com

as atividades associadas ao acasalamento e à oviposição sejam alteradas na presença de tais pistas.

Os insetos são os seres vivos que mais utilizam os odores para desempenhar suas funções vitais (localização de presas, defesa e agressividade, seleção de plantas hospedeiras, escolha dos locais para oviposição, corte e acasalamento) (TEGONI; CAMPANACCI; CAMBILLAU, 2004). Em muitas espécies de lepidópteros, a planta hospedeira estimula a biossíntese e liberação de feromônio sexual. Na mariposa *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) , a produção do feromônio sexual é induzida pela presença de voláteis emitidos pela espiga do milho durante o período de acasalamento (RAINA; KINGAN; MATTOO, 1992), gerando assim, uma sincronização entre oviposição e disponibilidade do hospedeiro. Fêmeas de muitos insetos podem modificar o período de atração sexual, a corte, a cópula e a oviposição para sincronizar com o hospedeiro apropriado (LANDOLT; PHILLIPS, 1997).

São vários os exemplos em que os voláteis emitidos pela planta hospedeira são utilizados como estímulos pelos insetos para o acasalamento e a oviposição (ESTRADA; GILBERT, 2010; LANDOLT; PHILLIPS, 1997; YAN; BENGTSSON; WITZGALL, 1999). A atração de fêmeas acasaladas de *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) para odores de maçãs é bem documentada (WITZGALL et al., 2005; YAN; BENGTSSON; WITZGALL, 1999). Em testes de olfatômetro, fêmeas virgens e acasaladas de *C. pomonella* foram mais ativas na presença de voláteis de maçã do que em ar puro. No entanto, as fêmeas acasaladas foram mais atraídas do que as fêmeas virgens (YAN; BENGTSSON; WITZGALL, 1999), indicando, dessa forma, a importância dos voláteis da planta hospedeira para *C. pomonella* localizar seu sítio de oviposição.

O encontro e a escolha correta da planta hospedeira por fêmeas são vitais para as larvas neonatas que possuem pouca mobilidade. Sendo assim, as fêmeas escolhem, de forma, precisa a fonte de alimento e o local de desenvolvimento de sua prole. Por não serem capazes de avaliar a qualidade nutricional diretamente, devido à diferença de hábitos alimentares entre larvas e adultos, as fêmeas avaliam a planta hospedeira de outras formas (RENWICK; CHEW, 1994). A localização da planta hospedeira pode envolver várias modalidades sensoriais, sendo que a discriminação final é complexa e envolvem frequentemente vários sentidos, pistas das plantas e estado fisiológico do inseto. Visão e olfato podem ser usados para orientação à longa distância e dependem do modo de vida do inseto. Entretanto, quando em contato com a planta, a sequência comportamental final para aceite ou rejeição do local de oviposição depende principalmente de pistas de contato e comumente de compostos presentes na superfície da planta (RENWICK; CHEW, 1994).

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar (i) o efeito da condição reprodutiva da fêmea de *L. coffeella* (virgem e acasalada) em resposta aos voláteis da planta do cafeeiro; (ii) se a proporção de acasalamento, tempo de início e duração da cópula será afetada pela presença e ausência de voláteis da planta hospedeira; (iii) e se fêmeas de *L. coffeella*, em condições de não escolha, podem ovipositar em outro hospedeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e manutenção dos insetos

Folhas de cafeeiro minadas por *L. coffeella* foram coletadas, semanalmente, em cultivos comerciais da região de Viçosa - MG e acondicionadas em caixas de acrílico tipo Gerbox® (11,0 x 11,0 x 3,5 cm), contendo uma esponja cortada em fendas paralelas, onde os pecíolos das folhas foram fixados. Essas esponjas ficaram imersas em solução de hormônio de crescimento, benzil adenina, na concentração de 10^{-6} g/litro (REIS JÚNIOR et al., 2000), mantendo as folhas túrgidas por mais de três semanas. Os recipientes contendo as folhas foram mantidos no laboratório, sob o regime de 12L:12E, a 23 ± 1ºC e 70 ± 2% UR. Essas folhas foram examinadas diariamente e delas foram coletadas as pupas de *L. coffeella* que foram acondicionadas, individualmente, em tubos plásticos (2,5 cm de Ø x 6,0 cm de altura) até a emergência dos adultos. Após a emergência, os

indivíduos foram separados por sexo e colocados em sala climatizada nas mesmas condições da criação, para serem usados nos testes.

Coleta das plantas

As plantas de café (*Coffea arabica* cv. Catuaí) (Rubiaceae) usadas nos experimentos foram provenientes de cafezais da região de Viçosa - MG. Vinte e quatro horas antes do experimento foram coletados ramos com ± 10 folhas do terço médio da planta. Nos experimentos foram utilizadas apenas as folhas, as quais foram destacadas aleatoriamente do ramo 10 minutos antes do início dos experimentos.

A outra planta utilizada nos experimentos foi jenipapo, *Genipa americana* (Rubiaceae) , coletadas no Horto Botânico da UFV em Viçosa - MG. Na realização dos experimentos, as folhas dessa planta também foram destacadas do ramo 10 minutos antes do início do experimento.

Bioensaios

Respostas das fêmeas aos voláteis da folha do cafeeiro

Para testar a resposta olfativa de fêmeas de *L. coffeella* à sua planta hospedeira, *C. arabica,* foi realizado um bioensaio em olfatômetro tipo Y (diâmetro interno de 0,5 cm e comprimento dos braços de 5 cm). O aparelho foi constituído por um tubo de vidro em forma de "Y", sendo que cada braço é conectado através de uma mangueira de borracha a um erlenmayer de vidro de 50 mL, onde as fontes de odores foram colocadas. O fluxo de ar foi produzido por uma bomba de vácuo conectado à base dos tubos de vidro, formando uma corrente de ar uniforme nos dois braços do aparelho. A velocidade da corrente de ar no interior do olfatômetro foi de 0,05 m/s em cada braço, mensurada por medidores de fluxo digitais e calibrada por registro manual. A luminosidade foi mantida baixa durante os experimentos, simulando uma condição crepuscular.

Foi utilizada fêmea virgem e acasalada. Cada fêmea foi testada individualmente no olfatômetro, utilizando-se 4 repetições de 20 fêmeas por tratamento, totalizando 80 fêmeas virgens e 80 fêmeas acasaladas. Para cada tratamento (fêmeas virgens ou acasaladas) foi testada a resposta da fêmea aos odores da folha de café *versus* o ar (controle). Todas as fêmeas virgens e acasaladas foram avaliadas com 2 e 3 dias de idade, respectivamente. Fêmeas com dois dias de idade foram acasaladas durante o intervalo de 2-7h após o início da fotofase. Dessa forma, todas as fêmeas foram testadas no olfatômetro durante as cinco últimas horas da fotofase, que consiste no horário de maior atividade de oviposição. Todas as fêmeas foram usadas apenas uma vez e a cada teste, o olfatômetro foi previamente limpo com álcool.

Para realização dos testes, as fêmeas (acasaladas ou virgens) foram colocadas na extremidade basal do olfatômetro, contra a corrente de ar formada no interior do aparelho. Considerou-se uma resposta positiva a chegada da fêmea até a extremidade de um dos braços do olfatômetro. A cada cinco fêmeas testadas, as posições das fontes de odores foram invertidas. Ao final de cada repetição, as folhas de café foram trocadas. Apenas foram incluídas nas análises estatísticas, fêmeas virgens e acasaladas que responderam num período de até 5 minutos após o início do experimento.

Influência dos voláteis da planta hospedeira na proporção de acasalamento, no tempo de início e na duração da cópula

Cinquenta casais virgens de *L. coffeella,* com dois dias de idade foram individualizados em gaiolas plásticas (2,5 cm de Ø x 6,0 cm de altura). Esses casais foram avaliados em dois tratamentos: gaiolas com a presença (n = 25) ou ausência de voláteis das folhas de café (n = 25). Em todas as situações foram usadas duas gaiolas unidas pelas aberturas e separadas com um tecido do tipo organza. Isso foi feito para que, no tratamento com voláteis das folhas, os casais não tivessem contato direto com a folha de café.

Os testes foram conduzidos numa sala, sob o regime de 12L:12E, a 23±1ºC e 70 ± 2% UR. As observações do acasalamento foram feitas no intervalo entre 2-7h após o início da fotofase. As medidas de tempo foram avaliadas utilizando um cronômetro e foram registrados o início e fim da cópula (minutos). Os casais foram alimentados

com algodão umedecido em água com mel, a 10%.

Oviposição em folha da planta hospedeira e não hospedeira

O objetivo deste experimento foi avaliar se fêmeas de *L. coffeella,* em condições de não escolha, podem ovipositar em outro hospedeiro da mesma família do cafeeiro. Oitenta casais com dois dias de idade foram acasalados ,durante o período de 2-7h após o início da fotofase. Após esse período, os machos foram descartados do experimento. As fêmeas acasaladas foram colocadas em gaiolas plásticas (2,5 cm de Ø x 6,0 cm de altura) individualizadas. Para as oitenta fêmeas acasaladas foram oferecidos fragmentos de folhas de café (*C. arabica*) (n = 40) ou de jenipapo (*Genipa americana L.)* (n = 40). O experimento foi mantido em sala sob o regime de 12L:12E, a 23±1ºC e 70 ± 2% UR. As fêmeas foram alimentadas com algodão umedecido em água com mel ,a 10% durante todo o experimento, sendo esse alimento trocado a cada dois dias.

O número de ovos foi avaliado no final da fotofase de cada dia, e os fragmentos de folhas foram trocados. A contagem de ovos foi feita até a morte das fêmeas. Para a análise dos dados foi considerado o número de ovos, por fêmea, durante todo o seu período de vida.

Análises Estatísticas

Os dados da resposta das fêmeas de *L. coffeella* (virgens e acasaladas) para voláteis da planta hospedeira ou ar foram analisados utilizando-se o teste G (SOKAL; ROHLF, 1995) no programa Excel.

As outras análises foram processadas pelo software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2005) , utilizando-se modelos lineares generalizados (CRAWLEY, 2002). Para testar se os voláteis da planta hospedeira aumentam na proporção dos acasalamentos e alteram o início da cópula, foi feita uma análise de sobrevivência, usando-se a distribuição de Weibull (CRAWLEY, 2002). Para avaliar se voláteis da planta hospedeira alteram o tempo de duração da cópula e se fêmeas de *L. coffeella,* em condições de não escolha, podem ovipositar em outro hospedeiro alternativo, foi feita uma análise, utilizando- se a distribuição de erros de Poisson, corrigido para sobredispersão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resposta das fêmeas aos voláteis da folha do cafeeiro.

Todas as fêmeas acasaladas permaneceram imóveis no local de liberação no olfatômetro, durante o tempo concedido para a escolha. A movimentação permanente das antenas em direção contrária ao fluxo de ar foi um comportamento frequentemente observado em todas as fêmeas. No caso das fêmeas virgens, houve movimentação, porém elas não foram capazes de discriminar entre folhas de café e ar puro (Gp = 2,46; g.l. = 1; p = 0,1165; Figura 1).

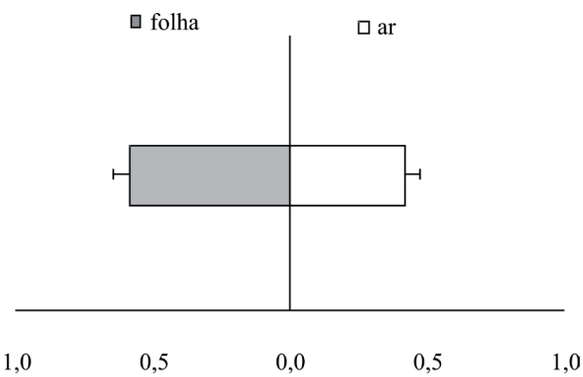


FIGURA 1 – Resposta olfativa de fêmeas virgens de *Leucoptera coffeella* aos odores de folhas de cafeeiro versus ar, em olfatômetro tipo "Y". A barra corresponde à média de quatro repetições (repetição = 20 fêmeas virgens). (Teste G, Gp = 2,4627; g.l. = 1; p = 0,1165).

A influência dos voláteis da planta hospedeira na proporção de acasalamento, tempo de início e duração da cópula

O comportamento de acasalamento do bicho mineiro do café foi alterado quando os casais permaneceram em ambiente, com a presença de voláteis da folha de café. A proporção de acasalamento foi significativamente maior na presença dos voláteis do que no controle (ar). Enquanto cerca de 90% dos casais acasalaram na presença dos voláteis, apenas 65% o fizeram na

presença de ar puro. Na presença dos voláteis, aos 160 minutos após o início do experimento 50% dos casais já haviam copulado, enquanto na ausência dos voláteis esta frequência só foi atingida aos 240 minutos ($F_{(2,72)}$ = 700,67 e χ^2= 0,003; Figura 2). Além disso, observou-se que os casais, na presença dos voláteis da folha de café, tiveram maior duração da cópula (3,1 mim) do que no controle (1,4 mim) ($F_{2,47}$ = 4,9472 e P = 0,012; Figura 3).

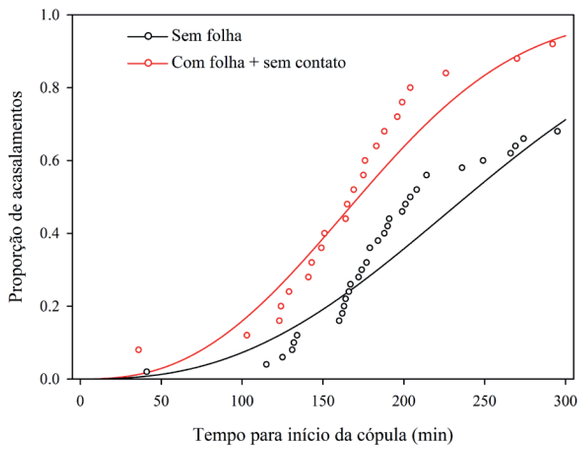


FIGURA 2 – Proporção de acasalamento e tempo para início da cópula de casais de *Leucoptera coffeella*, na presença e ausência de voláteis da planta hospedeira ($F_{2,72}$ = 700,67 e χ^2= 0,003).

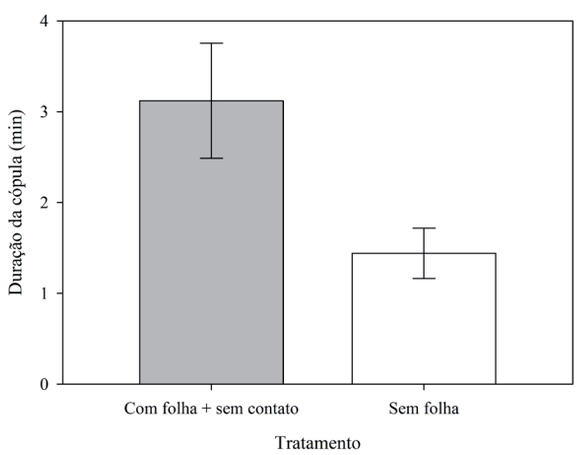


FIGURA 3 – Duração da cópula dos casais de *Leucoptera coffeella*, na presença e ausência de voláteis da planta hospedeira ($F_{2,47}$ = 4,9472 e P = 0,012).

Comportamento de oviposição em planta hospedeira e não hospedeira

Constatou-se diferença significativa no número total de ovos/fêmea depositados nas folhas de café e jenipapo. O número de ovos depositados foi de 24 e 2 nas folhas de café e jenipapo, respectivamente ($F_{(1,78)}$ = 137,10 e P< 0,001; Figura 4).

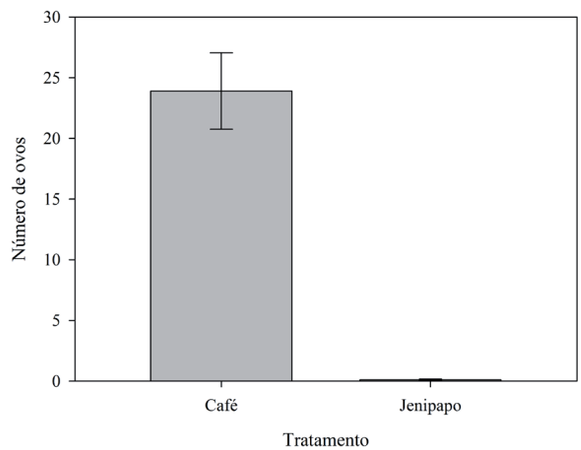


FIGURA 4 – Número de ovos acumulados depositados por fêmea de *Leucoptera coffeella* na presença da folha de café e folha de jenipapo ($F_{1,78}$= 137,10 e P< 0,001).

Fêmeas de *L. coffeella* não tiveram nenhum tipo de preferência pelos voláteis emanados pelas folhas de sua planta hospedeira, *C. arabica* quando testadas em olfatômetro em "Y". Embora as fêmeas virgens não tenham sido atraídas pelos odores produzidos pelas folhas e o ar limpo, essas tiveram grande mobilidade; ao contrário, as fêmeas acasaladas permaneceram imóveis o tempo todo. Fêmeas virgens devem procurar por um parceiro sexual e, portanto, apresentam certa mobilidade, enquanto fêmeas acasaladas devem se concentrar no comportamento de oviposição, o que provavelmente as induzem a permanecerem paradas.

Fêmeas de alguns Lepidópteros tais como, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (ROJAS; VIRGEN; CRUZ-LÓPEZ, 2003), *Helicoverpa virescens* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) (RAMASWAMY;

WA; BAKER, 1987) e *Ethiella zinckenella* (Treit.) (Lepidoptera: Pyralidae) (HATTORI, 1988) não dependem de voláteis para localizar a planta hospedeira. No entanto, esses voláteis são determinantes para a orientação de várias outras fêmeas de Lepidoptera para suas plantas hospedeiras (PHILLIPS; STRAND, 1994; PINERO; DORN, 2009; SOLE et al., 2010).

Leucoptera coffeella possui um ciclo de desenvolvimento onde as crisálidas são formadas na planta hospedeira ou nas folhas que caem próximas à planta e, devido a isso, a emergência dos adultos ocorre na planta ou nas suas proximidades. Considerando a ausência de resposta das fêmeas acasaladas aos voláteis da planta neste estudo, pode-se supor que, apesar da proximidade das fêmeas adultas e seus sítios de oviposição, o semioquímico parece não ser determinante para as fêmeas localizarem seu hospedeiro.

Ressalta-se que esse foi o primeiro estudo feito com olfatômetro em "Y" para avaliar a atratividade da fêmea de *L. coffeella* aos voláteis das folhas do cafeeiro. Outros estudos são necessários, com a utilização de outros tipos de olfatômetros, como exemplo, o túnel de vento para que se possa confirmar a não atratividade das fêmeas aos voláteis emanados das folhas do cafeeiro.

Por outro lado, voláteis da planta hospedeira tiveram um papel relevante durante as atividades de cópula de *L. coffeella*. Os resultados indicaram uma forte evidência de que voláteis da planta hospedeira influenciaram na comunicação entre os parceiros de *L. coffeella*. Os casais, quando na presença de voláteis da planta, iniciaram a cópula mais cedo e mais rápido que os casais na ausência da planta e tiveram maior sucesso na cópula. Uma explicação para esse fato é que a planta hospedeira pode ter influenciado a fêmea a produzir e liberar feromônio mais cedo e tornar-se mais atrativa, resultando na obtenção de maior sucesso no acasalamento. O estímulo da planta hospedeira na produção do feromônio pelas fêmeas tem sido bem documentado em mariposa do gênero *Helicoverpa* (LANDOLT; PHILLIPS, 1997). A produção do feromônio pelas fêmeas de *H. zea* é induzida pela presença da planta hospedeira (RAINA; KINGAN; MATTOO, 1992). Um fenômeno similar foi demonstrado também em fêmeas de *Helicoverpa phloxiphaga* (Grote & Robinson) (Lepidoptera: Noctuidae), que requer a presença da planta hospedeira para produção do feromônio sexual (RAINA, 1988).

Estudos com *C. pomonella* (ANSEBO et al., 2005; CORACINI et al., 2004; LIGHT et al., 2001; YANG; BENGTSSON; WITZGALL, 2004) comprovaram que machos e fêmeas foram atraídos pelos mesmos compostos presentes no hospedeiro, e que esses compostos estimularam o macho a encontrar a fêmea.Em testes feitos em campo, usando armadilhas com septos, contendo compostos da planta hospedeira, machos de *C. pomonella* foram capturados em maior quantidade. Essa atração foi confirmada em estudos no túnel de vento (ANSEBO et al., 2004). Possivelmente, nesse caso, os machos de *C. pomonella* usam voláteis da planta para distinguir o ambiente onde é provável encontrarem fêmeas (ANSEBO et al., 2004). No presente estudo, não se sabe se é o macho, a fêmea ou ambos que respondem aos voláteis da planta de café para otimizar o sucesso do acasalamento.

O alto grau de especialização de *L. coffeella* em *C. arabica* ficou evidenciado no comportamento de oviposição das fêmeas. Raramente a oviposição foi feita em folhas de *G. americana*, em situação de não escolha. Em outra mariposa, *Yponomeuta cagnagellus* (Lepidoptera: Yponomeutidae), que é também altamente especialista, as fêmeas somente são capazes de discriminar a planta hospedeira por pistas de contato presentes na superfície das folhas (HORA; ROESSINGH, 1999). É provável que pistas de contato presentes na superfície da folha de café tenham sido responsáveis pela diferença no comportamento de oviposição das fêmeas de *L. coffeella*.

4 CONCLUSÕES

Os voláteis emitidos pela planta hospedeira não constituem pista relevante para as fêmeas de *L. coffeella* localizarem seu hospedeiro, quando testadas em olfatômetro "Y".

A proporção de acasalamento, o início e a duração da cópula de *L. coffeella* foram alterados na presença da planta hospedeira.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Alexander Machado Auad por suas sugestões e incentivo a publicação deste trabalho. Ao Conselho de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento da pesquisa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSEBO, L. et al. Antennal and behavioural response of codling moth *Cydia pomonella* to plant volatiles. **Journal of Applied Entomology**, Hamburg, v. 128, p. 488-493, 2004.

_____. Responses to sex pheromone and plant odours by olfactory receptor neurons housed in sensilla auricillica of the codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 51, p. 1066-1074, 2005.

CORACINI, M. et al. Attraction of codling moth males to apple volatiles. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 110, p. 1-10, 2004.

CRAWLEY, M. J. (Ed.). **Statistical computing:** an introduction to data analysis using S-plus. New York: J. Wiley, 2002. 761 p.

ESTRADA, C.; GILBERT, L. E. Host plants and immatures as mate-searching cues in *Heliconius butterflies*. **Animal Behaviour**, Amsterdam, v. 80, p. 231-239, 2010.

HATTORI, M. Host-plant factors responsible for oviposition behaviour in the limabean pod borer, *Etiella zincknella* Treistschke. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 34, p. 191-196, 1988.

HORA, K. H.; ROESSINGH, P. Oviposition in *Yponomeuta cagnagellus*: the importance of contact cues for host plant acceptance. **Physiological Entomology**, Baltimore, v. 24, p. 109-120, 1999.

LANDOLT, P. J.; PHILIPS, T. W. Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 42, p. 371-391, 1997.

LIGHT, D. M. et al. A pear-derived kairomone with pheromonal potency that attracts male and female codling moth, *Cydia pomonella* (L.). **Naturwiss**, Hamburg, v. 88, p. 333-338, 2001.

PHILLIPS, W. T.; STRAND, M. R. Larval secretions and food odours affect orientation in female *Plodia interpunctella*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 71, p. 185-192, 1994.

PINERO, J. C.; DORN, S. Response of female oriental fruit moth to volatiles from apple and peach trees at three phenological stages. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 131, p. 67-74, 2009.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R:** a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2005.

RAINA, A. K. Selected factors influencing neurohormonal regulation of sex pheromone production in *Heliothis* species. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 14, p. 2063-69, 1988.

RAINA, A. K.; KINGAN, T. G.; MATTOO, A. K. Chemical signals from host plant and sexual behavior in a moth. **Science**, New York, v. 94, p. 255-592, 1992.

RAMASWAMY, S. B.; WA, W. K.; BAKER, G. T. Sensory cues and receptors for oviposition by *Heliothis virescens*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 43, p. 15-18, 1987.

REIS JÚNIOR, R. et al. Method for maintenance of coffee leaves in vitro for mass rearing of *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 29, p. 849-854, 2000.

RENWICK, J. A. A.; CHEW, F. S. Oviposition behaviour in Lepidoptera. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 39, p. 377-400, 1994.

ROJAS, J. C.; VIRGEN, A.; CRUZ-LÓPEZ, L. Chemical and tactile cues influencing oviposition of a generalist moth, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 32, p. 1386-1392, 2003.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry**. 3rd ed. New York: Freeman, 1995.

SOLE, J. et al. Behavioural and electrophysiological responses of the European corn borer *Ostrinia nubilalis* to host-plant volatiles and related chemicals. **Physiological Entomology**, College Park, v. 35, p. 354-363, 2010.

SOUZA, J. C.; REIS, P. R. **Bicho-mineiro:** biologia, danos e manejo integrado. Belo Horizonte: EPAMIG, 1992. 67 p. (Boletim Técnico, 37).

TEGONI, M.; CAMPANACCI, V.; CAMBILLAU, C. Structural aspects of sexual attraction and chemical communication in insects. **Trends in Biochemical Sciences**, Amsterdam, v. 29, p. 257-264, 2004.

WITZGALL, P. et al. Plant volatiles affect oviposition by codling moths. **Chemoecology**, Berlin, v. 15, p. 77-83, 2005.

YAN, F.; BENGTSSON, M.; WITZGALL, P. Behavioral response of female codling moths, *Cydia pomonella*, to apple volatiles. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 25, p. 1343-1351, 1999.

YANG, Z.; BENGTSSON, M.; WITZGALL, P. Host plant volatiles synergize response to sex pheromone in codling moth, *Cydia pomonella*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 30, p. 619-629, 2004.

ISSN 1809-6875