ISSN 1809-6875

COFFEE SCIENCE

Volume 11 , Número 2, 2016

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 3829-4590
e-mail: coffeescience@dag.ufla.br
http://www.coffeescience.ufla.br

COFFEE SCIENCE

COFFEE SCIENCE é uma publicação trimestral, 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 three 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
Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA

Coffee Science. – Vol . 11, n.2(out./dez. 2016)- . – 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: Maurício Antônio Lopes

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*
Flávio Meira Borém – Universidade Federal de Lavras, MG, Brasil

Editores-Executivos/*Executive-editors*
Antônio Nazareno Guimarães Mendes – 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
Rubens José Guimarães – 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*
Renata Kelly Silva Rezende

Revisão de Português/*Portuguese language review*
Jane Cherem

Revisão de Inglês/*English language review*
Samuel Pereira de Carvalho

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

Nomenclatura Científica/*Scientific Nomenclature*
Douglas Antônio de Carvalho

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
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
Wander Eustáquio de Bastos Andrade, PESAGRO, Campos dos Goytacazes, RJ

EFFECT OF LIGHT AND TEMPERATURE ON *Cercospora coffeicola* AND *Coffea arabica* PATHOSYSTEM

Marília Goulart da Silva[1], Edson Ampélio Pozza[2], Fernando Pereira Monteiro[3], Caio Vítor Rodrigues Vaz de Lima[4]

(Recebido: 08 de junho de 2015; aceito: 09 de novembro de 2015)

ABSTRACT: The mycelial growth rate (MGR), *in vitro* production of cercosporin, and intensity (incidence and severity) of Cercospora leaf spot on coffee seedlings 'Catuaí Vermelho IAC 144' were evaluated under different light intensities (80, 160, 240, and 320 µmol m^{-2} s^{-1}) and temperatures (17, 21, 25, and 29°C). Dark condition (0 µmol m^{-2} s^{-1}) was also included in *in vitro* experiments. *In vivo*, were evaluated incidence, severity, rates of chlorophyll a, b, and total in healthy (without symptoms) and sick tissues (with symptoms), and the photosynthetic rate and variables affecting it, were also evaluated. All the experiments were done at least two times. In *in vitro* experiments, the highest mycelial growth rate (MGR) was observed at 24.1°C in the dark condition (0 µmol m^{-2} s^{-1}), while the highest amount of toxin occurred at 24.9°C and light intensity 320 µmol m^{-2} s^{-1}. When dishes were incubated in the dark, the lowest levels of cercosporin were produced by the pathogen, regardless of temperature, thus confirming the importance of light in the activation of toxin production. In *in vivo* experiments, the highest incidence and severity progress of the disease were observed at 21°C. With respect to the amounts of chlorophyll a, b, and total, regardless of treatment, the lowest levels were found in the area of the leaf with symptons compared to the area without symptoms. Photosynthesis correlated positively with temperature and negatively with internal carbon. These results elucidate the effect of the interaction between temperature and light intensity, contributing to future studies with this pathosystem.

Index terms: Epidemiology, cercosporin, Cercospora leaf spot.

EFEITO DA LUMINOSIDADE E DA TEMPERATURA NO PATOSSISTEMA *Cercospora coffeicola* E CAFEEIRO

RESUMO: *O índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), a produção de cercosporina e a intensidade (incidência e severidade) da cercosporiose do cafeeiro em mudas de cafeeiro cv. Catuaí Vermelho IAC 144, foram avaliadas em diferentes intensidades luminosas (80, 160, 240 e 320 µmol m^{-2} s^{-1}) e temperaturas (17, 21, 25 e 29°C). Para os experimentos in vitro, adicionou-se o tratamento escuro (0 µmol m^{-2} s^{-1}). In vivo, avaliou-se a incidência e a severidade da doença, as taxas das clorofilas a, b e total em tecidos doentes (com sintomas) e sadios (ausência de sintomas), a taxa fotossintética e variáveis que a afetam. Todos os experimentos foram realizados no mínimo duas vezes. Nos experimentos in vitro, o maior IVCM foi observado na temperatura de 24,1°C, no tratamento escuro (0 µmol m^{-2} s^{-1}). Já a maior quantidade da toxina foi observada na temperatura de 24,9°C e na intensidade luminosa de 320 µmol m^{-2} s^{-1}. Quando as placas foram incubadas no escuro, as menores taxas de cercosporina foram produzidas pelo patógeno, independente da temperatura, confirmando a importância da luminosidade na ativação e produção da toxina. Para o experimento in vivo, observou-se o maior progresso da incidência e da severidade da doença à 21°C. Com relação às taxas de clorofilas a, b e total independente do tratamento, as menores taxas foram observadas na área da folha com sintomas em relação às áreas sem sintomas. A fotossíntese correlacionou-se positivamente com a temperatura e negativamente com o carbono interno. Os resultados deste trabalho elucidam o efeito da interação entre temperatura e intensidade luminosa, colaborando para estudos futuros com este patossistema.*

Termos de indexação**:** *Epidemiologia, cercosporina, cercosporiose do cafeeiro*.

1 INTRODUCTION

Cercospora leaf spot caused by the fungus *Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke is one of the oldest known and most important coffee diseases. The pathogen infects seedlings from nursery to trees in field production. In the nursery, the disease causes severe defoliation thus reducing growth of seedlings, which become inappropriate for planting and marketing (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010). In mature fields, in addition to leaf drop the disease causes premature fall, breaking during pith processing of grains, which reduces production and can also reduce quality of beverage, thus causing depreciation (LIMA; POZZA; SANTOS, 2012).

Intensity of symptoms, pathogen infection ability, and plant physiological responses to penetration and colonization are mainly influenced by environmental variables such as temperature, leaf wetness, light, water availability, and soil fertility. Light and temperature are particularly important for affecting chlorophyll thus directly influencing photosynthesis (WAGGONER, 1960).

[1,2,3,4]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Fitopatologia/DFP - Cx. P. 3037- 37.2000-000 Lavras - MG mariliagoularts@gmail.com, edsonpozza@gmail.com, fernandopereiram@bol.com.br, caiovitorlima@yahoo.com.br

To the host, light is essential for the process of producing the biochemical energy required for growth and production of plant species (TAIZ; ZIEGER, 2013). However, high light intensities saturate the photosynthetic apparatus causing severe photo inhibition which can be further aggravated by water deficit and temperature extremes (DAMATTA et al., 2007). In turn, temperature has an important role in controlling the speed of chemical reactions which drive plant growth and development (LEHNINGER; NELSON; COX, 2011).

Light and temperature are capable of inducing or inhibiting vegetative growth and reproductive process of most fungi. In plant pathogens, temperature modulates the production of proteins and enzymes are responsible for maintaining fungal cells, and can influence colony growth, sporulation and germination of conidia, as well as the incubation period and progress of disease (SCHUMANN; D'ARCY, 2012). In studies of *Cercospora* species, temperatures from 25 to 27°C were suitable for production of conidia (BRUNELLI et al., 2006). Light exerts a direct effect, inducing or inhibiting the formation of reproductive structures, although some species are indifferent to quantity or quality of light. Echandi (1959) reported the relationship between *C. coffeicola* and light intensity, as the genus *Cercospora* produce cercosporin toxin which is activated in the presence of light, resulting in necrosis of plant cells, however, the effect was not quantified (DAUB; HERRERO; CHUNG, 2005). According to Echandi (1959), light was important in the occurrence and progression of disease in coffee plants, even before the toxin was discovered, but few quantitative studies have been conducted to date. Like *C. beticola* in sugar beets and C. *coffeicola* in coffee, the toxin does not affect penetration and infection, but influences pathogen colonization after infection (DAUB; CHUNG, 2007). This fact justifies more severe cercospora infections in full-sun plantations when compared to shaded plantations.

Besides affecting disease and photosynthesis, light can directly affect cultural characteristics of *C. coffeicola,* since colony color in culture varies depending on lighting conditions. In the dark, colonies vary from greenish-black during early growth and milky-white to brown at the end (MARTINS; MAFFIA; MIZUBUTI, 2008). In the presence of light toxin production may occur as a red pigment, and hence mycelium color ranges from light to intense red, depending on the ability of the isolate to produce pigment. Even brief exposure to light can stimulate pigment production (DAUB; HERRERO; CHUNG, 2005).

Thus, the influence of different light intensities and temperatures on mycelium growth, production of cercosporin, and *in vivo* on the incidence and severity of disease, chlorophyll content, and physiological variables were evaluated in coffee seedlings.

2 MATERIAL AND METHODS

Obtaining isolates

Coffee leaves infected with the pathogen, collected in Lavras, Minas Gerais state, were used for obtaining ten isolates of *C. coffeicola*, which were incubated at 25°C/12 hours photoperiod in malt medium (20g malt extract, 20g agar and 1000 mL distilled water). Each experiment that is described below was performed twice in the time (two trials).

Pathogen sporulation and pathogenicity test to choose the isolate

For obtaining conidia of *C. coffeicola,* 12 plugs of mycelium 0.5 cm diameter were removed from the edges of colonies in Petri dishes and transferred to 30 mL tomato juice medium (STT) in 125 mL Erlenmeyer flasks. Medium was composed of 200 mL Super Bom® tomato juice, 3.2 g $CaCO_3$ and 800 mL distilled water. The flasks with medium and fungus were kept under continuous stirring at 120 rpm at 25°C approximately. After four days, the content of each flask was poured in solid tomato juice, in the previous medium (STT) plus 16 g agar per liter of medium, in two Petri dishes, which were kept open in BOD chamber at 25°C under continuous light. When the medium dehydrated after two days, 5 mL distilled water was added to each plate, which was then lightly scraped with a glass rod. Next, the suspension was filtered through a layer of sterile gauze. The concentration of conidia was estimated using a hemacytometer in each filtrate isolate, based on the average of readings in both slide fields. This procedure was repeated four times, totaling eight readings. Based on these readings, the inoculum suspension was calibrated to 2 x 10^4 conidia mL^{-1} after dilution in water.

Using this suspension, a pathogenicity test of ten isolates was performed by spraying to the point of flowing on all leaves in seedlings of 'Catuaí Vermelho IAC 144' with four to five pairs of leaves, grown in standard substrate (700 liters

of soil and 300 liters of manure per cubic meter of mixture) plus 1kg P_2O_5 (5 kg superphosphate) and 0.3 kg K_2O (0.5 kg potassium chloride). Then, all leaves were inoculated with the suspension and the inoculated plants were kept in relative humidity above 90% for 72h in growth chamber at 21°C. A randomized block design was used with three replicates, two plants each. The incidence and severity of disease were evaluated in all leaves, 20 days after inoculation. Incidence was determined by counting number of leaves with symptoms in relation to total inoculated leaves. Severity (percentage of leaf area with symptoms) was measured in all leaves with incidence, according to the scale by Custódio et al. (2011).

Cercosporin production test to choose the isolate

Cercosporin production was assessed by incubating mycelium plugs of each isolate on malt medium, in BOD chamber at 25°C/12 hours photoperiod. After 14 days of incubation, three plugs 0.5 cm diameter with mycelium growth were removed from the edge of dishes of each isolate, which were immersed in 8 mL KOH 5N for four hours at 25°C in the dark for extracting cercosporin. Then, absorbance was measured using a spectrophotometer Beckman DU 640B. Toxin concentration in the extract was estimated by using the molar extinction coefficient of 23300 to A_{480} nm readings (JENNS; DAUB; UPCHURCH, 1989) in each treatment. This assay was performed in triplicate.

Significant variables were assessed by Tukey's test at 5% probability. The isolate capable of causing the highest severity of disease and greatest ability to produce toxin cercosporin in the culture medium was then chosen to do all the experiment that is described below.

Effects of light intensity and temperature on mycelium growth of *C. coffeicola*

The mycelium growth of the isolate chosen was evaluated in different conditions of light and temperature. Plugs with malt medium and mycelium 0.5 cm diameter were removed from the edge of colonies. Then one plug was placed at the center of Petri dishes (9 cm) with malt, which were incubated in their respective treatments. A randomized block design was used with six replicates, each consisting of a Petri dish, in factorial analysis of variance (5x4). Factor 1 was light intensities 0, 80, 160, 240, and 320 µmol m^{-2} s^{-1}, and factor 2 the temperatures 17, 21, 25, and 29°C, totaling 20 treatments. A stepped structure with 400 Watt metal lamps was used for light intensity, which varied with distance of seedlings from lamps. Evaluation was made at two-day intervals by measuring colony diameter in both orthogonal growth directions, then the average was calculated, totaling seven evaluations.

Then, the mycelial growth rate (MGR) was calculated using the Maguire (1962) formula.

In vitro **production of cercosporin**

After assessing mycelial growth, toxin cercosporin was extracted from each experiment in each treatment as previously described (JENNS; DAUB; UPCHURCH, 1989).

Seedling inoculation and assessment of intensity disease

Seedlings of 'Catuaí Vermelho IAC 144' grown in standard substrate (700 liters of soil and 300 liters of manure per cubic meter of mixture) plus 1kg P_2O_5 (5 kg superphosphate) and 0.3 kg K_2O (0.5 kg potassium chloride) with four to five pairs of leaves were inoculated as described in the pathogenicity test. The experiment was conducted in growth chambers in randomized block design with three replicates, each consisting of two plants, in factorial analysis of variance (4x4). Factor 1 was light intensities 80, 160, 240, and 320 µmol m^{-2} s^{-1}, and factor 2 the temperatures 17, 21, 25, and 29°C, totaling 16 treatments. After inoculation, seedlings were subjected to the conditions mentioned and incubated in humid chamber above 90% relative humidity for 72 hours in a controlled environment. Different light intensities were obtained as in the previous experiment. After incubation period, the incidence and severity of disease were assessed at five-day intervals as previously described, totaling five evaluations in each trial.

A graph for disease progress over time was plotted for both incidence and severity. To compare the treatments, the area under the disease progress curve for incidence (AUDPCI) and severity (AUDPCS) was calculated according to Shanner and Finey (1977). Analysis of variance was performed on the results.

Evaluation of chlorophyll

Fresh leaf tissue of coffee seedlings in different shades of green chlorophyll, were measured for chlorophyll content for calibration

purposes by a portable SPAD-502®. After reading, 0.2 g of plant tissue was weighed, macerated in liquid nitrogen, and transferred to tubes containing 10 mL 80% acetone (v/v), remaining for 24 hours in a cold room, protected from light. After 24 hours, the extracts were filtered and read in spectrophotometer at wavelengths 663 and 645 nm for chlorophyll a and b, respectively. Measurements of chlorophyll (mg gMF^{-1}) were made according to Whitham, Blaydes and Devlin (1971).

After the calibration curve was made, symptomatic leaves were marked in all treatments to monitor chlorophyll readings with the progress of disease. A factorial analysis of variance (4x4x2) was used, where factor 1 was light intensities 80, 160, 240, and 320 µmol m^{-2} s^{-1}; factor 2 was temperatures 17, 21, 25, and 29°C; and factor 3 was leaf section (without/with symptoms), totaling 32 treatments. Readings were made with portable SPAD-502® on the same day of evaluation of the incidence and severity of disease. Ten readings were performed per leaf, five in healthy areas (without symptoms) and five in sick areas (with symptoms). Based on the results, the levels of chlorophyll a, b, and total were determined in each experiment and each treatment over time.

Gas exchange

At the end of the experiment, net photosynthetic rate (A), intercellular CO_2 concentration (Ci), stomatal conductance (Cond), transpiration (Tr), and leaf temperature (Tleaf) were evaluated in symptoms and without symptoms leaves, using a portable infrared gas analyzer (IRGA-ADC-LCA4®). Carboxylation efficiency was obtained by A/Ci relationship. This variables were measured in both trials. Then these data were correlated (Pearson's correlation) with temperature, light, and incidence of disease.

Statistical analysis of the experiments

Data were subjected to Levene's test (1960) to assess homogeneity and variance of residuals. As data met the assumptions of analysis of variance, F test was performed for variables at 5% probability in SAS® software. In the case of significant variables, linear regression models were fit to the quantitative variables. For estimating chlorophyll in without and with symptoms leaves, the F test of analysis of variance was used to discriminate treatments. Adjusted models were plotted in Sigma Plot®, and response surface graphs in R programam.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The combined analysis of both trials in both experiments (*in vitro* and *in vivo*) were not significant, so far as the results refer to their respective averages.

Pathogenicity test and choice of isolate

According to Tukey's test, isolate 8 had higher incidence and severity of disease and higher *in vitro* production of cercosporin, which justified the choice of this isolate to perform the experiments (Fig. 1), especially because there is a relationship between production of cercosporin and aggressiveness disease (DAUB; EHRENSHAFT, 2000).

Mycelial growth and cercosporin production

A significant interaction was found between light intensity and temperature for mycelial growth rate (MGR) and cercosporin production. At the lowest temperature, 17°C, MGR ranged from 1.19 to 1.54, reducing from dark to the highest light intensity. This pattern in relation to light kept the same at all temperatures, and MGR kept reducing up to 21°C. From this temperature, MGR increased up to 24.1°C at all light intensities and then kept drastically reducing up to 29°C, where the lowest MGR values were found (Fig. 2). The highest MGR, 1.67, occurred at 24.1°C and in the dark.

In this study the highest mycelial growth rate (MGR) was found at 24.1°C in the dark. Although fungi had grown in the dark, there was low cercosporin production under these conditions probably because the fungal genes responsible for toxin production were not activated in the dark. Thus, as fungi used no energy for toxin production, this energy may have been used in their own growth. Echandi (1959) also found increased mycelial growth of three isolates of *C. coffeicola* at 24°C and a reduced fungal growth at 30°C, results close to those reported in the present study, however, the author did not evaluate the relationship between temperature and light intensity. Souza, Maffia and Mizubuti (2012) studied different isolates of *C. coffeicola* and found higher growth at 26°C than at 18 or 22°C, but the study neither evaluated temperature 24°C nor adjusted regression equations. Other species of *Cercospora* had the following optimum growth temperatures: 27°C for *C. beticola* and *C. apii*; 25°C for *C. sojina*; 20 to 25°C for *C. carotae* and 25 to 28°C for *C. piaropi*. (GROENEWALD; GROENEWALD; CROUS, 2005).

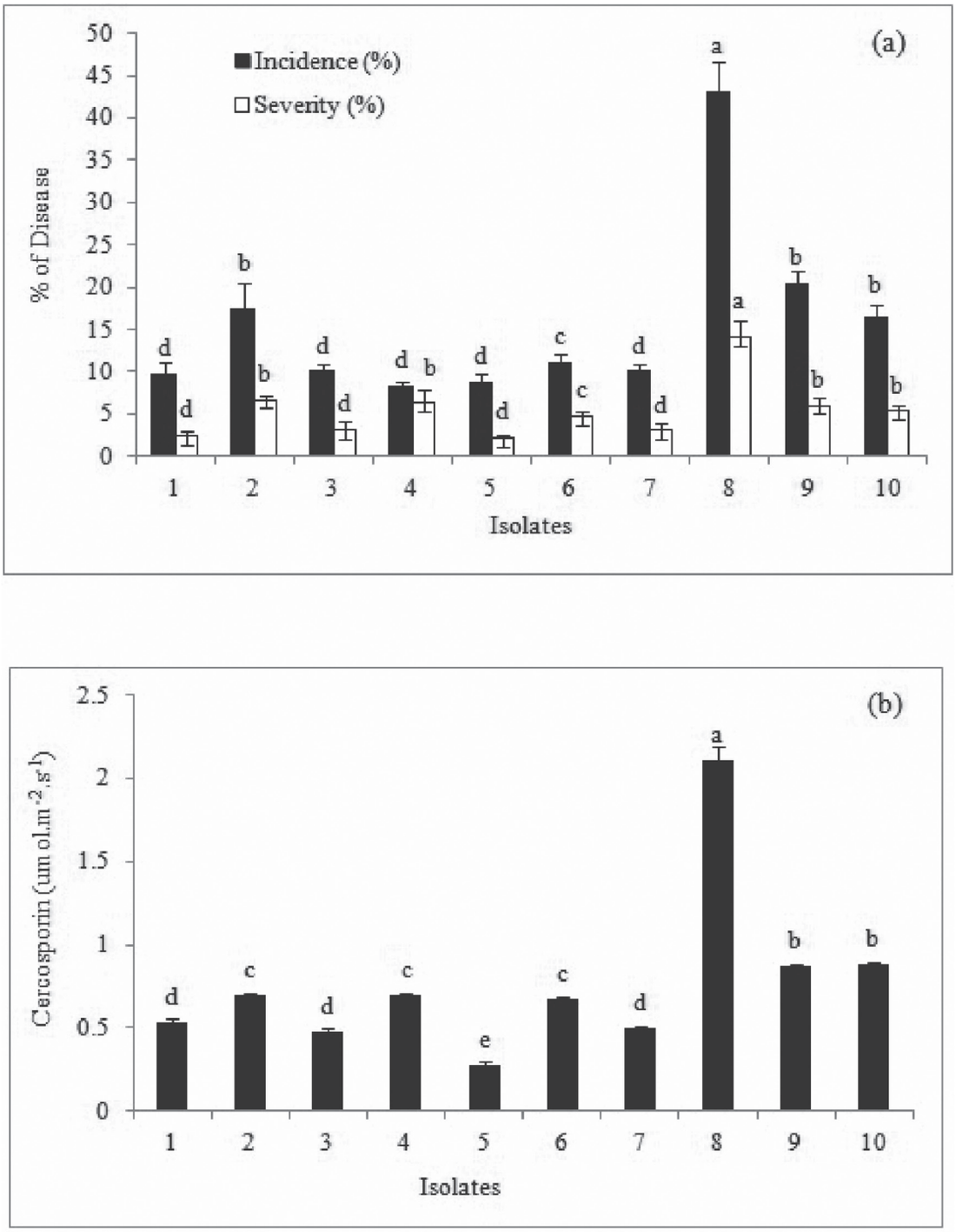

FIGURE 1 - Incidence and severity of disease (a) and *in vitro* production of cercosporin (b) to different isolates of *Cercospora coffeicola*.

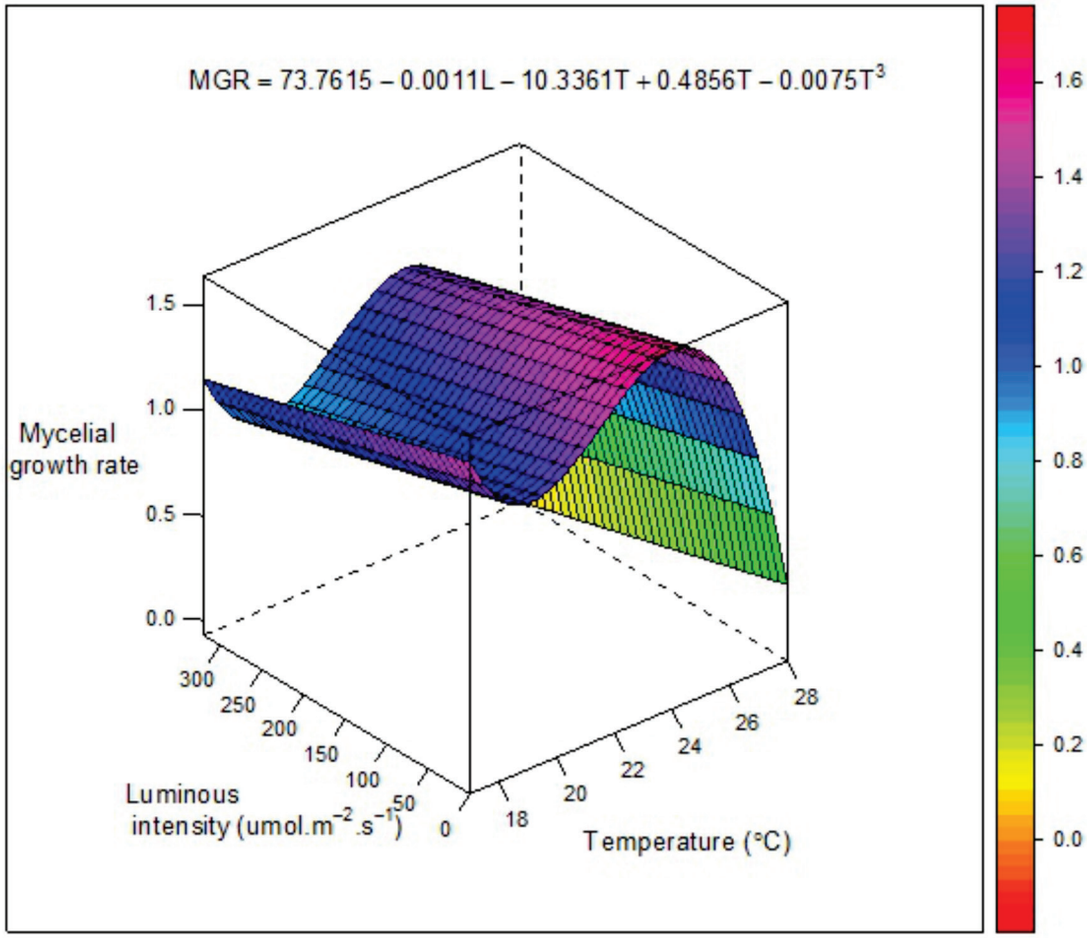

FIGURE 2 - Mycelial growth rate (MGR) versus temperature (T) and light intensity (IL).

Thus, the optimal temperature for mycelial growth differs between species.

The highest cercosporin production, 1.43 µmol.L^{-1} was found at 24.9°C (Fig. 3) with increased toxin from lowest to highest light intensity. At temperatures below and above this value cercosporin production decreased at all light intensities with a slight increase at 17°C, but always below 24.9°C. At all temperatures toxin production increased with the highest light intensity while the lowest was found in the dark, contrary to MGR behavior.

The highest amount of cercosporin was found at 24.9°C and light intensity 320 µmol m^{-2} s^{-1}, followed by 240, 160, 80, and 0 µmol m^{-2} s^{-1}, contrary to the results for mycelial growth rate (MGR). This confirms the crucial role of both light and interaction between temperature and light in toxin production and activity, which increase pathogen aggressiveness. In *C. asparagine*, *C. beticola* and *C. kikuchii* the highest toxin production occurred at 20 to 30°C and in vitro production of cercosporin varies among species and isolates (JENNS; DAUB; UPCHURCH, 1989). In the presence of light, cercosporin is toxic to organisms such as plants, bacteria, fungi, rats and only species of *Cercospora* and other fungi producing toxin with activity similar to cercosporin resist to its oxidizing action (DAUB; CHUNG, 2007).

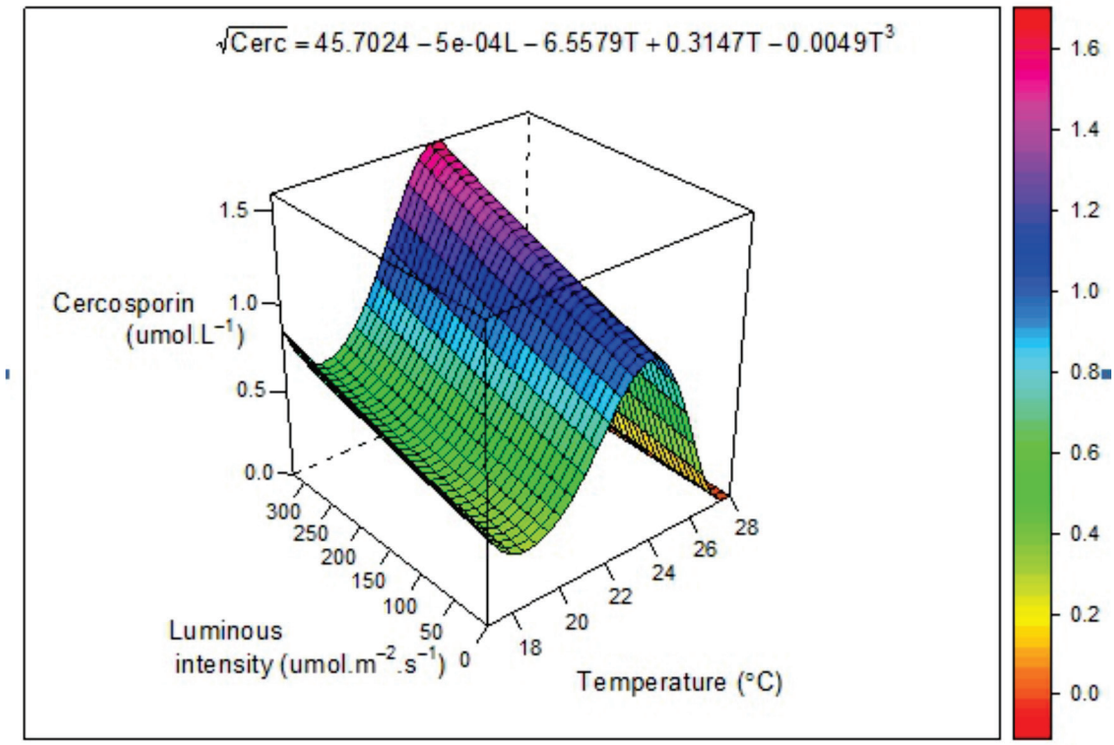

FIGURE 3 - Cercosporin production (µmol L^{-1}) versus temperature (T) and light intensity (IL).

Progress curves of Cercospora leaf spot in coffee seedlings

The first symptoms of disease appeared 22 days after inoculation, and from this date the rate of progress leading to the exponential phase of disease occurred. The progress curve of incidence varied according to light intensity versus temperature. The highest progress of disease was found at 21°C, reaching 31.2% incidence at light intensity 80 µmol m^{-2} s^{-1} and 12.7% incidence at light intensity 320 µmol m^{-2} s^{-1}. At temperatures 17, 25, and 29°C the highest progress occurred at intensity 320 µmol m^{-2} s^{-1} followed by 80 µmol m^{-2} s^{-1} (Fig. 4).

With respect to the severity of disease, the behavior was similar to that of incidence. The highest progress rates occurred at 21°C, at intensity 80 µmol m^{-2} s^{-1} (9.9%) followed by 320 µmol m^{-2} s^{-1} (9.7%). At temperatures 17, 25, and 29°C the highest rate occurred at intensity 320 µmol m^{-2} s^{-1} followed by 80 µmol m^{-2} s^{-1} (Fig. 5).

The incidence and severity of disease in *in vivo* experiments were higher at 21°C at the extremes of light intensity, 80 and 320 µmol m^{-2} s^{-1}. In a study to assess the effect of different temperatures on the severity of disease in coffee seedlings, Souza, Maffia and Mizubuti (2012) found that severity was higher at 22°C, close to the temperature reported herein; however, the study did not describe temperature interaction with light. The light extreme 320 µmol m^{-2} s^{-1} was optimal for *in vitro* production of cercosporin, thus it could be related to pathogen aggressiveness at 22°C. This light intensity fits the range required for proper growth and development of coffee plant C3 in shaded area. This plant is morphologically and physiologically adapted to this environment, with low saturation irradiance ranging 300-600 µmol m^{-2} s^{-1} (KUMAR; TIESZEN, 1980).

Area under the disease progress curve (AUDPC)

Results of area under the disease progress curve for incidence (AUDPCI) and severity (AUDPCS) were not significant according to F test.

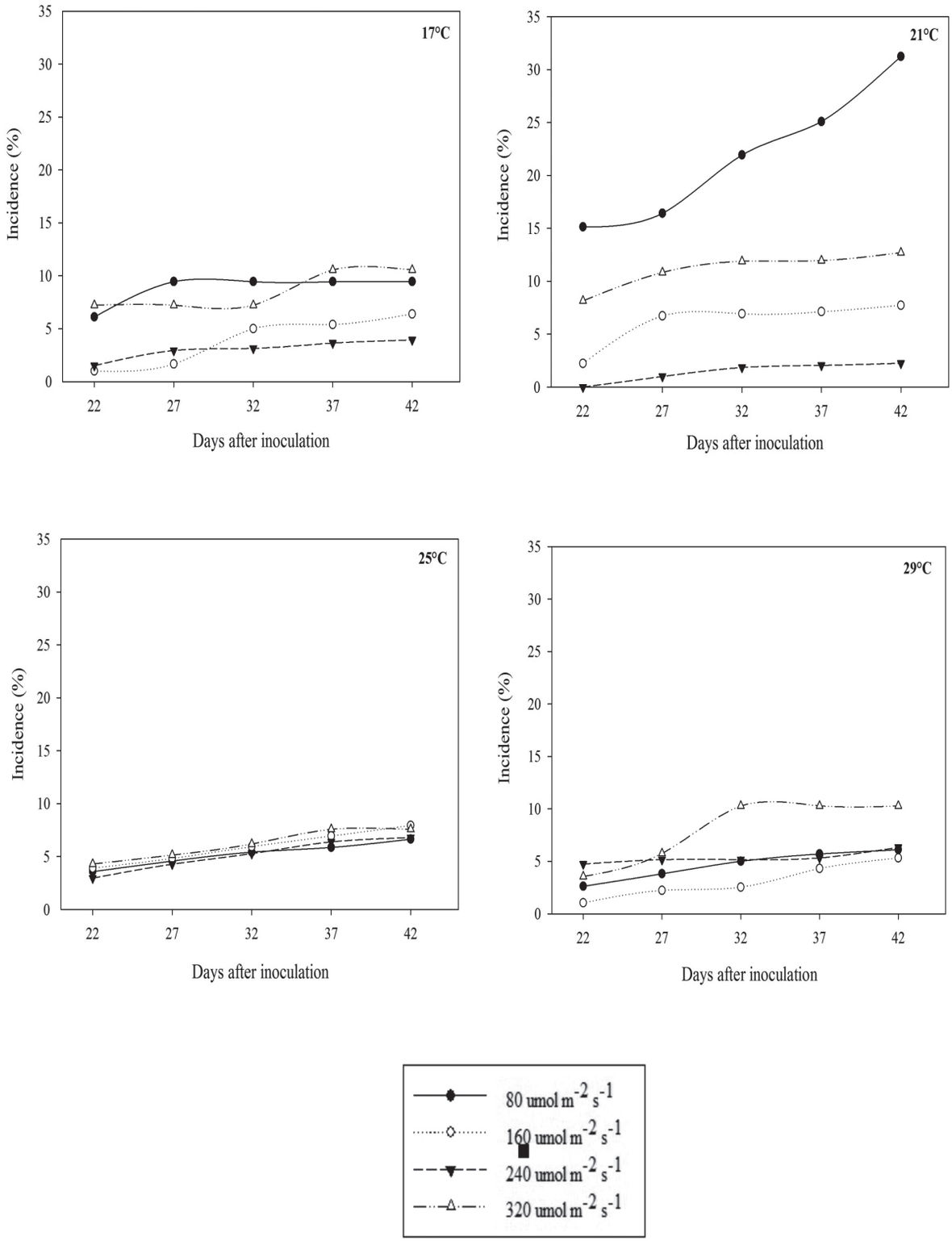

FIGURE 4 - Progress curves of Cercospora leaf spot incidence at different temperatures and light intensity.

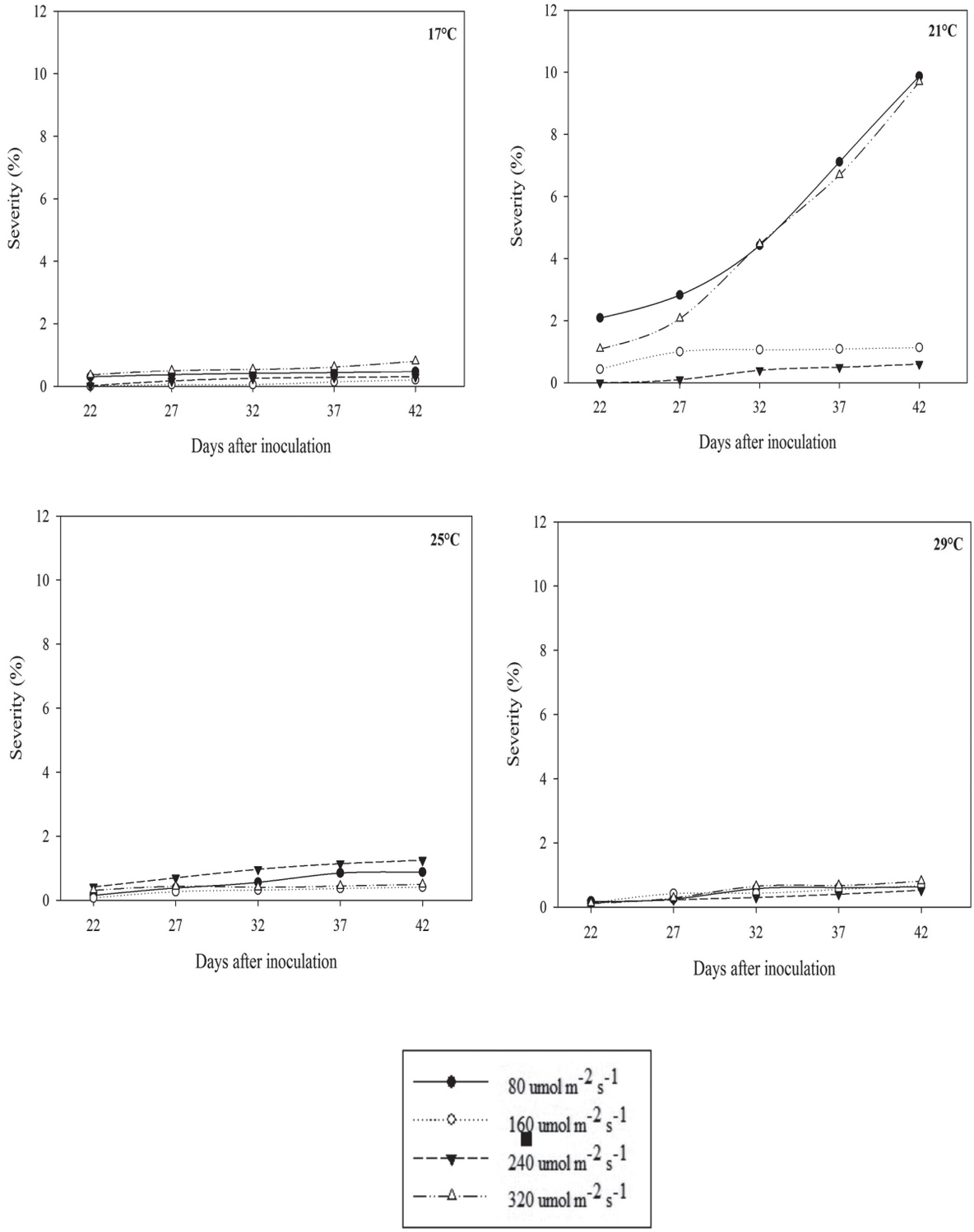

FIGURE 5 - Progress curves of severity of disease at different temperatures and light intensity.

Analysis of chlorophyll a, b, and total

According to F test, the variables of light, temperature and leaf section (with/without symptoms) were individually significant for chlorophyll a, b, and total, but there was no interaction between them. The amount of chlorophyll in tissues with symptoms was always lower in relation to the without symptoms side. Regarding temperature, the smaller quantities of chlorophyll a, b, and total were found at 24, 22.6, and 20.3°C, respectively, with the highest production always occurring at 17°C (Fig. 6).

With respect to light intensity, the highest amounts of chlorophyll a, b, and total were found at 217, 133, and 290 µmol m^{-2} s^{-1}, respectively, while the lowest occurred at 320 µmol m^{-2} s^{-1} (Fig. 7).

Cercospora leaf spot causes physiological disorder in plants, such as leaf yellowing, reduction in photosynthetic area, and leaf drop. One cause of leaf yellowing is the reduction in leaf chlorophyll content. According to the results, it was found that independently of temperature and light intensity the levels of chlorophylls a, b, and total were consistently lower in the area infected than in the healthy leaf side. This was due to destruction of chlorophyll or chloroplasts in the yellowish halo in Cercospora leaf spot lesions (REZENDE et al., 2011). It was also found that, regardless of temperature, from the intensity 160 µmol m^{-2} s^{-1} the decrease in amounts of chlorophyll was accentuated. This was probably because from that light intensity the infectious process is favored, which affect chlorophyll content and consequently the photosynthetic area.

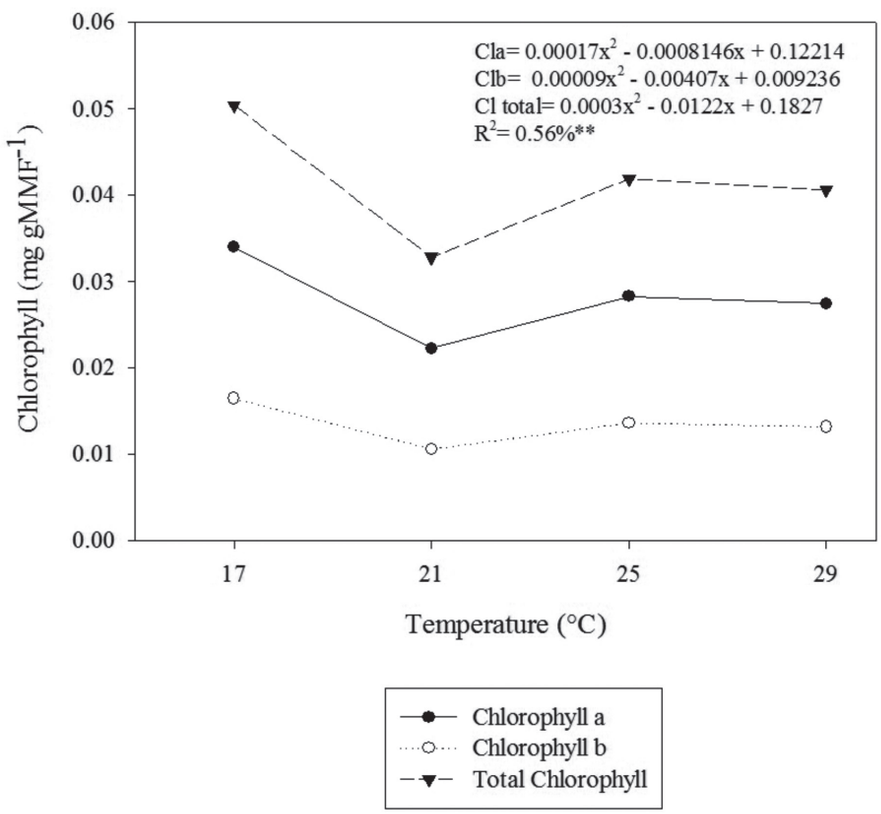

FIGURE 6 - Behavior of chlorophyll a, b, and total according to temperature.

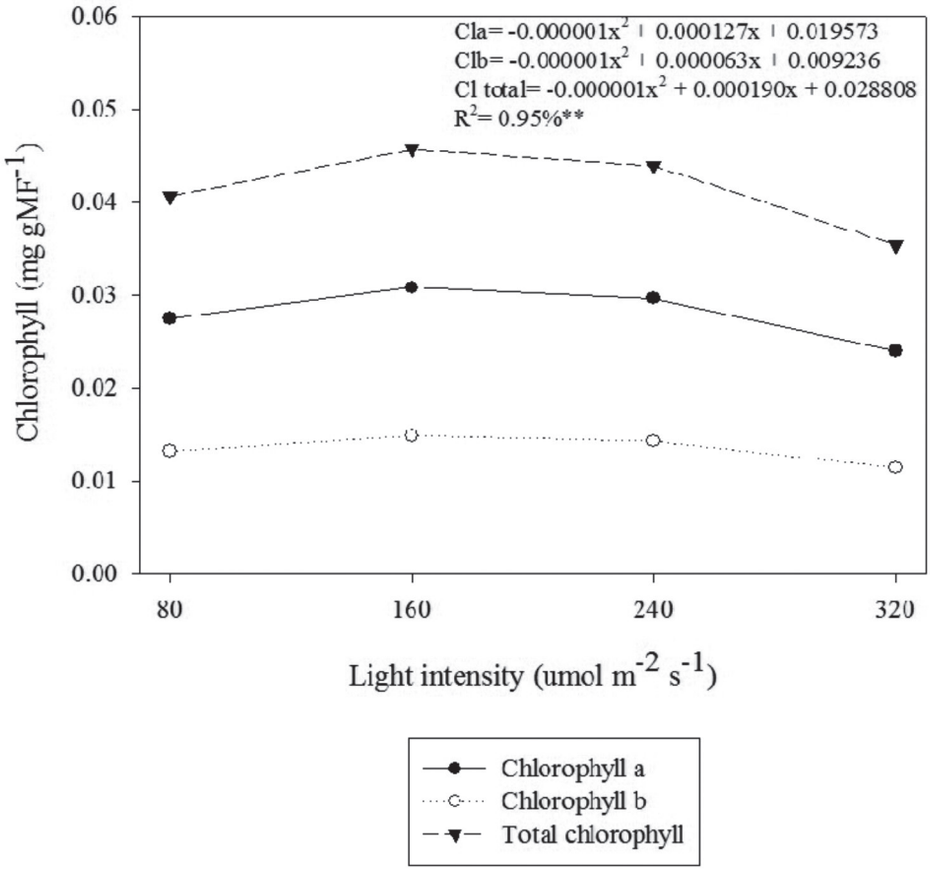

FIGURE 7 - Behavior of chlorophyll a, b and total according to light intensity.

Correlation between physiological variables and temperature and light intensity

Significant negative correlations were found between temperature (°C) and internal carbon (Ci), and positive relationship between temperature and leaf temperature (Tleaf). Photosynthesis was negatively correlated with Ci and positively with Tleaf. There was positive correlation between stomatal conductance (Cond) and transpiration (Tr). These results were found in both with and without symptoms leaves (Table 1).

According to the results, positive correlation between temperature and photosynthesis and negative correlation between internal carbon and photosynthesis imply that Rubisco was probably functional, as internal carbon was being consumed to perform photosynthesis which had been facilitated by increased temperature. Positive correlation between stomatal conductance and transpiration is justified, as transpiration also occurs through open stomata.

In this study, both light intensity and temperature influenced plant physiology, directly affecting photosynthesis (TAIZ; ZEIGER, 2013). Light intensity and temperature levels, as well as water and nutrients are important factors in photosynthetic activity in coffee plants. Furthermore, quality and intensity of light can affect physiological responses of pathogens, such as conidia production, pigmentation, sexual development (PURSCHWITZ et al., 2006), germination, formation of resistance structures, and size and shape of conidia. Temperature influences the occurrence and progress of diseases and also affects pathogen sporulation, lesion expansion, incidence and severity of fungal diseases (PAUL; MUNKVOLD, 2005).

TABLE 1 - Correlation between physiological variables and temperature and light intensity for leaves without and with symptoms.

Variables - Leaves without symptoms

	Ci	Tr	Tleaf
Temp (°C)	-0.63*	0.27 ns	0.90*
Light intensity	-0.16 ns	-0.39 ns	-0.14 ns
Photosynthesis	-0.87*	0.35 ns	0.77*
Cond	0.03 ns	0.95*	-0.06 ns

Variables - Leaves with symptoms

	Ci	Tr	Tleaf
Temp (°C)	-0.66*	0.27 ns	0.56*
Light intensity	-0.11ns	-0.37 ns	-0.35 ns
Photosynthesis	-0.76*	0.21 ns	0.52*
Cond	0.10 ns	0.87*	-0.31 ns

Ci: internal carbon Tleaf : leaf temperature Cond: stomatal conductance Tr : transpiration
Ns= no significant * significant 0.05

4 CONCLUSION

This study showed interaction between temperature and light intensity affecting the mycelial growth rate and cercosporin production. The highest MGR, 1.67, occurred at 24.1°C and in the dark (0 µmol m^{-2} s^{-1}) and the highest amount of cercosporin production was found at 24.9°C and light intensity 320 µmol m^{-2} s^{-1}.

The progress of brown eye spot was also affected for the temperature and light intensity. The highest progress of disease was found at 21°C, reaching 31.2% of incidence and 9.9% of severity at light intensity 80 µmol m^{-2} s^{-1}.

For chlorophylls, temperature and light intensity were individually significant for chlorophylls a, b, and total, but there was no interaction between them.

5 ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thanks to Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for financial support.

6 REFERENCES

BRUNELLI, K. R. et al. Efeito do meio de cultura e do regime de luz na esporulação de *Cercospora zeae-maydis*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 1, p. 92-94, jan. 2006.

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

DAMATTA, F. M. et al. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Jounal of Plant Physiology**, Londrina, v. 19, n. 4, p. 485-510, Apr. 2007.

DAUB, M. E.; CHUNG, K. R. Cercosporin: a photoactivated toxin in plant disease. **APSnet Features**, Saint Paul, 2007. Available from: <http://www.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Pages/Cercosporin.aspx>. Access in: 10 Apr. 2010.

DAUB, M. E.; EHRENSHAFT, M. The photoactivated Cercospora toxin cercosporin: contributions to plant disease and fundamental biology. **Annual Reviews of Phytopathology**, Palo Alto, v. 38, p. 461-490, 2000.

DAUB, M. E.; HERRERO, S.; CHUNG, K. Photoactivated perylenequinone toxins in fungal pathogenesis of plants. **FEMS Microbiology Letters**, London, v. 252, n. 1, p. 197-206, Jan. 2005.

ECHANDI, E. La chasparria de los cafetos causada por El hongo *Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke. **Turrialba**, San José, v. 9, n. 2, p. 54-67, feb. 1959.

GROENEWALD, M.; GROENEWALD, J. Z.; CROUS, P. W. Distinct species exist within the *Cercospora apii* morphotype. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 95, n. 8, p. 951-959, 2005.

JENNS, A. E.; DAUB, M. E.; UPCHURCH, R. G. Regulation of cercosporin accumulation in culture by medium and temperature manipulation. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 79, n. 2, p. 213-219, Feb. 1989.

KUMAR, D.; TIESZEN, L. L. Photosynthesis in *Coffea arabica*: I., effects of light and temperature. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 16, n. 1, p. 13-19, Jan. 1980.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. 5. ed. São Paulo: Sarvier, 2011. 1304 p.

LEVENE, H. Robust test for equality of variances. In: OLKLIN, I. et al. (Ed.). **Contributions to probability and statistics:** essays in honor of harold hotteling. Stanford: Stanford University Press, 1960. p. 278-292.

LIMA, L. M.; POZZA, E. A.; SANTOS, F. S. Relationship between incidence of brown eye spot of coffee cherries and the chemical composition of coffee beans. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 160, n. 4, p. 209-211, Apr. 2012.

MAGUIRE, J. D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, Feb. 1962.

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**, Saint Paul, v. 98, n. 11, p. 1205-1211, Nov. 2008.

PAUL, P. A.; MUNKVOLD, G. P. Influence of temperature and relative humidity on sporulation of *Cercospora zea-maydis* and expansion of gray leaf spot lesions on maize leaves. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 89, n. 6, p. 624-630, June 2005.

POZZA, E. A.; CARVALHO, L. C.; CHALFOUN, S. M. Sintomas de injúrias causadas por doenças em cafeeiro. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; BALIZA, D. P. (Ed.). **Semiologia do cafeeiro:** sintomas de deosrdens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas. Lavras: UFLA, 2010. p. 68-106.

PURSCHWITZ, J. et al. Seeing the rainbow: light sensing in fungi. **Current Opinion in Microbiology**, Karlsruhe, v. 9, n. 6, p. 566-571, June 2006.

REZENDE, J. A. M. et al. Controle de doença, sintomatologia e diagnose. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (Ed.). **Manual de fitopatologia:** princípios e conceitos. 4. ed. São Paul: Agronômica Ceres, 2011. v. 1, p. 37-58.

SCHUMANN, G. L.; D'ARCY, C. J. **Review of hungry planet:** stories of plant diseases essential plant pathology. Saint. Paul: APS, 2012.

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

SOUZA, A. G. C.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G. Cultural and aggressiveness variability of *Cercospora coffeicola*. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 160, n. 10, p. 540-546, Oct. 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

WAGGONER, P. E. Forecasting epidemis. In: HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. (Ed.). **Plant pathology**. San Francisco: Academic, 1960. p. 291-310.

WHITHAM, F. H.; BLAYDES, D. F.; DEVLIN, R. N. **Experiments in plant physiology**. New York: D. Van Nostrame Company, 1971. v. 1.

ADAPTAÇÃO DE TÉCNICAS DE CRIAÇÃO DA BROCA-DO-CAFÉ [*Hypothenemus hampei* (Ferrari)]

Flávio Neves Celestino[1], Dirceu Pratissoli[2], Lorena Contarini Machado[3], Hugo José Gonçalves dos Santos Junior[4], Leonardo Mardgan[5], Laura Vaillant Ribeiro[6]

(Recebido: 14 de junho de 2015 ; aceito: 01 de dezembro de 2015)

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, avaliar técnicas de criação da broca-do-café, utilizando diferentes fontes de alimento natural, formas de assepsia e o armazenamento. Foi avaliado o número de descendentes produzidos, utilizando-se o café arábica em coco, o café arábica pergaminho e o café robusta em coco. Para a assepsia destes cafés, usou-se o produto comercial à base de P_2O_5 (PCB-P_2O_5, 30 mL/20 L de água), o Hipoclorito de Sódio (NaClO, 5% v v^{-1}) e a água destilada (controle), sendo estes separados em dois lotes após o processo de assepsia, um utilizado imediatamente e o outro armazenado em freezer a -20 ºC, por 60 dias, para posterior utilização. Dentre os cafés utilizados como fonte de alimento, no controle (sem assepsia), o café robusta foi o melhor para a criação de *H. hampei* e produziu 464,2 insetos. Para o café arábica em coco e o pergaminho, utilizando-se a assepsia com NaClO e PCB-P_2O_5, respectivamente, estes não interferiram no desenvolvimento da broca-do-café e aumentaram o número de indivíduos produzidos. Quando utilizado para a criação da broca-do-café, o café robusta em coco e realizada a assepsia com PCB-P_2O_5, produziu-se 535,6 insetos. O armazenamento do café em freezer, a -20 ºC, por 60 dias, pode, em alguns casos, reduzir o número de descendentes da broca-do-café. Entretanto, esta prática é importante para a manutenção do inseto, durante a entressafra. A melhor técnica para criação da broca-do-café é em café robusta em coco, utilizando-se a assepsia com o PCB-P_2O_5, e,este café é menos oneroso.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, *Coffea canephora*, assepsia, armazenamento.

ADAPTATION OF TECHNIQUE FOR REARING OF THE COFFEE BERRY BORER [*Hypothenemus hampei* (Ferrari)]

ABSTRACT: *The objective of this study was to evaluate rearing techniques of the coffee berry borer, using different natural food sources, forms of asepsis and the storage. The number of offspring produced was evaluated using arabica coffee in beans, arabica coffee in parchment and robusta coffee in beans. For the asepsis of these coffees was used a commercial product based on P_2O_5 (PCB-P_2O_5, 30 mL/20 L water), Sodium Hypochlorite (NaClO 5% v v^{-1}) and distilled water (control), these separated in two batches after the asepsis process, one used immediately and the other stored at -20 ºC for 60 days for further use. Among the types of used coffee as a food source in the control (without asepsis), the robusta coffee in beans was the best for the rearing of the coffee berry borer and produced 464.2 insects. For the arabica coffee in beans and in parchment, using asepsis with NaClO and PCB-P_2O_5, respectively, these did not affect the development of the coffee berry borer and increased the number of individuals produced. When used for the rearing of the coffee berry borer, robusta coffee in beans and performed the asepsis with PCB-P_2O_5, was produced 535.6 insects. The coffee storage in freezer at -20 ºC for 60 days can in some cases reduce the number of offsprings of the coffee berry borer, but it is important for insect maintenance during the off-season. The best technique for rearing of the coffee berry borer is in robust coffee in beans, using the asepsis with PCB-P_2O_5, beyond this coffee is less costly.*

Index terms: *Coffea arabica, Coffea canephora, asepsis, coffee storage.*

1 INTRODUÇÃO

A broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), provoca danos aos frutos, reduzindo o peso dos grãos e alterando o tipo de café, classificação e sabor da bebida, sendo um dos principais obstáculos à cafeicultura mundial (MESSING, 2012; VEGA et al., 2009, 2014). Os prejuízos econômicos à cultura chegam a afetar a economia de mais de 25 milhões de pequenos agricultores no mundo (FAIRTRADE FOUNDATION, 2012).

As fêmeas de *H. hampei*, após o acasalamento, saem à procura de frutos sadios e os perfuram, geralmente, na região da coroa, construindo uma galeria que atinge o interior da semente, onde é realizada a postura. Os ovos são pequenos, brancos, elípticos e com brilho leitoso. A fêmea, cuja longevidade é de 157 dias, põe de 31 a 119 ovos; o período de incubação dos ovos leva de 4,3 a 7,7 dias, enquanto que o período larval dura entre 12 a 17 dias e a duração pupal está entre 5,2 a 6,5 dias, em temperaturas entre 23 a 27 ºC (JARAMILLO et al., 2009). Nessas condições, o

[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo/IFES - Campus Montanha - Rod. ES-130 (Montanha x Vinhático) - Km 01 - Palhinha - 29.890-000 - Montanha -ES -fncelestino@yahoo.com.br
[2,3,4,5,6]Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Departamento de Produção Vegetal/DPV - Cx. P. 16 - 29.500-000- Alegre - ES - dirceu.pratissoli@gmail.com, lorenarini@hotmail.com, hugo.goncalves@ufes.br, mardgan@ig.com.br, laura.vaillant@hotmail.com

ciclo de vida da broca-do-café dura cerca de 30 dias, podendo ocorrer até sete gerações por ano, e devido à alta longevidade e fecundidade atravessa facilmente o período de entressafra, causando danos à produção do ano seguinte (FORNAZIER et al., 2007).

Para que estudos possam ser desenvolvidos com a broca-do-café é necessário o aprimoramento de uma técnica de criação adequada, visando à produção de insetos em quantidade e com qualidade. O sucesso da criação massal de *H. hampei* é dependente, principalmente, do controle da umidade e da temperatura em cada etapa, da manutenção diária das condições de assepsia do laboratório e da obtenção de insetos saudáveis que possibilitem a realização de estudos científicos (BUSTILLO et al., 1996). Pesquisas mencionam técnicas que são utilizadas para criação da broca-do-café, tais como dietas artificiais (CONSTANTINO et al., 2011; VEGA; KRAMER; JARAMILLO, 2011) com café cereja (HIROSE; NEVES, 2002; JARAMILLO et al., 2009) e café pergaminho (BUSTILLO et al., 1996).

A criação em dietas artificiais, apesar de apresentarem algumas vantagens como ocupar menor espaço físico e produzir maior número de insetos; também apresentam alguns problemas sanitários que exigem cuidados para evitar a contaminação da dieta, sendo necessários mão de obra especializada e laboratório com maior infraestrutura (HIROSE; NEVES, 2002). De acordo com Portilla e Streett (2006), as dietas artificiais existentes para a broca-do-café afetam negativamente a fecundidade e a razão sexual. Além disso, estudos com fungos entomopatogênicos podem ser comprometidos, pois estas interferem no sistema imunológico do hospedeiro e na germinação dos conídios (CORY; ERICSSON, 2010; HIROSE; NEVES, 2002; SHIKANO et al., 2010).

Quando se utiliza o café cereja ou o pergaminho do café como alimento, o principal problema é a contaminação por microrganismos que dificulta o manuseio, visto que, mais de 50 espécies de fungos ocorrem associados a *H. hampei* e suas galerias, e muitos destes são tóxicos ao homem (DALVI et al., 2011; GAMA et al., 2006; PÉREZ et al., 2003). Dentre os microrganismos, algumas espécies de fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* são contaminantes toxigênicos do café e produzem a micotoxina (ochratoxina A), considerada um problema grave para a saúde humana e para a indústria de café (OLIVEIRA et al., 2013; VELMOUROUGANE; BHAT; GOPINANDHAN, 2010). Objetivou-se, neste trabalho, avaliar técnicas de criação da broca-do-café, utilizando diferentes fontes de alimento natural, formas de assepsia e o armazenamento, visando disponibilizar uma técnica que facilite as pesquisas e o desenvolvimento de programas de manejo fitossanitário dessa praga.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no setor de Entomologia do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário (NUDEMAFI), do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), em Alegre – ES.

2.1 Criação e manutenção de *H. hampei*

A criação e manutenção da broca-do-café foram realizadas em sala climatizada à temperatura de 25 ± 2 ºC, umidade relativa (UR) de 60 ± 10% e fotofase de 12h. Para isso, foram coletados a campo, frutos de café brocados de *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner, no município de Jerônimo Monteiro - ES (latitude: -20° 47’ 22’’ e longitude: -41° 23’ 42’’). Posteriormente, estes foram lavados com solução de Hipoclorito de Sódio (NaClO) a 5% (v/v) utilizando água como solvente, para evitar a proliferação de eventuais contaminantes. Em seguida foram enxaguados em água corrente e expostos em ambiente ventilado, sem exposição direta à luz solar, por 24 horas. Os frutos brocados foram acondicionados em caixas plásticas (15 x 30 x 5 cm), com tampa. Para possibilitar as trocas gasosas, nas tampas foram feitas aberturas vedadas com tecido “voal”. Em cada caixa foram acondicionados no máximo 300 frutos, ocupando apenas uma lateral da caixa, ficando a outra lateral livre para que as brocas recém-emergidas, ao deixarem os grãos, se deslocassem para a extremidade livre para coleta. A coleta dos insetos foi feita com succionador de insetos pequenos, adaptado a uma bomba-de-vácuo (DALVI; PRATISSOLI, 2012).

Para a continuação da criação, os insetos coletados foram colocados em contato com grãos sadios de café em pergaminho, na proporção de uma broca por grão, em recipientes plásticos do tipo gerbox® quadrado (10 x 10 x 4 cm), com tampa. Estes recipientes continham 200 grãos de café, da espécie *Coffea arabica* L., previamente lavado com NaClO a 5% (v/v), por 1 minuto e enxaguados

em água corrente. Os recipientes foram tampados com tecidos pretos para proporcionar condições adequadas para reprodução. Periodicamente, foi borrifada água destilada para a manutenção da umidade dos grãos (45%) (DALVI; PRATISSOLI, 2012).

2.2 Adaptações das técnicas de criação da broca-do-café

As metodologias utilizadas como base para esta pesquisa foram as propostas por Bustillo et al. (1996), Hirose e Neves (2002) e Pérez, Infante e Vega (2005). Sendo assim, foram utilizados os cafés: arábica em coco, arábica pergaminho e robusta em coco, como alimento para a broca-do-café. Previamente, os frutos de café foram selecionados em relação à presença ou ausência de broca-do-café, para assegurar a isenção do inseto no lote empregado no bioensaio. Para a assepsia dos grãos, foram utilizados o NaClO a 5% (v/v) (2,0 a 2,5% de cloro ativo; Empresa: Indústria Anhembi S/A, Osasco, SP), produto comercial à base de P_2O_5 (PCB-P_2O_5, 30 mL/20 L de água) (Super17® - 5,0% (p/p) de P_2O_5 solúvel em água; Empresa: SULPHUR TEC – Indústria, Comércio, Importação e Exportação LTDA; Orlândia, SP), bem como, a água destilada (controle, ou seja, sem assepsia). Os grãos foram colocados em solução por 24 h; após este período foram lavados em água corrente e colocados para secar à sombra, por 36 h, para que atingissem umidade de, aproximadamente, 45%. Após assepsia, foram separados dois lotes dos cafés, sendo um utilizado imediatamente no bioensaio e o outro armazenado em freezer a -20 ºC, por 60 dias, para posterior utilização em um novo bioensaio.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, no esquema fatorial triplo 3 x 3 x 2 (Fonte de alimento: arábica em coco, arábica pergaminho e robusta em coco x Assepsia: NaClO, PCB-P_2O_5, controle x Armazenamento: uso imediato e após armazenamento em Freezer a -20 ºC, por 60 dias), com 5 repetições. As repetições foram constituídas de recipientes plásticos do tipo gerbox® quadrado 10 x 10 x 4 cm com tampa, contendo 200 pergaminhos de café arábica ou 100 grãos de café em coco (arábica ou robusta). Para montagem do experimento foram utilizados insetos provenientes da criação, sendo infestados com 50 brocas/gerbox. Os lotes foram identificados e acondicionados em sala climatizada à 25 ± 2 ºC, UR de 60 ± 10% e fotofase de 12h, e cobertos com tecido preto, condição esta necessária para a reprodução desse inseto. Para a manutenção da umidade dos grãos em, aproximadamente, 45%, água destilada era borrifada periodicamente. A partir do 40º dia, iniciou-se a avaliação do número de descendentes produzidos a cada 3 dias, até o 70º dia. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. E para a avaliação do número de indivíduos produzidos diariamente foi realizada a análise de regressão, sendo que o nível de significância do teste foi de 5%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste bioensaio apresentaram interação tripla entre as fontes de alimento, as formas de assepsia e o armazenamento sobre o número de indivíduos da broca-do-café produzidos ($F_{4:89}$ = 10,90; P<0,0001) (Tabela 1).

Entre os cafés que não foram armazenados e sem assepsia, o mais adequado para criação da broca-do-café foi o café robusta em coco, que produziu em média 464,2 insetos, mas quando foi realizado a assepsia com NaClO, o café arábica e o robusta em coco foram superiores ao café arábica pergaminho. No caso da assepsia utilizando o PCB-P_2O_5 não houve diferença estatística entre os cafés robusta em coco e arábica pergaminho, produzindo 535,6 e 454,2 brocas em média, respectivamente. Quando os cafés foram armazenados por 60 dias em freezer a -20 ºC, tanto para o controle, como para a assepsia com o NaClO, o café arábica em coco e o robusta em coco foram os melhores para a reprodução da broca-do-café. No entanto, quando a assepsia foi realizada com o PCB-P_2O_5, o café arábica em coco foi o que apresentou maior produção de descendentes da broca-do-café (371,6 brocas) (Tabela 1).

As diferenças apresentadas no número de indivíduos produzidos em cada café podem estar correlacionadas com a composição química do grão, visto que, há variação em função da espécie e até mesmo entre cultivares, dentro da própria espécie (KITZBERGER et al., 2013; KY et al., 2001; MENDONÇA et al., 2007). Em genótipos de café arábica (*C. arabica*) foram encontrados maiores teores de sacarose e trigonelina comparados aos genótipos de café robusta (*C. canephora*) (CAMPA et al., 2004; KY et al., 2001). No entanto, para cafeína e ácido clorogênico os maiores valores foram encontrados em *C. canephora* (KY et al., 2001; RODRIGUES et al., 2007). Além disso, a forma de processamento (seca ou úmida) também pode influenciar nas características químicas do café (FERREIRA et al., 2013; LIMA et al., 2008).

TABELA 1 - Total de descendentes de *Hypothenemus hampei* obtidos em café arábica pergaminho, arábica em coco e robusta em coco, submetidos a diferentes formas de assepsia, armazenado ou não em freezer a -20 ºC por 60 dias (a 25 ± 2 ºC, UR de 60 ± 10% e fotofase de 12h).

Cafés/Assepsia	Armazenamento após 0 dias[1]		
	Controle (sem assepsia)	NaClO	PCB-P_2O_5
Arábica pergaminho	150,2 ± 12,21 Cc[ns]	298,0 ± 10,31 Bb*	454,20 ± 38,08 Aa*
Arábica em coco	235,4 ± 12,32 Bb*	455,8 ± 4,51 Aa*	269,00 ± 13,76 Bb*
Robusta em coco	464,2 ± 15,92 ABa*	405,0 ± 31,65 Ba[ns]	535,6 ± 48,89 Aa*
	Armazenamento após 60 dias		
Arábica pergaminho	94,0 ± 10,46 ABb	37,8 ± 8,82 Bb	138,0 ± 11,30 Ac
Arábica em coco	336,8 ± 20,82 Aa	352,6 ± 33,16 Aa	371,6 ± 25,54 Aa
Robusta em coco	386,6 ± 30,33 Aa	346,2 ± 30,86 ABa	275,2 ± 23,15 Bb

[1]Médias (± EP) seguidas pelas mesmas letras maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; *Médias diferem entre si, quanto ao armazenamento, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. [ns]Não significativo, quanto ao armazenamento.

Entretanto, em estudo realizado para investigar o papel da cafeína, na defesa química do café contra *H. hampei*, não foi observada correlação positiva entre resistência e teor de cafeína, em várias espécies de café (GUERREIRO FILHO; MAZZAFERA, 2003). Estes mesmos autores também relatam que a atratividade para os insetos não estava diretamente relacionada com o teor de cafeína nos frutos maduros, visto que, espécies de café com baixo teor de cafeína também foram colonizados, porém com menor intensidade.

Um dos principais fatores para o sucesso na criação massal de *H. hampei* é o controle da umidade (BUSTILLO et al., 1996). Observou-se que o café arábica pergaminho perde mais umidade, comparado aos cafés em coco, sendo necessária maior reposição de água para manter a umidade. Essa oscilação da umidade dos grãos é um fator prejudicial na criação, visto que, esta deve ser mantida, aproximadamente, em 45% (HIROSE; NEVES, 2002). Assim, este é um fator negativo para a criação da broca-do-café, utilizando-se o café arábica pergaminho, pois dificulta o manejo da criação e requer maior atenção do responsável pela criação do inseto.

Quando se trata de diferentes cafés para a criação de *H. hampei*, deve-se correlacionar o custo dos diferentes materiais e a eficiência na produção. O café arábica possui maior qualidade e, consequente, preço superior ao café robusta, além disso, o processamento do café por via úmida (pergaminho) aumenta a qualidade, resultando em preços ainda mais altos (NISHIJIMA; SAES; POSTALI, 2012). Assim sendo, o café robusta torna-se a opção mais econômica para a criação da broca-do-café.

No caso das formas de assepsia dos grãos, para o café arábica pergaminho sem ser armazenado, além da descontaminação, estas aumentaram o número de brocas produzidas comparado ao controle. Contudo, para o café arábica em coco sem ser armazenado, a assepsia utilizando NaClO aumentou a produção de descendentes da broca-do-café, sendo superior aos demais tratamentos. Para o café robusta em coco sem ser armazenado, as formas de assepsia não diferiram do controle, sendo assim estes não interferem no desenvolvimento da broca-do-café, podendo ser utilizados ambos (NaClO e PCB-P_2O_5), para redução de contaminantes. Em relação aos cafés que foram armazenados em freezer, a -20 ºC, para serem utilizados 60 dias após a assepsia, não houve diferença entre o controle e os demais tratamentos (NaClO e PCB-P_2O_5), tanto para o café arábica pergaminho, quanto para o café arábica em coco. No caso do café robusta em coco, isto ocorre apenas para o tratamento com NaClO, uma vez que, quando tratado com PCB-P_2O_5 diferiu-se do controle reduzindo o número de descendentes produzidos (Tabela 1).

Com relação ao armazenamento dos cafés sem a assepsia (controle), não houve diferença entre o café arábica pergaminho armazenado ou

não após 60 dias em freezer a -20 ºC. Entretanto, o café arábica em coco, armazenado por 60 dias, em freezer a -20 ºC apresentou maior produção de descendentes da broca-do-café (336,8 brocas), comparado ao não armazenado. Contudo, o inverso foi constatado para o café robusta em coco, o qual apresentou maior número de brocas produzidas, quando este não foi armazenado por 60 dias (464,2 brocas). Quando estes cafés foram submetidos à assepsia com NaClO, o armazenamento em freezer a -20 ºC reduziu o número de brocas produzidas pelo café arábica em coco e pergaminho, mas não afetou a produção em café robusta em coco. O armazenamento do café arábica pergaminho e do robusta em coco, por 60 dias em freezer a -20 ºC, após a assepsia com PCB-P_2O_5 reduziu o número de descendentes da broca-do-.café. Contudo, o café arábica em coco apresentou resposta inversa (Tabela 1). O armazenamento do café em freezer a -20 ºC é um processo que onera o custo de criação da broca-do-café, contudo, necessário durante a entressafra, para garantir a criação desse inseto.

O café arábica pergaminho, tanto sem assepsia (controle), quanto para naqueles em que foi realizada a assepsia com NaClO ou PCB-P_2O_5 apresentaram o número de brocas produzidos diariamente, ajustando-se ao modelo linear (R^2 = 87,09% e P<0,0001; R^2 = 69,01% e P = 0,0015; R^2 = 80,05% e P = 0,0002, respectivamente), ou seja, há uma redução do número de brocas produzidas a partir da data inicial de avaliação (40º dia) até a data final (70º dia). Entretanto, quando o café arábica pergaminho foi armazenado por 60 dias, em freezer a -20 ºC, nenhuma das formas de assepsia ajustou-se a um modelo, apresentando uma produção de broca-do-café constante, ao longo do tempo (Figura 1).

O café arábica em coco tratado com água destilada (controle) manteve uma produção de brocas constante ao longo do tempo. Contudo, quando este café foi submetido a assepsia com NaClO e PCB-P_2O_5 a produção de brocas ajustou-se ao modelo quadrático (R^2 = 63,30% e P = 0,0181; R^2 = 61,00% e P = 0,0231, respectivamente), havendo um pico de produção entre o 55º e o 64º dia de avaliação. Entretanto, quando estes cafés foram armazenados por 60 dias, em freezer a -20 ºC, a produção de brocas manteve-se constante ao longo do tempo, exceto, para o controle que ajustou-se a um modelo quadrático (R^2 = 70,28% e P = 0,0078), sendo as maiores produções de brocas entre o 46º e o 55º dia de avaliação (Figura 1).

O número de descendentes da broca-do-café produzidos em café robusta em coco, submetido à assepsia com água destilada (controle), com NaClO e com PCB-P_2O_5 ajustaram-se ao modelo linear (R^2 = 78,08% e P = 0,0003; R^2 = 63,26% e P = 0,0034; R^2 = 79,52% e P = 0,0002, respectivamente), apresentando redução do número de brocas produzidas ao longo do tempo. Contudo, este café após ser armazenado por 60 dia, em freezer a -20 ºC, posteriormente à assepsia com água destilada (controle) e NaClO, ajustaram-se ao modelo quadrático e linear, respectivamente (R^2 = 75,90% e P =0,0034; R^2 = 78,69% e P = 0,0003). Enquanto que, o café robusta em coco, submetido à assepsia com PCB-P_2O_5 e armazenado em freezer a -20 ºC, não se ajustou a nenhum modelo (Figura 1). Tais resultados serão fundamentais para a organização de lotes de criação massal da broca-do-café, estabelecendo-se um cronograma de produção, com lotes iniciando, em alta e em fase final de produção, mantendo-se um número constante de brocas produzidas.

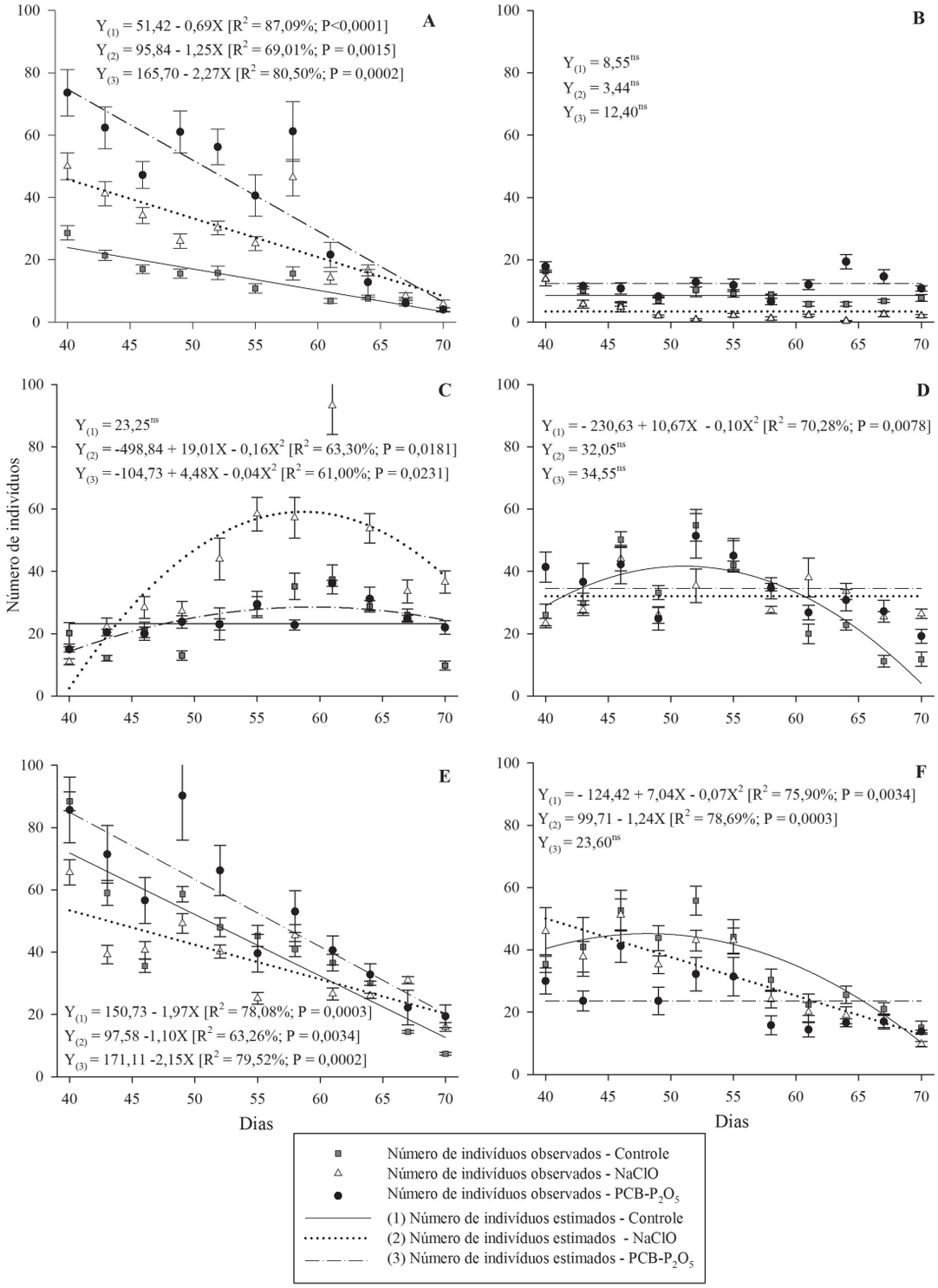

FIGURA 1 - Produção diária de descendentes de *Hypothenemus hampei,* obtidos em café arábica pergaminho não armazenado - NA - (A) e armazenado em freezer a -20 ºC por 60 dias - AF - (B), café arábica em coco NA (C) e AF (D) e café robusta em coco NA (E) e AF (F), submetidos a diferentes formas de assepsia (a 25 ± 2 ºC, UR de 60 ± 10% e fotofase de 12h). ^{ns}Não significativo; Hipoclorito de sódio (NaClO); Produto comercial à base de P_2O_5 – Super 17® (PCB-P_2O_5).

4 CONCLUSÕES

O café robusta é o melhor para a criação da broca-do-café. As formas de assepsia não interferem no desenvolvimento da broca-do-café, podendo ser utilizados ambos: NaClO ou PCB-P_2O_5, para redução de contaminantes. O armazenamento do café, em freezer a -20 ºC por 60 dias, pode, em alguns casos, reduzir o número de descendentes da broca-do-café, mas é importante para a manutenção do inseto durante a entressafra. A melhor técnica para criação da broca-do-café é em café robusta em coco, utilizando-se a assepsia com o PCB-P_2O_5, além deste café ser menos oneroso.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo a Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário (NUDEMAFI), pelo apoio financeiro concedido para realização desta pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

BUSTILLO, A. E. et al. Producción masiva y uso de parasitoides para el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, en Colombia. **Cenicafé**, Manizales, v. 47, n. 2, p. 215-230, jul./dic. 1996.

CAMPA, C. et al. Trigonelline and sucrose diversity in wild *Coffea* species. **Food Chemistry**, Oxford, v. 88, n. 1, p. 39-43, Jan. 2004.

CONSTANTINO, L. M. et al. Aspectos biológicos, morfológicos y genéticos de *Hypothenemus obscurus* e *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). **Revista Colombiana de Entomologia**, Bogotá, v. 37, n. 2, p. 173-182, jul./dic. 2011.

CORY, J. S.; ERICSSON, J. D. Fungal entomopathogens in a tritrophic context. **BioControl**, Delémont, v. 55, n. 1, p. 75-88, Jan./Feb. 2010.

DALVI, L. P. et al. Selection of native isolates of *Beauveria bassiana* (Ascomycota, Hypocreales) for the control of the coffee borer beetle *Hypothenemus hampei* (Scolytinae) in Brazil. **Biological Letters**, Poznań, v. 48, n. 1, p. 39-46, Jan./Jun 2011.

DALVI, L. P.; PRATISSOLI, D. Técnica de criação de *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae). In: PRATISSOLI, D. (Ed.). **Técnicas de criação de pragas de importância agrícola, em dietas naturais**. Vitória: EDUFES, 2012. p. 297-305.

FAIRTRADE FOUNDATION. **Fairtrade and coffee:** commodity briefing. London, 2012. Disponível em: <http://www.fairtrade.org.uk/includes/documents/cmdocs/2012/F/FTCoffee_Report_May2012.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2014.

FERREIRA, G. F. P. et al. Quality of coffee produced in the Southwest region of Bahia, Brazil subjected to different forms of processing and drying. **African Journal of Agricultural Research**, Ago-Iwoye, v. 8, n. 20, p. 2334-2339, May 2013.

FORNAZIER, M. J. et al. Pragas do café conilon. In: FERRÃO, R. G. et al. (Ed.). **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 406-449.

GAMA, F. C. et al. Diversidade de fungos filamentosos associados a *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) e suas galerias em frutos de *Coffea canephora* (Pierre). **Neotropical Entomology**, Piracicaba, v. 35, n. 5, p. 573-578, set./out. 2006.

GUERREIRO FILHO, O.; MAZZAFERA, P. Caffeine and resistance of coffee to the berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Journal of Agricultural and Food Chemistr**y, Washington, v. 51, n. 24, p. 6987-6991, Nov. 2003.

HIROSE, E.; NEVES, P. M. O. J. Técnica para criação e manutenção da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), em laboratório. **Neotropical Entomology**, Piracicaba, v. 31, n. 1, p. 161-164, jan./mar. 2002.

JARAMILLO, J. et al. Development of an improved laboratory production technique for the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*, using fresh coffee berries. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 130, n. 3, p. 275-281, Mar. 2009.

KITZBERGER, C. S. G. et al. Composição química de cafés arábica de cultivares tradicionais e modernas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 11, p. 1498-1506, nov. 2013.

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

LIMA, M. V. et al. Preparo do café despolpado, cereja descascado e natural na região sudoeste da Bahia. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 2, p. 124-130, mar./abr. 2008.

MENDONÇA, L. M. V. L. et al. Composição química de grãos crus de cultivares de *Coffea arabica* L. suscetíveis e resistentes à *Hemileia vastatrix* Berg et Br. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 413-419, mar./abr. 2007.

MESSING, R. H. The coffee Berry Borer (*Hypothenemus hampei*) Invades Hawaii: preliminary investigations on trap response and alternate hosts. **Insects**, Geneva, v. 3, n. 3, p. 640-652, Jul./Aug. 2012.

NISHIJIMA, M.; SAES, M. S. M.; POSTALI, F. A. S. Análise de concorrência no mercado mundial de café verde. **RESR**, Piracicaba, v. 50, n. 1, p. 69-82, jan./mar. 2012.

OLIVEIRA, G. et al. Effect of different roasting levels and particle sizes on ochratoxin A concentration in coffee beans. **Food Control**, Berkshire, v. 34, n. 2, p. 651-656, Dec. 2013.

PÉREZ, J. et al. Mycobiota associated with the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in Mexico. **Mycological Research**, Manchester, v. 107, n. 7, p. 879-887, July 2003.

PÉREZ, J.; INFANTE, F.; VEGA, F. E. Does the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) have mutualistic fungi? **Annals of the Entomological Society of America**, Annapolis, v. 98, n. 4, p. 483-490, jul./aug. 2005.

PORTILLA, M.; STREETT, D. Nuevas técnicas de producción masiva automatizada de *Hypothenemus hampei* sobre la dieta artificial Cenibroca modificada. **Cenicafé**, Manizales, v. 57, n. 1, p. 37-50, ene./jun. 2006.

RODRIGUES, C. I. et al. Application of solid−phase extraction to brewed coffee caffeine and organic acid determination by UV/HPLC. **Journal of Food Composition and Analysis**, Paris, v. 20, n. 5, p. 440-448, Aug. 2007.

SHIKANOA, I. et al. Indirect plant-mediated effects on insect immunity and disease resistance in a tritrophic system. **Basic and Applied Ecology**, Gottingen, v. 11, n. 1, p. 15-22, Jan./Feb. 2010.

VEGA, F. E. et al. The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. **Terrestrial Arthropod Reviews**, Washington, v. 2, n. 2, p. 129-147, july/dec. 2009.

_____. On the eyes of male coffee berry borers as rudimentary organs. **PLoS One**, San Francisco, v. 9, n. 1, p. e85860, jan. 2014.

VEGA, F. E.; KRAMER, M.; JARAMILLO, J. Increasing coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) female density in artificial diet decreases fecundity. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 104, n. 1, p. 87-93, Jan./Feb. 2011.

VELMOUROUGANE, K.; BHAT, R.; GOPINANDHAN, T. N. Impact of drying surface and raking frequencies on mold incidence, ochratoxin A contamination, and cup quality during preparation of arabica and robusta cherries at the farm level. **Foodborne Pathogens and Disease**, Knoxville, v. 7, n. 11, p. 1435-1440, Nov. 2010.

CORRELAÇÃO DA FORÇA DE DESPRENDIMENTO DOS FRUTOS EM CAFEEIROS SOB DIFERENTES CONDIÇÕES NUTRICIONAIS

Flávio Castro da Silva[1], Fábio Moreira da Silva[2], Myriane Stella Scalco[3], Ronan Souza Sales[4]

(Recebido: 19 de junho de 2015; aceito: 09 de setembro de 2015)

RESUMO: A colheita seletiva mecanizada já é uma realidade atualmente e utilizada por alguns produtores, porém, para que esta colheita seja eficiente é necessário que a colhedora seja regulada com base em parâmetros de condição da cultura, como a força de desprendimento dos frutos, que auxilia como indicador se a cultura está apta ou não para a colheita seletiva. Entretanto, os cafeeiros estão sujeitos às variações climáticas e de solo ao longo da colheita, podendo interferir na força de desprendimento e, como consequência, na colheita seletiva mecanizada. Este trabalho foi realizado na área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, em cafeeiros da cultivar Catiguá MG 3 transplantadas no espaçamento entre linhas de 2,5 m e 0,60 m entre plantas. Buscou-se avaliar a força de desprendimento dos frutos nas maturações verde e cereja, bem como a umidade dos mesmos, objetivando verificar se estes parâmetros apresentam correlação com a condição nutricional e umidade do solo nas profundidades de 10, 25, 40 e 60 cm, ao longo do período de maturação. Foi possível concluir que as oscilações da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro estão relacionadas com a umidade do solo e a umidade dos frutos.

Termos para indexação: Cafeeiros, colheita seletiva, fertilidade.

CORRELATION DETACHMENT COFFEE FORCE FRUIT UNDER DIFFERENT CONDITIONS NUTRITION

ABSTRACT: *The coffee yield is strongly influenced by adequate supply of water and nutrients to plants. Because not all soil is the ideal amount of nutrients for plant growth, fertilization is intended to supplement these nutrients. The nole of fertigation is to provide coffee the water volume to be supplied with nutrients and preventing entering the plant water stress and nutrition. This study was carried out in the experimental area of the Department of Agriculture, Universidade Federal de Lavras in coffee cultivar Catigua MG 3 plants spaced 2.5 x 0.60 m. We tried to raise the detachment force of fruit maturation in green and cherry fruit moisture, trying to verify if these parameters correlate with the status of plants, over the period of maturation and consequently the selective mechanical harvesting. It was concluded that the oscillations of the detachment force of the coffee cherry are related to variables of the soil. The alterations found in fruit detachment force are observed when changes occur in soil moisture and soil water tension.*

Index terms: *Coffee crop, selective harvest, fertility.*

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da bebida depende das operações anteriores ao beneficiamento, tais como o tipo de colheita utilizada, estádio de maturação dos grãos, preparo e secagem do café. No cafeeiro, a qualidade do grão depende da quantidade de fotoassimilados disponíveis, principalmente na fase de crescimento ou enchimento de grãos (FAGAN et al., 2011).

De acordo com Silva, Teodoro e Melo (2008), a produtividade do cafeeiro é influenciada pela irrigação e, em média, piores produtividades e rendimentos são observados nas plantas cultivadas em sequeiro, além de que a irrigação não ameniza a bienalidade de produção do cafeeiro.

Da mesma forma Coelho e Silva (2005), objetivando avaliar o efeito de diferentes épocas de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre o ciclo bienal de produtividade do cafeeiro, concluíram que a irrigação não elimina o ciclo bienal de produtividade do cafeeiro.

Sobreira et al. (2011), buscando determinar o parcelamento e a dose de nitrogênio e potássio mais adequados para o primeiro e segundo anos de formação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), fertirrigado por gotejamento, no sul de Minas Gerais, concluíram que no primeiro e segundo ano, em ambos os tipos de parcelamento, não houve diferença significativa entre as doses, quanto ao crescimento do cafeeiro.

Segundo Prezotti e Rocha (2004), avaliando a resposta do cafeeiro arábica à aplicação de diferentes dosagens de N, P e K, cultivados em

[1]Universidade Federal Fluminense/UFF - Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente/TER da Niterói - RJ Rua Passo da Pátria, 156 - Bloco D - sala 235 -24.210-240 - flavio-ter@vm.uff.br
[2,3]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia Agrícola/DEG -Lavras/MG - 37.200-000 - famsilva@deg.ufla.br, msscalco@deg.ufla.br
[4]Centro Universitário de Formiga - Avenida Doutor Arnaldo de Senna, 328 - Água Vermelha - Formiga/MG - ronan_sales@hotmail.com

diferentes densidades de plantio, concluíram que não foram observadas diferenças significativas de produtividade em função da densidade de plantas. Os mesmos autores observaram ainda que, uma maior exigência de N em anos de baixa produtividade e que os teores foliares de N e P foram pouco influenciados pelas doses de N_2O e P_2O_5, bem como os teores foliares de K foram fortemente influenciados pelas doses de K_2O.

Ressalta-se que a colheita é iniciada conforme a uniformidade de maturação, bem como o índice de frutos maduros na planta; assim, de acordo com a região, ela pode ser antecipada após aplicação de maturadores fisiológicos.

Silva et al. (2006), buscando estudar o desempenho da colheita mecanizada do café em lavouras tratadas com Ethephon, concluíram que o maturador fisiológico proporcionou aumento na porcentagem de cereja em torno de 9,5%. Os mesmos autores afirmam que a colheita mecanizada, feita entre 26 a 34 dias após a aplicação do maturador, apresentou aumento significativo na porcentagem e volume de cereja colhido.

A fim de se buscar novos indicadores para a realização da colheita seletiva mecanizada, Silva et al. (2013) concluíram que a força de desprendimento dos frutos demonstrou ser um parâmetro objetivo para indicar o momento de início de colheita do café e também um possível parâmetro para o gerenciamento da colheita mecanizada.

Silva et al. (2010), avaliando a força de desprendimento entre cultivares de Coffea arabica concluíram que há diferença significativa nos diferentes estádios de maturação e entre as cultivares, sendo maiores no estádio de maturação verde e na cultivar Icatú. Ressalta-se ainda que, mesmo analisando-se variáveis referentes aos frutos do cafeeiro,essas não são suficientes para boa eficiência de colheita.Portanto, outros fatores devem ser analisados, buscando a melhor adaptação das colhedoras para as diferentes cultivares.

Ferraz et al. (2012) descreve que a colheita do café é mais difícil de ser realizada, quando comparada com a colheita de cereais, devido à arquitetura da planta e da desuniformidade, bem como alta umidade dos frutos.

Com base em um sistema 'neuro-fuzzy' na colheita mecanizada, Silva et al. (2015) concluíram que foi possível inferir com 92% a eficiência de colheita de uma colhedora KTR®, constatando-se aumento de eficiência de colheita, com o aumento da vibração das varetas da colhedora e do índice de maturação dos frutos de café. Os mesmos autores citam que, com o aumento da vibração, há um aumento na porcentagem de frutos verdes colhidos e que a colheita mecânica seletiva é facilitada com o aumento do índice de maturação da cultura.

Atualmente, com a implantação da agricultura de precisão na cafeicultura (Cafeicultura de Precisão), o cafeicultor visa a otimização de recursos e questões ambientais através da aplicação de fertilizantes com dosagens diferenciadas. Molin et al. (2010), objetivando desenvolver um procedimento para avaliar a resposta da produtividade de café (*C. arabica*), a partir da aplicação de fósforo e potássio, concluíram que a área que recebeu fertilizantes aplicados em doses diferenciadas apresentou produtividade 34% maior, se comparada com a área que recebeu adubação em taxa fixa. Os mesmos autores afirmam ainda que a aplicação em taxa variada resultou em economia de 23% de fósforo e aumento de 13% no consumo de potássio, quando comparada com a aplicação dos fertilizantes em taxa fixa.

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a força de desprendimento dos frutos de cafeeiros em duas maturações, bem como a umidade dos mesmos, em diferentes condições nutricionais e de umidade do solo, buscando verificar se estes parâmetros apresentam correlação com a força de desprendimento e, consequentemente, na colheita seletiva mecanizada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras – UFLA; (21º14' S e 45º00' W, altitude de 910 m). Utilizando-se os dados oriundos das parcelas compostas por cafeeiros (C. *arabica*), da cultivar Catiguá MG - 3 (Catuaí Amarelo IAC 86 x Híbrido de Timor UFV 440−10) transplantada no espaçamento de 2,5 x 0,6 m (6666 plantas ha^{-1}). As condições nutricionais fixadas foram 30, 80, 130, 180 e 230% da adubação recomendada para cafeeiros não irrigados, segundo Guimarães et al. (1999).

Foram utilizadas três parcelas em cada condição nutricional sendo que, em cada parcela, foi demarcada uma planta e coletados os frutos para determinação da força de desprendimento e umidade, durante o período de avaliação.

A determinação da Força de Desprendimento dos Frutos (FDF) foi realizada através de um Dinamômetro Digital Portátil fabricado e comercializado pela empresa Instruterm. O equipamento permite leituras em Newton, lbf e em kgf, possibilitando leitura máxima de 20 kg - 200N, sendo utilizado Newtons (N), conforme sistema internacional de unidades (S.I).

A FDF foi obtida a cada sete dias (a primeira em 18 de Abril e a ultima em 05 de Julho), durante o período de maturação dos frutos, sendo realizado em todas as plantas inicialmente demarcadas dentro das áreas experimentais, nas quais foram levantados os dados durante todo o período, que consta de três repetições (três plantas), para cada condição nutricional. A FDF foi obtida nos terços superior, médio e inferior das plantas, caracterizando assim os três patamares da planta. Em cada patamar, foi obtido a FDF em cinco repetições, para cada estádio de maturação analisado. Com isto foi possível obter também a diferença entre a força média de desprendimento dos frutos nos estádios analisados, conforme metodologia proposta por Silva et al. (2010).

Todos os frutos retirados das plantas para a obtenção da FDF foram levados para estufa à 105 ºC ±3 ºC, por 24 horas (BRASIL, 1992), para a obtenção da umidade gravimétrica nos diferentes estádios de maturação, durante o período de avaliação. Tal análise permitiu verificar umidade dos frutos e sua possível correlação com a FDF e ao longo do período avaliado. Para a obtenção da umidade gravimétrica do solo, utilizou-se a metodologia proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1997).

Os dados levantados foram tabulados em planilhas eletrônicas, com o objetivo de análises iniciais; posteriormente, passaram por análises estatísticas, utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2001) e SAS v. 8.0 para a obtenção dos dados de correlação de Pearson ($p<0,05$) entre a força de desprendimento dos frutos, nas maturações avaliadas, bem como as condições nutricionais do solo.

As análises de correlação foram realizadas nos distintos estádios de maturação em análises separadas para melhor interpretação dos resultados. A variável analisada foi a força de desprendimento dos frutos, tendo como parâmetros para correlação, as umidades do solo nas profundidades de 10, 25, 40 e 60 cm obtido através de tensiômetros instalados nas respectivas profundidades e a 10 cm do caule dos cafeeiros. As correlações foram realizadas para o dia da coleta dos dados e, com média dos dados a 7 dias anteriores à coleta da força de desprendimento. O objetivo do referido procedimento foi verificar quais dos parâmetros e dentro de quanto tempo eles estão correlacionados com a força de desprendimento dos frutos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na Tabela 1, fica evidenciado que a Fonte de Variação (F. V.), período de maturação, não foi significativa na força de desprendimento média dos frutos nas maturações analisadas. Porém, a maturação dos frutos e as condições avaliadas foram significativas ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. Ou seja, a força de desprendimento diferiu significativamente entre os estádios analisados, bem como entre as condições nutricionais. As demais fontes de variação, além do período, não apresentaram diferença significativa, bem como suas possíveis interações.

Das avaliações realizadas, na maioria delas a diferença entre a força de maturação nos estádios analisados foi maior nas condições nutricionais com maiores doses de fertilizantes (a partir de 130%), maiores condições nutricionais, apresentando diferenças na força de desprendimento de até 64%. Tal fato comprova mais um benefício da fertirrigação bem realizada em lavouras cafeeiras: favorece a colheita seletiva dos frutos

Com base nos dados apresentados na Tabela 2, pode-se observar que, na maioria das avaliações realizadas, as condições nutricionais com maiores doses de fertilizantes apresentaram os melhores resultados para a colheita mecanizada e seletiva dos frutos. Já a condição de sequeiro e com menores doses de aplicação de fertilizantes, a diferença entre a força de desprendimento dos frutos verde e cerejas foi inferior. Analisando numericamente a diferença entre as avaliações nas condições com maiores e menores dosagens de fertilizantes, houve variações de 13 até 100,00%. Ressalta-se que maiores diferenças entre a FDF verdes e cerejas favorece a colheita mecânica seletiva, conforme obtido por Silva et al. (2010).

Na Tabela 2, encontra-se a análise do desdobramento de período de maturação, dentro de cada nível de condição nutricional para a maturação verde. Pode-se observar que houve diferença significativa apenas em 09/05. Na avaliação realizada em 09/05, a condição nutricional a 30% foi a que apresentou maior força de desprendimento dos frutos verdes e diferenciando significativamente das demais condições. Já a condição a 80% apresentou menor força de desprendimento e diferindo significativamente das demais condições.

TABELA 1 - Quadro de Análise de Variância para a avaliação da força média de desprendimento dos frutos, com diferentes condições nutricionais e suas interações.

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F. C.	PR > FC
Bloco	2	1,10	0,55	0,18	0,8307
Condição nutricional	8	46,79	5,04	1,99	0,1141
erro 1	16	46,90	2,93		
Data	4	6,94	1,73	1,91	0,1131
Maturação	1	475,63	475,63	525,29	0,0000
Data * Condição	17	29,76	1,75	1,93	0,0229
Data * Maturação	4	6,40	1,60	1,76	0,1413
Condição * Maturação	8	6,40	0,80	0,88	0,5323
Dat. * Condição * Mat.	17	10,04	0,6	0,65	0,8410
erro 2	102	92,35	0,90		
Total Corrigido	179	722,35			
CV 1(%)	23,26				
CV 2(%)	12,93				
Média Geral	7,36				

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M = quadrado médio, F. C. = f calculado, Pr = probabilidade.

TABELA 2 - Força de desprendimento média (N), dentro de cada nível de condição nutricional para a maturação verde.

Cond.	Avaliações				
	18/04	25/04	02/05	09/05	16/05
AD	9,22 aA	9,63 aA	8,77 aA	7,72 aAB	7,71 aA
30%	9,94 aA	8,70 aA	10,92 aA	10,01 aB	9,80 aA
80%	8,94 aA	7,99 aA	9,17 aA	7,11 aA	8,85 aA
130%	8,74 aA	9,10 aA	8,64 aA	9,63 aAB	9,26 aA
180%	8,51 aA	8,85 aA	8,57 aA	9,60 aAB	10,02 aA
230%	9,03 aA	8,23 aA	9,10 aA	8,60 aAB	9,08 aA

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si na coluna e médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si na linha pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Para as demais condições, os valores ficaram intermediários aos anteriormente citados para a referida data de avaliação. Ao longo dos períodos de avaliação, percebe-se que não houve diferença significativa nas condições avaliadas. Conforme visto anteriormente, ocorreram algumas alterações no tempo e no solo,o que resultou na alteração do comportamento da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro. Fato este muito interessante visto que, para a colheita seletiva mais eficiente, as diferenças entre as forças de desprendimento dos frutos verde e cereja devem ser mais acentuadas.

A análise do comportamento da força média de desprendimento dos frutos na maturação verde pode ser verificada no Gráfico 1. Nota-se que houve oscilação em todas as condições, ao longo do período de avaliação.

Fica visível que, próximo ao dia 11 de

maio ocorreu uma diminuição da força de desprendimentos dos frutos verdes para as maiores condições nutricionais. A data citada se refere ao dia 09/05, onde verificaram-se as diferenças significativas anteriormente mencionadas.

Na Tabela 3, encontra-se a análise do desdobramento de período de maturação dentro de cada nível de condição nutricional para a maturação cereja. Pode-se observar que houve diferença significativa apenas em duas datas (18/04 e 16/05). Importante ressaltar que, em 16/05 também ocorreu diferença significativa na maturação verde. Na avaliação realizada em 18/04, as condições a 130 e 180% foram as que apresentaram menor força de desprendimento dos frutos cereja e diferenciando significativamente das demais. Já a condição nutricional a 30% apresentou maior força de desprendimento , diferindo significativamente dos demais. Ao longo dos períodos de avaliação, percebe-se que houve diferença significativa nas maiores condições nutricionais (180 e 230%). Conforme visto anteriormente, ocorreram algumas alterações no tempo e no solo, o que resultou na alteração do comportamento da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro também na maturação cereja. Fato este muito importante visto que, para a colheita seletiva mais eficiente, as diferenças entre as forças de desprendimento dos frutos verde e cereja devem ser mais acentuadas.

A análise do comportamento da força média de desprendimento dos frutos na maturação cereja pode ser verificada no Gráfico 2. Nota-se que houve oscilação em todas as condições nutricionais, ao longo do período de avaliação. Fica visível que, em 16 de maio, ocorreu uma diminuição da força de desprendimentos dos frutos cereja para as condições com maiores doses de fertilizantes. Detalhe para esta data é que, na condição nutricional sequeiro, não foi verificado o mesmo comportamento. Lembrando que, nesta condição nutricional, a dosagem aplicada é a recomendada, ou seja, 100%; porém esta adubação é realizada manualmente e não via fertirrigação, como nas demais condições.

No Gráfico 3, encontra-se a análise do comportamento da diferença de força média de desprendimento entre a maturação verde e cereja. Conforme pode ser observado, houve oscilação na diferença da força média de desprendimento entre os frutos verde e cereja, ao longo do período de avaliação. Importante ressaltar que, entre as avaliações realizadas, a do dia 16 de maio apresentou uma elevação da diferença da força de desprendimento entre os frutos verde e cereja, para todas as condições nutricionais. Tal comportamento é favorável à colheita mecanizada e seletiva, visto que este parâmetro se torna um critério de seletividade entre as maturações dos frutos, favorecendo a retirada dos frutos cereja da planta.

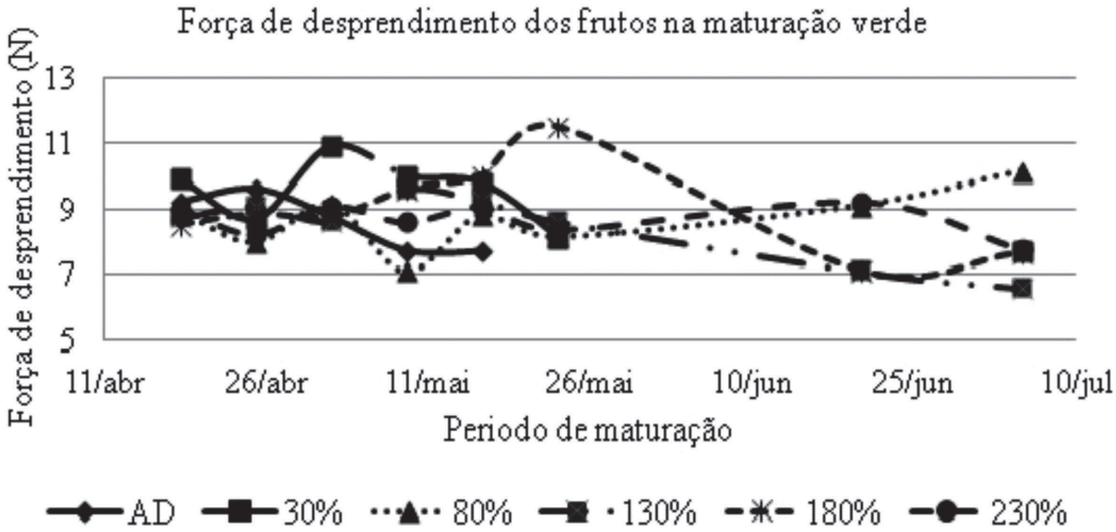

GRÁFICO 1 - Análise do comportamento da Força média de desprendimento dos frutos na maturação verde, sujeitos a diferentes condições nutricionais.

TABELA 3 - Força de desprendimento média (N), dentro de cada nível de condição nutricional para a maturação cereja.

Cond.	Avaliações				
	18/04	25/04	02/05	09/05	16/05
AD	5,00 aAB	5,39 aA	5,29 aA	5,55 aA	5,16 aA
30%	6,95 aB	6,49 aA	7,52 aA	6,50 aA	6,73 aA
80%	5,14 aAB	5,09 aA	5,60 aA	5,50 aA	5,85 aA
130%	4,11 aA	5,37 aA	5,58 aA	6,84 aA	5,30 aA
180%	4,25 aA	6,38 bA	6,18 aA	5,97 aA	5,79 abA
230%	5,56 aAB	4,95 aA	6,60 aA	5,72 aA	5,61 aA

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si na coluna e médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si na linha, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

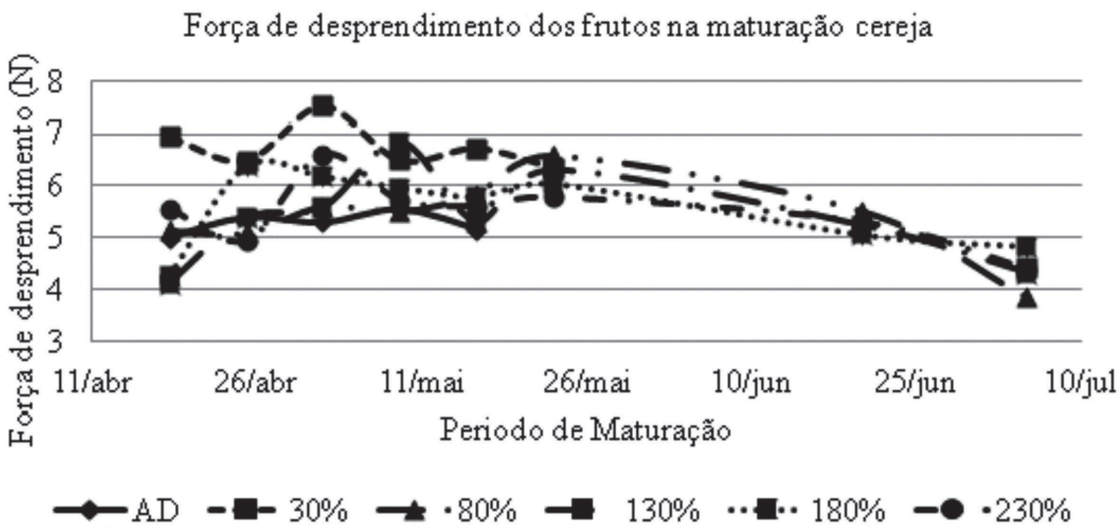

GRÁFICO 2 - Análise do comportamento da Força média de desprendimento dos frutos na maturação cereja, sujeitos a diferentes condições nutricionais.

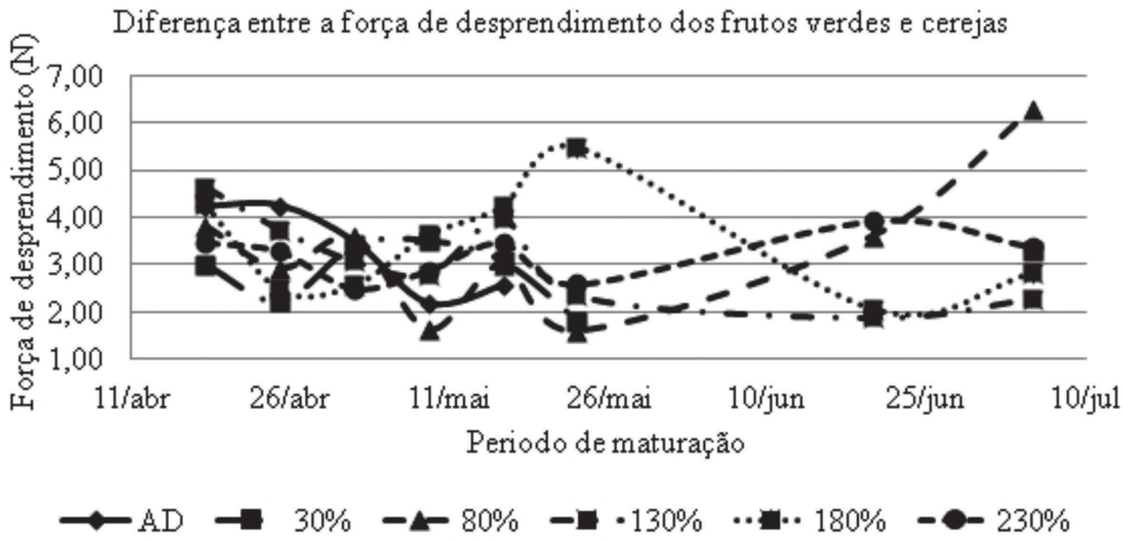

GRÁFICO 3 - Análise do comportamento da Diferença entre a força média de desprendimento entre as maturações verde e cereja, ao longo do período de avaliação.

Na Tabela 4, é apresentado o quadro de Análise de Variância da umidade dos frutos nas maturações verde e cereja, dentro de cada condição nutricional, nas diferentes condições nutricionais. Conforme pode ser verificado, as Fontes de Variação (F. V.), que diferiram significativamente na força de desprendimento dos frutos, foram as condições nutricionais, as maturações dos frutos e a data das avaliações. A interação entre condição nutricional e maturação também diferiu significativamente entre elas. As demais fontes de variação não apresentaram diferença significativa, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Na Tabela 5, é apresentada a análise da umidade dos frutos (% b.u) na maturação verde nas condições analisadas ao longo do período de avaliação. Conforme pode ser observado, as avaliações e as condições não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. A umidade dos frutos na maturação verde ficou entre 65,07 a 69,99%, com média de 67,65% (b.u). Observa-se que a umidade dos frutos na maturação verde sofre algumas oscilações de forma descontinuada durante o período de avaliação.

Na Tabela 6, é apresentada a análise da Umidade dos frutos (% b.u) na maturação cereja, nas condições analisadas, ao longo do período de avaliação. Conforme pode ser observado, as avaliações e as condições não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. A umidade dos frutos na maturação cereja ficou entre 63,69 a 72,03%, com média de 66,85% (b.u). Observa-se que a umidade dos frutos na maturação cereja sofre algumas oscilações de forma descontinuada, durante o período de avaliação. O que se verifica é o fato de que, em 16 de maio, os frutos apresentaram um valor mais elevado que nas demais avaliações.

Na análise de correlação entre a força de desprendimento dos frutos na maturação cereja com as variáveis de solo nas diferentes condições nutricionais correlacionadas com o dia de avaliação e a sete dias anteriores à avaliação, observa-se que houve correlação com as variáveis analisadas, algumas apresentando correlação positiva e, em outras, correlação negativa (Tabela 7).

Ressalta-se que, dentre as condições avaliadas, a única que não apresentou correlação significativa foi a de 30 %, sendo que as demais condições apresentaram, pelo menos, uma correlação com as variáveis.

Na condição nutricional à 130%, a variável que apresentou correlação positiva significativa a 5% ($P<0,05$) foi a umidade do solo a 10 cm de profundidade,com média dos dados a 7 dias antes da avaliação. Já as variáveis que apresentaram correlação negativa significativa a 5% ($P<0,05$) foram a umidade do solo a 40 cm com média dos dados 7 dias antes da avaliação, bem como a umidade do solo a 60 cm de profundidade, com média dos dados 7 dias antes da avaliação.

TABELA 4 - Quadro de Análise de Variância para umidade dos frutos (% b.u) nas maturações verde e cereja, nas diferentes condições nutricionais.

F. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F. C.	PR > FC
Bloco	2	8,28	4,14	1,02	0,3939
Condição nutricional	5	108,66	21,73	5,37	0,0117
erro 1	10	40,43	4,04		
Maturação	1	28,82	28,82	4,15	0,0441
Data	4	95,67	23,91	3,44	0,0109
Condição*Maturação	5	81,37	16,27	2,34	0,0462
Condição*Data	20	98,44	4,92	0,70	0,8097
Maturação*Data	4	20,89	5,22	0,75	0,5587
Cond. * Mat.*Dat.	20	101,65	5,08	0,73	0,7855
erro 2	108	750,10	6,94		
Total Corrigido	179	1334,36			
CV 1(%)	2,99				
CV 2(%)	3,92				
Média Geral	67,25				

Nota: F. V. = fonte de variação, G. L. = grau de liberdade, S. Q. = soma de quadrados, Q. M = quadrado médio, F. C. = f calculado, Pr = probabilidade.

TABELA 5 - Análise da Umidade dos frutos (% b.u.) na maturação verde, nas diferentes condições nutricionais.

Cond.	Avaliações				
	18/04	25/04	02/05	09/05	16/05
AD	65,99 aA	64,82 aA	63,52 aA	67,56 aA	67,68 aA
30%	65,07 aA	67,23 aA	67,10 aA	66,74 aA	69,00 aA
80%	69,22 aA	65,71 aA	69,56 aA	68,38 aA	68,96 aA
130%	69,99 aA	67,05 aA	67,05 aA	69,38 aA	68,91 aA
180%	68,31 aA	65,83 aA	67,82 aA	71,15 aA	65,59 aA
230%	69,04 aA	67,84 aA	68,03 aA	67,45 aA	69,58 aA

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si na coluna e médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si na linha, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

TABELA 6 - Análise da Umidade dos frutos (% b.u.) na maturação cereja, nas diferentes condições nutricionais.

Cond.	Avaliações				
	18/04	25/04	02/05	09/05	16/05
AD	64,21 aA	65,42 aA	66,31 aA	66,08 aA	66,78 aA
30%	66,75 aA	67,77 aA	68,57 aA	72,03 aA	68,52 aA
80%	68,01 aA	65,46 aA	67,03 aA	66,26 aA	67,55 aA
130%	64,61 aA	64,62 aA	67,64 aA	66,42 aA	68,35 aA
180%	64,64 aA	63,69 aA	66,74 aA	66,21 aA	66,70 aA
230%	67,53 aA	67,29 aA	67,40 aA	68,10 aA	68,84 aA

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si na coluna e médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si na linha, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

TABELA 7 - Correlação entre a força de desprendimento do fruto de café na maturação cereja, com as variáveis de solo com diferentes doses de adubação (porcentagem da recomendação), no dia e a sete dias anteriores à avaliação.

Variáveis	Períodos de avaliação	Doses (%)		
		30	130	230
Umidade do Fruto	No dia	-0,17205	0,14287	-0,10848
	7 dias antes	-0,25500	-0,02670	-0,14750
Umidade do solo a 10 cm	No dia	0,23482	0,35154	0,16482
	7 dias antes	-0,07496	0,55137*	-0,49556
Umidade do solo a 25 cm	No dia	0,14246	-0,40634	0,13116
	7 dias antes	-0,13473	-0,45471	-0,63523**
Umidade do solo a 40 cm	No dia	-0,01900	-0,29110	0,41829
	7 dias antes	-0,18892	-0,57753*	-0,15943
Umidade do solo a 60 cm	No dia	-0,12578	-0,34697	-0,19887
	7 dias antes	-0,16738	-0,53922*	0,20868

*Significativo a 5%; ** Significativo a 1%

Analisando também as correlações significativas a 1% (P<0,01), observa-se que a umidade do solo na profundidade de 25 cm apresentou correlação negativa com média dos dados a 7 dias antes da avaliação.

Na análise de correlação entre a força de desprendimento dos frutos na maturação verde, com as variáveis de solo nas diferentes condições nutricionais correlacionadas com o dia de avaliação e a sete dias anteriores a avaliação, observa-se que houve correlação negativa com as variáveis analisadas (Tabela 8).

Ressalta-se que, dentre as condições avaliadas a única que apresentou correlação significativa foi a de 30 %, sendo que as demais condições não apresentaram nenhuma correlação. Fato este oposto ao verificado na análise com frutos na maturação cereja.

As variáveis que apresentaram correlação negativa significativa a 5% (P<0,05) foram a umidade do solo a 25 e a 60 cm de profundidade, com média de dados a sete dias anteriores à avaliação. Portanto, com o incremento da umidade do solo, nas referidas profundidades, acarreta em diminuição da força de desprendimento dos frutos cereja.

TABELA 8 - Correlação entre a força de desprendimento do fruto de café na maturação verde com as variáveis climáticas e de solo, com diferentes doses de adubação (porcentagem da recomendação) no dia e a sete dias anteriores à avaliação.

Variáveis	Períodos de avaliação	Doses (%)		
		30	130	230
Umidade do Fruto	No dia	-0,23190	0,08380	0,05180
	7 dias antes	-0,21680	-0,12000	-0,08130
Umidade do solo a 10 cm	No dia	0,35937	-0,02545	0,01890
	7 dias antes	0,08355	0,07609	-0,22703
Umidade do solo a 25 cm	No dia	0,38228	-0,16446	0,07353
	7 dias antes	-0,49679*	-0,04104	-0,20131
Umidade do solo a 40 cm	No dia	0,10644	-0,08068	0,21223
	7 dias antes	-0,46098	-0,09485	-0,26653
Umidade do solo a 60 cm	No dia	-0,08980	-0,02268	-0,30519
	7 dias antes	-0,58776*	-0,11355	0,34373

*Significativo a 5%; ** Significativo a 1%.

4 CONCLUSÕES

Com base na metodologia utilizada e nos resultados encontrados foi possível concluir que as oscilações da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro estão relacionadas com variáveis de solo (umidade e condição nutricional). A alteração na umidade do solo acarreta em alteração na força de desprendimento dos frutos, principalmente os da maturação cereja.

As correlações significativas encontradas entre as variáveis analisadas e a condição nutricional tiveram comportamentos distintos, para cada estádio de maturação.

A umidade dos frutos na maturação verde ficou entre 65,07 a 69,99%, com média de 67,65% (b.u), enquanto que, para a maturação cereja ficou entre 63,69 a 72,03%, com média de 66,85% (b.u) e não diferindo dentro dos condicionamentos nutricionais.

Através das análises de correlação foi possível verificar que a umidade do solo interfere, significativamente, na força de desprendimento dos frutos nas maturações avaliadas.

5 REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

COELHO, G.; SILVA, A. M. O efeito da época de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre a produtividade do cafeeiro em três safras consecutivas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 400-408, mar./abr. 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, 1997.

FAGAN, E. B. et al. Efeito do tempo de formação do grão de café (coffea sp) na qualidade da bebida . **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 729-738, set./out. 2011.

FERRAZ, G. A. S. et al. Geostatistical analysis of fruit yield and detachment force in coffee**. Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 13, n. 1, p. 76-89, Jan. 2012.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:** 5ª aproximação. Viçosa, MG: UFV, 1999. cap. 18, p. 289-302.

MOLIN, J. P. et al. Test procedure for variable rate fertilizer on coffee. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 569-575, 2010.

PREZOTTI, L. C.; ROCHA, A. C. Nutrição do cafeeiro arábica em função da densidade de plantas e da fertilização com NPK. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 239-251, 2004.

SILVA, C. A.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 387-394, mar. 2008.

SILVA, F. C. et al. 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.

_____. Desempenho operacional da colheita mecanizada e seletiva do café em função da força de desprendimento dos frutos. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 53-60, jan./mar. 2013.

_____. Efficiency of coffee mechanical and selective harvesting in different vibration during harvest time. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 56-64, Jan./Mar. 2015.

SILVA, F. M. et al. Avaliação da colheita mecanizada do café com uso do ethephon. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 1-6, abr./jun. 2006.

SOBREIRA, F. M. et al. Adubação nitrogenada e potássica de cafeeiro fertirrigado na fase de formação, em plantio adensado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 9-16, jan. 2011.

QUALIDADE FÍSICA DO SOLO SOB CAFEEIRO CONILON CONSORCIADO E EM MONOCULTIVO

Gustavo Soares de Souza[1], Maurício Lima Dan[2], João Batista Silva Araújo[3]

(Recebido: 01 de julho de 2015 ; aceito: 24 de setembro de 2015)

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, avaliar os efeitos do cafeeiro conilon a pleno sol e consorciado com espécies arbóreas, sobre a qualidade física do solo. O trabalho foi realizado com seis tratamentos: T1- café em monocultivo; T2, T3, T4 e T5- café consorciado com pupunha, gliricídia, banana e ingá, respectivamente; T6- vegetação nativa em regeneração natural. Amostras de solo foram coletadas na camada de 0-0,10 m para determinação dos atributos do solo. Valores similares de densidade do solo, porosidade total, matéria orgânica e estoque de carbono ocorreram no café em monocultivo e consorciados. T2 e T3 apresentaram uma maior capacidade de água disponível às plantas (142 e 135 L m^{-3}), o que resultou maior umidade do solo. Menor porosidade de aeração ocorreu em T2 e T3. Os tratamentos apresentaram índice S não limitante (S>0,035), com à exceção de T4. As áreas apresentaram densidade crítica do solo de 1,32 Mg m^{-3}. O aumento da matéria orgânica do solo resultou em aumento do índice S. Os manejos do cafezal com pupunha e gliricídia indicam melhorias na qualidade física do solo. A escolha da espécie usada no consórcio com café deve ser ajustada às características do local e às necessidades do agricultor.

Termos para indexação: Índice S, estoque de carbono no solo, estrato arbóreo, *Coffea canephora*.

SOIL PHYSICAL QUALITY ON CONILON COFFEE INTERCROPPING AND MONOCULTURE

ABSTRACT: *The objective of this study was to evaluate the effects of conilon coffee the unshaded and shaded with tree species on soil physical quality. Six treatments were studied: T1- coffee monoculture; T2, T3, T4 and T5- intercropping coffee with peach palm, gliricidia, banana and inga, respectively; T6- native vegetation in natural regeneration. Soil samples were collected at a depth of 0-0.10 m for determination of soil attributes. Similar values of soil bulk density, total porosity, organic matter and carbon stocks occurred in the coffee monoculture and intercropping managements. T2 and T3 showed a greater plant-available water capacity, with 142 and 135 L* m^{-3}*, which resulted in higher soil moisture. Lower aeration porosity occurred in T2 and T3. The treatments presented non-limiting S index (S>0.035), with the exception of T4. The treatments presented critical bulk density of 1.32 Mg* m^{-3}*. The increase in soil organic matter resulted in an increase of the S index. The managements of the conilon coffee plantation with peach palm and gliricidia presented improvements in soil physical quality. The choice of species used in intercropping with conilon coffee must be adjusted to the characteristics of the region and the f*armer.

Index terms: *S index, soil stock carbon, tree layer, Coffea canephora.*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial e o segundo maior consumidor de café, com uma produção na safra de 2013 de 49,15 milhões de sacas de 60 kg, sendo 78% de arábica e 22% de conilon. A cadeia produtiva de café é responsável pela geração de mais de 8 milhões de empregos no País, proporcionando renda, acesso à saúde e à educação para os trabalhadores e suas famílias (BRASIL, 2014). O estado do Espírito Santo destaca-se na produção de café, sendo o segundo maior produtor nacional e o maior produtor de café conilon no País (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014).

O sistema de manejo de café conilon predominante nas regiões produtivas caracteriza-se pelo monocultivo, com a condução das plantas a pleno sol. Contudo, esse sistema tem sido questionado pelos seus efeitos na qualidade do solo e na sustentabilidade da atividade cafeeira (GUIMARÃES et al., 2014; THOMAZINI et al., 2015). A lavoura de café, quando manejada de forma indevida, pode trazer consequências negativas ao solo, como compactação, perda de nutrientes via erosão e mineralização da matéria orgânica, gerando reflexos negativos na produtividade (ARAÚJO JÚNIOR et al., 2011; FRANCO et al., 2002). A mineralização acelerada da matéria orgânica contribui para o aumento das emissões de carbono na atmosfera, com consequências no aumento do efeito estufa (THOMAZINI et al., 2015). Além disso, no cultivo de café conilon, há alta demanda hídrica e, muitas

[1]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural/INCAPER - Fazenda Experimental Bananal do Norte/ FEBN - Rodovia ES-483 - Pacotuba - Cachoeiro de Itapemirim-ES - 29.323-000 - gustavo.souza@incaper.es.gov.br
[2]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural/ INCAPER/FEBN - Rodovia ES-483 - Pacotuba - Cachoeiro de Itapemirim-ES - 29.323-000 - mauricio.dan@incaper.es.gov.br
[3]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural/INCAPER - Fazenda Experimental Mendes da Fonseca/ FEMF - Rodovia BR-262 - Aracê - Domingos Martins-ES - 29.268-000 - araujojs@incaper.es.gov.br

vezes, a necessidade de irrigação, o que nem sempre é viável nas regiões produtivas. Em regiões tropicais, a ocorrência de temperaturas elevadas e veranicos, com a distribuição desuniforme das chuvas, pode acelerar o depauperamento do solo e influenciar negativamente a produtividade e longevidade das lavouras (DAMATTA et al., 2007).

A implantação de lavouras de café em consórcio com espécies arbóreas, em ambientes parcialmente sombreados, é apontada como uma opção viável para minimizar o processo de depauperamento do solo, contribuindo para o maior aporte de carbono (CORRE; DECHERT; VELDKAMP, 2006; DAMATTA et al., 2007; TULLY; LAWRENCE, 2012). A arborização dos cafezais promove uma maior cobertura do solo, o que contribui para a conservação do solo e da água e pode minimizar o processo erosivo (DAMATTA et al., 2007; FRANCO et al., 2002; GUIMARÃES et al., 2014). As lavouras em consórcio são favorecidas pela atenuação das condições climáticas potencialmente estressantes (DAMATTA et al., 2007), o que pode reduzir a temperatura e aumentar a umidade do solo (CAMPANHA et al., 2007). Esses sistemas também melhoram a ciclagem de nutrientes e o uso da água no solo, com a absorção pelas plantas ocorrendo em camadas mais profundas (CORRE; DECHERT; VELDKAMP, 2006; TULLY; LAWRENCE, 2012).

Na implantação de sistemas de café conilon consorciados existem lacunas sobre a escolha da espécie mais adequada, o que depende do objetivo do consórcio. Variações no estrato arbóreo podem resultar em mudanças na qualidade do solo e assim modificar aspectos relacionados à conservação dos recursos naturais e à lucratividade do sistema (DAMATTA et al., 2007; PINARD; BOFFA; RWAKAGARA, 2014). A hipótese deste trabalho é que o cafeeiro conilon em consórcio com espécies arbóreas melhora a qualidade física do solo, resultando num maior aporte de matéria orgânica e na manutenção da umidade do solo em relação ao monocultivo a pleno sol. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar os efeitos do cafeeiro conilon a pleno sol e consorciado com espécies arbóreas sobre a qualidade física do solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental Bananal do Norte (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural), localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim – ES (20º45' S, 41º47' W e altitude de 146 m). O solo da área é um Neossolo Flúvico Tb Eutrófico. O relevo do terreno é suave ondulado. A cultivar de cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner) estudada foi a "EMCAPER 8151", denominada Robusta Tropical, material propagado por semente.

O trabalho foi realizado em cinco sistemas de manejo e quatro repetições. Os sistemas de manejo estudados foram: T1- café conilon em monocultivo a pleno sol (testemunha); T2- café conilon com pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth); T3- café conilon com gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth); T4- café conilon com banana cultivar Japira (*Musa* spp.) e T5- café conilon com ingá (*Inga edulis* Mart.). Um fragmento de vegetação nativa – floresta estacional semidecidual da Mata Atlântica – foi utilizado como referência nas avaliações (T6). A vegetação nativa foi formada por processo de regeneração natural por mais de 8 anos, após pastagem em sistema extensivo de manejo. O cafezal foi conduzido em sistema de manejo orgânico, no espaçamento 3,0 x 1,0 m. As espécies em consórcio foram instaladas nas linhas de plantio do café no espaçamento de 3,0 x 6,0 m. A área do trabalho estava em pousio por 6 anos, sendo anteriormente utilizada com plantio de milho, feijão e sorgo em rotação.

Os plantios do cafeeiro conilon e das espécies em consórcio foram realizados no mesmo período, em janeiro de 2013, em cova de 0,45 m de diâmetro por 0,40 m de profundidade, usando um motocoveador acionado na TDP de um trator 4x4, com 78 CV e massa de 4150 kg. Foi realizada irrigação suplementar das plantas, aplicando uma lâmina de 10 mm num intervalo de sete dias. Na adubação de plantio, foram utilizados por cova 0,3 kg de fosfato natural reativo, 0,2 kg de calcário e 10 L de esterco de galinha. Duas adubações de cobertura foram realizadas com 5 e 10 L cova^{-1}, sendo a primeira com esterco de galinha e a segunda com composto orgânico de capim elefante e esterco bovino curtido. O manejo das plantas invasoras foi realizado com roçadeira mecânica acionado na TDP de um microtrator 4x2, com 15 CV e massa 1140 kg, nas entrelinhas e capina manual nas linhas de plantio.

Amostras indeformadas de solo (n=24) foram coletadas em agosto de 2014 em cilindros volumétricos de 0,05 x 0,05 m na projeção da copa, distante 0,50 m da linha de plantio, na camada de 0,00-0,10 m para determinação da densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade (DONAGEMA et al., 2011).

A retenção de água no solo foi obtida em câmaras de pressão de Richards, utilizando as pressões de 6, 10, 33, 100, 500 e 1500 kPa com placas porosas. A capacidade de água disponível às plantas foi obtida pela diferença entre a capacidade de campo (ψ= 10 kPa) e o ponto de murcha permanente (ψ= 1500 kPa). A porosidade de aeração foi obtida pela diferença entre a porosidade total e a capacidade de campo (REYNOLDS et al., 2008). Os dados obtidos de retenção de água no solo foram usados no ajuste da curva de retenção, utilizando o modelo proposto por van Genuchten (1980), e cálculo do índice S. O índice S é um indicador da qualidade física do solo para o uso agrícola, que considera o arranjo estrutural das partículas e seu efeito na retenção de água no solo (DEXTER, 2004; TORMENA et al., 2008).

Os teores de carbono orgânico do solo (COS, n=24) foram medidos após oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em presença de ácido sulfúrico e aquecimento (WALKLEY; BLACK, 1934). A matéria orgânica foi estimada a partir dos valores de carbono orgânico do solo (DONAGEMA et al., 2011). O estoque de carbono do solo (EC) foi obtido, considerando-se os teores de COS, a densidade e a camada do solo (MAIA et al., 2007). A umidade atual do solo foi medida pelo método gravimétrico (DONAGEMA et al., 2011), no período entre 21 de agosto e 25 de setembro de 2014, referente a quatro coletas realizadas na projeção da copa e no centro da entrelinha (n=176). A análise estatística foi realizada considerando um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições (*pseudo-replicates*), conforme Maia et al. (2007), por meio da análise de variância pelo teste F ($p>0,05$) e, quando significativo, utilizou-se o teste de Tukey ($p>0,05$), na análise qualitativa para comparação dos valores médios.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade do solo (Ds) não diferiu entre os manejos com cafeeiro conilon em monocultivo e consorciados (Tabela 1). A vegetação nativa apresentou o menor valor de Ds (1,01 Mg m^{-3}), não diferindo dos manejos com pupunha, gliricídia e ingá. A maior porosidade total do solo (PT) foi observada na vegetação nativa (0,62 m^3 m^{-3}), não diferindo dos manejos consorciados com pupunha, gliricídia e ingá, enquanto a menor foi observada no café conilon em monocultivo a pleno sol (0,50 m^3 m^{-3}) e consorciado com banana (0,51 m^3 m^{-3}). Neste estudo, a maior Ds e a menor PT nos manejos com café em relação à vegetação nativa foram causados principalmente pelo tráfego de microtratores na entrelinha para roçada das plantas ruderais, corroborando com Araújo Júnior et al. (2011). Acredita-se que o tempo de instalação das parcelas na área em estudo ainda não foi suficiente para expressar o efeito dos manejos do cafezal na estrutura do solo. Assis e Lanças (2005), estudando sistemas de manejo de culturas anuais, observaram alterações nos atributos físicos do solo somente após 12 anos de manejo. O desenvolvimento radicular do estrato arbóreo pode melhorar a qualidade física do solo, com agregados mais estáveis e poros interconectados, o que pode favorecer a estrutura e a infiltração de água no solo e o desenvolvimento radicular das plantas (DAMATTA et al., 2007; LIMA et al., 2005; TULLY; LAWRENCE, 2012).

A vegetação nativa apresentou o maior teor de matéria orgânica (MO) (2,93 dag kg^{-1}) e estoque de carbono no solo (EC) (1,09 Mg ha^{-1}), o que está relacionado a maior deposição de biomassa na serapilheira. A atenuação dos raios solares pela copa das árvores e a melhoria do microclima diminui a taxa de mineralização da matéria orgânica, contribuindo para o seu acúmulo no solo (DAMATTA et al., 2007; SILVA; MENDONÇA, 2007). As espécies arbóreas, assim como as plantas do cafeeiro conilon, aportam restos vegetais sobre o solo, contribuindo para o aumento da MO na camada superficial e para a ciclagem de nutrientes no solo (CAMPANHA et al., 2007; DAMATTA et al., 2007; SILVA; MENDONÇA, 2007). Neste estudo, valores similares de MO e EC ocorreram no café conilon em monocultivo e nos plantios consorciados. Vale destacar que, nestes manejos, as plantas de café e o estrato arbóreo não atingiram seu desenvolvimento máximo. Assim, os manejos consorciados possuem um maior potencial de produção de biomassa, o que pode intensificar o aporte de MO no solo (THOMAZINI et al., 2015). Contudo, Campanha et al. (2007) observaram maiores teores de MO e EC em café em monocultivo, em relação ao manejo agroflorestal, devido a maior ciclagem e mineralização do carbono neste último.

Valores similares de microporos (Mi) foram observados nos manejos do cafeeiro conilon consorciados com pupunha e gliricídia, no monocultivo e na vegetação nativa, com redução nos manejos consorciados com banana e ingá, com 0,25 e 0,29 m^3 m^{-3}, respectivamente. Os macroporos (Ma) apresentaram comportamento inverso a Mi, com maiores valores para o cafeeiro consorciado com banana e ingá e na vegetação nativa, com 0,25 m^3 m^{-3}, nos três tratamentos.

TABELA 1 - Atributos do solo sob café conilon em monocultivo (T1), consorciado com pupunha (T2), gliricídia (T3), banana (T4) e ingá (T5) e em área com vegetação nativa (T6). Ds- densidade do solo; PT- porosidade total; Mi-microporosidade; Ma- macroporosidade; CC- capacidade de campo; PMP- ponto de murcha permanente; PA- porosidade de aeração; CAD- capacidade de água disponível; MO- matéria orgânica; EC- estoque de carbono; S- índice S.

Manejo		T1	T2	T3	T4	T5	T6	CV
Ds	Mg m^{-3}	1,33a	1,24ab	1,23ab	1,31a	1,21ab	1,01b	8,99
PT	m^3 m^{-3}	0,50b	0,53ab	0,54ab	0,51b	0,54ab	0,62a	7,69
Mi	m^3 m^{-3}	0,34ab	0,43a	0,43a	0,25b	0,29b	0,37ab	16,36
Ma	m^3 m^{-3}	0,16b	0,10b	0,11b	0,25a	0,25a	0,25a	15,30
CC	m^3 m^{-3}	0,30ab	0,41a	0,41a	0,25b	0,29ab	0,37ab	15,86
PMP	m^3 m^{-3}	0,19a	0,27a	0,27a	0,20a	0,24a	0,28a	20,38
PA	m^3 m^{-3}	0,19a	0,12b	0,13b	0,25a	0,25a	0,25a	13,50
CAD	L m^{-3}	115b	142a	135a	48d	56cd	83c	14,45
MO	dag kg^{-1}	0,80b	1,07b	1,04b	0,91b	0,93b	2,93a	66,01
EC	Mg ha^{-1}	0,38b	0,48b	0,47b	0,47b	0,44b	1,09a	12,54
S	-	0,041ab	0,039abc	0,040ab	0,029c	0,035bc	0,047a	19,27

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ($p<0,05$).

O tipo de manejo e o desenvolvimento radicular podem influenciar de forma diferente na quantidade e distribuição dos poros no solo, como constatado por Lima et al. (2005) e Souza et al. (2015). A maior concentração de Ma em T4, T5 e T6 resulta numa maior infiltração de água no solo (CAMPANHA et al., 2007; FRANCO et al., 2002) e consequentemente contribui para reduzir o processo erosivo em áreas declivosas (FRANCO et al., 2002; REYNOLDS et al., 2008), regiões onde predominam os plantios do cafeeiro conilon no estado do Espírito Santo.

Os tratamentos não influenciaram na retenção de água no ponto de murcha permanente (PMP), o que não ocorreu para a capacidade de campo (CC), com menor valor no manejo de café com banana. Esses resultados concordam com Hillel (2003), que relataram efeito do manejo na CC, já que esta variável é dependente da capilaridade e da distribuição do tamanho dos poros (estrutura), enquanto o PMP é influenciado pela granulometria e superfície específica dos constituintes da matriz do solo. Assim, uma menor retenção de água em superfície permitirá o movimento descendente no perfil no solo, extrapolando a região explorada pelas raízes do cafezal. Entretanto, essa porção de água, teoricamente perdida pelo cafezal, pode ser ainda absorvida pelo estrato arbóreo, que apresenta raízes mais profundas, aumentando a eficiência de uso da água na área, principalmente em condições de sequeiro (MAIA et al., 2006).

Os manejos do cafeeiro conilon com pupunha e gliricídia apresentaram uma maior capacidade de água disponível às plantas, sendo de 142 e 135 L m^{-3}, respectivamente. Esses valores são considerados limitantes para o desenvolvimento de culturas agrícolas (100-150 L m^{-3}), enquanto os demais tratamentos apresentaram valores muito limitantes (<100 L m^{-3}), conforme Reynolds et al. (2008). Esses resultados concordam com a maior Mi do solo, ou seja, poros responsáveis pela retenção de água no solo (HILLEL, 2003). Em condições de sequeiro, o déficit hídrico das plantas é um problema grave e atual, devido a ocorrência de mudanças climáticas, como o prolongamento de períodos de estiagem. Assim, um solo com maior capacidade de retenção de água seria menos limitante às plantas do cafeeiro, com maior potencial produtivo.

Os menores valores de porosidade de aeração (PA) foram observados nos manejos de café com pupunha e gliricídia, com 0,12 e 0,13 m^3 m^{-3}, respectivamente. Contudo, esses valores estão dentro dos limites considerados adequados para cultivos agrícolas, sendo 0,12 a 0,22 m^3 m^{-3} (REYNOLDS et al., 2008), permitindo as

trocas gasosas do solo com a atmosfera. Valores elevados da PA (>0,22 m^3 m^{-3}), como observado nos consórcios de café com banana e ingá e na vegetação nativa, tende a favorecer o esgotamento oxidativo da matéria orgânica e a perda de água por evaporação, como relatado por Reynolds et al. (2008).

A área de vegetação nativa apresentou maior índice S, seguida pelos valores nas áreas com cafeeiro em monocultivo e consorciados, com exceção do consórcio com banana. Isso indica melhoria da estrutura do solo na área com vegetação nativa em regeneração natural, mesmo após histórico de pastejo extensivo, causada pelo desenvolvimento radicular e produção de serapilheira. T1, T2, T3, T5 e T6 apresentaram valor de S>0,035, considerado com condições físicas favoráveis para o desenvolvimento radicular, enquanto T4 apresentou valor entre 0,020<S<0,035, considerado com condições limitantes ao desenvolvimento radicular (DEXTER, 2004; TORMENA et al., 2008). Nesse período de consolidação dos sistemas de manejo, podem ocorrer perturbações no solo que venham a prejudicar a qualidade do solo temporariamente (CAMPANHA et al., 2007). Algumas combinações de plantas em consórcio podem causar ainda o empobrecimento do solo (SCHWENDENER et al., 2005).

A Ds e a MO foram utilizadas para predizer valores do índice S (Figura 1), utilizando uma função de pedotransferência. Observou-se uma redução significativa nos valores do índice S com o aumento da Ds (Figura 1A), consequência da alteração no tamanho e distribuição de poros, proporcionada pelos diferentes tipos de uso e manejos do solo (DEXTER, 2004; TORMENA et al., 2008). Considerando o valor de S=0,035, a Ds crítica é de 1,32 Mg m^{-3}. Dessa forma, Ds<1,32 Mg m^{-3} indica qualidade física do solo favorável para o desenvolvimento radicular de culturas agrícolas, enquanto Ds≥1,32 Mg m^{-3} demonstra condições físicas limitantes às plantas, o que está de acordo com Dexter (2004) e Tormena et al. (2008). Já o aumento da MO resultou em aumento nos valores de S (Figura 1B), resultado do efeito benéfico na agregação e, consequentemente, no arranjo do espaço poroso do solo, conforme observado por Guimarães et al. (2014).

Os sistemas de manejo de café conilon consorciados com pupunha e gliricídia apresentaram maior umidade do solo na projeção da copa e no centro da entrelinha nas quatro épocas de amostragens, em relação aos demais tratamentos (Figura 2). A entrelinha do cafeeiro apresentou maior umidade do solo, em relação à projeção da copa (Figura 2A), independente do sistema de manejo, resultado da menor demanda hídrica das plantas ruderais e do manejo da lavoura adotado, com roçagem da entrelinha e capina da linha de plantio. O manejo das plantas daninhas na entrelinha favoreceu a conservação da umidade do solo, enquanto a capina da linha de plantio expôs o solo, o que resulta numa maior evaporação, associado ao maior consumo hídrico das plantas do cafeeiro, contribuindo para reduzir a umidade do solo (Figura 2B), concorda com Campanha et al. (2007).

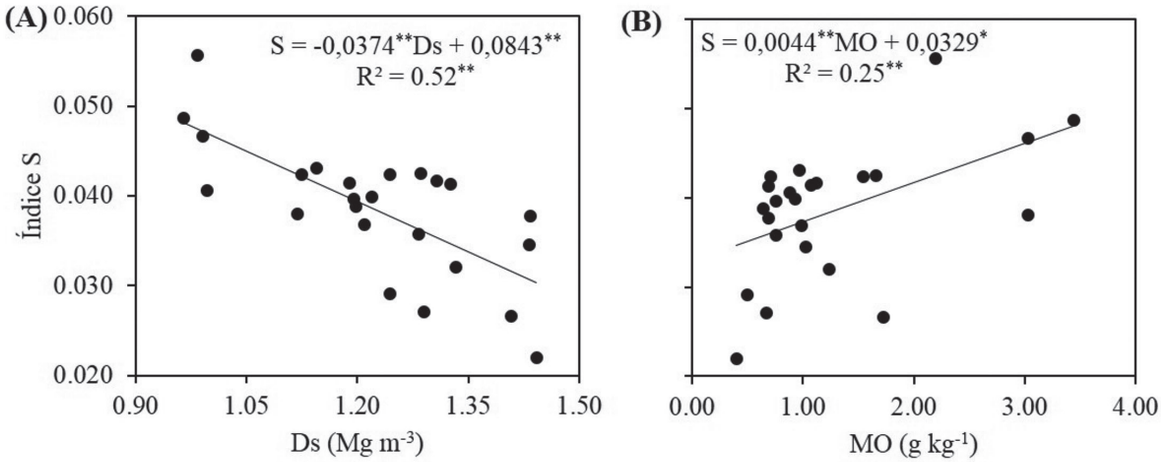

FIGURA 1 - Valores do índice S estimado em função da densidade do solo (Ds) e matéria orgânica (MO), nos manejos com cafeeiro conilon em monocultivo e consorciado com espécies arbóreas e na vegetação nativa. ** (p<0,01), * (p<0,05).

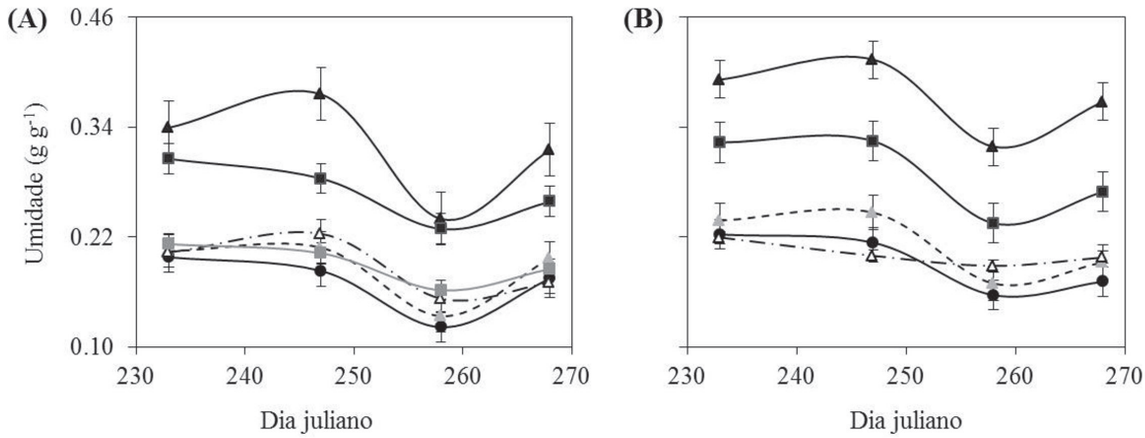

FIGURA 2 - Variação da umidade do solo na projeção de copa (A) e no centro da entrelinha (B), sob cafeeiro conilon em monocultivo a pleno sol e consorciado com pupunha , gliricídia, banana e ingá e na vegetação nativa. Barras na vertical indicam o erro padrão.

O aumento da umidade do solo nos manejos do cafezal em consórcio com pupunha e gliricídia indicaram melhoria na estrutura do solo, resultando no maior armazenamento de água no solo, o que concorda com os resultados anteriores (Tabela 1) e com Campanha et al. (2007). Outro benefício é a atenuação dos raios solares que incidem sobre a copa do estrato arbóreo (DAMATTA et al., 2007; TULLY; LAWRENCE, 2012), promovendo um microclima com menor evaporação de água do solo, resultando numa maior umidade do solo, em relação ao manejo em monocultivo a pleno sol, estando de acordo com Campanha et al. (2007) e Thomazini et al. (2015). Esses resultados são mais evidentes em dias com temperaturas elevadas após períodos de precipitação, conforme observado na amostragem, em 4 de setembro (dia juliano 247).

4 CONCLUSÕES

1. Os manejos do cafezal consorciados com pupunha e gliricídia apresentam melhorias na qualidade física do solo, com maior capacidade de retenção de água no solo, o que resultou em maior umidade do solo em relação aos demais tratamentos, contribuindo para a conservação do solo e água e para a sustentabilidade da cafeicultura do conilon.

2. As espécies utilizadas no consórcio com o cafeeiro conilon influenciam os atributos físicos do solo de forma distinta, sendo que sua escolha deve ser ajustada às características do local e aos objetivos do produtor.

3. O uso da função de pedotransferência indicou uma densidade do solo crítica de 1,32 Mg m^{-3}, para as áreas em estudo e um efeito positivo da matéria orgânica na melhoria da qualidade estrutural do solo.

5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Espirito Santo (FAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto de pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

ARAÚJO JÚNIOR, C. F. et al. Capacidade de suporte de carga e umidade crítica de um Latossolo induzida por diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 115-131, jan./fev. 2011.

ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 515-522, jul./ago. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Café no Brasil**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafe/saiba-mais>. Acesso em: 4 jun. 2014.

CAMPANHA, M. M. et al. Análise comparativa das características da serrapilheira e do solo em cafezais cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura, na Zona da Mata MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 805-812, set./out. 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Café:** safra 2014: acompanhamento da safra brasileira. Brasília, 2014. v. 1, 21 p.

CORRE, M. D.; DECHERT, G.; VELDKAMP, E. Soil nitrogen cycling following montane forest conversion in Central Sulawesi, Indonesia. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 70, n. 2, p. 359-366, Mar. 2006.

DAMATTA, F. M. et al. O café conilon em sistemas agroflorestais. In: FERRÃO, R. G. et al. (Ed.). **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. cap. 14, p. 375-390.

DEXTER, A. R. Soil physical quality: part I, theory, effects of soil texture, density and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, Amsterdam, v. 120, n. 3/4, p. 201-214, June 2004.

DONAGEMA, G. K. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011. 225 p.

FRANCO, F. S. et al. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 751-760, nov./dez. 2002.

GUIMARÃES, G. P. et al. Soil aggregation and organic carbon of Oxisols under coffee in agroforestry systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 278-287, jan./fev. 2014.

HILLEL, D. **Introduction to environmental soil physics**. Amsterdam: Elsevier, 2003. 494 p.

LIMA, H. V. et al. Tráfego de máquinas agrícolas e alterações de bioporos em área sob pomar de laranja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 677-684, set./out. 2005.

MAIA, S. M. F. et al. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 837-848, set./out. 2006.

_____. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 71, n. 2, p. 127-138, Oct. 2007.

PINARD, F.; BOFFA, J. M.; RWAKAGARA, E. Scattered shade trees improve low-input smallholder Arabica coffee productivity in the Northern Lake Kivu region of Rwanda. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 88, n. 4, p. 707-718, Aug. 2014.

REYNOLDS, W. D. et al. Optimal soil physical quality inferred through structural regression and parameter interactions. **Geoderma**, Amsterdam, v. 146, n. 3/4, p. 466-474, Aug. 2008.

SCHWENDENER, C. M. et al. Nitrogen transfer between high- and low-quality leaves on a nutrientpoor Oxisol etermined by 15N enrichment. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 37, n. 4, p. 787-794, Apr. 2005.

SILVA, I. R.; MENDONCA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007, cap. 6, p. 275-374.

SOUZA, G. S. et al. Controlled traffic and soil physical quality in a Brazilian Oxisol under sugarcane cultivation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 72, n. 3, p. 270-277, maio/jun. 2015.

THOMAZINI, A. et al. SOC dynamics and soil quality index of agroforestry systems in the Atlantic rainforest of Brazil. **Geoderma Regional**, Amsterdam, v. 5, p. 15-24, Aug. 2015.

TORMENA, C. A. et al. Quantification of the soil physical quality of a tropical oxisol using the S index. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 1, p. 56-60, jan./fev. 2008.

TULLY, K. L.; LAWRENCE, D. Canopy and leaf composition drive patterns of nutrient release from pruning residues in a coffee agroforest. **Ecological Applications**, Washington, v. 22, n. 4, p. 1330-1344, June 2012.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Baltimore, v. 37, n. 1, p. 29-38, Jan. 1934.

USO DE EXTENSORES FLEXÍVEIS NA DERRIÇA EM LAVOURAS DE CAFÉ DE PRIMEIRA SAFRA

Felipe Santinato[1], Thaís Mello da Costa[2], Rouverson Pereira da Silva[3], Tiago de Oliveira Tavares[4], Aline Spaggiari Alcântara[5]

(Recebido: 01 de julho de 2015 ; aceito: 06 de outubro de 2015)

RESUMO: A colheita do café de primeira safra pode ser beneficiada pela utilização de extensores de borracha na extremidade das hastes. Isto, pelo seu material ser maleável, adquire movimento oscilatório aumentando a área de contato da haste com os frutos. No entanto, as cultivares de café apresentam grandes diferenças morfofisiológicas que podem influenciar na colheita mecanizada. Objetivou-se testar duas colhedoras de café (convencional e adaptada para a colheita de lavouras de primeira safra), na ausência e presença de extensores de borracha, em duas cultivares (Catuaí Vermelho IAC 144 e Tupi IAC 1669-33 IAC 1669-33). O delineamento foi de blocos ao acaso, em parcelas de cinco plantas. Avaliou-se a quantidade de café caído, remanescente, colhido, derriçado e desfolha operacional. Obteve-se que a utilização de extensores de borracha eleva a quantidade de café colhido em 16,6%. A colheita do café de primeira safra deve ser procedida com colhedora adaptadas para tal situação. A Cultivar Tupi IAC 1669-33 apresenta elevada dificuldade em ser colhida mecanicamente na primeira safra, devendo ser colhida com duas operações mecanizadas.

Termos de indexação: Colheita mecanizada, *Coffea arabica*, danos às plantas.

EXTENDERS USE FLEXIBLE IN SEED DROPPING IN CROP COFFEE AT FIRST HARVEST

ABSTRACT: *The coffee harvest of the first crop can be benefited by the use of rubber extenders at the end of the stems. This because their malleable constitution acquires oscillatory motion increasing the stem contact area with the fruits. However, the coffee varieties have big morphological and physiological differences that can influence the mechanical harvesting. This study had a goal to test two of coffee harvesters (conventional and adapted to the harvest of the first crop plantations) in the absence and presence of rubber extenders in two cultivars (Catuaí Vermelho IAC 144 and Tupi IAC 1669-33). The design was randomized blocks in five plants per plot. Evaluated the amount of fallen coffee, remaining harvested, picked and operational defoliation. Evaluated the amount of fallen coffee, remaining harvested and operational defoliation. There was obtained that the use of rubber extenders increases the amount of coffee collected in 16.6%. The first crop coffee harvest should be made with harvester adapted to this situation. The Cultivar Tupi IAC 1669-33 has high difficulty to be mechanically harvested the first crop, should be taken with two mechanized operations.*

Index terms: *Mechanical harvesting,Coffea arabica, damage to plants.*

1 INTRODUÇÃO

Cultivares de café apresentam profundas diferenças morfofisiológicas que influenciam diretamente o processo de colheita. A disposição dos ramos plagiotrópicos, altura das plantas, altura de inserção do ramo plagiotrópicos basal e força de desprendimento dos frutos (DAMATTA et al., 2007; SILVA, F. C. et al., 2010) são os principais fatores que originaram em recomendações diferenciadas para a colheita. A cultivar Tupi IAC 1669-33, por exemplo apresenta altura de inserção do ramo plagiotrópico basal muito abaixo das demais, apresenta porte mais baixo que a cultivar Catuaí (tipicamente de porte baixo) e frutos de maior diâmetro e elevada tração nos ramos (CARVALHO, 2008).

Em lavouras de café de primeira safra, incomumente colhidas mecanicamente, as diferenças entre as cultivares podem interferir de forma mais acentuada, visto a dificuldade de se colher este tipo de lavoura (SANTINATO et al., 2014b). Isto, pois as plantas são menores, apresentam ramos mais próximos do solo e frutos próximos dos troncos (CAMARGO; CAMARGO, 2001), (comumente longes da ação das hastes derriçadoras da colhedora).

Para tanto, existe a necessidade de colher utilizando-se colhedora adaptadas para tal situação. Estas colhedoras devem atuar próximas ao solo e à planta, envolvendo-as, e expondo com maior intensidade as hastes derriçadoras. Dentre as adaptações, comumente se faz a substituição da estrutura basal da colhedora ("cocho") por outra, de menor altura, possibilitando maior rebaixamento da máquina e também a substituição da esteira,

[1,2,3,4,5]Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"/ UNESP - Campus de Jaboticabal - Departamento de Engenharia Rural Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n - 14.884-900 - Jaboticabal - São Paulo-SP - fpsantinato@hotmail.com, thaismelloc@icloud.com, rouverson@gmail.com, tiagoolitavares@hotmail.com, alineespagiari@hotmail.com

por outra de maior largura. Aproximação dos cilindros derriçadores e alinhamento das hastes, dentre outras modificações.

Aliada às adaptações da colhedora, existe a possibilidade de utilização de extensores de borracha na extremidade das hastes. Os extensores são maleáveis e, por isso, possuem maior movimento oscilatório, elevando a área de contato da haste com os frutos. Santinato et al. (2014d), trabalhando em lavoura de primeira safra, obtiveram acréscimo na eficiência de colheita de 8,11 e 17,8%, utilizando extensores de borracha em relação às hastes longas e curtas, respectivamente.

Diante disto, objetivou-se, no presente trabalho, avaliar a colheita mecanizada do café, em lavouras de primeira safra, utilizando colhedora convencional e adaptada, na ausência e presença de extensores de borracha.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda AgroFava, no município de Catalão, GO, localizada nas coordenadas geodésicas 17º 29' 29.97" latitude Sul e 47º 49' 34.55" longitude Oeste, na região do Cerrado Goiânio, com altitude média de 947 m e clima Aw, de acordo com a classificação de Köeppen.

Utilizaram-se duas lavouras de café (A e B), sendo elas: A: cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, plantadas em 2013, em círculo, irrigada via Pivô central e dispostas no espaçamento de 3,7 m entrelinhas e 0,5 m entre plantas, totalizando 5.405 plantas ha^{-1}. B: cultivar Tupi IAC 1669-33, plantada em 2013, em círculo, irrigada via Pivô central e disposta no espaçamento de 4,0 m entrelinhas e 0,5 m entre plantas, totalizando 5.000 plantas ha^{-1}. A lavoura de Catuaí apresentava 1,57 m de altura, altura de inserção dos ramos plagiotrópicos basais de 29,2 cm, produtividade de 82,4 sacas de café ben. ha^{-1} e 44,4; 47,1 e 8,5% de frutos nos estádios verde, cereja e seco, respectivamente. A lavoura Tupi IAC 1669-33 apresentava 1,48 m de altura, altura de inserção dos ramos plagiotrópicos basais de 20,6 cm, produtividade de 98,73 sacas de café ben. ha^{-1} e 46,7; 36,9 e 16,3% de frutos nos estádios verde, cereja e seco, respectivamente.

O trabalho foi constituído de quatro tratamentos em esquema fatorial 2 x 2 + 1, delineados em blocos ao acaso, com cinco repetições, totalizando 25 parcelas, em cada uma das duas lavouras. Sendo duas colhedoras autopropeplidas (convencional e adaptada), ausência e presença de extensores de borracha, além de um tratamento colhido manualmente.

As parcelas, compostas por cinco plantas, foram espaçadas em 20 m entre si, para que houvesse tempo suficiente para as trocas de marcha do trator permitindo alcançar a velocidade operacional desejada de cada tratamento, bem como a estabilidade da rotação requerida.

Em ambas as colhedoras, as velocidades operacionais e vibrações das hastes foram de 0,27 m s^{-1} e 1.000 rpm, tidas como severas e apropriadas para a colheita plena (SILVA, F. C. et al., 2010). Os extensores de borracha utilizados foram segmentos de 15 cm de mangueiras, com diâmetro interno de 0,5 polegada, posicionados 10 cm para fora da haste e 5 cm para dentro. Utilizaram-se os extensores em todas as varetas de cinco coroas, pertencentes ao centro da área útil do cilindro. A área útil do cilindro é dada pela área que contém as hastes, no caso correspondente à 1,3 e 1,1 m de altura (30 cm inferior à ponteira das plantas).

Primeiramente, determinou-se a produtividade da lavoura através da derriça manual de toda a carga pendente das cinco parcelas do tratamento colheita manual. Para isso, colocaram-se panos de "derriça" de, aproximadamente, 2,5 m x 2,0 m sob a copa das plantas, dos dois lados da linha de café de forma que um sobrepusesse o outro. Após isso, os frutos foram derriçados dos pés. O volume de café colhido foi pesado e dele retirou-se uma alíquota de 2,0 L, para as determinações do estádio de maturação, separando os frutos nos estádios verde, cereja e seco.

Para as avaliações inerentes à operação mecanizada (café caído, remanescente, colhido e derriçado), foram colocados panos de derriça sob a copa de cinco plantas. Em seguida, operou-se a colhedora e após sua passagem, o café, que se desprendera dos ramos e caíra nos panos, foi coletado e teve seu peso determinado. Este café foi denominado Café caído. Após a limpeza e abanação dos panos, eles foram novamente posicionados sob os pés das plantas e os frutos que permaneceram nos ramos foram derriçados e mensurados, conforme descrito anteriormente. Este café foi denominado Café remanescente. O Café colhido foi obtido pela subtração da produtividade inicial pelo café remanescente e caído. O Café derriçado foi obtido pela subtração da produtividade inicial pelo Café remanescente. A variável Café derriçado tem a finalidade de determinar a capacidade que a colhedora tem de remover os frutos das plantas e está diretamente

ligada aos órgãos derriçadores (hastes). O café colhido é o café derriçado pela máquina que foi também recolhido por seu sistema interno de recolhimento e levado até o reservatório.

A influência morfológica das colheitas nas plantas foi mensurada através da desfolha operacional. Para a determinação da desfolha operacional (quantidade de material vegetal perdida, incluindo folhas, ramos e botões florais), foram colocados panos de derriça sob a copa das plantas. Em seguida, operou-se a colhedora e após sua passagem, todo o material vegetal, exceto os frutos, que se desprendera das plantas e caíra nos panos foram coletados e tiveram seu peso determinado (kg planta^{-1}). O mesmo foi realizado com as parcelas colhidas manualmente.

De posse dos dados, procedeu-se à análise de variância e quando procedente, empregou-se o teste de médias de Tukey, ambos à 5% de probabilidade. Em ambas as análises, utilizou-se o programa estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na ausência do extensor de borracha não houve diferença entre as colhedoras na quantidade de café caído (Tabela 1). O valor obtido foi de 9,8 a 11,5%, atribuído como baixo com base na literatura (CASSIA et al., 2013; SANTINATO et al., 2014a, 2015b; SILVA; CARVALHO, 2011). O valor corrobora com os obtidos por Santinato et al. (2014b), trabalhando em lavoura de primeira safra. Quando utilizou-se o extensor, a quantidade de café caído não se elevou para a colhedora convencional e se elevou em 19,2% na colhedora adaptada. Isto ocorreu devido ao aumento na quantidade de café derriçado. No entanto, a quantidade de café caído obtida foi de no máximo 13,7%, tida como aceitável para os padrões atuais de colheita mecanizada de café.

A colhedora adaptada obteve 55,3 e 77,7% a menos de café remanescente nos pés, em relação à colhedora convencional (Tabela 2). A colhedora convencional permitiu que 41,5 e 31,7 % do cafés permanecessem nos pés, demandando repasse manual ou nova operação mecanizada, onerando a operação (LANNA; REIS, 2012; SANTINATO et al., 2015a).

A utilização dos extensores reduziu a quantidade de café remanescente em 61,8 e 23,6%, nas colhedoras adaptada e convencional, respectivamente. O melhor tratamento, que utilizou colhedora adaptada e extensores obteve 7,1% de café remanescente, com apenas uma operação da colhedora.

A colhedora adaptada, na ausência do extensor, colheu 43,6% a mais de café que a colhedora convencional, elevando sua eficiência em 43,9%, chegando á 69,95% de café colhido. Na presença do extensor, a quantidade de café colhido foi de 60,4 sacas de café beneficiadas ha^{-1} (79,23% da carga total), sendo 34% superior à colhedora convencional, também com o extensor. Na média das duas colhedoras, a utilização do extensor elevou a quantidade de café colhido em 16,6%.

As mesmas considerações são feitas para a quantidade de café derriçado, em que a colhedora adaptada derriçou 39,2 e 35,9% a mais que a colhedora convencional, na ausência e na presença dos extensores, respectivamente. O valor máximo obtido foi de 92,9% de café derriçado (colhedora adaptada com extensor).

A desfolha operacional foi superior na colheita manual que nos tratamentos colhidos mecanicamente na ausência do extensor. Tal fato é amplamente estudado e notado na literatura, em que a colheita manual desfolha em maior quantidade que a colheita mecanizada (SANTINATO et al., 2014c; SILVA, F. M. et al., 2010).

TABELA 1 - Quantidade (sacas de café ben. ha^{-1}) e porcentagem (%) de café caído em função do tipo de colhedora e presença ou ausência de extensores de borracha na extremidade das hastes.

Colhedora	Quantidade de café caído (sacas de café ben. ha^{-1})		Café caído (%)	
	Extensores de borracha			
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
Adaptada	8,7 aA	10,4 bA	11,5 aA	13,7 bA
Convencional	7,5 aA	7,1 aA	9,8 aA	9,3 aA
CV (%)	19,35		19,36	

*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

TABELA 2 - Quantidade (sacas de café ben. ha^{-1}) e porcentagem (%) de café remanescente, em função do tipo de colhedora e presença ou ausência de extensores de borracha na extremidade das hastes.

Colhedora	Quantidade de café remanescente (sacas de café ben. ha^{-1})		Café remanescente (%)	
	Extensores de borracha			
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
Adaptada	14,2 aB	5,4 aA	18,6 aB	7,1 aA
Convencional	31,8 bB	24,2 bA	41,5 bB	31,7 bA
CV (%)	20,49		20,5	

*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre s,i pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

TABELA 3 - Quantidade (sacas de café ben. ha^{-1}) e porcentagem (%) de café colhido em função do tipo de colhedora e presença ou ausência de extensores de borracha na extremidade das hastes.

Colhedora	Quantidade de café colhido (sacas de café ben. ha^{-1})		Café colhido (%)	
	Extensores de borracha			
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
Adaptada	53,3 aB	60,4 aA	69,9 aB	79,23 aA
Convencional	37,1 bB	43,0 bA	48,6 bB	59,0 bA
CV (%)	8,67		8,67	

*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

TABELA 4 - Quantidade (sacas de café ben. ha^{-1}) e porcentagem (%) de café derriçado, em função do tipo de colhedora e presença ou ausência de extensores de borracha na extremidade das hastes.

Colhedora	Quantidade de café derriçado (sacas de café ben. ha^{-1})		Café derriçado (%)	
	Extensores de borracha			
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
Adaptada	62,1 aB	70,8 aA	81,4 aB	92,9 aA
Convencional	44,6 bB	52,08 bA	58,5 bB	68,3 bA
CV (%)	6,73		6,73	

*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

Não houve diferença entre as colhedoras na ausência do extensor. Na presença do extensor, a colhedora convencional desfolhou menos que a colhedora adaptada que, por sua vez, não diferiu na colheita manual. Isto ocorreu pois os extensores elevam o comprimento das hastes, aumentando a área de contato do órgão derriçador com os ramos e folhas, aumentando a possibilidade de queda.

Devidos às diferenças morfofisiológicas entre a cultivar Tupi IAC 1669-33 e Catuaí (CARVALHO, 2008), os resultados obtidos foram diferenciados (Tabela 6). Não houve diferença na interação entre os fatores colhedora e ausência e presença de extensores de borracha. Os valores obtidos foram, na média, de 8,4%, tidos como baixos. Tal fato é positivo para a colheita, no entanto a causa deste efeito foi a pequena quantidade de café derriçado.

A colhedora adaptada permitiu que 20,7 e 18,6% do café permanecesse nos pés, na ausência e na presença dos extensores, respectivamente (Tabela 7). Os valores foram 48,4 e 38,0% inferiores à colhedora convencional, na ausência e presença dos extensores. Isto ocorreu devido às adaptações que a colhedora adaptada possui que facilita a derriça dos frutos, principalmente por aumentarem a área de contato das hastes com os frutos.

Nesta lavoura, a utilização dos extensores de borracha não reduziu a quantidade de café remanescente na colhedora adaptada. Isto, porque não foram suficientes para atingir os frutos presentes próximos ao tronco e cerca de 15 a 20 cm de altura, em relação ao solo. Observou-se que, nesta cultivar, os ramos plagiotrópicos basais encontravam-se muito próximos ao solo (20,6 cm) e em maior quantidade. Para a colhedora convencional, a utilização dos extensores reduziu o café remanescente pois, em sua ausência, havia derriçado pequena quantidade de café, de forma que sua utilização auxiliou a derriça.

Na ausência e na presença dos extensores, a colhedora adaptada colheu mais café que a convencional, 39,3 e 11,8%, respectivamente (Tabela 8). A utilização do extensor elevou a quantidade de café colhido somente na colhedora convencional, colhendo 64,1% da carga pendente.

TABELA 5 - Desfolha operacional (g planta^{-1}), em função do tipo de colhedora e presença ou ausência de extensores de borracha na extremidade das hastes.

Sistema de Colheita	Desfolha (g planta^{-1})	
	Extensores de borracha	
	Ausente	Presente
Adaptada	0,220 aA	0,333 bA
Convencional	0,182 aA	0,225 aA
Manual	0,339 bA	0,339 bA
CV (%)	23,26	

*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

TABELA 6 - Quantidade (sacas de café ben. ha^{-1}) e porcentagem (%) de café caído, em função do tipo de colhedora e presença ou ausência de extensores de borracha na extremidade das hastes.

Colhedora	Quantidade de café caído (sacas de café ben. ha^{-1})		Café caído (%)	
	Extensores de borracha			
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
Adaptada	8,8 aA	9,6 aA	8,9 aA	9,7 aA
Convencional	9,2 aA	5,8 aA	9,3 aA	5,9 aA
CV (%)	40,18		40,18	

*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

TABELA 7 - Quantidade (sacas de café ben. ha^{-1}) e porcentagem (%) de café remanescente, em função do tipo de colhedora e presença ou ausência de extensores de borracha na extremidade das hastes.

Colhedora	Quantidade de café remanescente (sacas de café ben. ha^{-1})		Café remanescente (%)	
	Extensores de borracha			
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
Adaptada	20,4 aA	18,3 aA	20,7 aA	18,6 aA
Convencional	39,6 bB	29,6 bA	40,1 bB	30,0 bA
CV (%)	21,82		21,8	

*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

TABELA 8 - Quantidade (sacas de café ben. ha^{-1}) e porcentagem (%) de café colhido, em função do tipo de colhedora e presença ou ausência de extensores de borracha na extremidade das hastes.

Colhedora	Quantidade de café colhido (sacas de café ben. ha^{-1})		Café colhido (%)	
	Extensores de borracha			
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
Adaptada	69,6 aA	70,8 aA	70,5 aA	71,7 aA
Convencional	50,0 bB	63,3 bA	50,6 bB	64,1 bA
CV (%)	11,3		11,3	

*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

Na colhedora adaptada não houve diferença entre ausência e presença, colhendo, na média 71,1%. Não houve elevação na quantidade de café caído, devido à dificuldade imposta por esta cultivar. Para tanto, deve-se utilizar extensores de borracha em todas as hastes da colhedora na tentativa de atingir os frutos presentes na parte mais baixa da planta, e próxima ao tronco. Mesmo assim, a eficiência da operação não será adequada, como na cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, visto que a altura da haste da colhedora mais superficial é superior à altura dos ramos mais superficial da planta, de forma que a haste não entrará em contato com o ramo.

Outro ponto observado nesta situação foi que as plantas da cultivar Tupi IAC 1669-33 amadureceram com desuniformidade acentuada, com 46,8; 36,9 e 16,3% de frutos nos estádios verde, cereja e seco, respectivamente, ocasionando baixa eficiência de colheita, exigindo assim a necessidade de repasse manual. Ou seja, grande quantidade de frutos verdes, mas também grande quantidade de frutos seco, que se não fossem colhidos, cairiam no chão naturalmente. Tal fato sugere a utilização de mais uma operação da colhedora (SANTINATO et al., 2015b) e a realização da colheita seletiva do café (SILVA et al., 2013). Outro fato, observado, que,no entanto, não mensurado, foi a dificuldade de se derriçar os frutos. Os frutos dessa cultivar encontravam-se aparentemente mais fortemente retidos nos ramos. Apesar de não mensurado, tal constatação é embasada na literatura (CARVALHO, 2008; SILVA, F. C. et al., 2010).

As mesmas considerações podem ser feitas para a quantidade de café derriçado, em que a colhedora adaptada derriçou 32,1 e 16,1% a mais que a colhedora convencional (Tabela 9). Também, a presença dos extensores elevou a quantidade de café derriçado somente na colhedora convencional (16,6% a mais).

Para esta cultivar, as diferenças de café colhido e derriçado entre as duas colhedoras não foram tão elevadas quanto para a cultivar Catuaí. Tal fato revela que são necessárias outras adaptações, além das já realizadas na colhedora adaptada, específicas para este tipo de lavoura. Uma possibilidade seria utilizar, na coroa mais superficial do cilindro, hastes inclinadas para baixo, com angulação de até 45º, na tentativa de atingir os ramos ali presentes.

Na ausência do extensor de borracha, a desfolha operacional foi superior na colheita manual, não diferindo entre os tipos de colhedora. Na presença do extensor, a desfolha elevou-se demasiadamente não havendo diferença ente os tratamentos. Da mesma forma que para a lavoura de Catuaí, a extensão da haste aumenta a área de contato entre o órgão derriçador e a parte vegetativa do cafeeiro.

TABELA 9 - Quantidade (sacas de café ben. ha^{-1}) e porcentagem (%) de café derriçado, em função do tipo de colhedora e presença ou ausência de extensores de borracha na extremidade das hastes.

Colhedora	Quantidade de café derriçado (sacas de café ben. ha^{-1})		Café derriçado (%)	
	Extensores de borracha			
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
Adaptada	78,3 aA	80,4 aA	79,3 aA	81,3 aA
Convencional	59,2 bB	69,2 bA	60,0 bB	70,0 bA
CV (%)	8,2		8,2	

*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade

TABELA 10 - Desfolha operacional (g planta^{-1}) em função do tipo de colhedora e presença ou ausência de extensores de borracha na extremidade das hastes.

Sistema de Colheita	Desfolha (g planta^{-1})	
	Extensores de borracha	
	Ausente	Presente
Adaptada	0,250 aA	0,440 aB
Convencional	0,220 aA	0,412 aB
Manual	0,483 bA	0,483 aA
CV (%)	13,7	

*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

4 CONCLUSÕES

1 – A utilização de extensores de borracha eleva a quantidade de café colhido em 16,6%.

2 – A colheita do café de primeira safra deve ser procedida com colhedoras adaptadas para tal situação.

3 – A Cultivar Tupi IAC 1669-33 apresenta elevada dificuldade em ser colhida mecanicamente na primeira safra, devendo ser colhida com duas operações mecanizadas.

5 REFERÊNCIAS

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definições e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café:** origens caracteristicas e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. 334 p.

CASSIA, M. T. et al. Quality of mechanized coffee harvesting in circular planting system. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 1, p. 28-34, 2013.

DAMATTA, F. M. et al. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina, v. 19, n. 4, p. 485-510, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

LANNA, G. B. M.; REIS, P. R. Influência da mecanização da colheita na viabilidade econômico-financeira da cafeicultura no sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 110-121, 2012.

SANTINATO, F. et al. Análise econômica da colheita mecanizada do café utilizando repetidas operações da colhedora. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 3, p. 402-411, jul./set. 2015a.

_____. Análise quali-quantitativa da operação de colheita mecanizada de café em duas safras. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 495-505, 2014a.

_____. Desempenho operacional de colhedoras de café em lavoura de primeira safra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 40., 2014, Serra Negra. **Anais...** Serra Negra, 2014b. p. 126-128.

_____. Efeitos morfológicos decorrentes da colheita mecanizada com até seis operações da colhedora e colheita manual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 40., 2014, Serra Negra. **Anais...** Serra Negra, 2014c. p. 139-141.

_____. Número de operações mecanizadas na colheita do café. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, p. 1809-1814, 2015b.

_____. Utilização de extensores de borracha nas extremidades das hastes vibratórias das colhedoras de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 40., 2014, Serra Negra. **Anais...** Serra Negra, 2014d. p. 145-147.

SILVA, F. C. et al. 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. 2010a.

_____. Desempenho operacional da colheita mecanizada e seletiva do café em função da força de desprendimento dos frutos. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 53-60, 2013.

SILVA, F. M. et al. Efeitos da colheita manual na bienalidade do cafeeiro em Ijací, Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 625-632, maio/jun. 2010b.

SILVA, F. M.; CARVALHO, G. R. Evolução da mecanização na cafeicultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, p. 52-65, 2011.

GEOESTATÍSTICA E ANÁLISE FATORIAL EXPLORATÓRIA PARA REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, NA CAFEICULTURA

Leandro da Silva Almeida[1], Ednaldo Carvalho Guimarães[2]

(Recebido: 08 de julho de 2015 ; aceito: 08 de dezembro de 2015)

RESUMO: Objetivou-se, neste estudo, avaliar a dependência espacial dos atributos químicos do solo por meio da associação da geoestatísticas e da análise multivariada (Análise Fatorial Exploratória), buscando entender o comportamento dos atributos no solo e contribuir para o planejamento das adubações, a produtividade e sustentabilidade da cafeicultura. O experimento foi desenvolvido em uma malha de 63 pontos amostrais, disposto em uma lavoura de *Coffea arabica* L., na região de cerrado. Foi realizada incialmente a análise fatorial exploratória que gerou quatro fatores que representaram, juntos, 97,05 % da variação total dos dados. Na análise geoestatística foi verificado que os fatores 1 e 3 apresentaram dependência espacial, para os quais os dados foram interpolados por krigagem ordinária (geoestatística). Já os fatores 2 e 4 apresentaram efeito pepita puro (independência espacial) ,sendo realizada a interpolação dos dados pelo método do inverso do quadrado das distâncias (estatística clássica). Sendo que os fatores 1 e 3 representam fortemente a acidez do solo, fertilidade e matéria orgânica do solo. Os fatores 2 e 4 representam a relação entre estes atributos no solo. Os resultados mostraram que a utilização de técnicas multivariadas em associação com geoestatística podem contribuir para o manejo da cafeicultura na região do cerrado.

Termos para indexação: Cafeicultura, atributos do solo, planejamento da adubação, geoestatistica, análise multivariada.

GEOSTATISTICS AND EXPLORATORY FACTOR ANALYSIS FOR SPACIAL REPRESENTATION OF SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES IN COFFEE GROWING

ABSTRACT*:The objective of this study was to evaluate the spatial dependence on chemical soil attributes by means of the geostatistical association and multivariate analysis (exploratory factor analysis), aiming to understand the behavior of the attributes in the soil, thus being able to contribute to the planning of fertilization, seeking greater productivity and sustainability of coffee growing. The research was carried in a grid of 63 sampling points, mounted on a Coffea arabica L. plantation in the cerrado region. Initially was held exploratory factor analysis that generated four factors that together accounted for 97.05% of the total variation of the data. In the geostatistical analysis it was found that the factors 1 and 3 showed spatial dependence, for which the data were interpolated by ordinary kriging (geostatistical). Already the factors 2 and 4 showed pure nugget effect (spatial independence) which held data interpolation by the inverse square of the distance method (classical statistics). The factors 1 and 3 strongly represent the acidity of soil fertility and the soil organic matter. Factors 2 and 4 represent the relationship between the attributes of the ground. The results showed that the use of multivariate techniques in combination with geostatistics can contribute to the coffee crop management in the Cerrado region.*

Index terms: *Coffee growing, soil attributes, fertilization planning, geostatistics, multivariate analysis.*

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura, atualmente, ocupa uma área de 1,9 milhões de hectares plantados no Brasil, segundo os dados da Companhia Nacional do Abastecimento- CONAB (2015), sendo que o Brasil é maior produtor e o maior exportador mundial de café e deve colher, na safra 2015 mais de 42 milhões de sacas beneficiadas, sendo que, deste total, cerca de 73 % é de café arábica e o restante de café conilon.

Segundo Lopes e Guilherme (2007), o manejo da fertilidade do solo por meio do uso eficiente de corretivos agrícolas e fertilizantes, sejam eles de origem orgânica ou mineral, é responsável, dentre os diversos fatores de produção, por cerca de 50 % dos aumentos de produção e produtividade das culturas. Souza et al. (2008) reforçam ainda que os atributos químicos do solo possuem uma dinâmica de distribuição bastante diferenciada, decorrente das alterações provocadas pelo sistema de manejo agrícola adotado e dos processos.

Sabe-se que as características do solo e da cultura variam no espaço e no tempo. A agricultura de precisão busca entender estas variações por meio da quantificação da variabilidade espacial e temporal dos fatores ligados às interações solo-água-planta, visando aperfeiçoar o uso de insumos agrícolas, realizando a distribuição adequada, em cada setor do campo de produção, além de trazer possíveis benefícios ambientais (MOLIN; CASTRO, 2008).

[1]Universidade Federal de Uberlândia/UFU - Instituto de Ciências Agrarias (ICIAG/UFU) - Rua Manoel Camargo da Cruz, 78 Sala103 A - 38.408-084 - Uberlândia - MG - almeidalean26@gmail.com
[2]Universidade Federal de Uberlândia/UFU- Faculdade de Matemática (FAMAT/UFU) - Av. João Naves de Ávila, 2121 Campus Santa Mônica - Bloco 1F - Sala 1F120 - 38.408-100 - Uberlândia -MG- ecg@ufu.br

A variabilidade das características do solo pode ser tratada por meio de diferentes métodos estatísticos. Alguns autores têm demonstrado que os atributos de solo, muitas vezes, não revelam uma variação puramente aleatória ao longo de um terreno, apresentando correlação espacial (GOMES et al., 2007). Assim, a geoestatística tem sido utilizada como importante ferramenta de análise dos dados, a fim de modelar e estudar a estrutura de dependência espacial dos atributos do solo, por meio do ajuste de semivariogramas experimentais (MANZIONE; ZIMBACK, 2011).

A associação da geoestatística com a análise fatorial busca estudar a interação entre as variáveis, estabelecendo, para este fim, um conjunto de fatores, calculados pela combinação linear das variáveis originais (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010).

Silva et al. (2010), avaliando a variabilidade espacial de atributos químicos em um Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico, cultivado com cafeeiro, usando em conjunto técnicas de análise multivariada e geoestatística, verificaram que esta associação facilita avaliação da variabilidade do solo, o que permitiu melhor caracterização da acidez do solo.

Já os pesquisadores Silva e Lima (2012), trabalhando com análise multivariada e geoestatística verificaram que o agrupamento de informações permitiu uma redução dimensional dos atributos do solo, sem perdas na qualidade da informação gerada. Assim, a combinação de geoestatística e análise multivariada permitiu de forma eficiente estudar o estado nutricional de café arábica.

Santos et al. (2015), estudando a variabilidade espacial dos macronutrientes em lavouras de café no norte do estado do Espirito Santo, observaram que os macronutrientes apresentaram dependência espacial e concluíram que a geoestatistica é uma ferramenta fundamental na tomada de decisão, para atender às necessidades nutricionais da lavoura cafeeira.

Objetivou-se,neste estudo, avaliar a dependência espacial dos atributos químicos do solo por meio da associação de técnicas geoestatísticas e de análise multivariada, visando contribuir com a tomada de decisões que visem à produtividade e sustentabilidade da cafeicultura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na fazenda Brasil, localizada no município de Araguari-MG, região de cerrado, cujas coordenadas geográficas são: 18°32’55.99”S, 48°24’10.46”O. A altitude é de 940 metros, temperatura média anual e 21,2 º C, com pluviosidade média 1.566 milímetros por ano.

A propriedade possui 65 hectares cultivados com *Coffea arabica* L., todos irrigados por gotejamento. Foram coletadas, em toda a propriedade, 63 amostras de solos georeferenciadas (utm), na profundidade de 0 a 20 cm, para quais foram realizadas as análises químicas de rotina no Laboratório de Solos, do Instituto de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Uberlândia. Os atributos avaliados são apresentados na Tabela 1.

Foi realizada a análise exploratória dos dados obtidos, a fim de verificar a existência de dados discrepantes (outliers), pois a existência desse tipo de dados pode interferir significativamente nos resultados das análises estatísticas. Foi realizado também o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov , com significância de 5% .

Atendidas as premissas da análise fatorial, realizaram-se os seguintes procedimentos: escolha do método de extração de fatores (método de componentes principais); escolha do método de rotação de fatores (Varimax); e, por fim, análise dos fatores gerados (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010).

Com os fatores obtidos pela análise fatorial e no intuito de utilizar a geoestatística para representação espacial, realizaram-se algumas verificações primordiais: análise descritiva espacial para verificar tendências; análise de dependência espacial; escolha do melhor modelo para ajuste do semivariograma. Após estas verificações, para as variáveis que possuem dependência espacial, aplicou-se a *krigagem* ordinária para a interpolação. Já para as variáveis que não apresentaram modelo estruturado de dependência espacial, foi utilizado outro método de interpolação, nesses casos, usou-se pelo método de inverso do quadrado das distâncias (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2009).

As análises foram realizadas usando o programa R versão 3.2.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015), utilizando o pacote de dados geoR (RIBEIRO JÚNIOR; DIGGLE, 2001).

No ajuste de semivariogramas foram avaliados os modelos, por meio da técnica de validação cruzada, sendo selecionados aqueles que melhor descreveram o comportamento espacial dos fatores (NANNI et al., 2011; YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

TABELA 1 - Atributos do solo avaliados.

Atributo	Abreviação*	Atributo	Abreviação*
Matéria Orgânica	MOS	Teor de magnésio	Mg
Cap. de troca de cátions	CTC	Relação Ca/V	Ca /V
Pot. Hidrogênio	pH	Relação Mg/V	Mg /V
Saturação de bases	V	Relação Ca/Mg	Ca/Mg
Teor de Cálcio	Ca	Relação K/V	K/V
Teor de potássio	K	Relação Ca/Mg/K	Ca/Mg /K
Teor de alumínio	Al	Relação cálcio /potássio	Ca /K
CTC efetiva do solo	T	Relação Mg/K	Mg /K
Saturação de bases	SB	Relação H + Al/T	H + Al/T
Hidrogênio + Alumínio	H + Al	Relação Al/V	Al/V
Fósforo remanescente	P-res		

* Abreviação adotada no texto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise descritiva por meio de *box-plot* ,constataram-se valores de *outliers* para a matéria orgânica do solo (MOS), CTC, P-res, saturação de bases (V%) e para os teores de Ca e Mg, sendo que estes valores foram excluídos do banco de dados, para que não comprometessem as análise multivariadas e geoestatísticas. Neste processo, houve uma redução de cinco pontos, reduzindo de 63 para 58 as amostras georeferenciadas.

Foi realizado o teste de normalidade de *Kolmogorov-Smirnov*, com significância de 0,05, para verificar a normalidade das variáveis. As variáveis P-res, Mg, Al/V, t e Al não atenderam a normalidade e apresentaram assimetria acentuada, podendo influenciar na análise fatorial (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010) e na geoestatística (YAMAMTO; LANDIN, 2013) e, portanto, foram eliminadas das análises, e analisadas por métodos univariados.

A partir da análise fatorial exploratória dos atributos do solo, foram definidos quatro fatores que apresentaram esfericidade satisfatória pelo teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), estes quatro fatores acumulados representam 97,05 % da variação total dos dados. Na Tabela 02, são apresentados para os quatro fatores obtidos, os pesos rotacionados de cada atributo do solo.

Observa-se na Tabela 2 que os atributos que mais pesaram para o Fator 01, estão todos associados ao processo de correção da acidez do solo, sendo o Al+ H e Al+H/V correlacionados inversamente e os Ca; Mg/V; Ca/V; V e o pH correlacionados de forma positiva. No Fator 03, os atributos que contribuem com maior peso são a CTC e MOS, representam a capacidade deste solo em reter cátions, e como não poderia ser diferente, neste fator, o segundo atributo com maior peso é a MOS, que no caso dos solos de cerrado é a grande responsável pela CTC, em torno de 50 % (ROSOLEN et al., 2012).

Por fim, os Fatores 02 e 04, retratam a relação potássio/cálcio/magnésio e cálcio/magnésio do solo, respectivamente. Medeiros et al. (2008), trabalhando com a cultura do milho e Oliveira, Pavan e Chaves (1994), trabalhando com mudas de café, concluíram que o equilíbrio nutricional é um fator muito importante para o crescimento e produtividade das plantas, especialmente quanto aos nutrientes cálcio, magnésio e potássio, que, para estes, devem existir uma proporção de suas disponibilidade no solo, sendo considerada adequada a relação na faixa 9:3:1 (Ca/Mg/K), na CTC , o cálcio deve ocupar de 40-50%, o magnésio de 15-20% e o potássio de 3-5% .

Na Tabela 03 são apresentadas as constantes para equação fatorial, para cada característica do solo, em cada um dos quatros fatores. A equação geral (1) é dada por:

$$\boldsymbol{Fator}\,(\boldsymbol{n}) = Var1 * K(Var1) + Var2 * K(Var2) + \cdots VarZ * K(VarZ) \;\ldots\ldots\ldots\ldots\; (1)$$

TABELA 2 - Tabela dos pesos dos Fatores rotacionados.

	Fatores					Fatores			
	1	2	3	4		1	2	3	4
MOS	0.10	0.01	0.87	-0.17	K	0.54	-0.78	0.28	0.01
CTC	-0.21	0.04	0.92	0.24	K/V	0.61	-0.76	-0.11	-0.08
pH	0.92	-0.05	-0.14	-0.25	Ca/Mg /K	0.19	0.97	0.10	0.01
V	0.98	-0.05	-0.06	-0.16	H + Al	-0.90	0.04	0.34	0.21
Ca	0.88	0.05	0.46	0.09	SB	0.88	-0.01	0.46	-0.03
Ca /V	0.99	0.01	-0.06	-0.04	Ca /K	0.17	0.97	0.10	0.12
Mg /V	0.82	0.02	-0.02	-0.56	Mg /K	0.26	0.82	0.10	-0.46
Ca/Mg	-0.21	-0.02	0.02	0.97	H + Al/T	-0.98	0.05	0.06	0.16

*Os valores maiores mostram em que Fator cada variável tem maior peso. Sendo que, quando negativos, agem inversamente ao fator e, quando positivo, contribuem diretamente ao Fator.

TABELA 3 - Constantes para cada variável e fator do modelo.

Atributo	Fatores				Atributo	Fatores			
	1	2	3	4		1	2	3	4
MOS	-0.062	-0.019	0.369	-0.206	K	0.038	-0.17	0.095	0.011
CTC	-0.048	0.002	0.361	0.043	K/V	0.059	-0.163	-0.06	-0.002
pH	0.107	0.008	-0.081	-0.034	Ca/Mg /K	0.061	0.239	0.013	0.084
V	0.126	0.017	-0.064	0.034	H + Al	-0.123	-0.017	0.169	-0.018
Ca	0.123	0.042	0.123	0.155	SB	0.103	0.021	0.137	0.062
Ca /V	0.148	0.038	-0.079	0.127	Ca /K	0.075	0.244	0	0.165
Mg /V	0.041	0	0.005	-0.284	Mg /K	-0.007	0.177	0.065	-0.262
Ca/Mg	0.114	0.049	-0.085	0.675	H + Al/T	-0.126	-0.017	0.064	-0.034

* Constantes para ser atribuída a equação de cada fator.

onde: n representa o fator a ser calculado e K a constante do modelo para cada variável (Var1.... VarZ) em cada fator, multiplicado pelo próprio valor original da variável.

Para os quatros fatores (novas variáveis criadas), a análise exploratória espacial dos dados não indicou tendência, pois não se observa predominância dos quartis, em setores específicos da área avaliada. Conforme argumentam Yamamoto e Landim (2013), quando a tendência é verificada, esta pode mascarar a dependência espacial.

A análise de dependência espacial foi determinada a partir dos semivariogramas. Os semivariogramas ajustados para os Fatores 1 e 3 apresentaram dependência espacial para as distâncias em estudo, já os dos Fatores 2 e 4 apresentaram efeito pepita puro (independência espacial) para as distâncias avaliadas, conforme pode ser visualizado na Figura 2.

Na Tabela 04 estão apresentados os parâmetros dos modelos dos semivariogramas ajustados para os Fatores 1 e 3 cujos modelos foram ajustados a sentimento (VIEIRA et al., 1983), sendo que, foram selecionados os modelos que apresentaram melhores parâmetros quando validados (validação cruzada), ou seja, quando foram verificados os coeficientes de regressão e os interceptos,e se eles foram estatisticamente iguais a 1 e 0, respectivamente (MELLO et al., 2005). A Tabela 04 também apresenta o grau de dependência espacial dos fatores pelo método proposto por Cambardella et al. (1994).

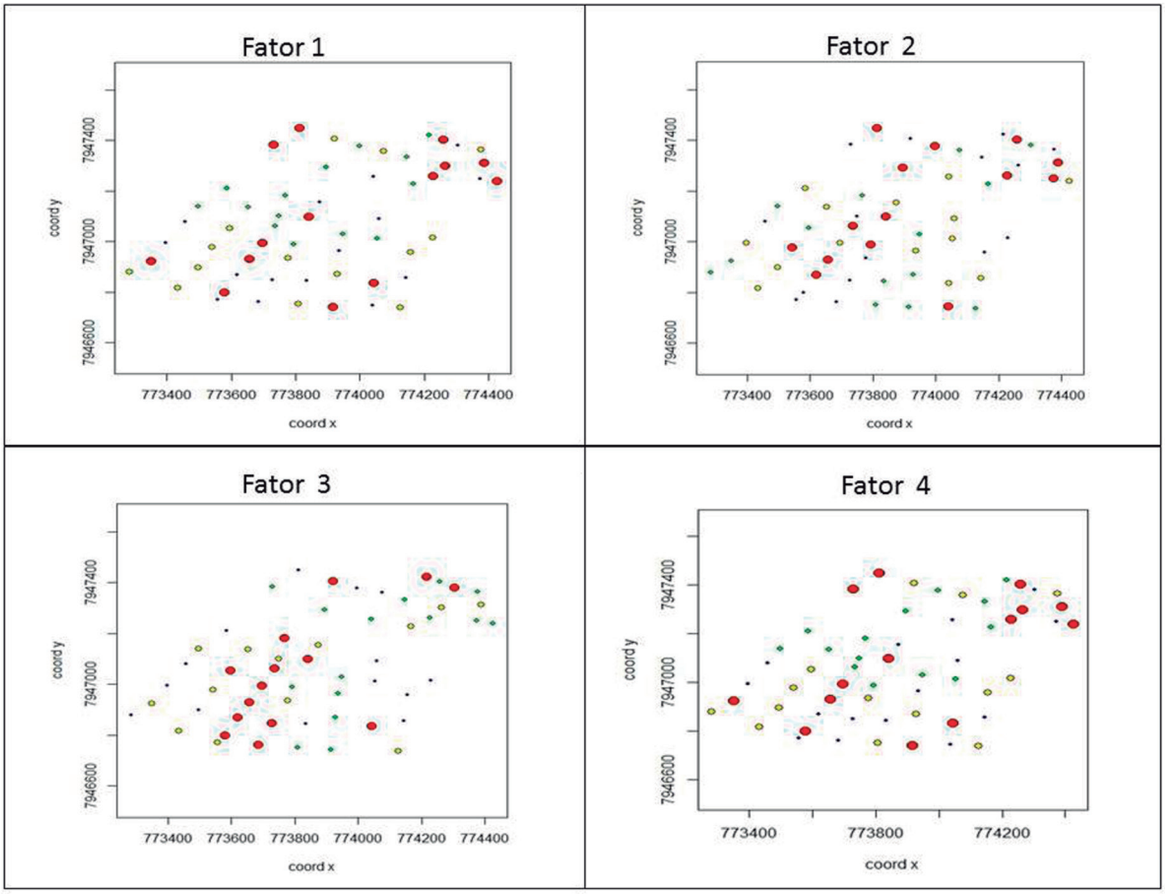

FIGURA 1 - Distribuição espacial dos pontos amostrados de acordo com os quartis (classes definidas na sequência de tamanhos das representações: Min |-- Q1; Q1 |-- Q2; Q2 |-- Q3; Q3 |-- Max).

Para os Fatores 1 e 3, realizou-se a interpolação por Krigagem ordinária para uma malha de 115 (X) x 73 (Y) estimando-se um total de 8.395 pontos. Os mapas com os resultados estratificados em quatro níveis são apresentados na Figura 03. Os Fatores 2 e 4 não apresentaram dependência espacial, mostrando assim incertezas em pequenas distâncias, impossibilitando realizar a sua inferência espacial por meio da geoestatística. Para estes dois fatores, os mapas foram gerados pelo método do inverso do quadrado da distância (IDW) também utilizando a malha de 115 x 73 pontos. Os mapas também são apresentados na Figura 3.

Os resultados apresentados para os fatores 1 e 3 (FIGURA 3) são muito semelhantes aos encontrados por Lima, Silva e Silva (2013), quando utilizaram a análise multivariada e geoestatistica para avaliar os atributos do solo na região de cerrado, onde obtiveram também um fator (componente) que explicava da mesma maneira a fertilidade do solo (pH, e os macronutrientes) em um segundo fator (componente) que representava a matéria orgânica e a CTC, assim como os fatores 1 e 3 do presente estudo.

Silva e Lima (2012), também encontraram resultados muitos semelhantes, trabalhando com análise multivariada e geoestatística, obtiveram dois agrupamentos que representaram 79,8 % da variação total dos dados. O primeiro agrupamento referia-se a características que descreviam a acidez de solo e a sua fertilidade. E um segundo agrupamento que representava os micronutrientes. Sendo que o primeiro agrupamento destes autores corresponde ao Fator 1.

Nos mapas dos fatores 2 e 4 (FIGURA 3) que tiveram distribuição aleatória na área, a interpolação foi realizada pelo IDW e os mapas gerados indicam onde estão ocorrendo problemas pontuais, na relação mútua de Ca: Mg: K, e na

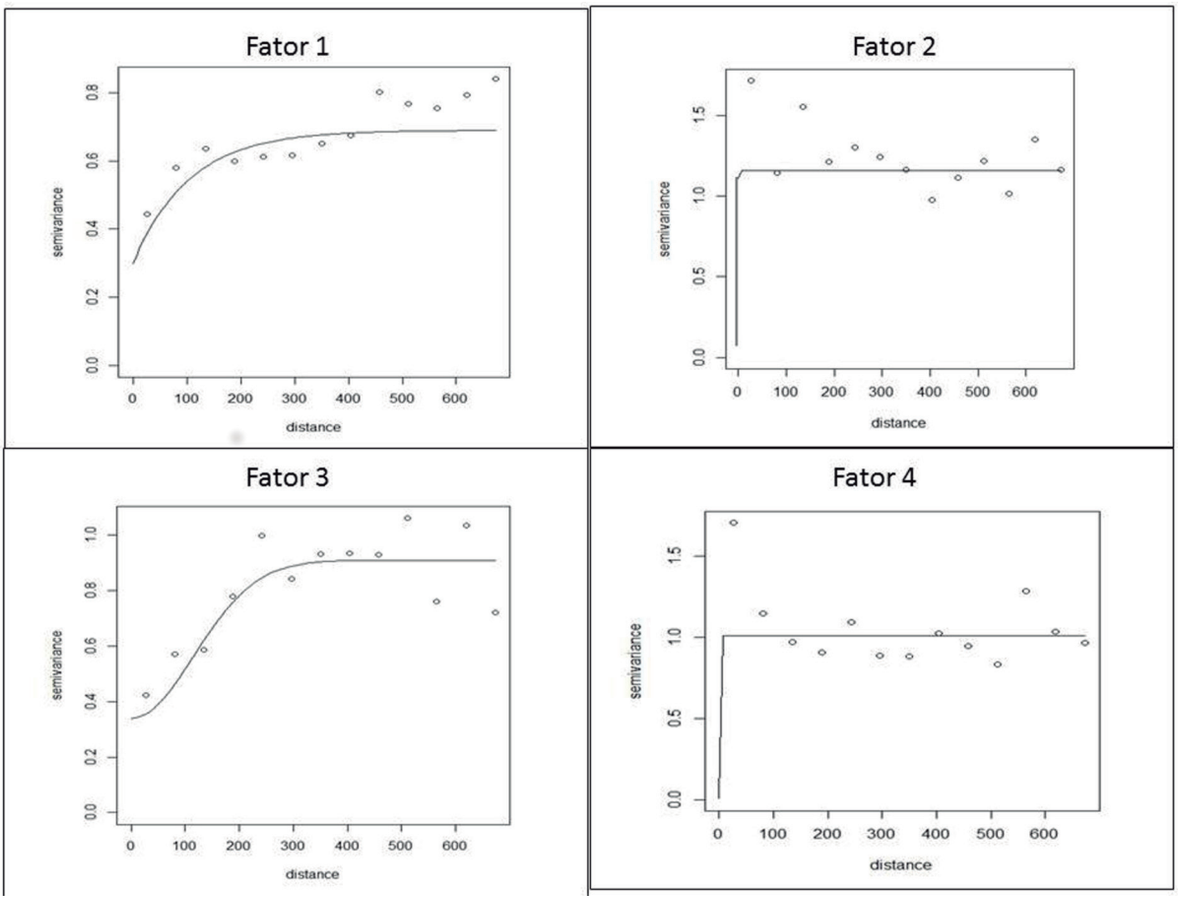

FIGURA 2 - Semivariogramas ajustados para os quatro fatores.

relação Ca:Mg, que, segundo Matiello, Garcia e Almeida (2006), a relação ideal é de 9:3:1 e 3:1, respectivamente. Estas relações necessitam de grande atenção, pois o excesso de um, inibe a absorção do outro, pela competição pelos sítios de absorção, o que além da deficiência nutricional, gera perdas na produtividade e suscetibilidade a pragas e doenças (CARVALHO et al., 2013; MATIELLO; GARCIA; ALMEIDA, 2006).

Oliveira et al. (2008), trabalhando em uma área de lavoura cafeeira por duas safras e Ferraz et al. (2012) verificaram que os macronutrientes e a acidez do solo, que estão representados neste estudo pelo Fator 1, apresentaram dependência espacial, e nas conclusões dos trabalhos os autores destacam a importância do uso da geoestatística para a avaliação destes atributos nos solos.

A importância da aplicação de técnicas mais precisas na avaliação de atributos do solo, como a geoestatistica na atividade cafeeira vêm sendo discutidas em vários estudos como os de Ferraz et al. (2012), Lima, Silva e Silva (2013), Oliveira et al. (2008), Santos et al. (2015), Silva et al. (2007, 2010) e Silva e Lima (2012), onde os autores verificam a dependência espacial dos atributos em área cultivadas com cafeeiro, quando avaliam o atributo separadamente ou em associação com a estatística multivariada.

Além da importância de se estudar o atributo do solo entendendo o seu comportamento na área, a associação com a análise multivariada pode permitir a delimitação na propriedade de zonas de manejos homogêneas para o solo (CORÁ et al., 2004). Nas zonas de manejo, pode-se estudar a interação destes atributos de maneira rápida, ou seja, observado um mapa final da interação dos atributos do solo e a partir deles, podendo verificar as suas interações com outros atributos relacionados à atividade cafeeira.

TABELA 4 - Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados.

Fator	Modelo	C_0 (utm)	C_0+C (utm)	Alcance Prático (utm)	Grau dependência espacial [1]
1	Exponencial	0,30	0.69	314.6	0.43 (moderado)
3	Gaussiano	0.34	0,91	283,3	0.37 (moderado)
2	IDW	NA[3]	NA	NA	Ausente
4	IDW	NA	NA	NA	Ausente

Co – efeito pepita; Co+ C- Patamar; 1- Co/Co+C (<0,25 Forte; >0,25<0,75 (moderado); >0,75 fraco)

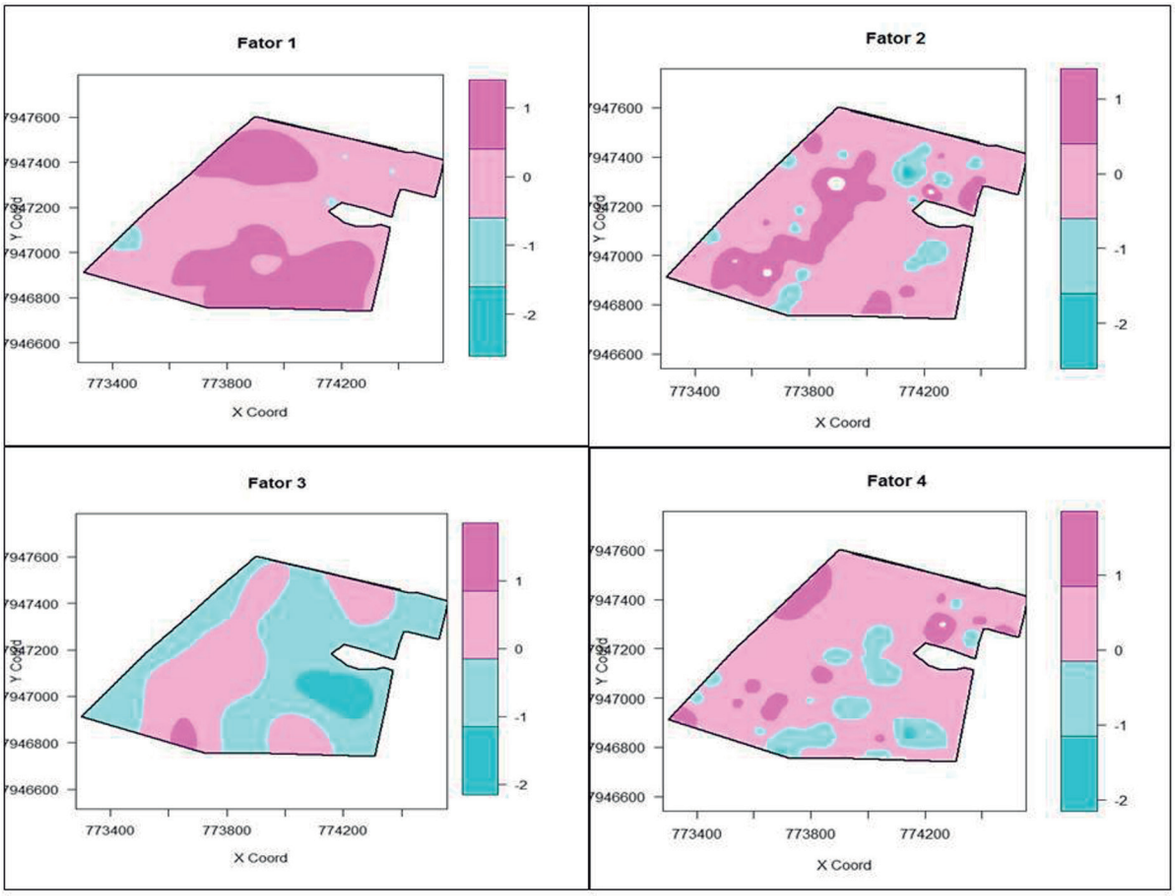

FIGURA 3 - Mapas gerados para os quatros fatores (Fatores 01 e 03 por krigagem ordinária e os Fatores 02 e 04 por IDW).

4 CONCLUSÕES

A geoestatística associada à análise fatorial fornece resultados interessantes a respeito da distribuição espacial dos atributos químicos do solo, podendo assim facilitar ou permitir o estudo da interação dos atributos dos solos, quando estes apresentam dependência espacial, como nos resultados obtidos nos fatores 1 e 3.

Os fatores 1 e 3 representaram fortemente os atributos químicos do solo e tiveram dependência espacial. Já os fatores 2 e 4, não apresentaram dependência espacial.

Os resultados obtidos em relação aos fatores (1, 2, 3 e 4), são úteis para o planejamento das adubações das propriedades cafeeiras, assim como o monitoramento da produtividade nestas áreas, conduzindo a melhores resultados no manejo das propriedades.

5 REFERÊNCIAS

CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-scale variability of soil proprieties in central Iowa soils. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1240-1248, 1994.

CARVALHO, D. O. et al. Adubação nitrogenada e potássica na severidade da antracnose em dois cultivares de milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 3, p. 380-387, jun. 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Estimativas de safras agrícolas:** levantamento café. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 6 jan. 2015.

CORÁ, J. E. et al. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1013-1021, dez. 2004.

FERRAZ, G. A. E. S. et al. Variabilidade espacial e temporal do fósforo, potássio e da produtividade de uma lavoura cafeeira. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 140-150, fev. 2012.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Opinião Pública**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 160-185, 2010.

GOMES, N. M. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 427-435, 2007.

LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; SILVA, J. M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado em plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 16-23, mar. 2013.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007. p. 1-64.

MANZIONE, R. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise espacial multivariada aplicada na avaliação da fertilidade do solo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 227-235, 2011.

MEDEIROS, J. C. et al. Relação cálcio: magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. **Revista Semina**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 799-806, out./dez. 2008.

MELLO, J. M. de et al. Ajuste e seleção de modelos espaciais de semivariograma visando à estimativa volumétrica de Eucaliptus grandis. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 1, n. 69, p. 25-37, 2005.

MOLIN, J. P.; CASTRO, C. N. Establishing management zones using soil electrical conductivity and other soil properties by the fuzzy clustering technique. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 6, p. 567-573, dez. 2008.

NANNI, M. R. et al. Optimum size in grid soil sampling for variable rate application in site-specific management. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 3, p. 386-392, June 2011.

OLIVEIRA, E. F.; PAVAN, M. A.; CHAVES, J. C. D. Respostas das mudas de cafeeiro ao equilíbrio entre cátions trocáveis em solos com cargas variáveis. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 37, n. 4, p. 973-979, 1994.

OLIVEIRA, R. B. de et al. Comparação entre métodos de amostragem do solo para recomendação de calagem e adubação do cafeeiro conilon. **Engenharia Agricola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 176-186, mar. 2008.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R:** a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: <http://www.r-project.org>. Acesso em: 4 nov. 2015.

RIBEIRO JÚNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. geoR: a package for geostatistical analysis. **R-NEWS**, Pelotas, v. 1, n. 2, p. 15-18, 2001.

RIBEIRO JÚNIOR, P. J. et al. Spatial pattern detection modeling of thrips (*Thrips tabaci*) on onion fields. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 1, p. 90-99, Feb. 2009.

ROSOLEN, V. et al. Variações nos teores do C total e isotópico do solo após substituição do cerrado em sistemas agrícolas no Triângulo Mineiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 157-168, 2012.

SANTOS, E. O. J. et al. Variabilidade espacial de macronutrientes em uma lavoura de café conilon no Norte do Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 469-476, set. 2015.

SILVA, F. M. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos e de produtividade na cultura do café. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 401-407, abr. 2007.

SILVA, S. A. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico cultivado com café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 15-22, fev. 2010.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S. Multivariate analysis and geostatistics of the fertility of a humic rhodic hapludox under coffee cultivation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 467-474, 2012.

SOUZA, G. S. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 589-596, 2008.

VIEIRA, S. R. et al. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Berkeley, v. 31, n. 3, p. 1-75, 1983.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística:** conceitos e aplicações. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 215 p.

TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE DE *Planococcus citri* (Risso) E *Planococcus minor* (Maskell) (Hemiptera: Pseudococcidae) EM CAFEEIRO

Marlice Botelho Costa[1], Brígida Souza[2], Lenira Viana Costa Santa-Cecília[3], Ernesto Prado[4]

(Recebido: 20 de julho de 2015 ; aceito: 01 de dezembro de 2015)

RESUMO: As cochonilhas-farinhentas *Planococcus citri* e *Planococcus minor* (Hemiptera: Pseudococcidae) são de importância crescente na cafeicultura brasileira e causam danos similares às plantas. Assim, objetivou-se determinar as características relacionadas ao desenvolvimento dessas espécies, testando-se a hipótese de que, embora consideradas crípticas, essas cochonilhas apresentem aspectos biológicos diferentes. Ninfas recém-eclodidas foram individualizadas em placas de Petri contendo discos foliares de cafeeiro dispostos sobre uma lâmina de ágar-água. O desenvolvimento dos insetos foi acompanhado até a emergência dos adultos, quando se procedeu à formação dos casais. Avaliaram-se as características reprodutivas e, por meio da tabela de vida, foram estimados: duração média de uma geração (T), taxa líquida de reprodução (Ro), taxa intrínseca de aumento (Rm), razão finita de aumento (λ) e tempo necessário para duplicar em número de indivíduos (TD). De uma maneira geral, as características reprodutivas, bem como aquelas avaliadas na tabela de vida de fertilidade, não diferiram entre as espécies. As fêmeas de ambas as espécies produziram número similar de descendentes, rejeitando-se a hipótese testada.

Termos para indexação: Cochonilhas-farinhentas, espécies crípticas, *Coffea* spp., biologia.

FERTILITY LIFE TABLE OF THE *Planococcus citri* (RISSO) AND *Planococcus minor* (Maskell) (Hemiptera: Pseudococcidae) IN COFFEE TREE

ABSTRACT: *The mealybugs* Planococcus citri *and* Planococcus minor *(Hemiptera: Pseudococcidae) have increased their importance in brazilian coffee and cause similar damage to plants. Our objective was to determine the characteristics related to the development of these species, testing the hypothesis that, despite of considered cryptic, they have different biological characteristics. Mealybugs crawlers were individually isolated inside Petri dishes containing coffee leaf discs on an agar layer. Its development was monitored until adult emergence when females were enclosed with a male. We evaluated fertility parameters and by means of a life table, we estimated the mean generation time (T), the reproduction net rate (Ro), the increasing net rate (Rm), the finite increasing rate (λ) and the time needed to double the number of individuals (TD). Generally, the reproductive and fertility parameters did not differ between both species. These results show that females of both species produce similar number of descendents rejecting the tested hypothesis.*

Index terms: *Mealybugs, cryptic species,* Coffea *spp., biology.*

1 INTRODUÇÃO

As cochonilhas *Planococcus citri* (Risso) e *Planococcus minor* (Maskell), também conhecidas por cochonilhas-da-roseta, têm ocorrência registrada em cultivos de cafés Arábica e Conillon em diversas regiões produtoras no Brasil (SANTA-CECÍLIA; SOUZA, 2014). Essas espécies são facilmente confundidas por sua semelhança morfológica e por compartilharem a mesma distribuição geográfica e plantas hospedeiras, embora *P. minor* seja mais comumente constatada em cacau (WILLIAMS; GRANARA DE WILLINK, 1992).

Essas cochonilhas têm sido detectadas em surtos esporádicos em cafeeiros (SOUZA et al., 2008) e sua importância tem aumentado devido aos elevados níveis populacionais atingidos. Em alguns municípios do estado do Espírito Santo, a cochonilha-da-roseta vem sendo relatada como praga-chave de cafés 'Conillon' (SANTA-CECÍLIA; SOUZA, 2014), contudo, devido à dificuldade de serem distinguidas, a determinação específica se torna comprometida.

Embora diversas pesquisas sobre o desenvolvimento desses insetos tenham sido feitas em cafeeiro no Brasil (CORREA et al., 2011; SANTA-CECÍLIA et al., 2009, SANTA-CECÍLIA; PRADO; OLIVEIRA, 2013; SOUSA et al., 2012), são restritas aquelas que tratam de aspectos relacionados à reprodução, e desconhecidas as tabelas de vida elaboradas para ambas as espécies. Estudos sobre tabelas de vida assumem importância na medida em que permitem evidenciar, de forma detalhada, componentes-chave da biologia de uma espécie e a possível diferença entre espécies crípticas.

[1,2]Universidade Federal de Lavras/ UFLA - Departamento de Entomologia/DEN - Cx. P. 3037- 37200-000 - Lavras - MG marlicebotelhocosta@gmail.com, brgsouza@den.ufla.br
[3,4]IMA/Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais /EPAMIG - EcoCentro/Laboratório de Controle Biológico de Pragas - Cx. P. 176 - 37200-000 - Lavras - MG - scecilia@epamig.ufla.br, epradoster@gmail.com

Diante da importância do conhecimento da biologia reprodutiva de espécies envolvidas em programas de controle de pragas, objetivou-se contribuir com informações sobre a reprodução e a tabela de vida de fertilidade de *P. citri* e *P. minor* em cafeeiro, testando-se a hipótese de que essas espécies, embora consideradas crípticas, apresentem aspectos biológicos diferentes, quando mantidas em cafeeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Espécimes de *P. citri* e *P. minor* previamente identificados de acordo com Williams e Granara de Willink (1992) foram criados em folhas de café (*Coffea arabica* L.) cultivar Mundo Novo e frutos de cacau (*Theobroma cacao* L.) cultivar em laboratório, à temperatura ambiente (20-25°C).

Ninfas recém-eclodidas das duas espécies provenientes dessas criações foram individualizadas em placas de Petri (5 cm Ø), contendo discos de folhas do terço médio de plantas adultas do cafeeiro Mundo Novo (4 cm Ø), dispostos sobre uma lâmina de 5 mm de ágar-água a 1%. As placas foram vedadas com filme plástico de Cloreto de Polivinila (PVC), sendo renovadas a cada cinco dias, conforme metodologia de Santa-Cecília et al. (2008).

Como não há diferença entre machos e fêmeas no início do desenvolvimento ninfal, o número de indivíduos de cada sexo somente foi conhecido a partir do segundo instar, quando os machos tecem casulos de seda antes de passarem para a fase de "pupa" (CORREA et al., 2005). Os casais foram formados introduzindo-se um macho, ainda no casulo, em cada placa contendo uma fêmea.

Foram utilizadas 30 placas de cada espécie, contendo um casal, as quais constituíram as repetições, arranjadas em delineamento experimental inteiramente casualizado. As placas foram mantidas em câmaras climatizadas a 25±1°C, 70±10% de UR e 12 horas de fotofase.

Para avaliação da fecundidade (número de ovos/fêmea) e produção diária de ovos, considerou-se o período entre a primeira e a última postura. Os ovos foram individualizados em placas de Petri contendo discos foliares apoiados sobre ágar-água, como descrito anteriormente, registrando-se a viabilidade dos ovos por meio da eclosão das ninfas. O desenvolvimento ninfal foi acompanhado até o segundo instar para quantificação dos machos e fêmeas por data de postura. Avaliou-se a mortalidade diária das fêmeas. Os dados referentes às características reprodutivas e longevidade seguiram as pressuposições de normalidade e de homogeneidade das variâncias, segundo os testes de Shapiro-Wilk. e Bartlett. Exceção foi feita para o período pós-reprodutivo para o qual foram realizadas várias tentativas para normalização sem, contudo, obter êxito. Assim, essa variável foi analisada pelo teste não paramétrico Mann Whitney. As demais características foram submetidas ao Teste de Student "t".

Para elaboração da tabela de vida, foram determinados: X = intervalo de idade; L_X = índice de sobrevivência acumulado até a idade X; M_X = número médio de ovos postos por fêmea em cada data de oviposição *versus* razão sexual da população.

Foram estimados: duração média de uma geração (T), taxa líquida de reprodução (Ro), razão infinitesimal de aumento (Rm), razão finita de aumento (λ) e tempo necessário para duplicar em número de indivíduos (TD). As características da tabela de vida e respectivos erros-padrão foram estimados pela técnica "Jackknife" e as médias comparadas pelo Teste de Student "t" unilaterais, utilizando-se o software LIFETABLE. SAS no ambiente "SAS System" (MAIA; LUIZ; CAMPANHOLA, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre as características estudadas, somente o período pré-reprodutivo diferiu entre as espécies, sendo 1,5 dias mais curto para *P. citri* (Tabela 1). Em trabalhos realizados com essa espécie em plantas ornamentais conhecidas como coleus [*Solenostemon scutellarioides* (L.) Codd], foi constatada uma duração de 11 dias a 25°C (GOLDASTEH et al., 2009). Em *P. minor* o período pré-reprodutivo foi de 10,2 dias quando criadas em brotos de batata (*Solanum tuberosum* L.) (FRANCIS; KAIROA; RODA, 2012) e de 6 a 8 dias em *Ixora* spp., soja [*Glycine max* (L.) Merrill] e *Acalypha* spp., (BISWAS; GHOSH, 2000.

A duração do período reprodutivo de ambas as espécies foi próxima à obtida por Goldasteh et al. (2009) que verificaram 17,6 dias para *P. citri*, a 25°C. Para *P. minor*, Francis, Kairoa e Roda (2012) constataram uma duração mais longa. Por outro lado, Biswas e Ghosh (2000) obtiveram 8,25 dias para *P. minor* criada em soja e 9,25 dias quando criada em *Ixora* spp. e *Acalypha* spp.

A longevidade das fêmeas de *P. citri* (36,5 dias) aproximou-se da obtida por Goldasteh et al. (2009) (32,1 dias) e Silva et al. (2014) (31,6 dias). Porém, foi inferior à constatada por Morandi Filho et al. (2008) (56,4 dias) para cochonilhas criadas

em folhas de videira e, também, por Correa et al. (2011) (55,5 dias), quando mantidas em folhas de café. Para *P. minor*, a duração da fase adulta (37,1 dias) foi próxima à observada por Martínez e Suris (2000) (31 dias) para espécimes criados em batata. Entretanto, foi inferior aos resultados de Correa et al. (2011), obtidos a partir de exemplares oriundos de cacaueiro e cafeeiro e criados em folhas de café (53,8 e 59,1 dias, respectivamente). Para os machos de *P. citri* e *P. minor*, constatou-se 4,3 e 3,5 dias, respectivamente. A curta duração da fase adulta é comum em machos de Pseudococcidae, e é consequência do fato de não se alimentarem devido à atrofia das peças bucais, que estão presentes somente no primeiro e segundo instares.

O estudo dos períodos pré-reprodutivo, reprodutivo, pós-reprodutivo e longevidade é importante para o conhecimento das espécies, contudo, tais variáveis são dependentes das condições a que são submetidos os insetos, podendo influenciar seu desenvolvimento e sua prole. Como exemplo, tem-se o prolongamento do período reprodutivo em alguns insetos frente a condições adversas, o qual pode beneficiar sua performance. Por outro lado, condições favoráveis podem promover a concentração da oviposição em um curto período, favorecendo o aumento do número de gerações.

A viabilidade média dos ovos de *P. citri* foi de 95% e de *P. minor* 92,9%, com um período embrionário de 3,7 e 5,2 dias, respectivamente. A razão sexual de *P. citri* foi de 0,47 e de *P. minor* de 0,61, valores calculados com base no número de ninfas eclodidas, que corresponderam a 73,3% e 72,4% do total de ninfas dessas espécies, respectivamente.

Quanto à fecundidade total, verificaram-se, para ambas as espécies, que foi inferior à constatada por outros autores. Francis, Kairoa e Roda (2012) relataram uma produção de 205,6 ovos por fêmea de *P. minor* criada em brotos de batata. Para *P. minor,* criada em *Acalypha* spp., Biswas e Ghosh (2000) constataram 139 ovos, e para *P. citri*, criada em duas variedades de coleus, Hogendorp, Cloyd e Swiader (2006) verificaram 184,0 e 110,1 ovos. Estas comparações devem ser consideradas somente como referências, já que as condições experimentais, origem dos insetos, manipulação e, sobretudo, a planta hospedeira, não são comparáveis entre os diferentes estudos.

TABELA 1 - Características reprodutivas (média ± erro padrão) de *Planococcus citri* e *Planococcus minor* (Hemiptera: Pseudococcidae).

Características Reprodutivas	*P. citri*	*P. minor*	t	p	Mann-Whitney
Período pré-reprodutivo	13,3±0,4 (n= 29)	14,8±0,4 (n= 29)	-2,489	0,015*	-
Período reprodutivo	18,9±1,1 (n= 29)	17,7±1,3 (n= 29)	0,979	0,331	-
Período pós-reprodutivo	5,7±0,8 (n= 29)	6,3±0,8 (n= 29)	-	-	0,282
Longevidade	36,5±1,2 (n= 30)	37,1±1,8 (n= 30)	-0,078	0,937	-
Número diário de ovos	4,8±0,4 (n= 29)	4,5±0,4 (n= 29)	0,867	0,513	-
Número total de ovos	135,4±12,9 (n= 29)	121,5±11,3 (n= 29)	0,939	0,809	-

n = número de indivíduos observados.

*Diferença significativa pelo teste Student.

Observou-se que a fecundidade aumentou até o 18º dia para *P. citri* e até o 20º dia para *P. minor*, quando atingiram o pico de oviposição e, posteriormente, de forma constante e gradativa, diminuíram a produção de ovos, em função do avanço da idade das fêmeas (Figura 1). Considerando-se que *P. minor* iniciou o período reprodutivo cerca de dois dias após *P. citri*, verifica-se que o pico de oviposição dessas espécies ocorre no 18º dia após o início da postura.

Constatou-se maior número de machos em relação ao de fêmeas de *P. citri* no início e no final do período reprodutivo, enquanto o maior número de fêmeas foi verificado do 17º ao 23º dia. Para *P. minor*, o número de fêmeas se manteve proporcionalmente maior em relação ao número de machos, ao longo de todo o período de produção de ovos (Figura 2).

Um maior número de machos no início e no final do período reprodutivo de *P. citri* também foi observado por Ross et al. (2012) que, a princípio, atribuíram tal comportamento a uma estratégia para garantir oportunidades de acasalamento e assegurar a descendência desses insetos. No entanto, observaram que ambos os sexos, quando mantidos em condições ambientais similares, tornam-se reprodutivamente maduros na mesma idade, e sugeriram que a hipótese mais provável é que machos precoces aumentam o sucesso da cópula devido ao aumento da competição por fêmeas. Prasad et al. (2012) também sugeriram que o maior número de machos de *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, 1898 (Hemiptera: Pseudococcidae) emergidos no início do período reprodutivo seja uma possível compensação para aumentar as chances de acasalamento.

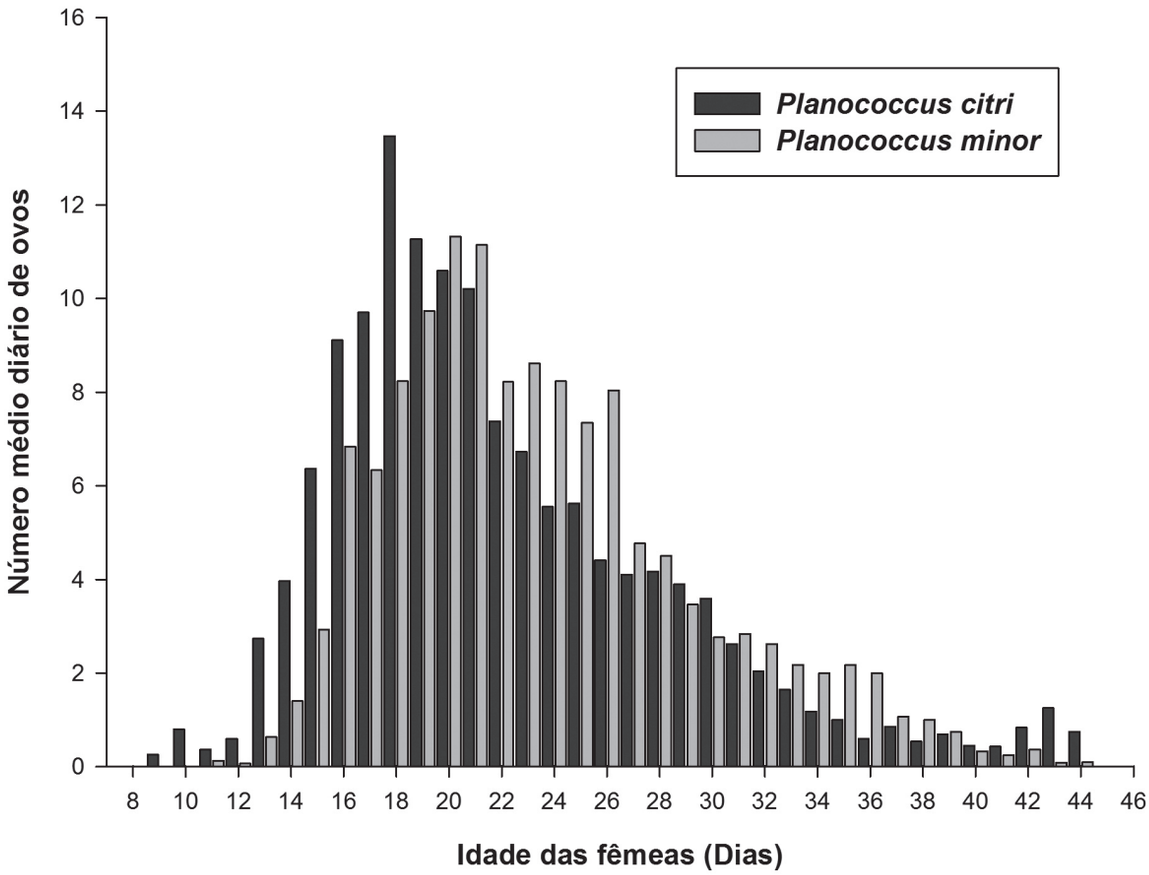

FIGURA 1- Fecundidade de *Planococcus citri* e *Planococcus minor* (Hemiptera: Pseudococcidae), criadas em discos foliares de cafeeiro, a 25±1ºC, 70±10% de UR e fotofase de12 horas, em função da idade da fêmea.

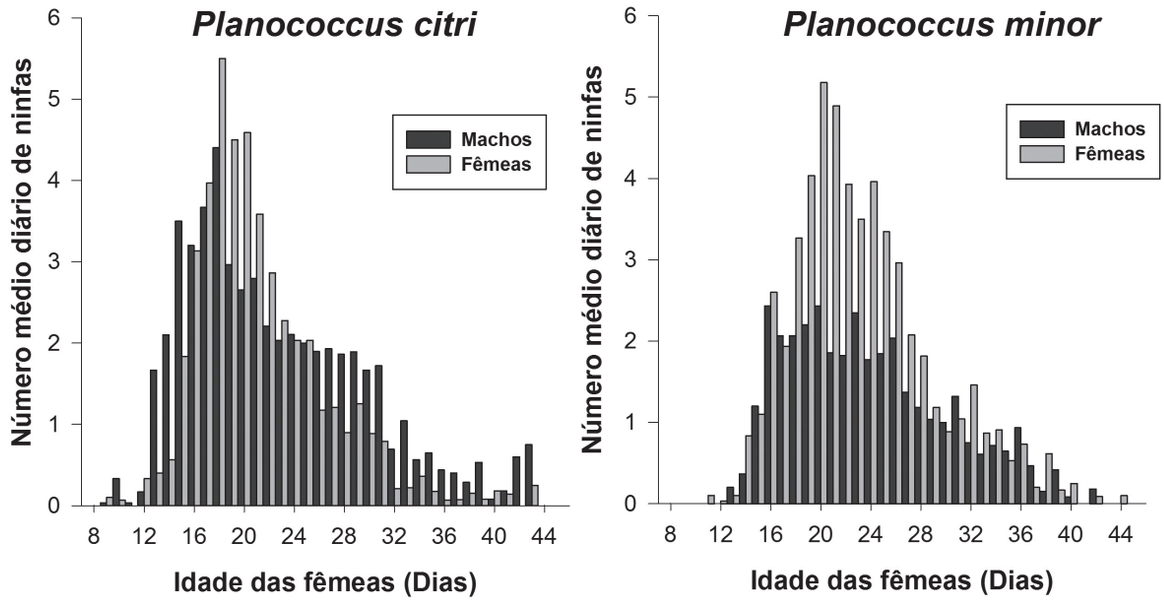

FIGURA 2- Número médio diário de ninfas machos e fêmeas de *Planococcus citri* e *Planococcus minor* (Hemiptera: Pseudococcidae), criados em discos foliares de cafeeiro, a 25±1ºC, 70±10% de UR e fotofase de12 horas, em função da idade da fêmea.

Essa estratégia foi constatada para insetos criados em temperaturas superiores a 30°C. Porém, isso não explica o maior número de machos no final do período reprodutivo. Possivelmente, a maior produção de machos tardios se deve à ocorrência de sobreposição de gerações na população das cochonilhas. Ross et al. (2010a, 2010b) relataram que fêmeas ajustam facultativamente a alocação de sexo de sua progênie, embora o mecanismo controlador desse comportamento não esteja esclarecido.

A viabilidade dos ovos de *P. citri* foi de 95% e de *P. minor* foi de 92,9%, com um período embrionário de 3,7 e 5,2 dias, respectivamente. Constatou-se que 43% das ninfas de *P. citri* e 33,3% das de *P. minor* já haviam eclodido 24 horas após a postura, permanecendo juntamente com os ovos no ovissaco. Essas observações sugerem a ocorrência de parte do desenvolvimento embrionário ainda no interior da fêmea. No entanto, na literatura corrente não há relatos de ovoviviparidade para essas espécies, embora seja um tipo comum de reprodução em alguns grupos de cochonilhas (KIM; SONG; KIM, 2008; VENNILA et al., 2010). Os maiores períodos embrionários foram observados no final do período de oviposição.

As características da tabela de vida de fertilidade não diferiram significativamente entre as espécies de cochonilhas, exceto o tempo de duplicação, que foi maior para *P. citri* (Tabela 2).

O total de descendentes produzidos por fêmeas de ambas as espécies, ao longo da vida (Ro) foi similar. Os valores obtidos para a taxa líquida de reprodução foram inferiores àqueles encontrados por Francis, Kairoa e Roda (2012) para *P. minor*, os quais constataram 325,4 para espécimes criados em brotos de batata. Também foram inferiores àqueles obtidos por Morandi Filho et al. (2008), que verificaram uma variação de 259,07 a 301,37 para *P. citri* mantida em folhas de três cultivares de videira, e assemelharam-se ao resultado obtido quando utilizaram raízes de videira do cv. Isabel (Ro=45,36).

Assim como Morandi Filho et al. (2008) constataram diferença em função da espécie hospedeira e órgão da planta em que se desenvolve, o potencial reprodutivo de *P. citri* e *P. minor* poderia ser maior se esses insetos fossem criados em rosetas. Essa hipótese está alicerçada em resultados obtidos por Sousa et al. (2007), que verificaram a preferência alimentar de *P. citri* por rosetas de cafeeiros, em relação a raízes e folhas dessa rubiácea. Além de constituírem-se em pontos de acúmulo de nutrientes, as rosetas fornecem local de abrigo e maior proteção para as cochonilhas.

TABELA 2- Taxa líquida de reprodução (Ro), tempo médio de geração (T), taxa intrínseca de crescimento (Rm), taxa finita de aumento populacional (λ) e tempo de duplicação (TD) de *Planococcus citri* e *Planococcus minor* (Hemiptera: Pseudococcidae) criadas em discos foliares de cafeeiro, a 25±1ºC, 70±10% de UR e fotofase de 12 horas.

Características da tabela de vida de fertilidade	*P. citri*	*P. minor*	p
Ro	45,3	58,9	0,221
T	41,5	40,5	0,974
Rm	0,09	0,10	0,974
λ	1,09	1,10	0,964
TD	7,53	6,87	0,024*

*Diferença significativa pelo teste de Student.

A duração média do período entre o nascimento dos indivíduos de uma geração e o da geração seguinte (T) foi próxima à obtida por Francis, Kairoa e Roda (2012) para *P. minor*, e por Polat, Ulgenturk e Kaydan (2008) para *P. citri* criada em plantas ornamentais. Os resultados referentes à taxa intrínseca de aumento populacional (Rm), foram equivalentes àqueles verificados para *P. minor* por Francis, Kairoa e Roda (2012), e para *P. citri* por Goldasteh et al. (2009) e Morandi Filho et al. (2008) utilizando outras plantas hospedeiras. Da mesma forma, a taxa finita de aumento, que representa o número de fêmeas adicionadas à população numa unidade de tempo, também se assemelhou aos valores encontrados por estes autores.

Como a taxa intrínseca de aumento reflete a velocidade de crescimento da população, valores mais elevados indicam maior probabilidade de sucesso da espécie em um ambiente. Assim, em programas de controle biológico de pragas, a escolha do inimigo natural deve levar em conta os valores de Rm, optando-se por espécies que apresentem Rm iguais ou superiores ao da praga.

Pelos resultados das variáveis reprodutivas avaliadas, bem como aquelas relacionadas à tabela de vida de fertilidade, verifica-se a semelhança na biologia das espécies de cochonilha, rejeitando-se a hipótese do trabalho. Assim, tendo-se em vista a similaridade obtida quanto às características biológicas e reprodutivas, as medidas de controle poderiam ser indistintas para ambas as espécies, otimizando o manejo dessas pragas em cafeeiro.

4 AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Pesquisa Café, CNPq e a FAPEMIG, pelo financiamento da pesquisa e concessão de bolsas.

5 REFERÊNCIAS

BISWAS, J.; GHOSH, A. B. Biology of the mealybug, *Planococcus minor* (Maskell) on various host plants. **Environment and Ecology**, West Bengal, v. 18, n. 4, p. 929-932, Dec. 2000.

CORREA, L. R. B. et al. Aspectos biológicos da cochonilha-branca [*Planococcus citri* (Risso, 1813)] em citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 26, n. 2, p. 265-271, maio/ago. 2005.

_____. Estudos biológicos de cochonilhas do gênero *Planococcus* (Hemiptera: Pseudococcidae) em diferentes hospedeiros. **Arquivos Instituto Biológico**, São Paulo, v. 78, n. 2, p. 233-240, abr./jun. 2011.

FRANCIS, A. W.; KAIROA, M. T. K.; RODA, A. L. Developmental and reproductive biology of *Planococcus minor* (Hemiptera: Pseudococcidae) under constant temperatures. **Florida Entomologist**, Lutz, v. 95, n. 2, p. 297-303, June 2012.

GOLDASTEH, S. et al. Effect of temperature on life history and population growth parameters of *Planococcus citri* (Homoptera, Pseudococcidae) on coleus [*Solenostemon scutellarioides* (L.) Codd.]. **Archives of Biological Science**, Serbia, v. 61, n. 2, p. 329-336, Apr./June 2009.

HOGENDORP, B. K.; CLOYD, R. A.; SWIADER, J. M. Effect of nitrogen fertility on reproduction and development of citrus mealybug, *Planococcus citri* Risso (Homoptera: Pseudococcidae), feeding on two colors of coleus, *Solenostemon scutellarioides* L. Codd. **Environmental Entomology**, Annapolis, v. 35, n. 2, p. 201-211, Apr. 2006.

KIM, S. C.; SONG, J. H.; KIM, D. S. Effect of temperature on the development and fecundity of the Chryptic Mealybug, *Pseudococcus cryptus*, in the laboratory. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, Seoul, v. 11, n. 3, p. 149-153, Sept. 2008.

MAIA, H. N. M.; LUIZ, A. J. B.; CAMPANHOLA, C. Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: computational aspects. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 93, n. 2, p. 511-518, Apr. 2000.

MARTÍNEZ, M. A.; SURIS, M. Bases bioecológicas para el manejo de chinches harinosas en el cultivo del café en Cuba. **Manejo Integrado de Plagas**, Turrialba, n. 57, p. 58-64, sept. 2000.

MORANDI FILHO, W. J. et al. Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Planococcus citri* em diferentes estruturas vegetativas de cultivares de videira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 8, p. 941-947, ago. 2008.

POLAT, F.; ULGENTURK, S.; KAYDAN, M. B. Developmental biology of citrus mealybug, *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae), on ornamental plants. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SCALE INSECT STUDIES, 11., 2008, Oeiras. **Proceedings…** Lisbon: ISA, 2008. v. 1, p. 177-184.

PRASAD, Y. G. et al. Effect of temperature on development, survival and reproduction of the mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) on cotton. **Crop Protection**, Kent, v. 39, n. 9, p. 81-88, Sept. 2012.

ROSS, L. et al. Genomic conflict in scale insects: the causes and consequences of bizarre genetic systems. **Biological Reviews**, Oxford, v. 85, n. 4, p. 807-828, Nov. 2010a.

_____. Sex allocation in a species with paternal genome elimination: the roles of crowding and female age in the mealybug *Planococcus citri*. **Evolutionary Ecology Research**, Tucson, v. 12, n. 1, p. 89-104, Jan. 2010b.

_____. Temporal variation in sex allocation in the mealybug *Planococcus citri*: adaptation, constraint, or both? **Evolutionary Ecology**, Oxford, v. 26, n. 6, p. 1481-1496, Nov. 2012.

SANTA-CECÍLIA, L. V. C. et al. Desenvolvimento de *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae) em cafeeiros. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 13-15, jan. 2009.

_____. Methodology for biological studies of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae). **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 152-155, jul./dez. 2008.

SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; PRADO, E.; OLIVEIRA, M. S. Sobre o condicionamento alimentar na cochonilha-branca, *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 86-92, mar. 2013.

SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; SOUZA, B. Cochonilhas-farinhentas de maior ocorrência em cafeeiros no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 280, p. 45-54, maio/jun. 2014.

SILVA, R. R. da et al. *Planococcus citri* (Risso, 1813) on Grapevine: do presence of the male influences reproduction? **Journal of Entomology**, Littleton, v. 11, p. 330-337, Nov. 2014.

SOUSA, A. L. V. et al. Especificidade alimentar: em busca de um caráter taxonômico para a diferenciação de duas espécies crípticas de cochonilhas do gênero *Planococcus* (Hemiptera: Pseudococcidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 744-749, set. 2012.

_____. Preferência alimentar de *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae) em cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 33., 2007, Lavras. **Resumos Expandidos...** Lavras: UFLA, 2007. v. 1, p. 177-184.

SOUZA, B. et al. Cochonilhas-farinhentas (Hemiptera: Pseudococcidae) em cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 104-107, jul./dez. 2008.

VENNILA, S. et al. Biology of the mealybug, *Phenacoccus solenopsis* on cotton in the laboratory. **Journal of Insect Science**, Ludhiana, v. 10, n. 115, p. 1-9, July 2010.

WILLIAMS, D. J.; GRANARA DE WILLINK, M. C. **Mealybugs of Central and South America**. Wallingford: CAB International, 1992. 635 p.

MODELAGEM AGROMETEOROLÓGICA PARA A PREVISÃO DE PRODUTIVIDADE DE CAFEEIROS NA REGIÃO SUL DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Euler Cipriani Victorino[1], Luiz Gonsaga de Carvalho[2], Daniel Furtado Ferreira[3]

(Recebido: 20 de julho de 2015 ; aceito: 08 de dezembro de 2015)

RESUMO: O conhecimento de técnicas eficazes de previsão de safra é de grande importância para o mercado cafeeiro, possibilitando melhor planejamento e tornando a atividade mais sustentável. Objetivou-se, neste trabalho, adaptar um modelo de previsão da produtividade do cafeeiro, baseado na disponibilidade hídrica, para as cidades de Lavras e Varginha, no sul de Minas Gerais. Os modelos foram gerados a partir da regressão linear múltipla da quebra de produtividade (Ye/Yp), em função da produtividade do ano anterior (Ya/Yp) e do déficit hídrico em diferentes fases fenológicas $(ETR/ETP)_i$. Durante as parametrizações, foram obtidos os coeficientes de resposta ao déficit hídrico (Ky_i) e o coeficiente relativo à produção do ano anterior (Ky_0). Através da seleção backward, foram obtidos modelos que apresentassem apenas coeficientes significativos. Nesse processo, os modelos apresentaram grande sensibilidade ao período mais chuvoso (novembro a abril) e variáveis referentes a períodos importantes, como o de florescimento, não apresentaram significância. Foi concluído que os modelos apresentam bom potencial para a previsão de safras de cafeeiro. Nestes, a produtividade do ano anterior deve ser considerada e a sequência fenológica que apresentou melhor desempenho foi Set./Out, Nov./Dez., Jan./Fev., Mar./Abr.

Termos para indexação: Cafeeiro, déficit hídrico, seleção backward.

AGROMETEOROLOGICAL MODELING FOR COFFEE PRODUCTIVITY FORECAST IN THE SOUTH REGION OF MINAS GERAIS STATE

ABSTRACT: *Knowledge of effective crop forecasting techniques is of great importance for the coffee market, enabling better planning and making more sustainable this activity. This study aimed to adapt a predictive model of coffee yield, based on water availability, to the cities of Lavras and Varginha, in southern Minas Gerais, Brazil. The models were generated from multiple linear regression of productivity loss (Ye/Yp) as a function of the previous year productivity (Ya/Yp) and water deficit in the different phenological phases, represented by relative evapotranspiration (ETR/ETP)i. During the parameterization, the water deficit response coefficients (Ky_i) and the previous year production coefficient (Ky_0) were obtained. By the backward selection methodology, were obtained models that presented only significant coefficients. In this process, in general, the models were highly sensitive to the rainy season (November to April), and variables related to important periods such as flowering were not significant. It was concluded that the models have good potential for coffee crop forecasting. In these, previous year's yield should be considered and the phenological sequence with best performance was Sep./Oct, Nov./Dec., Jan./Feb., Sep. /Apr.*

Index terms: *Coffee, water deficit, backward selection.*

1 INTRODUÇÃO

O café é um dos principais produtos agrícolas do mundo, tendo grande influência sobre o mercado internacional e brasileiro. No âmbito mundial, representa o segundo maior gerador de divisas, ficando atrás apenas do petróleo (Kobayashi, 2007; Matta; Ramalho, 2006). O Brasil tem papel importante nesse mercado, contribuindo com cerca de um terço da produção mundial e ocupando o segundo lugar entre os consumidores do produto, sendo o estado de Minas Gerais o maior produtor nacional (Souza et al., 2012).

Entretanto, a falta de métodos científicos, comprovadamente eficazes, para estimativa da produtividade do cafeeiro propicia o levantamento de especulações que influenciam diretamente o preço do café no mercado, afetando negativamente a cadeia produtiva do agronegócio (Miranda; Reinato; Silva, 2014). Assim, a estimativa antecipada da produção cafeeira das diversas regiões produtoras é essencial para o estabelecimento da política cafeeira do País, servindo tanto a produtores, apoiando o planejamento de suas atividades agrícolas e garantindo assim uma melhor estabilidade, como ao governo na forma de ferramenta estratégica na orientação em ações referentes ao mercado interno e externo (Nunes et al., 2010).

Atualmente, as estimativas oficiais, da safra cafeeira, são realizadas pela CONAB em parceria com instituições como a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (EMATER), além de consultas a técnicos e escritórios do IBGE através da aplicação de questionários em entrevistas realizadas junto a agentes do setor, previamente selecionados.

[1]Banco do Brasil S/A -Rua Benedito Quintino 397 - Centro - 35830-000 - Jaboticatubas -MG - eulercipriani@yahoo.com.br
[2]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037- 37.200-000 - Lavras - MG lgonsaga@deg.ufla.br
[3]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Ciências Exatas/DEX - Cx. P. 3037- 37.200-000 - Lavras - MG danielff@dex.ufla.br

De posse desses dados são realizadas então análises estatísticas, que resultam nas estimativas (previsões) de safra para os Estados. Contudo, essas estimativas ainda são realizadas com base em informações que merecem aperfeiçoamento, pois advém principalmente da opinião de agentes do setor, não permitindo assim a apuração dos erros envolvidos. Diante disso, diversos trabalhos têm buscado o desenvolvimento de metodologias que possam suprir essa demanda do setor.

Dentre as metodologias empregadas, destacam-se os modelos agrometeorológicos, os quais são alimentados principalmente por informações climáticas, correlacionando-as com a produtividade. Porém, esses modelos ainda apresentam limitações quanto à aplicação, devido à complexidade da interação entre os elementos climáticos (Carvalho, 2003).

A parametrização de um modelo de previsão para o cafeeiro é dificultada ainda pelo grande número de variáveis que podem afetar a produtividade, tais como: variedade cultivada, sistema de plantio, idade da lavoura, tipo e fertilidade do solo, incidência de pragas e doenças e sistema de manejo. Além disso, a característica de bienalidade de produção do cafeeiro e a falta de um mapa temático com a distribuição espacial da área cultivada aumentam ainda mais a complexidade da estimativa da produtividade do café em grandes áreas territoriais, por meio desses modelos (Santos; Camargo, 2006).

O bom desempenho da atividade cafeeira está ligado ao monitoramento das condições climáticas durante todo o ciclo da cultura, e o principal fator meteorológico a afetar a produtividade do cafeeiro é a disponibilidade hídrica (Picini et al., 1999; Volpato et al., 2013). A estimativa de safras a partir de modelos agrometeorológicos, permite identificar o estresse hídrico ao longo do ciclo da cultura e analisar seu impacto na produtividade (ROSA et al., 2010). Doorenbos e Kassam (1979) apresentam um modelo de previsão baseados no déficit hídrico durante o ciclo produtivo para diversas culturas, e tem sido usado como base em diversos trabalhos em culturas como cana, milho, sorgo, laranja e café (ASSAD et al., 2007; MARTIN et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2012; SILVA; LIMA; OLIVEIRA, 2011).

Os elementos climáticos, individualmente, explicam a maior parte da variabilidade da produção do cafeeiro, em comparação a fatores edáficos e biológicos (Camargo, 2010). Elementos como temperatura, umidade, vento, radiação solar e as relações hídricas têm grande influência sobre as fases fenológicas do cafeeiro, porém as interações entre esses elementos não são completamente conhecidas (Oliveira, 2003).

Portanto, verifica-se viabilidade de uso de modelo de penalização hídrica para estudo da produtividade de cafeeiro, e o presente trabalho propõe uma abordagem agrometeorológica na estimativa de variáveis produtivas da referida cultura para condições hidroclimáticas da região Sul do estado de Minas Gerais. O objetivo foi adaptar e parametrizar um modelo agrometeorológico de estimativa da produtividade, com enfoque na penalização em função da deficiência hídrica, durante as diferentes fases fenológicas do cafeeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram obtidos junto às instituições de extensão e pesquisa de Minas Gerais, cooperativas de cafeicultores nos municípios de Lavras e Varginha. Foram obtidos ao menos três talhões representativos de cada município para a parametrização dos modelos e concomitante a esses, foram obtidas produtividades de outros talhões das mesmas lavouras, para os testes do desempenho dos modelos, em sua capacidade preditiva de safras cafeeiras. Os dados de produtividades consistiram em séries anuais de produtividades (sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare).

Juntamente aos dados de produtividades cafeeiras foram levantados dados de elementos climáticos, concomitantes às séries anuais de produtividades, de estações meteorológicas instaladas próximas às lavouras para o cálculo dos balanços hídricos climatológicos (BHC) e, posteriormente, dos penalizadores hídricos aplicados nos modelos. Esse foi realizado com base na metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955), amplamente empregada em trabalhos semelhantes. A capacidade de água disponível no solo (CAD), adotada para o cálculo foi de 100 mm, sendo essa considerada como média para a maioria dos solos cultivados com cafeeiros, no estado em Minas Gerais e já utilizada em diversos trabalhos (Camargo; Pereira, 1994; Carvalho, 2003; Picini et al., 1999).

O modelo escolhido foi o de Stewart, Hagan e Pruitt (1976), modificado por Picini et al. (1999), que pode ser decomposto da seguinte forma:

$$\frac{Ye}{Yp} = ky_0\left(\frac{Ya}{Yp}\right) + \sum_{i=1}^{n} ky_i\left(\frac{ETR}{ETP}\right)_i$$

Em que, Ye a produtividade observada (kg

de café beneficiado.ha^{-1}), Ya a produtividade do ano anterior (kg de café beneficiado.ha^{-1}), Yp a produtividade potencial (kg de café beneficiado. ha^{-1}) ETR/ETP a evapotranspiração relativa, Ky_0 o coeficiente de resposta à produtividade do ano anterior, Ky_i o coeficiente de resposta (sensibilidade) ao estresse hídrico, nas diferentes fases fenológicas consideradas.

A produtividade potencial pode ser entendida como aquela que seria obtida em condições ótimas de cultivo e ambientais, permitindo que a planta se desenvolva plenamente. A exemplo de Carvalho (2003) e Picini et al. (1999), as produtividades potenciais foram consideradas acrescentando-se 10% ao maior valor das séries de produtividade.

As sequências fenológicas, exibidas no Quadro 1, foram definidas com base no ciclo fenológico, e em sequências previamente testadas em trabalhos que seguiram a mesma linha de pesquisa (CARVALHO, 2003; PICINI et al., 1999; SANTOS; CAMARGO, 2006). Foram testadas sete sequências bimestrais (B1, B2, B3, B4, B5, B6 e B7) e cinco trimestrais (T1, T2, T3, T4 e T5), sendo que, para cada sequência, foram obtidos os respectivos coeficientes de resposta ao déficit hídrico (Ky_i) e coeficientes de resposta à produtividade do ano anterior (Ky_0)

O desempenho dos modelos foram avaliados com dados de produtividades observados de talhões das lavouras cafeeiras de cada município, diferentes dos utilizados na parametrização (validação cruzada), porém em condições tecnológicas semelhantes àquelas utilizadas para a obtenção dos modelos. Para a validação cruzada dos modelos, foram comparadas as produtividades estimadas e observadas, adotando-se indicadores estatísticos de performance de modelos lineares, tais como o coeficiente de determinação (R^2), índice "d" de concordância. Associando os coeficientes de correlação "r" com o de concordância "d", Camargo e Sentelhas (1997) desenvolveram o índice "C", sendo C = r * d. Esse índice reflete o desempenho do modelo (Tabela 1), sendo também aplicado neste estudo.

QUADRO 1 - Sequências fenológicas bimestrais (B1 a B7) e trimestrais (T1 a T5) consideradas nas parametrizações dos modelos agrometeorológicos, sendo Ky_i os coeficientes de resposta ao déficit hídrico.

	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
B1	Ky1	Ky1	Ky2	Ky2	Ky3	Ky3	Ky4	Ky4	Ky5	Ky5		
B2		Ky1	Ky1	Ky2	Ky2	Ky3	Ky3	Ky4	Ky4	Ky5	Ky5	
B3			Ky1	Ky1	Ky2	Ky2	Ky3	Ky3	Ky4	Ky4	Ky5	Ky5
B4	Ky1	Ky1	Ky2	Ky2	Ky3	Ky3	Ky4	Ky4				
B5		Ky1	Ky1	Ky2	Ky2	Ky3	Ky3	Ky4	Ky4			
B6			Ky1	Ky1	Ky2	Ky2	Ky3	Ky3	Ky4	Ky4		
B7				Ky1	Ky1	Ky2	Ky2	Ky3	Ky3	Ky4	Ky4	
T1	Ky1	Ky1	Ky1	Ky2	Ky2	Ky2	Ky3	Ky3	Ky3	Ky4	Ky4	Ky4
T2	Ky1	Ky1	Ky1	Ky2	Ky2	Ky2	Ky3	Ky3	Ky3			
T3		Ky1	Ky1	Ky1	Ky2	Ky2	Ky2	Ky3	Ky3	Ky3		
T4			Ky1	Ky1	Ky1	Ky2	Ky2	Ky2	Ky3	Ky3	Ky3	
T5				Ky1	Ky1	Ky1	Ky2	Ky2	Ky2	Ky3	Ky3	Ky3

TABELA 1 - Coeficientes de desempenho "C" conforme Camargo e Sentelhas (1997).

Valor "C"	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Regular
0,41 a 0,50	Ruim
< 0,40	Péssimo

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todas as sequências consideradas, tanto para Lavras como para Varginha, todas as variáveis estudadas foram, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t, individualmente significativas em relação à estimativa da produtividade. Isso indica que todas as variáveis analisadas são de alguma forma importantes para o modelo estudado.

Nas Tabelas 2 e 3, são apresentados os resultados estatísticos resumidos das regressões lineares múltiplas, com os coeficientes parametrizados após a eliminação, por meio da seleção *backward*, daqueles não significativos estatisticamente para as diferentes sequências fenológicas testadas. Em relação ao R^2 e R^2 ajustado, observa-se que os resultados foram satisfatórios, atingindo valores superiores a 0,82 e 0,76 respectivamente, tanto para Lavras, como para Varginha. Em termos práticos, as diferenças entre os modelos são muito pequenas.

Observando as Tabelas 2 e 3, percebe-se que, em geral, o número de variáveis dos modelos foi reduzido a apenas duas para Lavras e três para Varginha. A sequência B2 foi desconsiderada, devido aos valores assumidos pelos coeficientes extrapolarem limites confiáveis. Como todos os coeficientes foram significativos, individualmente, durante a regressão linear simples, a redução no número de variáveis indica uma redundância entre as mesmas. Isso não descarta a importância das variáveis removidas para o processo, mas indica que essas se tornaram insignificantes na presença das outras. Como consequência da redução do número de variáveis, alguns modelos se tornaram idênticos ou muito parecidos já que, para alguns deles, os períodos considerados foram semelhantes.

Os coeficientes relativos à produtividade do ano anterior (Ky_0) foram significativos, estatisticamente, a nível de 10% de probabilidade em grande parte das sequências consideradas, confirmando a importância dessa variável para o desenvolvimento de modelos de previsão de produtividade de cafeeiro. Em todos os casos, foram obtidos valores negativos para Ky_0, o que já era esperado, uma vez que um valor negativo para esse coeficiente penaliza mais acentuadamente a produtividade, quanto maior tenha sido a produção no ano anterior.

Com relação aos coeficientes referentes ao déficit hídrico (Ky_i), nota-se que, para Lavras, as variáveis significativas se concentraram, em geral, nos períodos entre dezembro e abril, o que corresponde à fase de chumbinho até o início da maturação dos frutos. O suprimento hídrico inadequado nessa época pode ocasionar má formação do endosperma (chochamento dos frutos). Essa maior sensibilidade nesse período, coincide com os resultados apresentados por Carvalho (2003), para São Sebastião do Paraíso e por Picini et al. (1999) para Campinas e pode ser considerado um reflexo da influência do alto índice pluviométrico, principalmente durante os meses de janeiro e fevereiro, no cálculo das médias de ETr/ETp. Alguns modelos apresentaram coeficientes negativos em meses como novembro, dezembro, janeiro e fevereiro (fases de chumbinho, expansão e granação dos frutos), apesar da seca nessa fase prejudicar a produtividade final do cafeeiro (PEREIRA; CAMARGO; CAMARGO, 2008).

TABELA 2 - Coeficientes de regressão e respectivos parâmetros estatísticos dos modelos de regressão linear múltipla, para o município de Lavras, MG.

	B1		B2		B3		B4	
R^2	0,92		0,94		0,94		0,89	
R^2 Aj.	0,84		0,82		0,83		0,81	
	Coef.	Valor p**	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*
KY_0	-	-	-	-	-	-	-0,47	0,06
Ky_1	-	-	79,38	0,01	1,68	0,04	-	-
Ky_2	-	-	108,74	0,01	-	-	-	-
Ky_3	-2,36	0,02	303,62	0,01	-4,38	0,01	-	-
Ky_4	-	-	-623,12	0,01	2,84	0,01	0,88	0,00
KY_5	3,19	0,01	176,94	0,01	1,37	0,07		
	B5		B6		B7		T1	
R^2	0,90		0,92		0,90		0,90	
R^2 Aj.	0,81		0,84		0,81		0,81	
	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*
KY_0	-0,46	0,06	-	-	-0,46	0,06	-0,46	0,06
Ky_1	-	-	-	-	-	-	-	-
Ky_2	-	-	-2,36	0,02	-	-	-	-
Ky_3	-	-	-	-	0,89	0,00	0,87	-
Ky_4	0,89	0,00	3,19	0,01	-	-	-	0,00
	T2		T3		T4		T5	
R^2	0,90		0,91		0,94		0,90	
R^2 Aj.	0,81		0,83		0,84		0,81	
	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*
KY_0	-0,46	0,06	-	-	-	-	-0,46	0,06
Ky_1	-	-	-	-	2,12	0,01	-	-
Ky_2	-	-	-3,64	0,03	-4,94	0,00	0,87	0,00
Ky_3	0,87	0,00	4,59	0,02	4,36	0,00	-	-

* para valor-p menor que 0,1 a variável é significativa, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste t.

Esse resultado pode ser um reflexo do tamanho reduzido da série histórica considerada, resultando em pouca variabilidade do parâmetro de entrada ETR/ETP, consequentemente prejudicando a estimativa dos coeficientes. Resultados semelhantes nesse sentido foram relatados por Carvalho (2003), para o município de Alfenas, MG.

No caso de Varginha, as variáveis significativas se concentraram nos períodos entre novembro e abril, semelhante ao observado para Lavras. Isso reforça a sensibilidade do modelo a esse período mais chuvoso.

Para algumas sequências (B1, B3, B6 e T4), as variáveis referentes ao período de setembro a novembro (fase da florada) também foi significativa. Esse resultado reflete a importância em termos de disponibilidade hídrica desse período, correspondente à fase de florada para o cafeeiro, porém os coeficientes parametrizados assumiram valores negativos. Isso pode ser resultado da correlação entre as variáveis, uma vez que esse período é considerado como uma fase de grande demanda hídrica pelo cafeeiro e coeficientes negativos penalizariam a ausência de déficit hídrico nesse período (PEREIRA; CAMARGO; CAMARGO, 2008).

TABELA 3 - Coeficientes de regressão e respectivos parâmetros estatísticos dos modelos de regressão linear múltipla, para o município de Varginha, MG.

	B1		B2		B3		B4	
R^2	0,892		0,859		0,892		0,849	
R^2 Aj.	0,834		0,798		0,834		0,787	
	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*
KY_0	-	-	-0,61	0,00	-	-	-0,54	0,01
Ky_1	-	-	-	-	-0,75	0,00	0,40	0,07
Ky_2	-0,75	0,00	-	-	7,97	0,00	-	-
Ky_3	7,97	0,00	-	-	-	-	-	-
Ky_4	-	-	1,59	0,00	-7,04	0,00	0,44	0,01
KY_5	-7,04	0,00	-0,95	0,03	-	-		
	B5		B6		B7		T1	
R^2	0,842		0,892		0,859		0,856	
R^2 Aj.	0,780		0,834		0,798		0,795	
	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*
KY_0	-0,76	0,00	-	-	-0,61	0,00	-0,61	0,00
Ky_1	-	-	-0,75	0,00	-	-	-	-
Ky_2	-	-	7,97	0,00	-	-	-	-
Ky_3	-4,37	0,12	-	-	1,59	0,00	1,47	0,00
Ky_4	5,16	0,08	-7,04	0,00	-0,95	0,03	-0,84	0,03
	T2		T3		T4		T5	
R^2	0,821		0,816		0,889		0,856	
R^2 Aj.	0,767		0,762		0,823		0,795	
	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*	Coef.	Valor p*
KY_0	-0,62	0,00	-0,60	0,00	-0,35	0,07	-0,61	0,00
Ky_1	-	-	-	-	-1,01	0,03	-	-
Ky_2	-	-	0,69	0,00	4,08	0,00	1,47	0,00
Ky_3	0,70	0,00	-	-	-2,73	0,00	-0,84	0,03

* para valor-p menor que 0,1 a variável é significativa, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste t.

Para a validação dos modelos, foram utilizados os talhões "Bela Vista" e "Lado Esquerdo" da Fazenda Bela Vista (Lavras) e os talhões "Maçaranduba" e "Mangueira", da Fazenda Córrego da Onça (Varginha). As Figuras 1 e 2, ilustram graficamente o desempenho das produtividades estimadas pelos modelos, em comparação às observadas. Os modelos acompanharam bem as oscilações de produtividade características do ciclo bienal do cafeeiro e que tenderam a superestimar as produtividades para Lavras e subestimá-las para Varginha.

De acordo com a classificação pelo índice C, proposto por Camargo e Sentelhas (1997), representada nas Tabela 4 e 5, para Lavras as sequências B1 e B6 apresentaram desempenho "Ótimo" e para Varginha as sequências B1, B3 e B6 apresentaram desempenho "Muito bom". Porém, a inclusão de bimestres de pouca demanda hídrica por parte do cafeeiro nessas sequências (julho/agosto em B1 e maio/junho em B3) parece ter gerado pouca influência sobre o modelo, uma vez que essas variáveis foram removidas após a parametrização. Assim, a divisão do ano agrícola nos bimestres set/out, nov/dez, jan/fev e mar/abr (sequencia B6) foi a mais indicada na parametrização dos modelos agrometeorológicos.

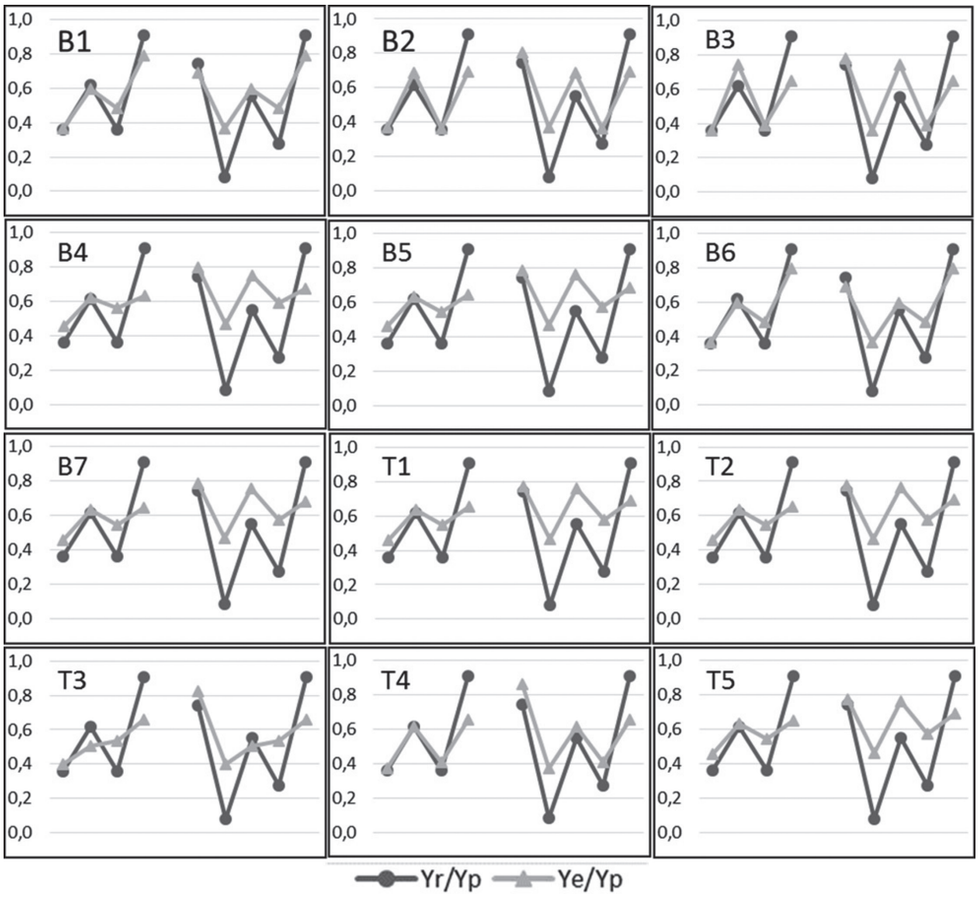

FIGURA 1 - Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo agrometeorológico, para cada sequência fenológica considerada, para as condições de Lavras, MG.

TABELA 4 - Coeficientes de correlação (R), índices de concordância (d), coeficiente de desempenho (C) e classificação do desempenho dos modelos agrometeorológicos, testados para Lavras, MG.

Seq.	Parâmetros			
	d	R	C	Desempenho
B1	0,90	0,96	0,86	Ótimo
B2	0,87	0,86	0,75	Bom
B3	0,82	0,78	0,64	Mediano
B4	0,63	0,67	0,42	Ruim
B5	0,65	0,72	0,46	Ruim
B6	0,90	0,96	0,86	Ótimo
B7	0,65	0,72	0,46	Ruim
T1	0,66	0,74	0,48	Ruim
T2	0,66	0,74	0,48	Ruim
T3	0,73	0,75	0,55	Regular
T4	0,84	0,82	0,69	Bom
T5	0,66	0,74	0,48	Ruim

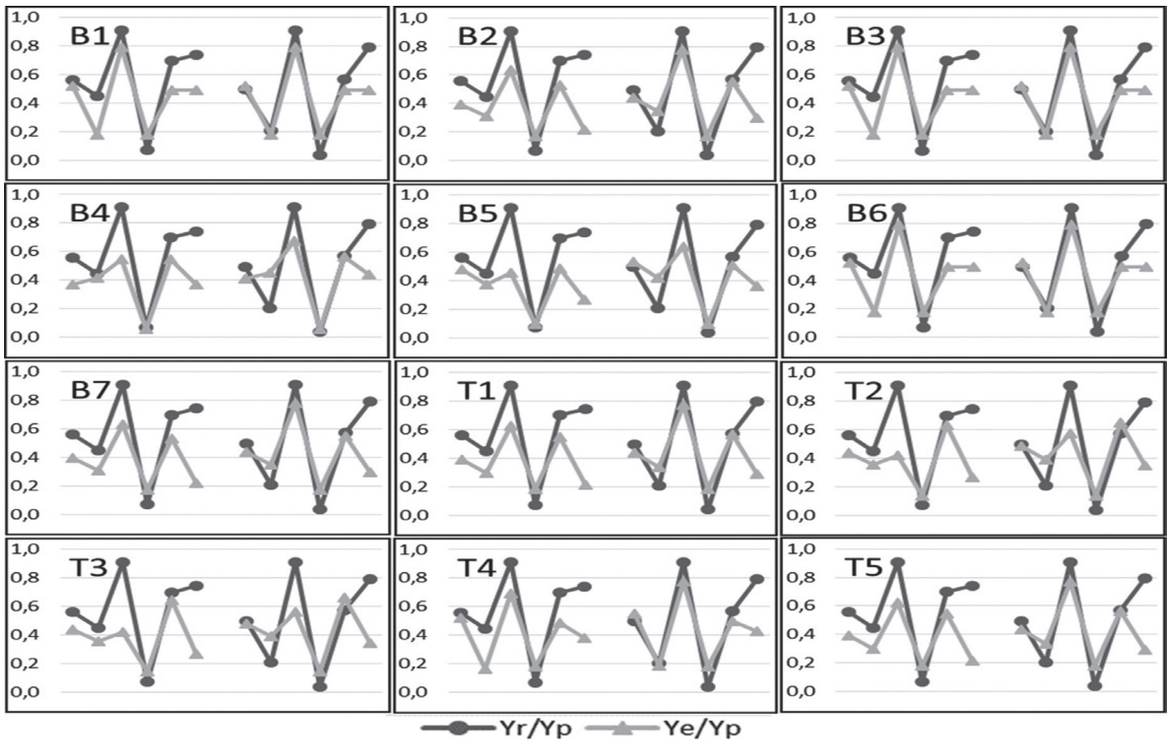

FIGURA 2 - Produtividades relativas observadas e estimadas pelo modelo agrometeorológico, para cada sequência fenológica considerada, para as condições de Varginha, MG.

TABELA 5 - Coeficientes de correlação (R), índices de concordância (d), coeficiente de desempenho (C) e classificação do desempenho dos modelos agrometeorológicos, testados para Lavras, MG.

Seq.	Parâmetros			
	d	R	C	Desempenho
B1	0,89	0,89	0,79	Muito Bom
B2	0,75	0,69	0,52	Regular
B3	0,89	0,89	0,79	Muito Bom
B4	0,80	0,81	0,65	Mediano
B5	0,72	0,68	0,49	Ruim
B6	0,89	0,89	0,79	Muito Bom
B7	0,75	0,69	0,52	Regular
T1	0,75	0,68	0,50	Ruim
T2	0,69	0,60	0,41	Ruim
T3	0,69	0,58	0,40	Péssimo
T4	0,84	0,83	0,69	Bom
T5	0,75	0,68	0,50	Ruim

Em síntese, a parametrização de modelos agrometeorológicos de previsão, baseados na demanda hídrica, apresentam bom potencial para estudos mais aprofundados, porém, como já citado por Carvalho (2003), a modelagem por meio dessa metodologia deve-se aplicar melhor a dados experimentais, em que as condições de cultivo possam ser controladas, reduzindo-se a influência de outras fontes de variação, além de possibilitar um acompanhamento mais preciso da incidência de chuvas sobre a lavoura e a obtenção de séries históricas mais longas e confiáveis.

4 CONCLUSÕES

Os modelos apresentam bom potencial na previsão da produtividade do cafeeiro, em nível de talhão, nas condições do Sul de Minas Gerais. A produção do ano anterior deve ser considerada no desenvolvimento dos modelos. As sequências compreendendo os bimestres de setembro/outubro, novembro/dezembro, janeiro/fevereiro e março/abril são as mais adequadas na parametrização do modelo.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Processo 306204/2012-6;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) - Processo CAG-APQ 01670/13.

6 REFERÊNCIAS

ASSAD, E. D. et al. Forecast system of soybean crop yield for Brazil. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 5, p. 615-625, maio 2007.

CAMARGO, A. P.; PEREIRA, A. R. **Agrometeorology of the coffee crop**. Geneva: World Meteorological Organization, 1994. 92 p. (CAgM Report, 58).

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CAMARGO, M. B. P. D. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 239-247, 2010.

CARVALHO, L. G. **Modelos prognósticos de produtividade da cultura do café no Estado de Minas Gerais**. 2003. 152 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 197 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 33).

KOBAYASHI, E. S. **Consumo de** água e produtividade de cafeeiros arábica na região de **Mococa, SP**. 2007. 77 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) - Instituto Agronômico, Campinas, 2007.

MARTIN, T. N. et al. Modified crop model estimation of depleted and potential soybean yield. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 4, p. 369-378, 2012.

MATTA, F. M. D.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v. 18, p. 55-81, 2006.

MIRANDA, J. M.; REINATO, R. A. O.; SILVA, A. B. D. Modelo matemático para previsão da produtividade do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 353-361, 2014.

NUNES, F. L. et al. Modelos agrometeorológicos de estimativa da duração do estádio floração-maturação para três cultivares de café arábica. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 1011-1018, 2010.

OLIVEIRA, L. A. M. **Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado em diferentes épocas do ano**. 2003. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola. Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

OLIVEIRA, R. A. et al. Estimativa da produtividade da cana-de-açúcar para as principais regiões produtoras de Minas Gerais usandose o método ZAE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 549-557, 2012.

PEREIRA, A. R.; CAMARGO, Â. P. D.; CAMARGO, M. B. P. D. **Agrometeorologia de cafezais no Brasil**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008.

PICINI, A. G. et al. Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 1, p. 157-170, 1999.

ROSA, V. G. C. D. et al. Coffee crop yield estimate using an agrometeorological-spectral model. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12, p. 1478-1488, dez. 2010.

SANTOS, M. A. D.; CAMARGO, M. B. P. D. Parametrização de modelo agrometeorológico de estimativa de produtividade do cafeeiro nas condições do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 173-183, 2006.

SILVA, S. D. A.; LIMA, J. S. D. S.; OLIVEIRA, R. B. D. Modelo agrometeorológico na estimativa da produtividade de duas variedades de café arábica considerando a variabilidade espacial. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2011.

SOUZA, V. C. O. D. et al. Espacialização e dinâmica da cafeicultura mineira entre 1990 e 2008, utilizando técnicas de geoprocessamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 122-134, 2012.

STEWART, J. I.; HAGAN, R. M.; PRUITT, W. O. **Water production functions and predicted irrigation programs for principle crops as required for water resources planning and increased water use efficiency**. Davis: Water Science and Engineering Section, Department of Land, Air and Water Resources, University of California, 1976.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p.

VOLPATO, M. M. L. et al. Imagens do sensor Modis para monitoramento agrometereológico de áreas cafeeiras. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 176-182, 2013.

PARTICLE SIZE AND ROASTING ON WATER SORPTION IN CONILON COFFEE DURING STORAGE

Paulo Cesar Corrêa[1], Gabriel Henrique Horta de Oliveira[2], Ana Paula Lelis Rodrigues de Oliveira[3], Guillermo Asdrúbal Vargas-Elías[4], Fernanda Machado Baptestini[5]

(Recebido: 12 de agosto de 2015 ; aceito: 03 de novembro de 2015)

ABSTRACT: The aim of this work was to evaluate alterations on the water sorption of coffee due to the effect of roast, grind and storage in two temperatures (10 and 30 ºC) during 180 days. Crude grain coffee (Coffea canephora) with average initial moisture content of 12.61 % (d.b.) was used. Grain was roasted at two levels: medium light (ML) and moderately dark (MD). Afterwards, grain was processed in three different particle sizes: fine (0.59 mm), medium (0.84 mm) and coarse (1.19 mm), besides the whole coffee lot. Samples prepared were then stored in two temperatures (10 and 30 ºC). These were analyzed during six months, at five distinct times (0, 30, 60, 120 and 180 days) regarding moisture content and water activity. Furthermore, mathematical modeling and thermodynamic properties acquisition of the coffee moisture adsorption process were accomplished. A split plot design was used, in which plots consisted of storage period and split-plots consisted of a 2 x 4 x 2 factorial (two roasting degrees, four particle sizes and two storage temperatures), with five repetitions.It was concluded thatparticle size did not significantly affectedmoisture content of coffee, independently of roast degree; Sigma-Copace model best represented hygroscopic equilibrium for sorption of roasted coffee; with moisture content reduction, an increase of differential enthalpy and entropy of sorption and Gibbs free energy occurs.

Index terms: Adsorption isotherms, mathematical modeling, thermodynamic properties, *Coffea canephora.*

GRANULOMETRIA E TORREFAÇÃO NA SORÇÃO DE ÁGUA EM CAFÉ CONILON DURANTE O ARMAZENAMENTO

RESUMO: *Objetivou-se, nesse trabalho, avaliar as alterações na sorção de água de café, devido ao efeito da torrefação, moagem e armazenamento em duas temperaturas (10 e 30 ºC), durante 180 dias. Café cru (Coffea canephora), com teor de água inicial médio de 12,61 % (b.u.) foi utilizado. Os grãos foram torrados em dois níveis: média clara (MC) e moderadamente escura (ME). Posteriormente, os grãos foram processados em três diferentes granulometrias: fina (0,59 mm), média (0,84 mm) e grossa (1,19 mm), além do lote de café inteiro. As amostras foram armazenadas em duas temperaturas (10 e 30 ºC). Estas foram analisadas durante seis meses, em cinco diferentes tempos (0, 30, 60, 120 e 180 dias), acerca do teor de água e atividade de água. Posteriormente, a modelagem matemática e a aquisição das propriedades termodinâmicas do processo de adsorção foi realizada. Um esquema de parcelas subdivididas foi usado, em que as parcelas consistiram no tempo de armazenamento e as subparcelas um fatorial 2 x 4 x 2 (dois níveis de torrefação, quatro níveis de granulometria e duas temperaturas de armazenamento), com cinco repetições. Foi concluído que a granulometria não afetou significativamente o teor de água de café, independentemente da torra; o modelo de Sigma-Copace é o que melhor representa o equilíbrio higroscópico de sorção de café torrado; com a redução do teor de água há um aumento da entalpia e entropia diferenciais de sorção e da energia livre de Gibbs.*

Termos para indexação: *Isotermas de adsorção, modelagem matemática, propriedades termodinâmicas, Coffea canephora.*

1 INTRODUCTION

Storage of agricultural products is historically an important post-harvest procedure with the aim of achieve food safety and economic strength for agribusiness. However, in order to ensure product quality and higher shelf life, temperature and relative humidity of the environment surrounding the product are primordial parameters to be considered during storage (CORRÊA et al., 2014). They determine the water activity (a_w) of the product and, thus, the water exchange between the product, which is hygroscopic, and the environment (HENAO; QUEIROZ; HAJ-ISA, 2009).

Agglomeration is an important issue for industry, which may lead to complicating product handling and transport and, therefore, the processing of the final product, directly influencing profit.Ground roasted coffee may absorb water from the atmosphere because of its low moisture content. Coffee agglomeration occurs when the moisture content ranges from 7 to 8% (OLIVEIRA

[1,5]Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Agrícola - Av. PH Rolfs, s/n, Viçosa-MG - 36.570-000 copace@ufv.br, fbaptestini@yahoo.com.br
[2,3]Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais - *Campus* Manhuaçu, BR 116, km 589,8 - Distrito Realeza - Manhuaçu-MG 36.905-000 - gabriel.oliveira@ifsudestemg.edu.br, ana.lelis@ifsudestemg.edu.br
[4]Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) - Facultad Ciencias Agroalimentarias San Pedro de Montes de Oca - San José - Costa Rica- América Central - gvargase@gmail.com

et al., 2014; ROBERTSON, 1993; SILVA et al., 2006).

Particle size and roasting also affects the hygroscopic capacity of the product and thus agglomeration index (OLIVEIRA et al., 2014; ROBERTSON, 1993; SILVA et al., 2006). Thus, studies on the influences of particle size and roasting level on water absorption and storage are required to understand product-environment interactions.

Grinding coffee grain aims to increase the specific surface area for extraction, increasing components transfer related to flavor, affecting cup quality (ILLY; VIANI, 1996). Baptestini (2011) observed that smaller particle-sized coffees had higher a_w values after 120 days of storage. In addition, the rupture of coffee tissues and cells caused by grinding leads to easier release of the volatile compounds that perfume the drink (ANDUEZA; DE PEÑA; CID, 2003). Therefore, coffee drink quality is expected to decrease with storage time because of the loss of volatile compounds from ground coffee.

Roasting also affects the degree of moisture sorption, coffee being more (dark roasts) or less (light roasts) hygroscopic according to its degree of roasting. Different researchers stated this trend (BICHO et al., 2012; SCHMIDT; MIGLIORANZA; PRUDÊNCIO, 2008).

Sorption isotherms are indispensable to determine and analyze water sorption changes during storage. Mathematical models are used to construct isotherms aiding the prediction and simulation of the performance of materials in a certain environment.Different works stated sorption isotherms of coffee beans, ground coffee, dehulled coffee or roasted coffee (CORRÊA et al., 2014; FURMANIAK et al., 2009; HENAO; QUEIROZ; HAJ-ISA, 2009; IACCHERI et al., 2015; RAMÍREZ-MARTÍNEZ et al., 2013), however, research were not made regarding different particle sizes and roasting degrees of coffee.

Water sorptionand thermodynamic sorption properties of a materialmay be monitored by assessing the a_w. According to Corrêa, Oliveira and Santos (2012), thermodynamic properties of agricultural products is a key resource that can inform assessments of the effect of a_w on storage and can inform the understanding of the adsorbed water properties and food microstructure. This information enables the study of the physical phenomena that occur on food surfaces.

Given the importance of knowledge of the hygroscopicity of agricultural products, as well as the interaction of water with the product, the objective of this study was to determine the adsorption isotherms of coffee in different roasting and particle size degrees, stored at either 10 or 30 ºC. In addition, to determine the thermodynamic properties of water sorption as a function of a_w.

2 MATERIALS AND METHODS

Sample preparation

Dried raw coffee grain (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) were purchased at the local market in Zona da Mata, MG.The coffee grain were sorted to remove deteriorated, damaged, and bored coffee grain to obtain a homogeneous raw material with minimal defects.

The mean initial moisture content of the coffee beans was 12.61% on a dry basis (db), which was determined gravimetrically using a forced-air oven at 105 ± 1 °C for 24 h.

Coffee grain were subjected to the roasting process after sorting. A roaster of direct gas burn (LPG), with rotary cylinder at 45 rpm, with capacity of 350 g, was used to roast (brand Rod-Bel).The degree of roasting was determined by a trained professional by monitoring the sample color and comparing it with the Agtron/Specialty Coffee Association of America (SCAA) standard roast number (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ - ABIC, 2015). Two roasting degrees were obtained: medium light (ML) and moderately dark (MD), corresponding to Agtron numbers of SCAA#65 and SCAA#45, respectively (Figure 1).

The mass loss parameter was determined to ensure roasting uniformity, and the coffee beans lost, on average, 15.85 and 18.74 gof mass under ML and MD roasting, respectively, at a temperature of 285 ºC (VARGAS-ELÍAS, 2011). Roaster temperature and roasting time tests were performed to evaluate their influence on mass losses. The product was removed from the roaster when reaching the aforementioned degrees of roasting and immediately cooled to room temperature.

Following the roasting process, the coffee beans were processed in a Mahlkönig mill (Germany, model K32 S30LAB) at three different particle sizes: fine (0.59 mm), medium (0.84 mm), and coarse (1.19 mm), and a batch of coffee was maintained as whole beans(without milling).

FIGURE 1 - Roasting degrees employed: medium light (A) and moderately dark (B) (ABIC, 2015).

The prepared samples were then placed in polypropylene bags and refrigerated at two storage temperatures (10 and 30 ºC)in BOD chambers. The treatments were sampled and analyzedduring storageat five period(0, 30, 60, 120, and 180 days).

Figure 2 summarizes the sample preparation for further analyzes described below.

The changes in the water activity (a_w) of the roasted whole bean and ground coffee samples were assessed using an AquaLab 4TE(Decagon Devices, USA) water activity meter with an a_w accuracy of ± 0.003. Five replicates were measured.The equilibrium moisture content of a coffee sample was defined as the content assessed after each five storage times (0, 30, 60, 120 and 180 days) because the samples were stored in permeable plastic bags and the time elapsed was deemed sufficient to reach equilibrium.

Mathematical models commonly used to describe sorption phenomena in agricultural products were fitted to the collected hygroscopic equilibrium data (Table 1).

The standard deviation of the estimate (SDE), mean relative error (MRE) values and residual plot were analyzed to assess the goodness of the model fit. The SDE and MRE values of each model were calculated using Equations 6 and 7, respectively:

$$MRE = \frac{100}{n}\sum\frac{|Y-\hat{Y}|}{Y} \quad (6)$$

$$SDE = \sqrt{\frac{\sum(Y-\hat{Y})^2}{DF}} \quad (7)$$

In which: *MRE* = mean relative error, %; *SDE* = standard deviation of the estimate, % d.b.; *Y* = observed value; Ŷ = estimated value by the model; *n* = number of observed data; and, *DF* = residue degrees of freedom (number of observed data minus number of model parameters).

Thermodynamic parameters: differential entropy of desorption (Δ*S*), differential enthalpy (Δ*H*), Gibbs free energy (Δ*G*) and enthalpy-entropy relationship, were obtained by means of a known methodology [1], which an approximate (1-α)100% confidence interval for isokinetic temperature was used. These parameters are expressed respectively by Equations 8-12:

$$lna_w = \pm\left(\frac{\Delta H_{st}}{RT_k} - \frac{\Delta S}{R}\right) \quad (8)$$

$$\Delta H = \Delta H_{st} - \Delta H_{vap} \quad (9)$$

$$\Delta G = \pm RT_k ln(a_w) \quad (10)$$

$$T_B = \hat{T}_B \pm t_{m-2,\alpha/2}\sqrt{Var(T_B)} \quad (11)$$

$$T_{hm} = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{1}{T_i}\right)} \quad (12)$$

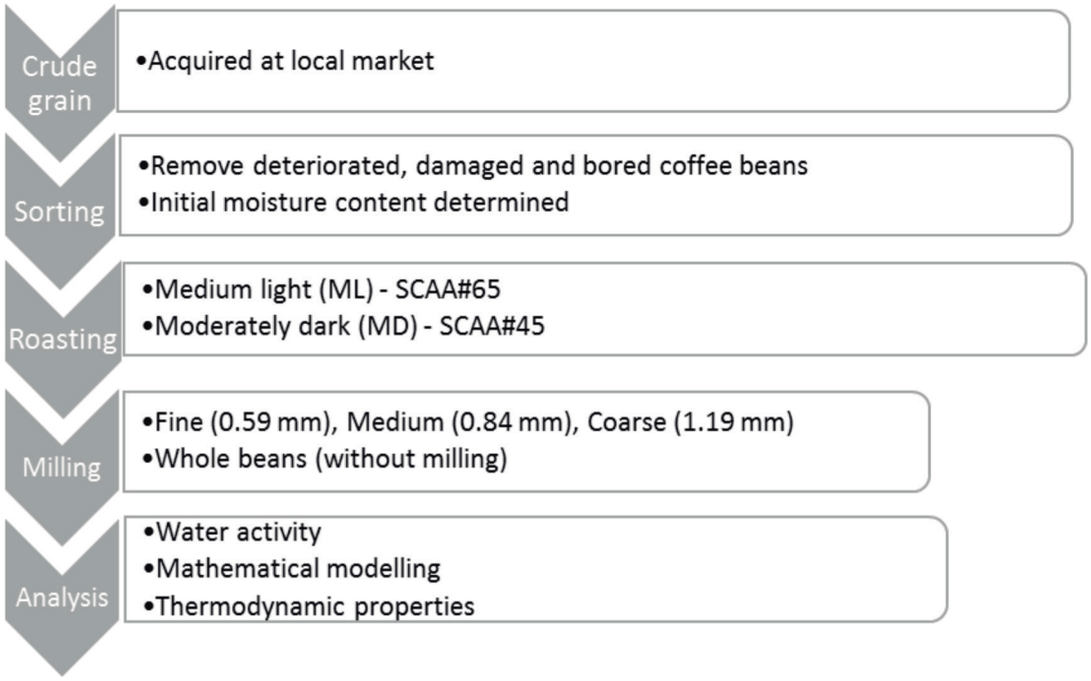

FIGURE 2 - Stages for sample preparation.

TABLE 1 - Mathematical models used to represent sorption isotherms.

Modelname	Model	
Copace	$U_e = exp(a - bT + ca_w)$	(1)
Modified GAB	$U_e = \frac{ab(c/T)a_w}{\{[1 - ba_w][1 - ba_w + b(c/T)a_w]\}}$	(2)
Halsey	$U_e = \left[\frac{exp(a - bT)}{-lna_w}\right]^{1/c}$	(3)
ModifiedOswin	$U_e = \frac{a + bT}{\left(\frac{1-a_w}{a_w}\right)^{1/c}}$	(4)
Sigma-Copace	$U_e = exp(a - bT + ca_w)$	(5)

in which: U_e = equilibrium moisture content, % d.b.;a_w = water activity, dimensionless;*a, b, c* = model parameters which depends on the product; and,*T* = temperature, ºC.

In which: ΔH = differential enthalpy of sorption, kJ kg-^{1}; ΔH_{vap} = latent heat of vaporization of pure water, kJ kg^{-1}; ΔH_{st} = net isosteric heat of sorption, kJ kg^{-1}; ΔS = differential entropy of sorption, kJ kg^{-1} K^{-1}; and ΔG = Gibbs free energy, kJ kg^{-1} mol^{-1}; T_B = isokinetic temperature, K; m = number of data pairs of enthalpy and entropy; t is the t value at (m-2) degrees of freedom; T_{hm} = harmonic mean temperature, K; and, *n* = number of temperatures utilized.

The "+" and "-"signs in Equation 8 and others related to thermodynamic properties express the direction of heat transfer, which is associated with the spontaneity of the process studied. Thus, a positive sign corresponds to the adsorption processes in the present study.

A split plot design was used, in which plots consisted of storage period and split-plots consisted of a 2 x 4 x 2 factorial (two roasting degrees, four particle sizes and two storage temperatures), with five repetitions.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Tables 2 and 3 present the coefficients of the models fitted to the observed data for the hygroscopic equilibrium of coffee in the different conditions used.

MRE values lower than 10% indicate a good fit for practical purposes (SAMAPUNDO et al., 2007) and description of a specific physical process is inversely proportional to the SDE value. A maximum SDE of the model estimate of 0.5 % (d.b.) was considered acceptable. In order to conclude the best model, suitability of the model to respond all variables (storage temperature, roast degree and particle size degree) was taken into account. Among all the models tested, the Sigma-Copace model had the best results regarding residual plots, MRE and SDE values at all storage temperatures, roast and particle size degree, followed by Halsey model (Tables 2and3). This trend can be seen at coffee grain roasted at moderately dark degree, with fine particle coffee (Table 3).Copace and Modified GAB models present biased residual plots whilst Modified GAB and Modified Oswin presented MRE value higher than 10% (Table 3).

The Sigma-Copace model has also been reported to satisfactorily describe the hygroscopicity of soluble coffee (CORRÊA; AFONSO JÚNIOR; STRINGHETA, 2000) and conilon coffee cherries (CORRÊA et al., 2014). However, because the Sigma-Copace model is an exponential model, the inflection of the isotherm should not be used to predict moisture content values as the a_w tends toward zero. This is a limitation of the model.

Figures 3 to 6 present the mean equilibrium moisture contents and standard deviation at each storage period (0, 30, 60, 120, and 180 days), obtained by adsorption,of the roasted conilon coffee beans for the evaluated particle sizes, as well as their isotherms by Sigma-Copace model.

As can be seen in Figures 3 to 6, water activity increased throughout storage, regardless of roast and particle size degree. This trend is due to adsorption process during storage, in which finer products are more hygroscopic, presenting higher potential to exchange moisture with the environment; in this case, gaining moisture.

Storage temperature affects the hygroscopicity of roasted coffee samples, regardless of particle size. At a given constant water activity, the equilibrium moisture content decreases with a decrease in storage temperature. As the temperature increases, molecular vibrations also increase, thereby increasing the distance between molecules and, consequently, decreasing the attractions between molecules.

At higher water activities, the equilibrium moisture contents increase sharply, especially for samples roasted to MD. This trend is related to roasting degree (more hygroscopic)which at MDcoffee may adsorb a greater amount of water from the environment. Similar increases in water adsorption isotherms have been observed by Anese, Manzocco and Nicoli (2006), Baptestini (2011) and Corrêa, Afonso Júnior and Stringheta (2000), for roasted ground coffee stored at 30 ºC for 1 month and for roasted ground coffee stored in various packages.

A good correspondence was observed between the data estimated using the Sigma-Copace model and the experimentally observed data. However, it should be noted the Sigma-Copace model is an exponential model. Therefore, the inflection of the isotherm should not be used to predict moisture content values as the a_w tends toward zero, which is a limitation of the model. Future studies are recommended to experimentally assess the equilibrium moisture contents for a_w values ranging from 0.5 to 0.9 and analyze the resulting ground roasted coffee adsorption isotherms, especially for coffee roasted to MD, because there may be an overestimation of the equilibrium moisture content values at these a_w levels.These levels were not achieved at the present study probably to the lower storage period (six months), requiring higher period to achieve higher levels of a_w.

TABLE 2 - Parameter estimates of hygroscopic equilibrium models of medium light roasted coffee, whole, fine, medium and coarse particle sizes and its respective determination coefficients (R^2), standard deviation of the estimate (SDE), mean relative error (MRE) and residual plot (B – biased; R – random)at temperatures of 10 and 30 ºC.

Models	Fittedparameters			MRE	SDE	R^2	Residual plot
	a	b	c	(%)	(% d.b.)	(%)	
WholeCoffee							
Copace	0.2217	- 0.0026	2.0712	3.87	0.17	92.64	R
Modified GAB	1.5018	58697490	1.2655	4.33	0.18	91.55	R
Halsey	1.3059	- 0.0035	1.3272	3.87	0.17	92.62	R
ModifiedOswin	3.4227	0.0010	2.1947	3.87	0.17	92.79	R
Sigma-copace	- 1.1543	- 0.0026	1.4793	3.86	0.16	92.88	R
Fine Coffee							
Copace	0.5888	0.0016	2.2271	6.92	0.33	89.20	R
Modified GAB	2.1534	1086	1.2614	7.31	0.35	87.85	R
Halsey	1.8295	0.0019	1.3063	6.58	0.32	89.84	R
ModifiedOswin	5.011	- 0.0057	2.4113	6.12	0.31	90.59	R
Sigma-copace	- 1.0349	0.0017	1.6950	7.22	0.34	88.47	R
MediumCoffee							
Copace	0.3490	0.0060	2.8808	6.69	0.25	93.62	R
Modified GAB	1.9438	265.6907	1.3547	6.95	0.26	93.02	R
Halsey	1.3829	0.0059	0.9827	6.71	0.25	93.55	R
ModifiedOswin	5.5280	- 0.0295	1.7415	6.77	0.26	93.19	R
Sigma-copace	- 1.7023	0.0060	2.1542	6.64	0.25	93.76	R
CoarseCoffee							
Copace	0.5589	0.0036	2.0645	4.37	0.18	93.57	R
Modified GAB	2.0411	826.4070	1.1647	4.80	0.20	92.48	R
Halsey	1.8138	0.0049	1.3789	4.48	0.19	93.26	R
ModifiedOswin	4.6036	- 0.0148	2.4715	4.78	0.19	92.59	R
Sigma-copace	- 0.9290	0.0036	1.5581	4.27	0.18	93.93	R

TABLE 3 - Parameter estimates of hygroscopic equilibrium models of moderately dark roasted coffee, whole, fine, medium and coarse particle sizes and its respective determination coefficients (R^2), standard deviation of the estimate (SDE), mean relative error (MRE) and residual plot (B – biased; R – random) at temperatures of 10 and 30 ºC.

Models	Fittedparameters			MRE	SDE	R^2	Residual plot
	a	b	c	(%)	(% d.b.)	(%)	
WholeCoffee							
Copace	- 1.2570	- 0.0006	6.3450	9.02	0.27	93.08	R
Modified GAB	0.7449	3071165	2.0371	8.07	0.25	94.17	B
Halsey	0.4668	- 0.0003	0.4340	9.11	0.27	92.97	R
ModifiedOswin	6.1339	0.0049	0.7282	9.43	0.28	92.54	R
Sigma-copace	- 5.5530	- 0.0005	4.5920	8.76	0.26	93.38	R
Fine Coffee							
Copace	- 0.6566	- 0.0058	4.7150	9.71	0.36	92.86	R
Modified GAB	1.0058	10259337	1.8935	10.09	0.41	90.51	R
Halsey	0.6369	- 0.0034	0.5909	9.86	0.36	92.75	R
ModifiedOswin	4.9883	0.0314	1.0159	10.11	0.37	92.52	R
Sigma-copace	- 3.9327	- 0.0059	3.4666	9.57	0.36	92.92	R
MediumCoffee							
Copace	- 0.5796	- 0.0021	4.8426	8.75	0.25	95.09	B
Modified GAB	1.0019	30517074	1.9552	7.73	0.23	96.00	B
Halsey	0.6927	- 0.0012	0.5777	9.01	0.26	94.75	R
ModifiedOswin	5.6483	0.0121	1.0044	9.53	0.28	94.00	R
Sigma-copace	- 3.9768	- 0.0022	3.5867	8.40	0.24	95.52	R
CoarseCoffee							
Copace	- 0.9357	- 0.0011	5.9178	6.30	0.27	94.89	R
Modified GAB	0.8648	4774015	2.0777	5.72	0.28	94.61	R
Halsey	0.5813	- 0.0005	0.4687	6.38	0.27	94.87	R
ModifiedOswin	6.7563	0.0064	0.8029	6.60	0.27	94.78	R
Sigma-copace	- 5.0459	- 0.0012	4.3541	6.14	0.27	94.93	R

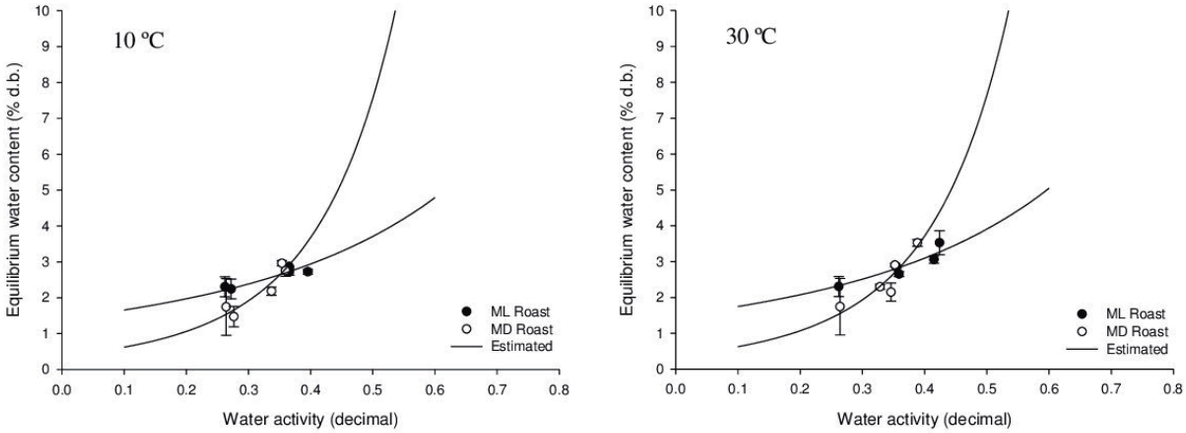

FIGURE 3 - Observed and estimated values, obtained by means of Sigma-Copace model, of equilibrium adsorption moisture contents of the roasted conilon coffee beans, whole particle size, stored at 10 and 30 ºC.

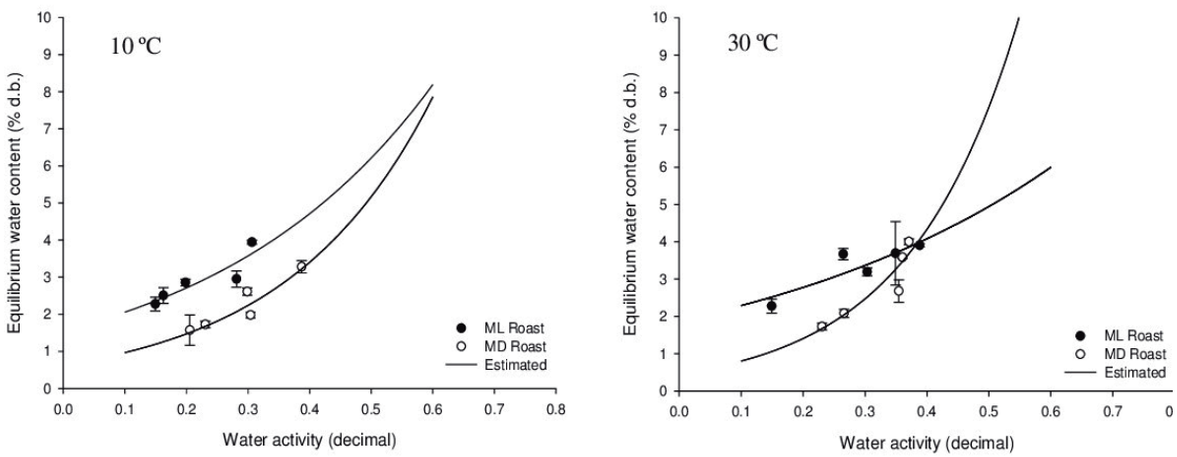

FIGURE 4 - Observed and estimated values, obtained by means of Sigma-Copace model, of equilibrium adsorption moisture contents of the roasted conilon coffee beans, fine particle size, stored at 10 and 30 ºC

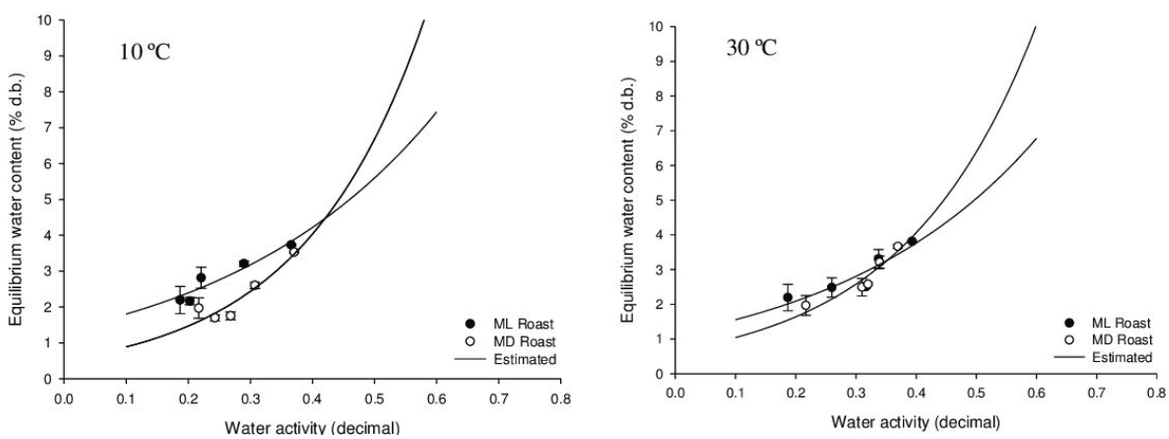

FIGURE 5 - Observed and estimated values, obtained by means of Sigma-Copace model, of equilibrium adsorption moisture contents of the roasted conilon coffee beans, medium particle size, stored at 10 and 30 ºC.

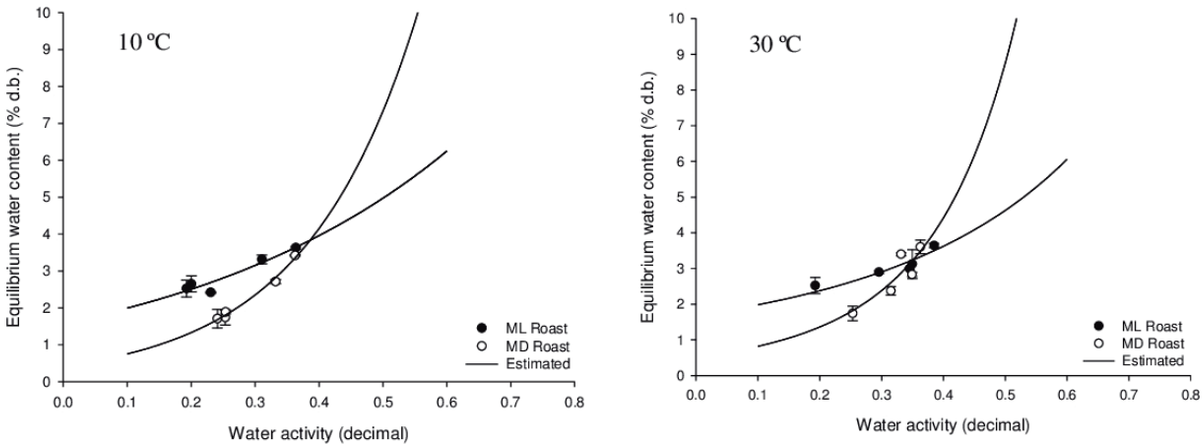

FIGURE 6 -Observed and estimated values, obtained by means of Sigma-Copace model, of equilibrium adsorption moisture contents of the roasted conilon coffee beans, coarse particle size, stored at 10 and 30 ºC.

Brunauer (1945) classified sorption isotherms based on the van der Waals forces of nonpolar gases adsorbed onto several non-porous solid substrates.A comparison analysis of the results indicates that the whole bean and ground roasted-coffee adsorption isotherms may be classified as type III isotherms. Type III isotherms,known as the Flory–Huggins isotherms, mainly correspond to food consisting of crystalline components, a state characterized by a three-dimensional regular arrangement of molecules based on their orientation (HASSINI et al., 2015).

Observed and estimated values of differential enthalpies and entropies of adsorption are shown in Figures 7 and 8, respectively.

Positive values of differential enthalpy represent a process with heat absorption (endothermic) and negative values of differential enthalpy, which is the case of the present study, indicates an exothermic and energetically favorable transformation process, in other words, with heat release (CHU et al., 2004; SHAFAEI; MASOUMI; ROSHAN, 2016). Furthermore, Chu et al. (2004) states that negative values of differential entropy explains the exothermic nature of the adsorption process, along with increase of molecules organization.

It can be noticed that an increase in moisture content, the differential enthalpy of adsorption tends to reach the latent heat value of pure water (2442.45 kJ kg^{-1}). This trend indicates that the number of bonds formed between water molecules and the active adsorption sites of the product are close to the potential maximum (saturation).

This increase is explained by the change in the bond strength between water and the sorbent surface (coffee), which, according to Al-Muhtaseb, McMinn and Magee (2004), at the beginning of sorption, has numerous highly active polar sorption sites with high interaction energies that, with time, are covered by water molecules, forming a monomolecular layer. As water molecules continue to bind chemically to the highly active sorption sites, sorption begins to occur in less-active sites (high moisture content) with lower interaction energies; therefore, the differential enthalpy of adsorption is lower. This trend occurred for whole coffee (without grinding) and grinded coffee samples roasted at MD level (Figure 7-B). At these samples, adsorption occurred at vapor form, because the released energy of this process did not attained the value of latent heat of condensation.

However, coffee roasted to ML presented different behavior for grinded coffee (fine, medium, coarse), as can be seen in Figure 7-A. Higher values of ΔH indicates that, during adsorption, there are more polar sites or sorption sites at the adsorbent surface of coffee. Viganó et al. (2012) reported that higher values reflect higher interaction energies and a greater heterogeneity of water molecules, suggesting that these products are more strongly affected by changes in relative humidity.

ΔH values as a function of the particle size of roasted coffeemay be analyzed by evaluating roasting. Coffee ground MD samples were statistically similar ($p < 0.05$) but differed from the pattern for whole roasted coffee. Baptestini (2011) also concluded that arabica coffee samples that

were roasted and ground to the fine, medium, and coarse particle sizes were statistically equivalent. However, coffee roasted to ML presented random pattern. The medium and coarse particle sizes of conilon coffee are statistically equal ($p < 0.05$).

Differential entropy of adsorption had the same tendency as ΔH. A similar result was reported by Al-Muhtaseb, McMinn and Magee (2004) for starch powder and by Baptestini (2011) for ground roasted coffee stored in various packages.

Coffee samples roasted to ML and grinded exhibited a pattern opposite to the above-described. According to Rizvi (2005), there are two opposite patterns for the differential entropy of water adsorption in food: a loss of entropy because of the water location or an increase in entropy as a result of the formation of a solution, for example, during food solubilization and product expansion. Therefore, the increase in ΔS indicates the formation of water molecule layers that will be subsequently removed from the product surface. This trend indicates that samples roasted to MD permits the formation of water layers.

The observed and estimated values of the change in the Gibbs free energy are shown in Figure 9.

Regardless of roast and grind degree, Gibbs free energy values were negative. This is typical of an exergonic reaction or spontaneous process, which does not require the addition of energy from the environment surrounding the product. Whole bean coffee had lower ΔG values than the ground samples, regardless of roasting degree (Figure 9). Lower absolute ΔG values are related to lower product hygroscopicity.

Throughout storage, is expected a decrease in ΔG values, because coffee samples adsorb moisture from the environment, decreasing the number of adsorption sites and, therefore, reducing the potential for spontaneous water sorption. This trend can be noticed at Figure 9.

Temperature affects ΔG, increasing its values at higher temperatures (Figure 9). This trend is related to the higher level of excitation of molecules comprising the product, accelerating gas exchange, increasing the rate and degree of spontaneity of water sorption.

To validate the theory of enthalpy-entropy compensation, the isokinetic temperature should be compared with the harmonic mean (Thm) of the temperature range used to determine the sorption isotherms. The calculated Thmwas 292.82 K. The results (Table 4) indicate thatthe enthalpy-entropy compensation theory may be applied because TB ≠ Thm, except for the ML roasted and finely ground conilon coffee sample.

The enthalpy-entropy compensation theory is, most likely, not valid for this sample because the ΔS values recorded for this sample (Figure 8A) were close to zero.According to Table 4, the water sorption mechanism of roasted coniloncoffee may be controlled by either the enthalpy or entropy, with a greater number of samples controlled by entropy (5) than enthalpy (2).

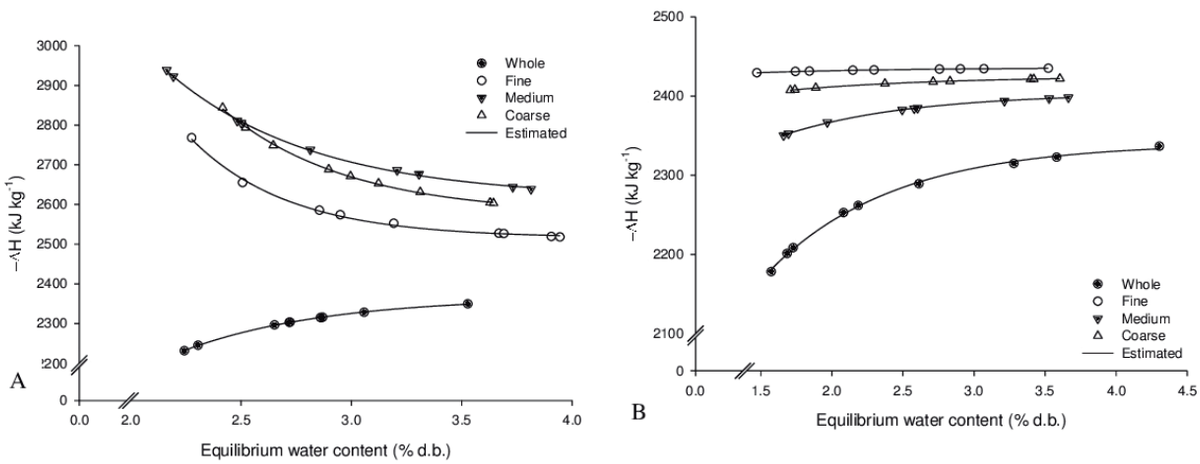

FIGURE 7 - Observed and estimated values of differential enthalpy of adsorption(Δ*H*) of conilon coffee roasted at medium light (A) and moderately dark (B), in different particle sizes.

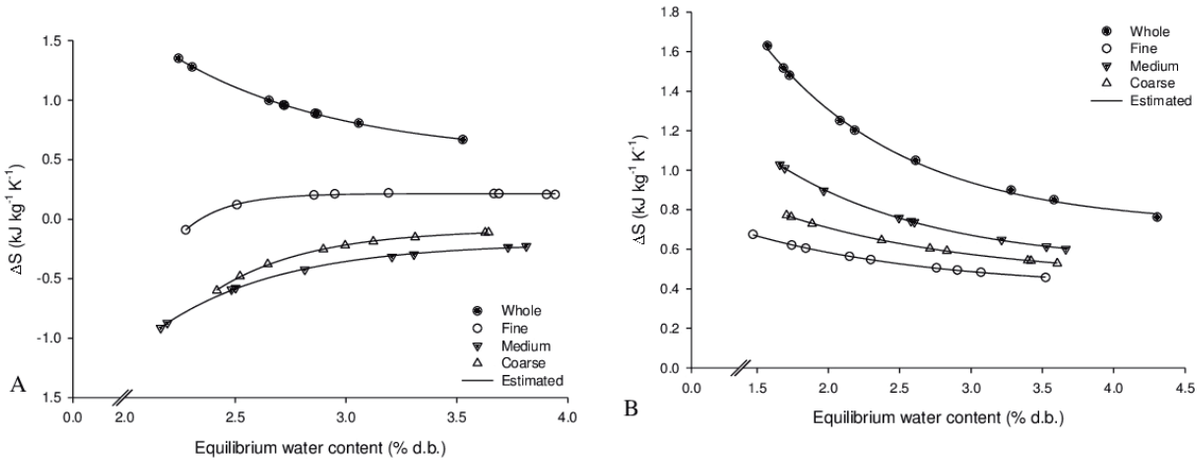

FIGURE 8 - Observed and estimated values of differential entropy of adsorption(ΔS) of conilon coffee roasted at medium light (A) and moderately dark (B), in different particle sizes.

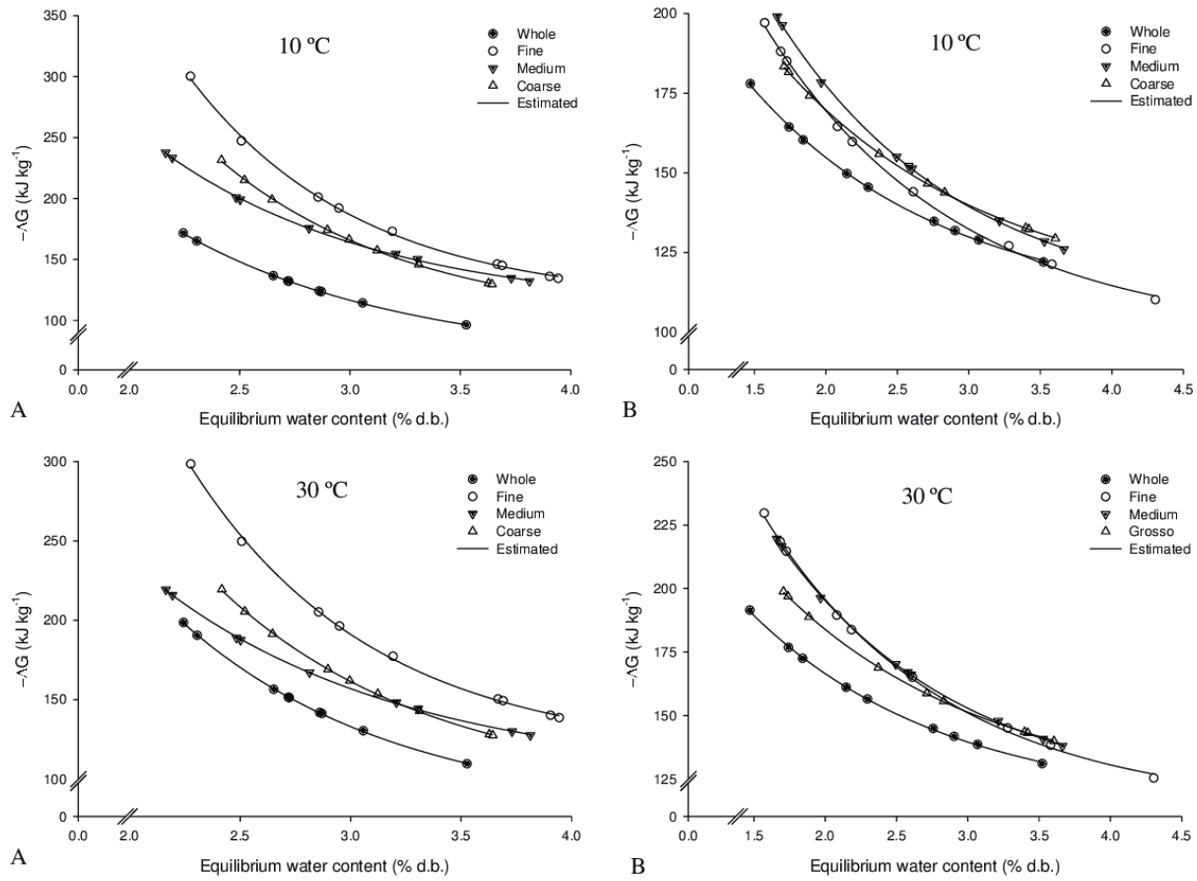

FIGURE 9 -Observed and estimated values of Gibbs free energy (ΔG) of conilon coffee roasted at medium light (A) and moderately dark (B), in different particle sizes, stored at 10 and 30 ºC

TABLE 4 -Isokinetic temperature (T_B) and Gibbs free energy at isokinetic temperature (ΔG_B) in order to evaluate the enthalpy-entropy compensation theory of Conilon coffee, in two roasting degrees (ML – medium light; MD – moderately dark) and in four particle sizes.

Part.Size	ML		MD	
	T_B (K)	ΔG_B (kJ kg^{-1})	T_B (K)	ΔG_B (kJ kg^{-1})
Whole 174.82 ± 13.95		-2469.36	25.82 ± 2.91	-2446.99
Fine	768.90 ± 516.31	-2710.43	183.15 ± 12.52	-2479.41
Medium	434.73 ± 41.46	-2547.20	112.58 ± 10.69	-2467.04
Coarse	490.92± 67.55	-2557.00	60.73 ± 4.81	-2454.45

4 CONCLUSIONS

Roasting coffee to moderately dark (MD) increased the hygroscopicity of these samples compared to coffee roasted to medium light (ML).

The Sigma-Copace model best describes the hygroscopic equilibrium, followed by Halsey model.

The equilibrium moisture content of roasted coniloncoffee decreases with an increase in temperature at a given value of a_w.

Differential enthalpy (ΔH)and differential entropy (ΔS) values altered with moisture content variation of coffee.

The enthalpy-entropy compensation theory may be satisfactorily applied to water sorption by coffee.

5 ACKNOWLEDGEMENTS

The authors express their gratitude to CNPq for the financial support to perform this work (Edital Universal CNPq nº 14/2012, 483622/2012-5).

6 REFERENCES

AL-MUHTASEB, A. H.; MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Water sorption isotherms of starch powders: part 2, thermodynamic characteristics. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 62, p. 135-142, 2004.

ANDUEZA, S.; DE PEÑA, M. P.; CID, C. Chemical and sensorial characteristics of espresso coffee as affected by grinding and torrefacto roast. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, p. 7034-7039, 2003.

ANESE, M.; MANZOCCO, L.; NICOLI, M. C. Modeling the secondary shelf life of ground roasted coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, p. 5571-5576, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Norma de qualidade recomendável e boas práticas de fabricação de cafés torrados em grão e cafés torrados e moídos**. Disponível em: <http://www.abic.com.br/publique/media/NMQ_LEGISLAcaO_NORMAQUALIDADE.pdf>. Acesso em: 13 out. 2015.

BAPTESTINI, F. M. **Efeito da granulometria e da embalagem na sorção de água pelo café torrado e moído**. 2011. 95 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

BICHO, N. C. et al. Use of colour parameters for roasted coffee assessment. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 3, p. 436-442, 2011.

BRUNAUER, S. **The adsorption of gases and vapors**. Princeton: Princeton University Press, 1945.

CHU, B. S. et al. Separation of vitamin E from palm fatty acid distillate using silica: I equilibrium of batch adsorption. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 62, p. 97-103, 2004.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; STRINGHETA, P. C. Estudo do fenômeno de adsorção de água e seleção de modelos matemáticos para representar a higroscopicidade do café solúvel. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 19-25, 2000.

CORRÊA, P. C. et al. Isotermas de sorção de água de frutos de *Coffea canephora*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 10, p. 1047-1052, 2014.

CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; SANTOS, E. S. Thermodynamics properties of agricultural products processes. In: ARANA, I. (Ed.). **Physical properties of foods:** novel measurement techniques and applications. Boca Raton: CRC, 2012. p. 131-141.

FURMANIAK, S. et al. Searching the most optimal model of water sorption on foodstuffs in the whole range of relative humidity. **Food Research International**, Amsterdam, v. 42, n. 8, p. 1203-1214, 2009.

HASSINI, L. et al. Desorption isotherms and thermodynamic properties of prickly pear seeds. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 67, p. 457-465, 2015.

HENAO, J. D.; QUEIROZ, M. R.; HAJ-ISA, N. M. A. Umidade de equilíbrio de café cereja descascado baseada em métodos estático e dinâmico. **Revista Brasileira de**

Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 470-476, 2009.

IACCHERI, E. et al. Different analytical approaches for the study of water features in greenand roasted coffee beans. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 146, p. 28-35, 2015.

ILLY, A.; VIANNI, R. **Espresso coffee:** the chemistry of quality. San Diego: Academic, 1996. 253 p.

OLIVEIRA, G. H. H. et al. Caracterização física de café após torrefação e moagem. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, p. 1813-1828, 2014.

RAMÍREZ-MARTÍNEZA, A. et al. Water transport in parchment and endosperm of coffee bean. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 114, n. 3, p. 375-383, 2013.

RIZVI, S. S. H. Thermodynamic properties of foods in dehydration. In: RAO, M. A.; RIZVI, S. S. H.; DATTA, A. K. (Ed.). **Engineering properties of foods**. New York: CRC, 2005. p. 239-326.

ROBERTSON, G. L. Packaging of beverages. In: _____. **Food packaging:** principles and practice. New York: M. Dekker, 1993. p. 588-621.

SAMAPUNDO, S. et al. Sorption isotherms and isosteric heats of sorption of whole yellow dent corn. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 79, n. 1, p. 168-175, 2007.

SCHMIDT, C. A. P.; MIGLIORANZA, E.; PRUDÊNCIO, S. H. Interação da torra e moagem do café na preferência do consumidor do oeste paranaense. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1111-1117, 2008.

SHAFAEI, S. M.; MASOUMI, A. A.; ROSHAN, H. Analysis of water absorption of bean and chickpeaduring soaking using Peleg model. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, Riyadh, 2016. In press.

SILVA, F. S. et al. Ângulo de repouso, atrito interno e efetivo dos grãos de café compergaminho. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 17-23, 2006.

VARGAS-ELÍAS, G. A. **Avaliação das propriedades físicas e qualidade do café em diferentes condições de torrefação**. 2011. 111 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

VIGANÓ, J. et al. Role of enthalpy and entropy in moisture sorption behavior of pineapple pulp powder produced by different drying methods. **Thermochimica Acta**, Amsterdam, v. 528, p. 63-71, 2012.

MARCAS *VERSUS* AS DENOMINAÇÕES DE CULTIVARES PRESENTES EM DUAS INDICAÇÕES GEOGRÁFICAS BRASILEIRAS PARA CAFÉ

Patrícia Maria da Silva Barbosa[1], Celso Luiz Salgueiro Lage[2],
Lucia Regina Rangel de Moraes Valente Fernandes[3]

(Recebido: 17 de setembro de 2015 ; aceito: 25 de novembro de 2015)

RESUMO: O crescente interesse dos consumidores nos cafés que destacam a qualidade e origem está criando um nicho mercadológico que busca mais do que se pode perceber através dos cinco sentidos físicos. Estes atributos extras podem ser sinalizados pelos produtores através do uso de Marcas e Indicações Geográficas. Indicar a cultivar fornecedora do café no pacote, inserindo-a na marca poderia ser uma forma de carrear o prestígio da cultivar ao produto. Porém, o registro de marcas como denominações de cultivares é proibido, segundo a Lei de Cultivares brasileira. Procurou-se, no presente trabalho, identificar a existência de marcas, contendo as denominações das cultivares utilizadas pelas Indicações Geográficas "Região do Cerrado Mineiro" e "Alta Mogiana". Visou-se, ainda, propor possíveis soluções para o conflito legislativo. Para tanto, confrontaram-se as informações disponibilizadas pelos bancos de dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Como resultado, concluiu-se que, 7 das 10 cultivares discriminadas nas Indicações Geográficas estão presentes em marcas depositadas no INPI. Porém, nenhuma marca foi solicitada por titulares de denominação de cultivar no Registro Nacional de Cultivares. Devido à ausência de proibição na lei de Marcas sobre o registro de denominações de cultivares, sugere-se o uso dos incisos VI, X e XVII da Lei da Propriedade Industrial.

Termos para indexação: Região do Cerrado Mineiro, Alta Mogiana, Lei de Cultivares brasileira,Lei da Propriedade Industrial brasileira,sinais distintivos.

BRANDS *VERSUS* CULTIVAR DENOMINATION IN TWO BRAZILIAN GEOGRAPHICAL INDICATIONS FOR COFFEE

ABSTRACT: *The coffees consumer interest based on quality and origin labeling increasing is creating a market which seeks for more than can be perceived through the five physical senses. These extra attributes can be signaled by the producers through the use of brands and geographical indications. Insert in a coffee package the cultivars denomination as a brand could be a way of carrying the prestige of it to the product. However, registers a cultivar denomination as trademark is prohibited under the Brazilian Plant Cultivar Protection Act. This study sought to identify the existence of brands with varieties denominations used by "Região do Cerrado Mineiro" and "Alta Mogiana", coffee Brazilian Geographic Indications.As well discuss conflicts legislative possible solutions. It has confronted information provided by Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply´s and National Institute of Industrial Property´ databases. 7 of the 10 cultivars discriminated on Geographical Indications are present in brands deposited at the National Institute of Industrial Property. But none of the registers belongs to the National Listrecord designation´s owner. It´s suggested that varieties denominations should use VI, X and XVII Industrial Property Law ´s sections of prohibitions, as applicable.*

Index terms: *Cerrado Mineiro Region, Alta Mogiana, Brazilian law on cultivars, Brazilian Industrial Property Law, Distinctive Signs.*

1 INTRODUÇÃO

Pode-se dizer que o interesse formal pelo café de qualidade no Brasil começou em 1969 quando, visando adequar-se ao cenário internacional, o governo implantou o Plano de Renovação e Revigoramento de Cafezais, através do Instituto Brasileiro do Café (IBC). Na época,para receber financiamento do governo através deste plano, os produtores deveriam apresentar projetos baseados em um zoneamento agro-climático, com uso de variedades melhoradas e aplicação de novas tecnologias, tais como práticas de correção de solo e adubação, entre outras.

Era um cenário de crise do café como *commodity,* que influenciou parte dos produtores nacionais a buscarem cafés diferenciados, devido ao melhor preço praticado no mercado internacional, de acordo com a melhor qualidade (LEÃO; PAULA, 2010). Neste contexto, a questão da origem das cultivares empregadas, visando à aquisição de qualidade da bebida a informação destes atributos ao consumidor ganhou importância.

[1]Instituto Nacional da Propriedade Industrial -Diretoria de Marcas - Rua São Bento, 1 - 7° andar - 20.090-010 - Rio de Janeiro -RJ patmaria@inpi.gov.br
[2]Universidade Federal do Rio de Janeiro/Instituto Nacional da Propriedade Industrial - Academia de Propriedade Intelectual e Inovação - Rua Mayrink Veiga, 9 - 18° andar -20.090-910 - Rio de Janeiro - RJ - clage@inpi.gov.br
[3]Instituto Nacional da Propriedade Industrial - Academia de Propriedade Intelectual e Inovação - Rua São Bento, 1 - 18° andar 20.090-010 - Rio de Janeiro - RJ - luciareg@inpi.gov.br

Porém, a obtenção e a disponibilização de uma cultivar que tenha influência direta na qualidade da bebida produzida é resultado de um complexo e demorado esforço inovativo, que ocorre, geralmente, após um demorado programa de melhoramento vegetal. Desta forma, identificar a cultivar obtida é tão importante que a existência de uma denominação própria é um dos cinco atributos obrigatórios para a obtenção da proteção legal por propriedade intelectual (BRASIL, 2011).

Atualmente, para se identificar uma nova cultivar devem ser seguidas as regras específicas previstas na Lei de Proteção de Cultivares - Lei 9.456/97 ou LPC (BRASIL, 1997b) e no Decreto de Proteção de Cultivares, Decreto n° 2.366/1997(BRASIL, 1997a), que a regulamenta.

Segundo estas, a denominação de uma cultivar deve conter de uma a três palavras, que podem resultar em uma combinação alfanumérica (*BRS 185*), uma combinação de palavras e letras (*IPR* Uirapuru*) o*u uma combinação de palavras e números, como Silotec 20 (BRASIL, 2011).

Esta cultivar deve designar um grupo de plantas com características fenotípicas e genotípicas homogêneas, perfeitamente identificáveis, significativamente diferentes de outras cultivares, e estáveis, transmissíveis ao longo das gerações seguintes (BRASIL, 1997b, art. 3).

Isto vai indicar ao consumidor atributos específicos de um produto e esse é comumente atingido através da utilização das marcas. Citar na marca, a presença de uma cultivar reconhecida pelo mercado como produtora de cafés de boa qualidade, poderia ser uma alternativa interessante. Porém, esta utilização é proibida pelo Decreto de Proteção de Cultivares que determina que é proibido registrar como denominação de cultivar, termo que esteja requerido como marca no INPI (BRASIL, 1997a, art. 7, alínea l, parág. 1).

Porém, não basta apenas plantar uma cultivar, capaz de produzir bebida de qualidade superior. Scholz et al. (2013, p. 14) publicaram um estudo em que avaliavam os atributos sensoriais e as características físico-químicas do grão torrado e da bebida de diferentes variedades,em dois municípios cafeeiros do estado do Paraná e concluiu que: "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".

Tal afirmação reforça a influência do local onde o café é plantado e de todo seu processo de produção. Desta forma, a determinação de uma origem geográfica produtora de cafés de qualidade é uma importante ferramenta de diferenciação no mercado.

Entidades coletivas, interessadas em buscar o reconhecimento de suas regiões como territórios diferenciados para a produção de café ,têm buscado o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) para obterem registros de Indicações Geográficas (IGs). Isto porque a identificação de uma origem geográfica é justamente a base do conceito da proteção por Indicações Geográficas (IGs).

As IGs são sinais distintivos de uso coletivo, divididas em duas modalidades: Indicação de Procedência (IP) e Denominação de Origem (DO) (BRASIL, 1996, art. 176). Grosso modo podemos dizer que a IP é a expressão ou sinal que indica a origem geográfica específica de um produto ou serviço, enquanto na DO soma-se à definição da IP, o fato de que este produto ou serviço possui tais características particulares, devido ao meio geográfico em que se encontra, tais como o tipo de solo, o qual confere sabores diferenciados a uma uva produtora de vinho. Nesta, se incluem ainda fatores humanos singulares tais como as condições específicas de produção, como, por exemplo, a forma ímpar de manusear o leite para transformá-lo em queijo (BARBOSA; FERNANDES; LAGE, 2013).

Diversos autores, como Niederle (2012), Schübler (2009) e Vieira, Watanabe e Bruch (2012), creditam às IGs, a possibilidade de servirem como instrumentos para valorizar e atestar os níveis de qualidade e as singularidades regionais de produtos relacionados a fatores naturais ou humanos, de uma área geográfica delimitada, influenciando em seu desenvolvimento territorial.

Tais características diferenciadoras dos produtos assinalados pela IG costumam estar descritas no Regulamento de Uso. Este é um documento obrigatório onde deve constar o processo de produção, seu controle e ainda outras informações que o titular considere pertinentes. Portanto, o regulamento é um importante documento norteador da IG.

As principais características, segundo a legislação em vigor dos ativos de propriedade intelectual, abordados neste estudo, cultivares, marcas eIGs, estão presentes no Quadro 01.

O órgão oficial de registro de IGs e Marcas é o INPI, enquanto a proteção de cultivares é de competência do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC), vinculado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

QUADRO 1 - Principais características, segundo a legislação em vigor das IGs, marcas e cultivares. Elaboração própria.

CARACTERÍSTICAS	DENOMINAÇÃO DE CULTIVAR	MARCA	IG
Legislação em vigor	Lei 9.456/97 (LPC) Decreto 2.366/97	Lei 9279/97 (LPI)	Lei 9279/97 (LPI) Instrução Normativa INPI nº 25/2013
Função	designar um grupo de plantas com características fenotípicas e genotípicas homogêneas	identificar e distinguir produtos e serviços	proteger nome geográfico
Titularidade	requerente do registro	requerente do registro	produtores e prestadores de serviço locais que sigam o regulamento de uso*
Documentação específica	relatório descritivo com os descritores morfológicos e agronômicos	inexistente	regulamento de uso
Direito de uso	titular do registro	titular do registro	residentes na região geográfica demarcada
Vigência da proteção	18 anos (para café)	dez anos renováveis indefinidamente	indefinida, independente de renovação

*A titularidade de uma IG não é citada no marco legal em vigor. Para maiores informações verificar Lei 9.279 (BRASIL, 1996) e Instrução Normativa INPI n°25/2013 (BRASIL, 2013).

No entanto, é necessário salientar que existe uma distinção entre proteção e registro de cultivares: a proteção é outorgada pelo SNPC, e garante ao obtentor direitos de propriedade sobre a cultivar desenvolvida, permitindo a cobrança de royalties, por exemplo. Já o registro no Registro Nacional de Cultivares (RNC), também vinculado ao MAPA, habilita as cultivares à comercialização. Sem este registro, a cultivar não pode ser comercializada e disponibilizada ao cultivo.

Todos estes ativos de propriedade intelectual podem ser utilizados em conjunto, para sinalizar diversas informações ao consumidor. Dentro desta perspectiva, o objetivo do presente estudo é verificar a existência de marcas contendo denominações de cultivares e propor soluções para a controvérsia de registro de denominação de cultivar *versus* marcas, segundo as legislações em vigor, LPC e LPI. Usou-se, como base, o segmento de cafés brasileiros protegidos por IGs. Foi verificado se o regulamento de uso das IGs discriminava cultivares específicas, a serem utilizadas pelos produtores, e se estas cultivares eram alvo de pedidos e/ou registros de marcas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia empregada para a realização deste estudo foi de pesquisa qualitativa, com estudo de caso do tipo descritivo-explanatório (YIN, 2010). É uma estratégia de pesquisa abrangente, com uso de múltiplas fontes de evidência: levantamentos acadêmicos,dados secundários e documentos oficiais, tais como a legislação vigente no país sobre o tema: Lei 9279/97, Lei 9456/97, Decreto 2366/97 e Instrução Normativa INPI n°25/2013.

A pesquisa foi possível tendo em vista a disseminação de informações por meio da página oficial, na Internet, dos dados sobre depósitos e concessões de marcas (http://www.inpi.gov.br/portal/artigo/busca__marcas) e devido ao acesso a cópias na íntegrados processos de Indicações Geográficas (IGs), da base pública. Desta forma, a base de dados de marcas e os processos de IGs, disponibilizados pelo INPI: "Região do Cerrado Mineiro" (processo n° IG990001), "Região da Serra da Mantiqueira de Minas Gerais" (processo n°IG200704), "Norte Pioneiro do Paraná"(processo n° IG200903) e "Alta Mogiana" (processo n°IG200703), foram importantes fonte de consulta.

A mesma importância teve a base de dados disponibilizada na internet pelo MAPA. As denominações de cultivares registradas foram consultadas na seção respectiva do Portal do MAPA (http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/protecao-cultivares/denominacao-cultivares). As cultivares protegidas, por sua vez, foram identificadas na página http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/protecao-cultivares/cultivares-protegidas.A existência de poucos estudos publicados a respeito, que compreendam todos os aspectos trazidos à baila, ainda impede generalizações. Da mesma forma, o objeto de estudo em questão, devido à sua característica, não comporta análises estatísticas. Portanto, a pesquisa exploratória é significativa nestes casos, especialmente quando se visa modificar e esclarecer conceitos ainda não pacificados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1IG x Cultivar

Segundo Schübler (2009), o café com determinação de origem não segue os padrões do mercado de café como *commodity*, tendo cotação superior. Com vistas a atingir este mercado, foram depositados no INPI nove pedidos de registros de IGs, para o produto café, desde a entrada em vigor da LPI em 1997, até novembro de 2013. Este número representa 16,4% da totalidade dos depósitos nacionais (dados referentes até novembro de 2013, segundo a base de dados do INPI).

Destes nove depósitos, quatro se tornaram IGs reconhecidas (até novembro de 2013) e todas elas na modalidade de Indicação de Procedência (IP), conforme demonstrado no Quadro 02.

Cumpre informar que o INPI reconheceu a denominação de origem "Região do Cerrado Mineiro" em 31/12/2013, data posterior ao período do presente estudo, motivo pelo qual não ela é aqui analisada.

Tem-se, portanto, que uma IG se localiza no estado de São Paulo: Alta Mogiana; uma, no estado do Paraná: Norte Pioneiro do Paraná e duas, no estado de MinasGerais: Região da Serra da Mantiqueira de Minas Gerais e Região do Cerrado Mineiro.

Minas Gerais é o estado que mais requereu IGs para café, ao INPI, durante o período de estudo, correspondendo a 66,7% dos pedidos com seis solicitações. Pode-se considerar que esta liderança esteja correlacionada à história da região e à adesão dos cafeicultores mineiros ao Plano de Renovação e Revigoramento de Cafezais, a partir de 1969. Além disto, a região do Cerrado Mineiro foi a 1ª região produtora de café demarcada no Brasil, através da Portaria 165/95 do Instituto Mineiro de Agropecuária da Secretaria da Agricultura, do estado de Minas Gerais.

QUADRO 2 - Indicações Geográficas nacionais reconhecidas para café, até novembro de 2013.

Elaboração própria.

IG	N° do Processo	Data da concessão	Escopo da proteção
Região do Cerrado Mineiro (IP)	IG990001	14/04/2005	café
Região da Serra da Mantiqueira de Minas Gerais (IP)	IG200704	31/05/2011	café
Norte Pioneiro do Paraná (IP)	IG200903	29/05/2012	café verde em grão e industrializado torrado em grão e ou moído
Alta Mogiana (IP)	IG200703	17/09/2013	café

Os quatro pedidos de registro, depositados no INPI tiveram seus regulamentos de uso verificados. A IG "Norte Pioneiro do Paraná"e a IG "Região da Serra da Mantiqueira do estado de Minas Gerais"não explicitaram, em seus regulamentos, quais variedades deveriam ser empregadas. Apenas determinaram que os produtores deveriam utilizar a espécie *Coffea arábica*.

Este fato chama a atenção, pois o regulamento de uso é o instrumento oficial que visa reger o processo de produção do café, que será sinalizado pela IG. A variedade empregada, reconhecidamente, faz diferença no café produzido (CARVALHO, 2008; FAZUOLI et al., 2007; LIMA FILHO et al., 2013). Portanto, considera-se que incluir esta informação neste documento valorizaria ainda mais a especificidade do produto.Como a legislação em vigor não exige esta especificidade, a omissão pode acontecer pela praticidade. Evitar-se-iam, assim,dificuldades no caso da cultivar apresentar problemas, ao longo da produção ou ainda caso fosse substituída por outra nova,com melhor desempenho.

No entanto, encontrou-se que as IGs "Região do Cerrado Mineiro e Alta Mogiana discriminaram, em seu regulamento de uso, quais as cultivares a serem utilizadas pelos produtores locais (Quadro 03):

A análise comparativa das cultivares presentes no Quadro 03, com a literatura acadêmica disponível (CARVALHO, 2008; FAZUOLI et al., 2007; LEÃO; PAULA, 2010; LIMA FILHO et al., 2013; SCHOLZ et al., 2013) comprovou que estas cultivares são consideradas com destaque na produção de bebida de qualidade superior.

Importante observar que as denominações das cultivares, aqui elencadas no Quadro 03, estão grafadas exatamente conforme a escrita apresentada nos processos depositados no INPI. Acontece que, no Brasil, até o final da década de 1990, a denominação de uma cultivar era acompanhada do número da linhagem. Desta forma, uma cultivar Catuaí Amarelo possuía várias linhagens, denominadas como H2077-2-5-62 e H2077-2-5-74 (CARVALHO, 2008).

QUADRO 3 - Cultivares presentes no regulamento de uso da IP "Região do Cerrado Mineiro" e na IP "Alta Mogiana".

Cultivares presentes no regulamento de uso da IP "Região do Cerrado Mineiro"	Cultivares presentes no regulamento de uso da IP "Alta Mogiana"
Mundo Novo linhagens 379-19; 376-4; 515-11; 515-3 e 388-17	Mundo Novo IAC 379/19, 388/17 e 379/4
Acaiá linhagens 474-19; 474-4; 474-1 e 474-7	
Catuaí Vermelho linhagens H 2077-2-5-144, 99, 44, 81 e 15	Catuaí Vermelho IAC/99
Catuaí Amarelo H 2077-2-5-74, 39, 47, 62, 86, 32 e 100	Catuaí Amarelo IAC/62
Icatu Vermelho linhagens 2941, 2942, 2945, 4040, 4041, 4042, 4042, 4046 e 4228	
Icatu Amarelo 2944, 3282 e 2907	
Catucaí linhagens F4-L36/6.9/24, 24/B7, L35N, L7/21 E L7/21-17	
IAPAR 59	
Tupi IAC	
Obatã IAC	Obatã Vermelho IAC 1669/20
Rubi	
Bourbon Amarelo linhagens LCJ3-400, IAC J9, J10, J19, J20, J22 E J24.	Bourbon Amarelo IACLCJ10

Este tipo de denominação ainda é usualmente utilizada no mercado, caso da IG "Região do Cerrado Mineiro" ,que valeu-se das denominações antigas e/ou sinonímia, na descrição de suas cultivares. Exemplo da Obatã IAC, em que o termo "vermelho" e a numeração foram omitidos.

O confronto entre as cultivares presentes nas duas IGs, segundo o Quadro 03, demonstra que a IP Alta Mogiana é mais restritiva e discrimina um número menor de cultivares, que podem ser utilizadas pelos produtores do que a IP "Região do Cerrado Mineiro". Apenas duas cultivares são utilizadas por ambas: Mundo Novo IAC 379/19 e a Obatã Vermelho IAC 1669/20. Estas registradas no RNC, sob o n° 02909 e 1669/20, respectivamente.

Esta pequena interseção entre os conjuntos é um resultado compatível com o conceito de especificidade, contido nas IGs. Isto porque o interesse das IGs estudadas é justamente diferenciar-se no mercado ao oferecer um produto singular, compatível de ser considerado café especial. O mesmo pode-se dizer sobre as cultivares, tendo em vista que uma cultivar possui características próprias que se adequam mais a determinadas condições ambientais do que outras. Portanto, o resultado encontrado está de acordo com o esperado.

Importante ressaltar que, conforme busca na página oficial da internet do SNPC, realizada em dezembro de 2013, nenhuma destas cultivares se encontrava protegida.

3.2 Marca X Denominação de Cultivar

De acordo com Decreto de Proteção de Cultivares (BRASIL, 1997a, art. 7, alínea l, parág. 1) "O titular do direito de proteção não poderá utilizar, como denominação da cultivar, uma designação que reproduza, no todo ou em parte, marca de produto ou serviço vinculado à área vegetal, de aplicação da cultivar, ou marca notória".

Esta restrição visa impedir a fidelização à marca (BARBOSA, 2013). E ainda que o titular da marca possa criar obstáculos a livre comercialização após a extinção de direitos da cultivar. Isto porque, a proteção por cultivar tem limite temporal, enquanto o registro de marca pode ser prorrogado por tempo indeterminado. Basta apenas o titular solicitar a renovação do registro, a cada dez anos.

Para identificar se as denominações das cultivares discriminadas nas IGs estudadas estão presentes em marcas de café, realizou-se uma comparação entre estas e os depósitos de pedidos de registro de marcas e as concessões no banco de dados de marcas do INPI. Como denominação foi considerada apenas o termoprincipal, desconsiderando as linhagens.

No Quadro n° 03, apresentam-se os resultados encontrados. Estes foram elaborados a partir dos dados levantados, através da busca no site do INPI – http://www.inpi.gov.br. O período de estudo foi de 01/01/2003 a 01/01/2013, pois, buscou-se configurar o cenário disponível no segmento cafeeiro, durante a última década. Como critério temporal utilizou-se a data de depósito.

A Classificação Internacional (NICE) de Produtos e Serviços para o Registro de Marcas - NCL possui 45 classes. Cada uma corresponde a um grupo específico de produtos ou serviços ao qual a marca se destinará. Desta forma, apenas a classe NCL(10)30 foi examinada, tendo em vista ser esta a classe que abrange produtos relativos ao café. E considerando ainda que a proibição de registro de denominação de cultivar considera os segmentos mercadológicos em que a marca é utilizada. Portanto, incide apenas em produtos ou serviços que guardem relação com a área de inserção da cultivar. O SNPC faz a busca na base de dados do INPI, nas classes 29 a 31, tendo em vista que as mesmas se referem à área vegetal, em especial, aos materiais propagativos (sementes, mudas, gemas, etc), conforme disposto no Art. 7º , Item l, do decreto 2366/97, que regulamenta a LPC.

Pelo Quadro n°04, conclui-se que existem seis registros de marcas, contendo denominação de quatro cultivares presentes nas IGs "Alta Mogiana" e "Região do Cerrado Mineiro". São elas: Bourbon, Icatú, Mundo Novo e Rubi.

Informa-se, ainda, que a denominação de cultivar mais utilizada nos pedidos de registros de marcas é a Bourbon com 11 depósitos, seguido pela expressão Mundo Novo, com cinco depósitos.

Importante ressaltar que a Bourbon é a cultivar considerada mais apta a fornecer a melhor qualidade de bebida, segundo a literatura disponível. É componente principal de diversos melhoramentos e considera-se que a qualidade da bebida está intimamente relacionada à porcentagem presente desta nos parentais (CARVALHO, 2008).

Desta forma, o resultado apresentado no Quadro n° 04 faz cogitar se a utilização deste termo intenciona indicar ao consumidor que o café a ser por ele consumido tem origem em cultivares reconhecidas pelo mercado como de bebida superior.

QUADRO 4 - Correlação entre as cultivares discriminadas no regulamento de uso das IGs Alta Mogiana e Região do Cerrado Mineiro e os pedidos de registros de marcas, depositados no INPI até janeiro de 2013.

Elaboração própria

Cultivar	Processos depositados	Registros	Processos arquivados ou extintos	Processos pendentes de exame
Acaiá	0	-	-	-
Bourbon	11	3	2	6
Catuaí	2	-	2	-
Catucaí	0	-	-	-
IAPAR	0	-	-	-
Icatú	3	1	1	1
Mundo Novo	5	1	4	-
Obatã	1	-	1	-
Rubi	3	1	2	-
Tupi	1	-	-	1

Considerando a expressiva participação da denominação Bourbon nos depósitos de marca encontrados foi elaborado o Quadro n° 05 para identificar mais detalhes sobre estes:

O exame do Quadro n°05 indica que a prática de utilizar a denominação de cultivar como marca é antiga, considerando o registro 007005814, depositado em 14/09/1978. Este foi requerido antes da LPC e do Decreto 2.366/97 que discriminam a proibição. Além disto, o termo Bourbon não foi encontrado como denominação protegida no MAPA. Portanto, não se verifica ilegalidade nestes resultados.

No entanto, o quadro nos traz ainda outra interessante informação sobre os requerentes das marcas. Segundo o encontrado na lista de cultivares registradas, disponibilizadas pelo RNC em sua página oficial, todas as linhagens de cultivares Bourbon foram desenvolvidas pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC). E nenhuma das solicitações de registro de marca pertence ao Instituto.

3.3 Proposta de solução da controvérsia denominação de cultivar x marca:

Os resultados aqui apresentados levantam questionamentos com relação à existência de marcas com denominações de cultivares para o mesmo produto ou ainda de seus derivados. Se por um lado existe um decreto que determina que é proibido registrar como denominação de cultivar, termo que esteja requerido como marca, não há na LPI, que regula as marcas, previsão expressa da proibição de registrar como marca termo que denomine uma cultivar. No entanto, a LPI possui outras proibições que poderiam ser utilizadas nas soluções destas controvérsias:

1- inciso VI do art. 124 (BRASIL, 1996), relativo a termo de uso comum:

Neste inciso, há a proibição de registro como marca de termos de uso comum, vulgar ou simplesmente descritivo que tenha relação com o produto, salvo quando revestidos de suficiente forma distintiva.

Se a denominação de cultivar fosse considerada termo de uso comum ou descritivo, ela só seria registrável como marca, quando fosse acompanhada de uma figura. Porém, seria informado, no momento do registro, que o titular da marca não teria direito ao uso exclusivo da denominação de cultivar.

No entanto, a adoção deste inciso diluiria o direito de exclusividade do detentor da denominação protegida no SNPC, se estivesse ,durante o período de proteção(18 anos, no caso do café). Isto porque permitiria que terceiros a utilizassem. Porém, seria adequada após este período em que a denominação de cultivar cai em uso comum, segundo a LPC.

Importante recordar que os direitos de proteção intelectual existem apenas para as cultivares que estejam devidamente protegidas no SNPC.

2- inciso X do art. 124 (BRASIL, 1996), relativo à indução a erro:

QUADRO 5 - Relação de depósitos de pedidos de registros de marcas, contendo o termo Bourbon até janeiro de 2013. Elaboração própria.

Marca	Situação	N° do pedido Data de depósito	Requerente
Bourbon	registro	007005814 14/09/1978	M Ferreira Jorge S A Comércio e Indústria
Bourbon (com figura)	extinto	007005954 18/09/1978	M Ferreira Jorge S A Comércio e Indústria
Ipanema Bourbon	registro	820566578 12/02/1998	Ipanema Agrícola LTDA
Bourbon Specialty Coffees (com figura)	registro	822315629 08/06/2000	Bourbon SpecialtyCoffees LTDA
Bourbon	arquivado	828393834 08/03/2006	AntonoLimareis Junior
Astro Bourbon	pendente de exame final	900493445 11/09/2007	Lambari - Exportação e Comércio de café LTDA
Daterra Bourbon Collection	pendente de exame final	902029789 14/10/2009	Daterra Atividades Rurais LTDA
Daterra Bourbon Yellow	pendente de exame final	902041673 19/10/2009	Daterra Atividades Rurais LTDA
Daterra Bourbon	pendente de exame final	902041762 19/10/2009	Daterra Atividades Rurais LTDA
Bourbon Brasil Café (com figura)	pendente de exame final	903684756 26/05/2011	Maria Antonieta ChebabiMatthiesen
Bourbon Brasil Café (com figura)	pendente de exame final	903686635 27/05/2011	Maria Antonieta ChebabiMatthiesen

Ao utilizar o nome de uma cultivar reconhecida como produtora de bebida de qualidade em sua marca estaria o comerciante visando beneficiar-se desta reputação gozada pela cultivar? E como verificar se o café presente na embalagem realmente é derivado da cultivar escrita na embalagem? Caso ela não seja, a marca estaria induzindo o consumidor a erro. Este erro incidiria na proibição prevista no inciso X do art. 124 da LPI (BRASIL, 1996), que disciplina sobre o "sinal que induza à falsa indicação quanto à origem, procedência, natureza, qualidade ou utilidade do produto ou serviço a que a marca se destina".

Este inciso é difícil de ser aplicado, em relação à natureza e à qualidade. Não há previsão legal de exame e controle físico do INPI dos produtos ou serviços, a que a marca se destine. Portanto, este tipo de verificação de presença ou ausência da cultivar não seria realizado.

No entanto, este inciso poderia ser utilizado nos casos de "falsa indicação quanto à origem e procedência", quando o titular do pedido de registro de marca fosse outro que não o detentor da proteção no SNPC.

3- inciso XVIII do art. 124 (BRASIL, 1996), relativo a termo técnico:

Este inciso prevê que "termo técnico usado na indústria, na ciência e na arte, que tenha relação com o produto ou serviço a distinguir" não pode ser registrado como marca. As denominações de cultivar, por se tratarem de termos que são regidos por normas e legislação específica, poderiam ser consideradas como termo técnico e, portanto, serem incluídas nesta proibição.

Apesar de ser um inciso diferente, a proteção seria similar ao inciso VI. Isto, pois, o entendimento atual do INPI é conceder marcas com termos técnicos com a ressalva de que a concessão não confere exclusividade para o titular.

Cumpre ainda ressaltar que, o artigo 7°, alínea l (BRASIL, 1997a) determina que: "O titular do direito de proteção não poderá utilizar, como denominação da cultivar uma designação que reproduza, no todo ou em parte, marca de produto ou serviço vinculado à área vegetal, ou de aplicação da cultivar, ou marca notória".

Desta forma, segundo o Decreto, a restrição é imposta apenas ao titular da denominação que, concomitantemente, tenha uma marca no INPI, sem esclarecer se basta apenas haver pedido ou se esta já deve estar registrada. No entanto, o SNPC tem por procedimento considerar, como impeditivo, apenas as marcas registradas. Considera, também, o caso de marca registrada por terceiros, considerando que haveria infringência a direitos destes.

Voltando ao caso específico do termo Bourbon, encontrado no presente trabalho, há ainda que se considerar que este termo designa, ainda, outras situações: ele é um tipo de uísque, um patronímico de família e ainda o nome de uma famosa rua nos Estados Unidos.

Diante de todo o exposto, há que se ponderar que diversos fatores devem ser considerados, antes de se conceder ou negar, uma marca que contenha uma denominação de cultivar protegida. Cada caso deve ser analisado com parcimônia. Há que se considerar o titular do certificado de cultivar protegida e o titular do pedido de registro de marca, e ainda,se a denominação está no período de proteção ou se já caiu em domínio público. Após esta análise, os incisos apontados poderiam ser utilizados conforme o caso.

Importante ainda ressaltar que, estas sugestões são fruto de estudo acadêmico e não representam o posicionamento da Diretoria de Marcas do INPI.

4 CONCLUSÕES

O produtor já sabe que a qualidade da bebida café é diretamente atrelada às cultivares por ele utilizadas. Indicar a cultivar, inserindo-a na marca poderia ser uma forma de carrear o prestígio desta ao produto. No entanto, o registro de marca como denominação de cultivar é proibido pela LPC e o Decreto de Cultivares, visando evitar que o detentor da marca possa estender a exclusividade de uso da denominação por tempo indeterminado, acarretando uma dupla proteção, o que fere os um dos principios da propriedade intelectual. O confronto das informações disponibilizadas pelos bancos de dados do MAPA e do INPI demonstraram que sete, das dez cultivares, discriminadas nas Igs Região do Cerrado Mineiro e Alta Mogiana foram requeridas como marcas. Borboun foi a denominação mais pedida: onze pedidos. Importante ressaltar que, nenhum destes pedidos pertence ao Instituto Agronômico de Campinas, entidade que possui o registro de todas as linhagens de cultivares Bourbon, no Registro Nacional de Cultivares.

Devido à ausência de inciso explícito no art. 124 da LPI, determinando a proibição absoluta do registro de denominações de cultivares, o presente trabalho propõe a aplicação das proibições já previstas em seus incisos VI, X e XVII, considerando se o requerente da marca é o mesmo detentor de registro da denominação e ainda se a proteção desta está em vigor.

5 AGRADECIMENTOS

À Fabrício Santana Santos, Coordenador do Serviço Nacional de Proteção de Cultivares do MAPAe Luiz Cláudio Dupim, Coordenador de Fomento e Registro de Indicações Geográficas do INPI, pelas valorosas contribuições apresentadas durante as discussões do tema e que muito contribuíram para a elaboração deste trabalho.

6 REFERÊNCIAS

BARBOSA, D. B. A pretensa e a verdadeira crise na proteção de cultivares. **Revista Eletrônica do Instituto Brasileiro de Propriedade Intelectual**, São Paulo, n. 7, p. 296-336, 2013.

BARBOSA, P. M. S.; FERNANDES, L. R. R. M. V.; LAGE, C. L. Quais são as indicações geográficas brasileiras? **Revista Brasileira P**ós **Graduação**, Brasília, v. 10, n. 20, p. 317-347, 2013.

BRASIL. Decreto n° 2.366/97, de 6 novembro de 1997. Regulamenta a Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997, que institui a Proteção de Cultivares, dispõe sobre o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares – SNPC. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, 7 nov. 1997a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1997/d2366.htm>. Acesso em: 12 ago. 2013.

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 15 maio 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9279.htm>. Acesso em: 12 ago. 2013.

BRASIL. Lei n° 9.456, de 25 de abril 1997. Institui a Lei de Proteção de Cultivares. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 28 abr. 1997b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9456.htm>. Acesso em: 12 ago. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Proteção de cultivares no Brasil.** Brasília, 2011. 202 p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. **Instrução Normativa nº 25**, de 21 de agosto de 2013. Estabelece as condições para o Registro das Indicações Geográficas. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.inpi.gov.br/images/docs/instrucao_normativa_25_indicacoes_geograficas[2].pdf>. Acesso em: 12 ago. 2013.

CARVALHO, C.H. S. **Cultivares de café:** origem, características e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. 334 p.

FAZUOLI, L. C. et al. "Alcides Carvalho"cultivares de café arábica do IAC: um patrimônio da cafeicultura. **O Agronômico**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 12-15, 2007.

LEÃO, E. A.; PAULA, N. M. A produção de cafés especiais no Brasil e a emergência de novos padrões de competitividade. In: ENCONTRO REGIONAL DE ECONOMIA, 12., 2010, Porto Alegre. **Resumos Expandidos...** Porto Alegre: ANPEC SUL, 2010. Disponível em: <http://www.ppge.ufrgs.br/anpecsul2010/artigos/12.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2013.

LIMA FILHO, T. et al. Qualidade sensorial e físico-química dos cafés arábica e conilon. **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1887-1901, 2013.

NIEDERLE, P. A. Omercado vitivinícola e a reorganização do sistema de indicações geográficas na região do Languedoc, França. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 14, n. 2, p. 155-173, 2012.

SCHOLZ, M. B. S. et al. Atributos sensoriais e características físico-químicas de bebida de cultivares de café do IAPAR. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 6-16, jan./mar. 2013.

SCHÜBLER, L. Protecting 'Single-Origin Coffee' within the Global Coffee Market: the role of Geographical Indications and trademarks. **Estey Centre of International Law and Trade Policy**, Saskatoon, v. 10, n. 1, p. 149-185, 2009.

VIEIRA, A. C. P.; WATANABE, M.; BRUCH, K. L. Perspectiva de desenvolvimento da vitivinicultura em face do reconhecimento da indicação de procedência "Vales da uva Goethe". **Revista GEINTEC**, São Cristovão, v. 2, n. 4, p. 327-343, 2012.

YIN, R. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 212 p.

SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE CAFEEIROS DO GRUPO CATUCAÍ

Alex Mendonça de Carvalho[1], Antonio Nazareno Guimarães Mendes[2], Fernando Valaci Rezende[3], Cesar Elias Botelho[4], Gladyston Rodrigues Carvalho[5], André Dominghetti Ferreira[6]

(Recebido: 17 de setembro de 2015 ; aceito: 04 de janeiro de 2016)

RESUMO: O melhoramento genético do cafeeiro tem dado efetiva contribuição à cafeicultura brasileira em todas as regiões produtoras de café, por meio do desenvolvimento de cultivares com alta capacidade produtiva, aliada a outras caraterísticas de interesse agronômico e tecnológico para os cafeicultores e consumidores de café. Reunir a expressão favorável para os caracteres de interesse em uma cultivar é o objetivo dos programas de melhoramento. Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar progênies de cafeeiros do grupo Catucaí, portadoras de caracteres de interesse para o agronegócio café. Dessa forma, foram selecionados genótipos de cafeeiros com características favoráveis de produtividade, tamanho de grãos, vigor vegetativo e resistência à ferrugem. O experimento foi instalado no Campo Experimental de Três Pontas, na EPAMIG SUL,utilizando-se 36 tratamentos, sendo 33 progênies derivadas do cruzamento entre cafeeiros do grupo Icatu e cafeeiros do grupo Catuaí e 3 cultivares testemunhas (Catuaí Amarelo IAC 62, Catucaí Amarelo 2 SL e Icatu Precoce IAC 3282). O delineamento experimental foi o látice quadrado 6 x 6, com 3 repetições e as avaliações foram realizadas durante quatro colheitas (2009/10, 2010/11, 2011/12 e 2012/2013). As características avaliadas foram: produtividade média (sacas ha^{-1}), porcentagem de frutos retidos em peneira 17 e acima, vigor vegetativo, incidência e severidade da ferrugem. Os resultados permitem concluir que os tratamentos apresentaram variabilidade para as características produtividade, tamanho de grãos, incidência e severidade de ferrugem. As progênies H 6-47-10 Cova 3 e H 4-35-11 Cv 10 apresentam produtividade superior às demais progênies e cultivares, com características favoráveis de tamanho de grãos e vigor vegetativo, embora tenham exibido maior infecção de ferrugem. As progênies H MS Cv 13 e H MS Cv 11 merecem destaque, pois além de apresentarem alta produtividade média e elevado vigor vegetativo, pertencem ao grupo de progênies com menor infecção de ferrugem; apesar de estarem posicionadas no segundo agrupamento, em relação ao tamanho de grãos, juntamente com as cultivares comerciais Catuai Amarelo IAC 62 e Catucai Amarelo 2SL.

Termos para indexação: Café arábica, melhoramento genético, desempenho agronômico, ferrugem do cafeeiro.

SELECTION OF COFFEE PROGENIES OF CATUCAÍ GROUP

ABSTRACT: *The coffee tree genetic improvement has brought expressive profit to the activity through the use of cultivars with high productivity and favorable agronomic traits. The aim of the improvement programs is gatheningthe best characters in a cultivar. So it searched to select the coffee tree progenies for favorable characteristics of productivity, grains size, vegetative force, resistance to rust and cercospora leaf spot. The experiments were carried out at the EPAMIG Experimental Farm, in TrêsPontas - Minas Gerais, which were used 33 progenies, derived of mix among cultivars of the group Icatu and Catuaí. The square lattice 6x6 with 3 replicates was the experimental designs adopted, and the assessments were made during 4 crops (2009/10, 2010/11, 2011/12 e 2012/13). The characteristics tested were: productivity (bags. ha-1), perceptual of retained fruits in sieves 17 up, notes: vegetative vigor and incidence andseverity of rust. The H6-47-10 Cova 3progenies and H4-35-11 Cv10 show superior productivity to the other progenies and cultivars with favorable characteristics grainsize and plant vigor but were allocated in the group of higher infestationofrust.TheHMSCv13progenies andHMSCv11are note worthy for addition to have a high production and plant vigor is allocated in the group with minor infestation of rust. Regarding the grain size of these two progenies are allocated in the second group along with the commercial cultivars Catuai Amarelo IAC 62 and Catucai Amarelo 2SL.*

Index terms: *Coffee, improvement, productivity, rust.*

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de uma cafeicultura brasileira mais sustentável passa pelo aumento da rentabilidade do produtor, bem como sua permanência na atividade depende de sistemas de cultivo estáveis, que proporcionem maior longevidade para as lavouras. Cultivares produtivas e possuidoras de características adaptadas aos vários sistemas de cultivo estão entre os principais componentes de competitividade e sustentabilidade da cafeicultura.

O desenvolvimento de cultivares resistentes e/ou tolerantes às pragas e doenças tem papel

[1,2,3]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037- 37.200-000 - Lavras - MG carvalho.am@hotmail.com, nazareno.ufla@hotmail.com, fvalaci@hotmail.com
[4,5]Empresa de Pesquisa e Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Campus Universitário da UFLA - Cx.P. 176 - 37.200-000 Lavras-MG - cesarbotelho@epamig.com.br, carvalho@epamig.ufla.br
[6]Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/EMBRAPA - CNPGC - Av. Rádio Maia, 830 -79.106-550 - Campo Grande MS andre.dominghetti@embrapa.br

importante no aumento de produtividade e diminuição de custos de produção. Mesmo que se utilizem defensivos para o controle, a aplicação pode não ser eficiente muitas vezes, e, por isso a utilização de cultivares resistentes é o método mais eficiente de controle e de menor custo, além de evitar a contaminação do ambiente e de trabalhadores rurais (GOMES et al., 2011).

A ferrugem-alaranjada causada por *Hemileia vastatrix* Berk. & Broome é a principal doença do cafeeiro em abrangência e danos. Dependendo da altitude, das condições climáticas e do estado nutricional da planta, a ferrugem pode ocasionar perdas de até 50% na produção (ZAMBOLIM; VALE; ZAMBOLIM, 2005). Apesar de já existirem cultivares resistentes à ferrugem, disponíveis no mercado, é preciso que o trabalho de seleção de progênies e/ou cultivares resistentes à ferrugem seja contínuo. Para os mesmos autores, a durabilidade da resistência das cultivares atuais é difícil de ser prevista. Dessa forma, aliar resistência à ferrugem ao vigor vegetativo e produtividade, é de interesse para o melhoramento genético do cafeeiro com vistas a atender à demanda dos cafeicultores, evidenciando, portanto, a necessidade da continuidade das pesquisas com essa finalidade.

Uma importante fonte de resistência à ferrugem alaranjada do cafeeiro são as cultivares do Grupo Icatu, obtidas a partir de hibridação interespecífica realizada pelo Instituto Agronômico de Campinas, entre um cafeeiro tetraploide de *C. canephora* Pierre ex A. Froehner e uma planta da cultivar Bourbon Vermelho de *Coffea arábica* L. Essa população se apresenta como uma opção para ser utilizada em programas de melhoramento, por demonstrar rusticidade, alto vigor vegetativo, elevada produção e, principalmente, variabilidade para resistência à ferrugem (CARVALHO et al., 2009; CORREA; MENDES; BARTHOLO, 2006).

Petek et al. (2006) encontraram dentro do germoplasma Icatu, progênies resistentes e suscetíveis, porém nenhuma imune ou altamente resistente, indicando a presença de resistência com características de herança quantitativa. Em relação à produtividade, foram identificadas progênies, com média alta de produção, aliando adaptabilidade e estabilidade para essa característica, embora o porte das plantas seja considerado alto (CARVALHO et al., 2009).

Outro grupo de cafeeiros com características de interesse para os programas de melhoramento genético do cafeeiro é o Grupo Catuaí. Oriundo de hibridações entre progênies de 'Caturra Amarelo' e 'Mundo Novo', o grupo é caracterizado por plantas que apresentam internódios curtos, frutos de coloração amarela ou vermelha e maturação média, porte baixo, susceptibilidade à ferrugem e elevada capacidade produtiva, estabilidade e adaptabilidade fenotípica (BOTELHO et al., 2010a).

Contudo, o contínuo aparecimento de novas raças fisiológicas de ferrugem com maior número de genes de virulência tem ocasionado a quebra de resistência de muitas cultivares (BOTELHO et al., 2010a). Por isso, os programas de melhoramento devem ser dinâmicos e contínuos, de modo a disponibilizar periodicamente novas cultivares com fatores de resistência complexos, que se constituam em eficientes barreiras para as novas raças fisiológicas do fungo *H. vastatrix*.

Nesse contexto, um programa de melhoramento genético, com o uso da variabilidade desses dois grupos, tem como finalidade a obtenção de cultivares com os caracteres agronômicos favoráveis de cada um deles. Objetiva-se,nesse trabalho, avaliar o desempenho agronômico de progênies provenientes do cruzamento dos grupos Catuaí e Icatu, na região de Três Pontas, Sul de Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) em Três Pontas (CETP), localizado no Sul do estado de Minas Gerais, com temperatura média anual de 20,1°C, precipitação pluviométrica média de 1670 mm/anual, altitude de 900 metros, latitude 21°00'22"S e longitude 45º30'45"W.

A área utilizada apresenta o solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, de textura argilosa e relevo ondulado.

Foram avaliados 36 tratamentos, sendo 33 progênies resultantes de uma população segregante, oriunda do cruzamento artificial de cultivares de cafeeiro dos grupos Catuaí e Icatu. Sementes de cafeeiro dessa combinação híbrida foram levadas para a Fazenda Terra Roxa, localizada no município de Santo Antônio do Amparo, estado de Minas Gerais, por pesquisadores do extinto IBC (Instituto Brasileiro do Café), atualmente vinculados à Fundação Procafé e MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Dessa população, foram selecionadas plantas superiores em 1997 e novos experimentos foram instalados nos Campos

Experimentais da EPAMIG e na UFLA, sendo então geradas sucessivas gerações após seleção para resistência à ferrugem, até chegar à atual (F_6). Como testemunhas foram utilizadas as cultivares Catuaí Amarelo IAC 62, susceptível à ferrugem, e as cultivares Catucaí Amarelo 2SL e Icatu Precoce IAC 3282, usadas como padrão de resistência.

O experimento foi instalado em janeiro de 2007, em espaçamento de 3,50 m entre- linhas x 0,80 m entre plantas, resultando num estande de 3571 plantas/ha. O manejo da área experimental e a condução das plantas seguiram as recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro, na região Sul de Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 1999). Após as lavouras entrarem no ciclo produtivo, não foi realizado o controle de ferrugem visando à seleção de progênies resistentes.

O delineamento adotado foi o de blocos incompletos (látice), quadrado 6 x 6 com três repetições. As parcelas foram constituídas por dez plantas, sendo consideradas como parcela útil as seis plantas centrais. Foram feitas avaliações da produção nas primeiras quatro colheitas, vigor vegetativo, porcentagem de grãos com peneira 17 e acima, incidência e severidade de ferrugem.

A avaliação de incidência de ferrugem foi realizada em junho de 2015, coletando-se 17 folhas do 3º ou 4º pares de folhas por planta, dos ramos localizados no terço inferior, totalizando 102 folhas por parcela. A incidência, em percentual, foi determinada contando-se o número de folhas com pústulas esporuladas, nas 102 folhas coletadas. A severidade foi avaliada pela escala diagramática proposta por Cunha et al. (2001), determinando-se o número de pústulas por folha. A ferrugem também foi avaliada segundo uma escala de notas, variando de 1 a 5, adaptada por Petek et al. (2006).

A produção de grãos foi avaliada em litros de café recém-colhido ("café da roça") por parcela, anualmente, sendo a colheita realizada entre os meses de maio e julho de cada ano. Posteriormente, procedeu-se à estimativa da produtividade pela conversão para sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare ($sc.ha^{-1}$). Esta conversão foi realizada por aproximação de valores e consistiu em considerar um rendimento médio de 480 litros de "café da roça", para cada saca de 60 kg de café beneficiado. Foram avaliadas as colheitas realizadas nos anos de 2010, 2011, 2012 e 2013. Na análise de variância para produtividade consideraram-se as médias de dois biênios e das quatro colheitas, em sacas de 60 kg de café beneficiado, por hectare.

Para a avaliação do vigor vegetativo, atribuíram-se notas de 1 a 10, nas safras de 2012 e 2013, conforme escala arbitrária proposta por Carvalho, Monaco e Fazuoli (1979). A classificação dos grãos por peneira foi realizada, passando-se uma amostra de 300 gramas de café beneficiado pelo conjunto de peneiras (17/64 a 19/64).

As análises de variância para a característica produtividade foram realizadas em esquema de parcelas subdividas no tempo (STEEL; TORRIE, 1980), sendo que os dados das safras 2010, 2011, 2012 e 2013 foram agrupados e determinados os valores médios, para serem analisados como biênio. Na análise conjunta das demais características agronômicas, considerou-se a média das quatro colheitas. Todas as fontes de variação estudadas tiveram seus efeitos considerados aleatórios.

Para a análise de variância, considerou-se o delineamento em blocos casualizados, após a análise no modelo de látice detectar que não houve eficiência do mesmo. Para todas as variáveis, adotou-se significância de 5% de probabilidade, para o teste F. As análises foram feitas, utilizando-se o programa computacional 'Sisvar', desenvolvido por Ferreira (2000). Quando diferenças significativas foram detectadas, as médias foram agrupadas pelo teste de Skott-Knott, a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância para as características produtividade; porcentagem de grãos com peneira 17 e acima, vigor vegetativo e incidência de ferrugem, é apresentado na Tabela 1.

Observa-se que houve efeito significativo no nível indicado pelo teste F, para as fontes de variação tratamento e a interação tratamentos x biênios para a característica produtividade, além de apresentar significância para as características peneira e incidência de ferrugem, na fonte de variação tratamentos.

A existência da interação dupla tratamentos x biênios evidencia diferença do desempenho das progênies em relação à produtividade, ao longo dos anos estudados. Esse resultado demonstra que o comportamento das progênies não é coincidente nos ambientes avaliados (anos), refletindo um comportamento diferenciado das progênies, frente ás mudanças do ambiente.

As análises de variância para produtividade foram realizadas, utilizando-se o esquema de parcelas subdivididas no tempo, como proposto por Steel e Torrie (1980). A justificativa para

TABELA 1 - Resumo da análise de variância para produtividade, porcentagem de grãos com peneira 17 e acima, vigor vegetativo e incidência de ferrugem de 36 tratamentos avaliados em experimentos conduzidos por quatro anos consecutivos, no município de Três Pontas, estado de Minas Gerais.

FV	GL	QM			
		Prod.	Vigor	Peneira (%)	Ferrugem (%)
Tratamentos	35	134.4043*	0.7600	279.1718*	0.1841*
Bloco	2	65.4647*	0.6295	4.4165	2.5937
Erro a	70	10.3281			
Biênio	1	7173.7363*			
Erro b	2	14.3563			
Trat. x Biênios	35	30.8616*			
Erro c	70	10.3281	0.5733	40.7744	1.4881
Total	215				
CV(%)		14.98	11.99	16.81	36.79

*Significativo a 5% de probabilidade, pelo Teste F.

esse procedimento, em vez de realizar uma análise simples considerando a produção média de todas as colheitas, é a possibilidade de estudo da interação progênies x biênios e também o comportamento das mesmas ao longo dos biênios, com possibilidade de identificar aquelas mais ou menos precoces, em relação à produção.

A produção foi determinada por meio da produtividade média em sacas.ha^{-1}.ano, obtida pela média de duas colheitas consecutivas combinadas (biênio) (Tabela 2). Alguns autores relatam que a combinação das colheitas em biênios melhora a precisão experimental, por reduzir os efeitos da bienalidade de produção (BONOMO et al., 2004).

Na literatura, é indicada a necessidade de avaliação da produção por, pelo menos, quatro safras consecutivas, o que corresponde a dois biênios, para obter-se sucesso na seleção de uma progênie ou indicação de cultivar, visto que se trata de uma cultura perene e a estabilidade de produção é alcançada na quarta colheita (CARVALHO; FAZUOLI; COSTA, 1989). Portanto, o ciclo de avaliação utilizado nesse estudo foi suficiente para discriminar, com eficiência, o potencial produtivo das progênies.

Na Tabela 2, são apresentados os dados de produtividade das cultivares, em cada biênio, seguido pela média geral. Verifica-se a possibilidade de identificação de progênies com desempenho satisfatório em produtividade nos primeiros anos, indicando precocidade na produção. Essa informação é relevante para a indicação de cultivares para diferentes sistemas de plantio, como por exemplo, sistema adensado, onde se buscam produtividades elevadas nas primeiras colheitas.

Neste sentido, destaca-se a progênie H 6-47-10 Cv 3, que apresentou alta produtividade no primeiro biênio. Esse resultado mostra-se interessante por apresentar uma progênie com alta capacidade produtiva nos primeiros anos de colheita. Com base nesse resultado, nota-se que essa progênie apresentou produtividade inicial elevada e poderá ser indicada para programas de melhoramento genético, visando à obtenção de cultivares recomendadas para plantios adensados em regiões sujeitas a geadas, plantios adensados com enfoque para eliminação de ruas alternadas posteriormente ou ainda, áreas arrendadas visando retorno mais rápido do capital investido.

As demais progênies apresentaram incrementos na produtividade com o passar das colheitas, evidenciando-se claramente uma evolução da produtividade média, conforme pode ser observado na média do segundo biênio (Tabela 2).

Esse resultado pode indicar que a maioria das progênies atinge o potencial produtivo após a segunda colheita, o que confirma os resultados obtidos por Carvalho, Fazuoli e Costa (1989), que encontraram baixa correlação entre a produtividade das primeiras colheitas com o potencial produtivo das progênies. Carvalho et al. (2009) também encontraram resultados semelhantes avaliando o comportamento de progênies F4 obtidas a partir do cruzamento ‘Icatu’ x ‘Catimor’, para as quais observaram evolução na produtividade após o

primeiro biênio, evidenciando que a seleção antes dessa época não seria eficiente e ainda que os anos de maior produtividade são mais favoráveis para seleção (BONOMO et al., 2004; FAZUOLI et al., 2005).

Ainda na Tabela 2, observam-se os dados de produtividade média de quatro anos das progênies. Foram observadas diferenças significativas entre as progênies para produtividade, havendo a formação de seis grupos. Nota-se superioridade da progênie H 6-47-10 Cv 3, sobre as demais progênies e testemunhas, tendo apresentado produtividade média dos dois biênios de 67,31 sacas.ha^{-1}.

Correa, Mendes e Bartholo (2006) observaram produtividades superiores em progênies de Icatu, comparadas às testemunhas Catuaí e Mundo Novo, evidenciando a elevada capacidade produtiva de cultivares do grupo Icatu, o que comprova sua importância para os programas de melhoramento genético, tanto pela resistência à ferrugem do cafeeiro, quanto pelas altas produtividades.

As cultivares utilizadas como testemunhas permaneceram entre os três grupos de menor produção, com produtividades médias de 30,89; 34,86 e 40,67 sacas.ha^{-1}, para Catucaí Amarelo 2SL, Icatu Precoce IAC 3282 e Catuaí Amarelo IAC 62, respectivamente.

O potencial produtivo desses parentais foi relatado por outros autores. Botelho et al. (2010b), avaliando cultivares do grupo Catuaí, nas regiões produtoras do estado de Minas Gerais, verificaram que Catuaí Amarelo IAC 62 apresentou-se mais promissora por aliar estabilidade e adaptabilidade em ambientes favoráveis e desfavoráveis com média alta de produção. Da mesma forma, avaliando a resposta de linhagens de cafezais de Icatu e Mundo Novo no município de Uberlândia, Melo et al. (2005) observaram que a cultivar Icatu Amarelo IAC 2944 foi altamente produtiva, apresentando a melhor renda entre os cafeeiros estudados.

As progênies H 38-22-15 Cv 165, H 19-66-31 Cv 9, H MS Cv 12, H 31-06-16 Cv 8, H MS Cv 126, H 6-47-10 Cv 16, H 1-41-19 Cv 1, H 12-37 Cv 18, H 4-12 Cv 2, H 15-20 Cv 11, H 4-12 Cv 20, H 1-41-23 Cv 42, H 1-41-23 Cv 73, H 7-31 Cv 3, H 38-22-15 Cv 134, H 1-41-19 Cv 14 constituíram os três grupos menos produtivos, com produtividades variando entre 21,68 e 43,08 sacas.ha^{-1}, nos quais também se agrupam as cultivares testemunhas, Catuaí Amarelo IAC 62, Icatu Precoce IAC 3282 e Catucaí Amarelo 2SL (Tabela 3)

Os três grupos com produtividade média superior foi constituído pelas progênies H 4-12 Cv 5, H 1-41-23 Cv 156, H 16-55-09 Cv 3, H 16-55-09 Cv 6, H 1-41-19 Cv 3, H 4-35-11 Cv 16, H 15-20 Cv 3, H 38-22-15 Cv 125, H MS Cv 178, H 12-37 Cv 5, H 31-06-16 Cv 12, H MS Cv 149, H MS Cv 11, H MS Cv 14, H MS Cv 13, H 4-35-11 Cv 10, H 6-47-10 Cv 3, com a produtividade média variando entre 44,21 e 67,31 sacas.ha^{-1}.

Quando se avalia porcentagem média de grãos com peneira 17 e acima, nota-se diferença significativa entre as progênies avaliadas. O potencial das progênies provenientes do cruzamento entre os grupos de cultivares Catuaí e Icatu, para produzir progênies com maiores porcentagens de grãos retidos nas peneiras 17 e acima, deve-se ao fato das cultivares utilizadas como genitores apresentarem elevada capacidade de produzir grãos de peneiras superiores, conforme verificado por Botelho et al. (2010b) e Dias et al. (2005). Houve a formação de quatro grupos de progênies para tamanho de grãos. O grupo com maior percentual de grãos retidos nas peneiras 17 e acima foi constituído por treze progênies (H 12-37 Cv 18, H 31-06-16 Cv 8, H 1-41-19 Cv 3, H MS Cv 126, H 38-22-15 Cv 165, H 38-22-15 Cv 134, H 38-22-15 Cv 125, H 1-41-19 Cv 14, H 6-47-10 Cv 3, H MS Cv 149, H 16-55-09 Cv 3, H 4-35-11 Cv 10, H MS Cv 178), que apresentaram médias entre 42,06% e 54.19%.

O segundo grupo constitui-se de 18 tratamentos, onde inclui as cultivares Catuaí Amarelo IAC 62 e Catucaí Amarelo 2SL e 16 progênies: H MS Cv 12, H 19-66-31 Cv 9, H 15-20 Cv 11, H 7-31 Cv 3, H MS Cv 14, H MS Cv 11, H 1-41-23 Cv 42, H 6-47-10 Cv 16, H MS Cv 13, H 16-55-09 Cv 6, H 15-20 Cv 3, H 4-35-11 Cv 16, H 1-41-23 Cv 156, H 31-06-16 Cv 12, H 1-41-19 Cv 1, H 1-41-23 Cv 73. Houve uma variação de 32,91% a 41,45% de grãos retidos nas peneiras 17 e acima.

A cultivar Icatu Precoce IAC 3282, juntamente com a progênie H 12-37 Cv 5 constituem o terceiro agrupamento, com 26,02 % e 28,42 % de grãos com peneiras 17 e acima, respectivamente.

Laviola et al. (2006) verificaram que a cultivar Icatu obteve maior porcentagem de grãos retidos em peneira '17 e acima', do que as cultivares Catuaí e Rubi.

TABELA 2 - Produtividade média por biênio e média geral de café beneficiado, em sacas de 60 kg ha^{-1}, de progênies de cafeeiro avaliadas em quatro colheitas em Três Pontas, MG.

	Tratamentos	Biênio 1	Biênio 2	Média
14	H 6-47-10 Cv 3	62.64 a	71.98 a	67.31 a
11	H 4-35-11 Cv 10	47.90 a	69.14 a	58.52 b
9	H MS Cv 13	43.92 a	69.44 a	55.69 b
10	H MS Cv 14	43.64 a	66.88 a	55.26 b
18	H MS Cv 11	41.94 a	67.44 a	54.69 b
26	H MS Cv 149	39.96 a	64.04 a	52.00 c
17	H 31-06-16 Cv 12	38.26 a	62.06 a	50.16 c
4	H 12-37 Cv 5	39.40 a	59.24 a	49.31 c
27	H MS Cv 178	30.60 a	66.60 a	48.60 c
31	H 38-22-15 Cv 125	57.98 a	58.94 a	48.46 c
2	H 15-20 Cv 3	30.60 a	65.18 a	47.89 c
12	H 4-35-11 Cv 16	38.54 a	56.96 a	47.75 c
21	H 1-41-19 Cv 3	31.16 a	64.04 a	47.75 c
24	H 16-55-09 Cv 6	32.58 a	60.64 a	46.62 c
23	H 16-55-09 Cv 3	28.34 a	60.64 a	44.49 c
30	H 1-41-23 Cv 156	28.62 a	59.80 a	44.21 c
7	H 4-12 Cv 5	32.58 a	55.82 a	44.21 c
22	H 1-41-19 Cv 14	31.74 a	54.42 a	43.08 d
32	H 38-22-15 Cv 134	35.42 a	49.60 a	42.51 d
1	H 7-31 Cv 3	36.28 a	48.18 a	42.23 d
29	H 1-41-23 Cv 73	17.84 a	64.34 a	41.09 d
34	Catuai Amarelo IAC 62	31.16 a	49.88 a	40.67 d
28	H 1-41-23 Cv 42	27.78 a	51.86 a	39.82 d
8	H 4-12 Cv 20	27.78 a	51.30 a	39.53 d
3	H 15-20 Cv 11	36.84 a	39.68 a	38.26 d
6	H 4-12 Cv 2	26.36 a	49.60 a	37.98 d
5	H 12-37 Cv 18	24.94 a	47.90 a	36.42 d
20	H 1-41-19 Cv 1	20.70 a	51.02 a	35.86 d
36	Icatu Precoce IAC 3282*	26.36 a	43.36 a	34.86 e
15	H 6-47-10 Cv 16	22.66 a	44.22 a	33.44 e
25	H MS Cv 126	13.32 a	50.16 a	31.74 e
16	H 31-06-16 Cv 8	19.56 a	42.80 a	31.17 e
35	Catucai Amarelo 2SL	30.88 a	30.88 a	30.89 e
19	H MS Cv 12	16.72 a	44.22 a	30.47 e
13	H 19-66-31 Cv 9	20.68 a	38.54 a	29.61 e
33	H 38-22-15 Cv 165	13.04 a	30.32 a	21.68 f

Médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância.

TABELA 3 - Porcentagem **média de grãos com peneira 17** e acima, e notas de vigor vegetativo de 33 progênies e três cultivares de cafeeiros avaliadas nas safras 2012 e 2013, no município de Três Pontas, MG.

	Tratamento	Peneira	Vigor
27	H MS Cv 178	54.19 a	6.66 a
11	H 4-35-11 Cv 10	50.75 a	6.00 a
23	H 16-55-09 Cv 3	50.13 a	6.00 a
26	H MS Cv 149	49.63 a	5.67 a
14	H 6-47-10 Cv 3	48.61 a	6.50 a
22	H 1-41-19 Cv 14	46.48 a	6.50 a
31	H 38-22-15 Cv 125	45.63 a	6.00 a
32	H 38-22-15 Cv 134	44.81 a	5.67 a
33	H 38-22-15 Cv 165	44.55 a	6.00 a
25	H MS Cv 126	44.02 a	6.00 a
21	H 1-41-19 Cv 3	43.45 a	6.33 a
16	H 31-06-16 Cv 8	42.93 a	6.83 a
5	H H 12-37 Cv 18	42.06 a	6.83 a
29	H 1-41-23 Cv 73	41.45 b	5.67 a
20	H 1-41-19 Cv 1	41.28 b	6.33 a
17	H 31-06-16 Cv 12	40.85 b	5.34 a
30	H 1-41-23 Cv 156	40.69 b	5.67 a
12	H 4-35-11 Cv 16	40.48 b	6.00 a
2	H 15-20 Cv 3	39.28 b	7.17 a
24	H 16-55-09 Cv 6	39.22 b	6.83 a
9	H MS Cv 13	36.18 b	6.83 a
15	H 6-47-10 Cv 16	35.82 b	6.00 a
28	H 1-41-23 Cv 42	35.46 b	6.33 a
18	H MS Cv 11	35.44 b	6.83 a
34	Catuai Amarelo IAC62	34.67 b	6.83 a
10	H MS Cv 14	34.52 b	6.50 a
1	H 7-31 Cv 3	34.13 b	6.33 a
35	Catucai Amarelo 2SL*	33.50 b	6.33 a
3	H 15-20 Cv 11	33.26 b	6.60 a
13	H 19-66-31 Cv 9	33.03 b	7.00 a
19	H MS Cv 12	32.91 b	6.67 a
4	H 12-37 Cv 5	28.42 c	6.33 a
36	Icatu Precoce IAC 3282*	26.02 c	6.33 a
6	H 4-12 Cv 2	17.98 d	6.83 a
8	H 4-12 Cv 20	13.44 d	5.00 a
7	H 4-12 Cv 5	12.13 d	6.33 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância.

As menores porcentagens de grãos retidos nas peneiras 17 e acima são apresentadas pelas progênies H 4-12 Cv 5, H 4-12 Cv 20 e H 4-12 Cv 2, com 12,13%; 13,44%; 17,98% de grãos com peneiras 17 e acima, respectivamente.

Avaliando-se o tamanho de grãos de uma série de progênies em três ambientes de Minas Gerais (Três Pontas, Capelinha e Campos Altos), Botelho et al. (2010a) encontraram para a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62, média de 33,19% de grãos com peneiras 17 e acima, valor próximo ao de 34,67% encontrado em Três Pontas, para essa cultivar, nesse trabalho.

Vale ressaltar que a progênie H 4-12 Cova 20 e a cultivar Icatu Precoce IAC 3282 permaneceram nos grupos com menor percentual de grãos retidos nas peneiras altas. Segundo Chaves, Androcioli Filho e Fantin (2007), a cultivar Icatu Precoce apresenta menor potencial de produção de grãos com peneira 17 e acima, quando comparada com as cultivares Mundo Novo e Catuaí Amarelo.

Em programas de melhoramento genético de cafeeiro, busca-se um ideótipo cujo desempenho abranja, além de outras características, elevada capacidade produtiva e aumento no tamanho dos grãos (FERREIRA et al., 2005).

Para vigor vegetativo médio, não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos. A média das notas atribuídas aos cafeeiros das progênies variaram entre 5,00 e 7,17.

Em trabalho com progênies provenientes do cruzamento entre Icatu e Catimor, Botelho et al. (2010b) também não observaram diferenças significativas no vigor vegetativo das progênies avaliadas. No entanto, Dias et al. (2005), avaliando progênies de Icatu, cultivares de Catucaí e Catuaí, entre outras, observaram diferenças significativas para vigor vegetativo em Lavras, Minas Gerais, tendo a cultivar Catucaí Amarelo 2SL apresentado nota média de vigor igual a 7,0, valor superior ao observado em Três Pontas.

Observando-se as Tabelas 2 e 3, é importante salientar o comportamento das progênies H 6-47-10 Cv 3 e H 4-35-11 Cv 10, que apresentaram as maiores produtividades e alta porcentagem de grãos com peneiras 17 e acima. Essa é uma performance interessante, por aliar alta produtividade e alta porcentagem de grãos classificados em peneira altas, refletindo em alto rendimento da lavoura e alcançando altos níveis de produtividades.

Na Tabela 4, é apresentado o comportamento das progênies e das cultivares utilizadas como testemunhas para as avaliações de incidência e severidade da ferrugem.

Dentre as metodologias de avaliação de incidência, destacam-se duas que foram avaliadas no ano de 2015: o levantamento da porcentagem de folhas com incidência (presença) dos sintomas da doença e a aplicação de notas de incidência à ferrugem. Infere-se pelos resultados que, ambas as metodologias, apresentaram resultados próximos, formando dois grupos, tanto para incidência, quanto para nota de ferrugem, não havendo discriminação entre as médias para severidade de ferrugem.

Observou-se que as cultivares Catucaí Amarelo 2SL e Icatu Precoce IAC 3282, que são consideradas moderadamente resistentes, foram situadas no grupo com maior ocorrência de ferrugem, evidenciando potencial para seleção das progênies alocadas no grupo de menor infecção (Tabela 4). Juntamente com as testemunhas, as progênies H 1-41-23 Cv 73,H 31-06-16 Cv 8, H 1-41-23 Cv 156, H MS Cv 126, H 6-47-10 Cv 16, H 1-41-23 Cv 42, H 4-12 Cv 2, H 19-66-31 Cv 9, H 16-55-09 Cv 3, H 38-22-15 Cv 165, H 4-35-11 Cv 10, H 15-20 Cv 3, H 16-55-09 Cv 6, H 6-47-10 Cv 3, H MS Cv 12, H 12-37 Cv 18 e H 7-31 Cv 3 formam o grupo com maior ocorrência de ferrugem. As demais progênies, com menor infecção de ferrugem, tiveram variação na incidência entre 1,58 e 3,12 pontos percentuais (Tabela 4).

Dessa forma, a maior parte das progênies apresentou uma menor infecção de ferrugem, comparada às testemunhas. Merece destaque a progênie H MS Cv 13, que se encontra no grupo de progênies com maior produtividade e se manteve entre as progênies com menor ocorrência de ferrugem (Tabela 4).

De maneira geral, observa-se que a maioria dos materiais genéticos estudados apresentou notas de reação à ferrugem entre 1,70 e 2,22, podendo ser classificadas como plantas resistentes e moderadamente susceptíveis (PETEK et al., 2006).

A avaliação da severidade, além da incidência da ferrugem, é justificada devido a sua importância na identificação de cultivares que toleram ou não o patógeno, visto que aquelas que apresentarem menor severidade, provavelmente toleram mais a doença devido à menor desfolha.

Na avaliação de severidade, nota-se que não houve diferença significativa entre as progênies para esta característica. De uma forma geral, para esse ano de avaliação, houve uma baixa pressão da

TABELA 4 - Incidência (%), severidade (%) e nota de ferrugem de 33 progênies e três cultivares de cafeeiros avaliadas em 2015, em três Pontas, MG.

Tratamentos		Incidência (%)	Severidade	Nota
1	H 7-31 Cv 3	5.37 a	1.67 a	2.10 a
2	H 15-20 Cv 3	4.02 a	1.60 a	2.22 a
3	H 15-20 Cv 11	2.90b	1.56 a	1.98 a
4	H 12-37 Cv 5	2.70 a	1.51 a	1.87 b
5	H H 12-37 Cv 18	5.11 a	1.59 a	2.08 a
6	H 4-12 Cv 2	3.77 a	1.36 a	1.71 b
7	H 4-12 Cv 5	1.58b	1.28 a	1.91 b
8	H 4-12 Cv 20	2.10 b	1.48 a	1.75 b
9	H MS Cv 13	2.94b	1.45 a	1.70 b
10	H MS Cv 14	3.12b	1.49 a	1.97 a
11	H 4-35-11 Cv 10	3.99 a	1.54 a	1.89 b
12	H 4-35-11 Cv 16	1.99b	1.52 a	1.96 a
13	H 19-66-31 Cv 9	3.87 a	1.50 a	1.85 b
14	H 6-47-10 Cv 3	4.16 a	1.50 a	1.97 a
15	H 6-47-10 Cv 16	3.65 a	1.56 a	1.78 b
16	H 31-06-16 Cv 8	3.36 a	1.54 a	1.75 b
17	H 31-06-16 Cv12	2.45b	1.34 a	1.82 b
18	H MS Cv 11	2.27 b	1.41 a	1.89 b
19	H MS Cv 12	4.93 a	1.61 a	2.02 a
20	H 1-41-19 Cv 1	2.37b	1.19 a	1.91 b
21	H 1-41-19 Cv 3	2.10b	1.43 a	1.91 b
22	H 1-41-19 Cv 14	2.74b	1.45 a	1.79 b
23	H 16-55-09 Cv 3	3.88 a	1.57 a	2.10 a
24	H 16-55-09 Cv 6	4.07 a	1.43 a	2.03 a
25	H MS Cv 126	3.60 a	1.60 a	2.00 a
26	H MS Cv 149	2.90b	1.42 a	1.86 b
27	H MS Cv 178	2.41b	1.51 a	1.94 b
28	H 1-41-23 Cv 42	3.70 a	1.49 a	2.02 a
29	H 1-41-23 Cv 73	3.32 a	1.43 a	1.89 b
30	H 1-41-23 Cv 156	3.45 a	1.55 a	2.01[a]
31	H 38-22-15 Cv 125	3.01b	1.62 a	1.98 a
32	H 38-22-15 Cv 134	1.88b	1.41 a	1.73b
33	H 38-22-15 Cv 165	3.92 a	1.54 a	2.14 a
34	Catuai Amarelo IAC62	4.58 a	1.56 a	1.92b
35	Catucai Amarelo 2SL	3.60 a	1.56 a	1.84b
36	Icatu Precoce IAC 3282	3.59 a	1.56 a	2.18 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância.

doença refletindo em baixa severidade da doença (Tabela 4).

Outro aspecto de relevância é que uma menor severidade pode indicar resistência horizontal e, segundo Ribeiro, Bergamim Filho e Carvalho (1981), em condições naturais de epidemia, a severidade é o componente que melhor discrimina níveis de resistência horizontal.

4 CONCLUSÕES

Existe variabilidade para produtividade, tamanho de grãos, vigor vegetativo e reação à ferrugem, entre as progênies de cafeeiros do grupo Catucaí avaliadas.

As progênies H 6-47-10 Cv 3 e H 4-35-11 Cv 10 apresentam produtividade superior às demais progênies e cultivares, com características favoráveis de tamanho de grãos e vigor vegetativo, embora pertençam ao agrupamento com maior infecção de ferrugem. Essa reação de elevada infecção ao agente causal da ferrugem do cafeeiro e alta produtividade, expressa um comportamento de tolerância dessas progênies ao ataque do fungo *H. vastatrix*; fato esse de grande importância para o cafeicultor .

As progênies H MS Cv 13 e H MS Cv 11 merecem destaque por apresentarem alta produtividade e elevado vigor vegetativo, além de pertencerem ao agrupamento com menor infecção de ferrugem. Em relação ao tamanho de grãos, essas duas progênies estão alocadas no segundo grupo, juntamente com as cultivares comerciais Catuai Amarelo IAC 62 e Catucai Amarelo 2SL.

5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao INCT-Café, pelo suporte financeiro ao projeto e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de pós-graduação .

6 REFERÊNCIAS

BONOMO, P. et al. Avaliação de progênies obtidas de cruzamentos de descendentes do Híbrido de Timor com as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 207-219, 2004.

BOTELHO, C. E. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de café arábica em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12, p. 1404-1411, 2010a.

_____. Seleção de progênies F4 de cafeeiros obtidas pelo cruzamento de Icatu com Catimor. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 3, p. 274-281, maio/jun. 2010b.

CARVALHO, A.; FAZUOLI, L. C.; COSTA, W. M. Produtividade do híbrido Timor, de seus derivados e outras fontes de resistência a *Hemileiavastatrix*. **Bragantia**, Campinas, v. 48, n. 1, p. 73-86, 1989.

CARVALHO, A. M.; MONACO, L. C.; FAZUOLI, L. C. Melhoramento do cafeeiro XL: estudos de progênies e híbridos de Café Catuaí. **Bragantia**, Campinas, v. 38, n. 22, p. 203-216, 1979.

CARVALHO, G. R. et al. Comportamento de progênies F4 obtidas por cruzamentos de 'Icatu' com 'Catimor'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 47-52, jan./fev. 2009.

CHAVES, J. C. D.; ANDROCIOLI FILHO, A.; FANTIN, D. Manejo de fertilização de lavouras cafeeiras com base no ciclo de maturação dos frutos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Café, 2007. 1 CD-ROM.

CORREA, L. V. T.; MENDES, A. N. G.; BARTHOLO, G. F. Comportamento de progênies de cafeeiro Icatu. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 618-622, jul./ago. 2006.

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

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

FAZUOLI, L. C. et al. Identification and use of sources of durable resistance to coffee leaf rust at the IAC. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Ed.). **Durable resistance to coffee leaf rust**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 137-186.

FERREIRA, A. et al. Seleção simultânea de *Coffea canephora* por meio da combinação de análise de

fatores e índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 1189-1195, 2005.

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.

GOMES, C. A. et al. Avaliação de progênies obtidas do cruzamento entre 'Icatú' e 'Catuaí'. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. **Anais...** Araxá, 2011. 1 CD-ROM.

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

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

MELO, B. et al. Comportamento de seleções de Icatu Vermelho e Amarelo e linhagens de Mundo Novo em solos sob vegetação de cerrado, em Uberlândia, MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 21, p. 21-25, 2005.

PETEK, M. R. et al. Seleção deprogênies de *Coffeaarabica*com resistência simultânea à manchaaureolada e à ferrugem alaranjada. **Bragantia**, Campinas, v. 65, p. 65-73, 2006.

RIBEIRO, I. J. A.; BERGAMIM FILHO, A.; CARVALHO, P. C. T. Avaliação da resistência horizontal a *Hemileiavastatrix*Berk et Br. em cultivares de *Coffea arabica* L. em condições naturais de epidemia. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 7, n. 1/2, p. 80-95, abr./jun. 1981.

STEEL, R. G.; TORRIE, J. K. **Principles and procedures of statistics:** a biometrical approach. 2nd ed. Tokyo: McGraw-Hill, 1980. 633 p.

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

NÍVEIS TÓXICOS DE FERRO EM LAVOURAS DE CAFÉ CONILON (C*offea canephora*) EM SOLOS DE TABULEIROS COSTEIROS

Cesar Abel Krohling[1], Frederico Jacob Eutrópio[2], Frederico Firme Figueira[3], Eliemar Campostrini[4], Leonardo Barros Dobbss[5], Alessandro Coutinho Ramos[6]

(Recebido: 28 de setembro de 2015 ; aceito: 07 de dezembro de 2015)

RESUMO: Os plantios de café conilon no estado do Espírito Santo concentram-se em solos com elevado potencial de oxirredução, nestes solos predomina o Fe na forma reduzida e mais solúvel (Fe2+), o que pode causar interferências no desenvolvimento e na produtividade. Objetivou-se, neste estudo, avaliar os impactos da concentração de ferro nos tecidos vegetais e a produtividade de lavouras de café conilon (*Coffea canephora*), cultivadas nos solos dos tabuleiros costeiros do Estado. O estudo foi realizado em três propriedades produtoras de café conilon, localizadas no Sul do Espírito Santo, sendo três áreas em ambiente de baixada e outras três em ambiente de encosta, para comparar a influência dos locais. Foram avaliadas a composição físico-química dos solos, a concentração dos nutrientes em raízes, caules, folhas, grãos e casca das plantas e a produtividade em duas safras. Os resultados sugerem que a concentração de ferro, em todos os órgãos avaliados, foi maior nas lavouras de baixada e que a produtividade foi significativamente maior nas lavouras de encosta. Conclui-se que a alta concentração de ferro no solo e nos órgãos vegetais avaliados das lavouras de baixada pode influenciar negativamente na produtividade das lavouras.

Termos para indexação: Produtividade, desenvolvimento vegetal, hidromorfismo, físicoquímica.

TOXIC LEVELS OF IRON IN CONILON COFFEE CROPS (*Coffea canephora*) IN SOILS FROM THE COASTAL TABLELANDS

ABSTRACT: The crops conilon coffee in Espírito Santo concentrate on soils with high redox potential, in these soils predominates the Fe in reduced form and more soluble (Fe2+) which can cause interferences in development and productivity. The objective of this study was to evaluate the impacts of iron concentration in plant tissues and the productivity of crops conilon coffee (*Coffea canephora*) grown in soils of coastal tablelands in the State of Espírito Santo. The study was conducted in three producing properties conilon coffee located in the South of the Espírito Santo, three areas in lowland environment and three areas in the hillside environment, to compare the influence of local. We evaluated the physical and chemical composition of the soil, the concentration of nutrients in roots, stems, leaves, grains and fruit peel and productivity in two seasons. The results evidenced that the concentration of iron in all evaluated organs was higher in lowland crops and that productivity has been significantly higher in the hillside fields. We conclude that the high concentration of iron in the soil and plant organs evaluated the lowland crops may be negatively influence the productivity of crops.

Index terms: Productivity, plant development, hydromorphism, physical chemistry.

1 INTRODUÇÃO

O Espírito Santo apresenta condições favoráveis para o plantio do café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner), o que o torna o maior produtor deste café no Brasil, com produção estimada de 7,4 milhões de sacas na safra de 2015 (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2015). Os Tabuleiros Costeiros ocorrem em planícies fluviais e em altitudes baixas, próximas ao litoral, cujos solos são do tipo Latossolos Amarelos e/ou Argissolos (SOBRAL; CINTRA; SMYTH, 2009), pobres em nutrientes e com presença de muito material orgânico oriundo de altitudes mais elevadas (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013).

Nestes solos, as zonas coesas impõem restrição ao crescimento e ao desenvolvimento das raízes, o que reduz a profundidade efetiva do solo, além de propiciar a formação de zonas temporárias de encharcamento na estação chuvosa e de ressecamento na estação seca (LIMA et al., 2014). Apesar destas adversidades, estes solos têm importância na produção agrícola, como: coco,

[1]Universidade Vila Velha/UVV - Laboratório de Microbiologia Ambiental e Biotecnologia - 29102-770 - Boa Vista - Vila Velha - ES cesar.kro@hotmail.com
[2,3,6]Universidade Estadual do Norte Fluminense/UENF - Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Microrganismos - 28.013-602 Campos dos Goytacazes - RJ - eutropiofj@gmail.com, frederico_firme@hotmail.com, alessandro@uenf.br
[4]Universidade Estadual do Norte Fluminense/UENF - Laboratório de Fisiologia de Plantas - 28.013-602 - Campos dos Goytacazes - RJ - campostenator@gmail.com
[5]Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri/UFVJM - Instituto de Ciências Agrárias - Av. Vereador João Narciso - 1380 - 38610-000 - Unaí - MG - leonardo.dobbss@ufvjm.edu.br

caju, mamão, abacaxi, cacau, mandioca, cana-de-açúcar e café conilon (SOUZA; SOUZA, 2014). Nesses ambientes, parte do relevo tem condições anaeróbicas (ambientes hidromórficos), o que pode provocar a falta de oxigênio, acarretando um maior acúmulo de matéria orgânica, o que favorece um ambiente potencial de oxirredução. A absorção em excesso de Fe^{2+} pode causar sintomas de toxidez (ALEXANDRE et al., 2012; SILVEIRA et al., 2007), sendo que estes ambientes são propícios para transformar Fe^{3+} em formas reduzidas (Fe^{2+}), as quais são mais solúveis e disponíveis para serem absorvidos pelas plantas.

Como o ferro é um nutriente mineral limitante para a produção de biomassa e da produtividade das plantas (BRIAT et al., 2010), a homeostase do ferro é extremamente importante e depende da espécie ou do genótipo vegetal, do solo, época do ano, da idade do vegetal e ainda, de acordo, com o órgão ou tecido da planta (BUCHANAN; GRUISSEN; JONES, 2002; FAGERIA et al., 2008). Por isso, o balanço do Fe deve ser controlado, pois tanto a deficiência como a toxicidade afetam o metabolismo vegetal (PEREIRA et al., 2013), e assim o desenvolvimento e crescimento das plantas (BRIAT et al., 2010; KUKI et al., 2008a, 2008b). Nos ecossistemas, o excesso de Fe pode alterar a ciclagem de nutrientes, provocar redução do crescimento, da floração e da frutificação (GRANTZ; GARNER; JHONSON, 2003). Nos vegetais, os danos causados pela toxicidade do Fe podem ser diretos, por meio da absorção e acúmulo excessivo do nutriente, ou indiretos, quando altos teores de Fe na solução do solo resultam na precipitação sobre as raízes, formando uma crosta de óxido férrico, o que altera a absorção de outros nutrientes como P, K e Zn (BECKER; ASCH, 2005).

Nas plantas, o Fe é necessário na respiração e na fotossíntese, na qual participa de transferência de elétrons por meio de reações redox reversíveis e nas conversões entre Fe^{2+} e Fe^{3+} (KIM; GUERINOT, 2007). Em condições aeróbicas no solo, o Fe está presente na forma de óxidos e hidróxidos, que são muito insolúveis, ou na forma de quelatos orgânicos de íon férrico (Fe^{3+}). Portanto, a concentração de Fe disponível na maioria dos solos é muito baixa, e as plantas desenvolveram mecanismos de mobilização e absorção deste nutriente pelas raízes (EPSTEIN; BLOOM, 2005).

Poucos são os estudos sobre o estresse provocado pelo excesso de Fe em espécies vegetais, como é o caso do café, e em especial em solos sujeitos à hipoxia/anoxia. Em indivíduos adultos, tal exposição pode afetar os processos metabólicos, resultando numa menor produtividade e vigor, necessários ao crescimento e à ocorrência das fenofases da cultura (THOMPSON et al., 1984). Objetivou-se, neste estudo, avaliar os impactos da concentração de ferro nos tecidos vegetais (raízes, caules, folhas, grãos e cascas), na floração e na produtividade de lavouras de café conilon clonal (*C. canephora*) cultivadas na Região dos Tabuleiros Costeiros do estado do Espírito Santo, em ambientes de baixada e encosta.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Descrição das áreas de estudo

O estudo foi realizado em três propriedades produtoras de café conilon, localizadas no Sul do estado do Espírito Santo. Os solos das áreas de estudo são do tipo Argissolo (EMBRAPA, 2013) (Tabela 1) e o clima é tropical com estação seca de inverno e chuvas de verão, segundo a classificação de Köppen. As características do clima, conforme a estação meteorológica do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) do município de Alfredo Chaves, (coordenadas: Lat: 20,6364 S, Long: 40,7414 W e altitude de 35 m) são: a temperatura (°C) média de 2013 e 2014 foi de 23,8 e 23,5; a mínima de 16,9 e 17,3 e a máxima de 33,8 e 33,8, respectivamente. A umidade relativa média de 2013 e 2014 foi de 73,7 e 69,6%, respectivamente e a precipitação (mm) foi de 2007,6 e 993,2, respectivamente.

Para as 6 áreas (3 de ambiente de baixada e 3 de ambiente de encosta), o espaçamento foi o mesmo (2,5x1,5 m). Para as avaliações, foram delimitados 4 blocos ao acaso com 4 repetições de 10 plantas, para todas as lavouras de café conilon variedade G35, sendo avaliadas somente as 8 plantas centrais. Os tratos culturais das lavouras, durante os dois anos do estudo, foram podas anuais para a retirada de ramos ladrões; uma adubação com 20-05-20 e duas adubações com 20-00-20, conforme a produtividade esperada das lavouras, de acordo com recomendação (PREZOTTI et al., 2007); uma capina manual e duas capinas químicas com o ativo Glyfosate, na dose de 1,0 L/ha do produto comercial. Não foram aplicados micronutrientes, inseticidas ou fungicidas e nem utilizada irrigação, durante os dois anos do estudo.

TABELA 1 - Características dos locais do estudo nos 03 municípios com as coordenadas, altitude, espaçamentos, idade das lavouras, de café conilon, variedade G35, características granulométricas e da classificação textural dos solos da baixada e encosta dos três municípios dos locais do estudo.

		1- Anchieta (Rio Joeba)	2-Iconha (Córrego Jaracatiá)	3- Rio Novo do Sul (Ribeirão S. Francisco)
Coordenadas	x	315698,4	314176,1	304187,9
	y	7711952,6	7700284,2	7693892,5
Altitude (m)	Baixada	15	13	12
	Encosta	27	26	27
Espaçamento (m)		2,5 x 1,5	2,5 x 1,5	2,5 x 1,5
Idade lavoura (anos)		13	10	11
Areia (%)	Baixada	41,6	46,7	56,9
	Encosta	58,8	59,1	58,5
Silte (%)	Baixada	23	29,9	15,7
	Encosta	10,8	9,5	8,1
Argila (%)	Baixada	35,4	23,4	27,4
	Encosta	30,4	31,4	33,4
Classificação Textural	Baixada	Argilosa	Média	Média
	Encosta	Média	Média	Média

Determinação dos atributos físico-químicos do solo

As amostras de solo foram coletadas na camada de 0-20 cm, dentro da projeção dos ramos da planta. Cada amostra foi composta (repetição) de 10 subamostras de cada parcela. Para as 6 lavouras de café conilon do Sul (3 de Baixada e 3 de Encosta), foram avaliadas as características granulométricas e químicas dos solos (EMBRAPA, 1997). As análises químicas do solo foram: pH, potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), alumínio (Al) enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), Matéria Orgânica (MO).

Composição mineral de raízes, caules e folhas

As amostras de raízes, caules e folhas foram coletadas nos períodos de inverno e de verão, nas safras de 2013 e de 2014, e os frutos, nas safras de 2013 e de 2014, no inverno. Foram coletados os 3° e 4° pares de folhas de ramos produtivos do terço médio da planta e os caules foram os ramos onde se coletaram as folhas. Após a coleta, raízes, folhas e caules frescos foram secados em estufa de circulação forçada, durante 48 horas, a 60-70 ^{o}C. Os frutos foram secados ao sol até atingirem 12% de umidade. Depois, raízes, ramos, folhas, grãos e cascas foram moídos para a análise da composição mineral, que foi realizada, utilizando-se metodologia de Tedesco et al. (1995), e os teores de nutrientes foram determinados em mg.kg^{-1} dos seguintes elementos: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

Fenologia e produtividade das plantas

No campo, foram analisados o Número de Frutos Totais/Ramo (NFT); Número de Frutos Médios/Roseta (NFMR) e o Número de Rosetas (NR) em 40 plantas, para caracterizar o vingamento da floração. Para a avaliação da produtividade (sacas beneficiadas/hectare) da lavoura, foi realizada a colheita manual nas 08 plantas/parcela nas 04 repetições nas safras de 2013 e 2014. Amostras médias de 2,0 kg/parcela foram retiradas, secadas ao sol até a umidade de 12%, beneficiadas e transformadas em sacas/hectare de acordo com o rendimento das parcelas.

Análise estatística dos dados

Para a análise dos dados da concentração dos nutrientes nas raízes, caules e folhas das plantas das lavouras de café conilon da baixada e da encosta, assim como, a composição mineral dos solos das áreas de café conilon da baixada e

da encosta, da baixada natural, do pasto e da mata, foi utilizada a Análise de Componentes Principais (PCA).

O Teste *t* foi usado para comparação das médias dos ambientes (baixada e encosta) entre o acúmulo médio de nutrientes e a relação do ferro com os demais nutrientes nos órgãos vegetais; na produtividade, Número de Frutos Totais (NFT), Número de Frutos Médios/Roseta (NFMR) e no Número de Rosetas (NR) pelo programa Statistica 12.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Concentração de nutrientes nos órgãos vegetais de *C. canephora* em ambientes de baixada e encosta

Com a Análise dos Componentes Principais procurou-se resumir os nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn) em variáveis compostas, tornando mais simples a avaliação do acúmulo dos nutrientes, em função do órgão vegetal. Os dois eixos (variáveis compostas) das variáveis dos nutrientes explicaram 68,24% e 73,78 da variabilidade dos dados de café conilon da baixada e da encosta, respectivamente (Figura 1).

A PCA mostrou que, nas plantas de café conilon, cultivadas na baixada (Figura 1A) houve uma maior concentração dos nutrientes Fe, Zn, Cu, Mn e S no sistema radicular. Houve uma diminuição dos níveis de N e um aumento da concentração de Ca e de B nas folhas. O K acumulou mais nos grãos e na casca dos frutos e o P acumulou mais nos caules (ramos plagiotrópicos) das plantas de café conilon. Os dois eixos (variáveis compostas) foram significativos e explicaram 68,24% da variabilidade dos dados (Figura 1A e Tabela 2).

Para as plantas de café conilon cultivadas em ambiente de encosta, observamos, pela análise da PCA, que os elementos minerais Zn e Fe também se concentraram nas raízes das plantas. Um outro grupo de nutrientes: Mg, Mn, Cu, S, Ca, P, N e B se concentrou mais nas folhas e somente o K predominou nos grãos e na casca do café. Os dois eixos (variáveis compostas) explicaram 73,8% da variabilidade dos dados (Figura 1B e Tabela 2).

Quando compararmos os dois ambientes estudados, verificamos que o café conilon, cultivado na baixada, obteve 53,4%, 71,6%, 25,9%, 213,0% e 48,2% maior acúmulo de ferro do que o café conilon cultivado na encosta para raízes, folhas, caules, grãos e cascas, respectivamente; e que, no ambiente de baixada ocorreu diferença significativa da concentração do Fe para todos os órgãos avaliados, comparados com o ambiente de encosta (Tabela 2). Observações visuais no campo mostraram que as plantas de baixada tinham as raízes mais escurecidas. A deposição de Fe nas raízes as tornam mais escurecidas, curtas, finas, rígidas e quebradiças (LIU et al., 2008; SILVA et al., 2012).

Café conilon é uma variedade de alto potencial produtivo, principalmente aqueles de seleções genéticas, o que demanda alta exigência nutricional. Trabalho realizado por Bragança et al. (2007), mostrou que a sequência de acúmulo de nutrientes pelo café conilon foi N > Ca > K > Mg > S > P > Fe > Mn > Zn > Cu. Entre eles, o Ferro é importante na fotossíntese e biossíntese de proteínas e clorofila. Porém, em solos inundados, ocorre um aumento expressivo na disponibilidade de Fe e Mn, podendo causar toxidez às plantas (PREZOTTI et al., 2007). De acordo com as classes de interpretação, para micronutrientes disponíveis no solo, o Fe pelo método Mehlich-1 é considerado alto acima de 45 $mg.dm^{-3}$ e, na folha, maior que 131 $mg.Kg^{-1}$ (PREZOTTI; MARTINS, 2013). Este estudo encontrou valores médios de 166 $mg.Kg^{-1}$ de Fe (Tabela 2), porém foram obtidos valores de até 346 $mg.Kg^{-1}$ de Fe nas folhas de café conilon, cultivado em ambiente de baixada.

Em ambientes de solos de baixada úmida, há uma diminuição da difusão do oxigênio atmosférico (hipoxia). Nestes casos, ocorre o consumo do oxigênio dissolvido na água pelos microorganismos aeróbicos, que depois são substituídos pelos anaeróbicos, provocando, no ambiente, acúmulo de CO^2 (GROTZ; GUERINOT, 2006). Nestas condições, há diminuição do pH, o que favorece a redução de metais, como o do ferro ($Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$), tornando-os disponíveis em altas concentrações para as plantas com potencial de toxidez (AUDEBERT; FOFANA, 2009; BECKER; ASCH, 2005; SAHRAWAT, 2005). Nos solos dos Tabuleiros Costeiros do estado do Espírito Santo, é comum ocorrer períodos, durante o ano, nos quais se verifica o encharcamento (hipoxia) destes solos, momento em que o ferro pode ficar na forma reduzida e causar acúmulo nas raízes.

Vários estudos relatam que o excesso de Fe promove desordens nutricionais nas plantas (AUDEBERT; FOFANA, 2009; OLALEYE et al., 2009; SILVEIRA et al., 2007), o que pode causar o desequilíbrio fisiológico. Silveira et al. (2007) verificaram uma diminuição na absorção de K, Ca e Mg em arroz e Schmidt (2003) relataram que o excesso de ferro pode influenciar na absorção de

Mn, Zn, Cu P, Cobalto (Co) e cálcio no solo. Neste estudo, observamos pela PCA que as plantas de café conilon cultivadas na baixada (Figura 1A) tiveram maior concentração dos nutrientes Fe, Zn, Cu, Mn e S no sistema radicular. Müller et al. (2015) observaram que o acúmulo do K nas raízes de plantas de arroz foi reduzido, e que os níveis de Ca e Mg nas folhas também foram reduzidos, o que também observamos de forma semelhante em plantas de café de baixada, comparadas com as de encosta. O presente estudo mostrou maior acúmulo de ferro para todos os órgãos avaliados (raízes, folhas, caules, grãos e cascas) de café conilon cultivado na baixada, comparados com café conilon de encosta, sendo que as raízes acumularam, aproximadamente, 95% do total de ferro absorvido, e que, café conilon na baixada acumulou 53,4% mais ferro nas raízes do que o café conilon cultivado na encosta. No estudo de Bragança et al. (2007), café conilon com seis anos de idade, cultivado em solo latossolo, acumulou 4.716,05 mg/planta de ferro, equivalente a 10,48 kg.ha^{-1}, sendo que, deste total, avaliado em mg/planta, aproximadamente 3.390 (72%); 434 (9%); 370 (8%); 366 (8%) e 156 (3%) foram acumulados em raízes, tronco + ramos ortotrópicos, folhas, frutos e ramos plagiotrópicos.

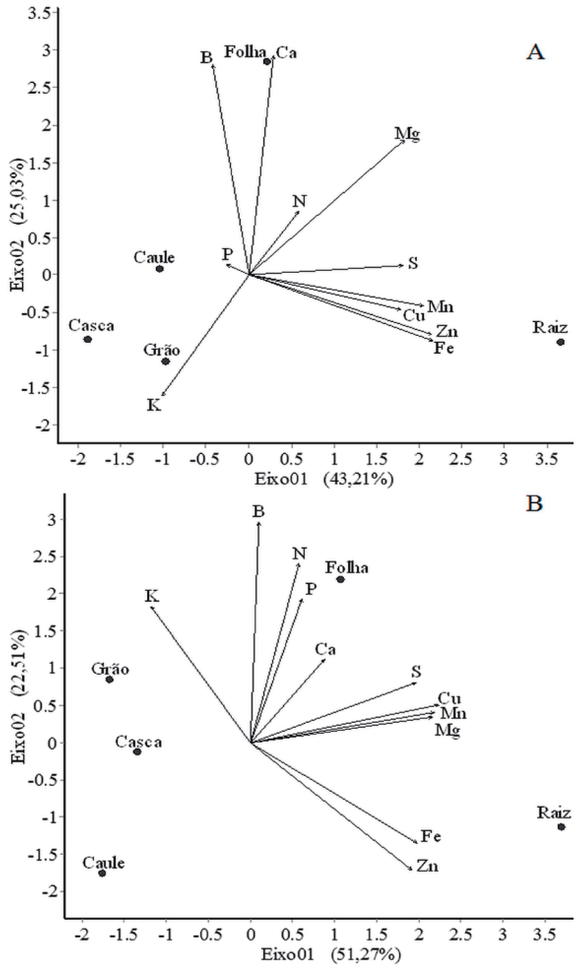

FIGURA 1 - Disposição vetorial das variáveis dos nutrientes: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S) em dag.Kg^{-1} e Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn) em mg.Kg^{-1},de acordo com os dois componentes principais da PCA; e distribuição dos resultados das amostras em relação aos componentes quanto ao órgão vegetal analisado: raiz, ramo, folha, casca e grão em lavouras de café conilon variedade G35 em 2013 e 2014 nos municípios de Anchieta, Iconha e Rio Novo do Sul, nos ambientes de Baixada (A) e Encosta (B), ES. n=8.

TABELA 2 - Acúmulo médio dos nutrientes nos órgãos vegetais (raiz, folha, caule, grãos e casca) dos anos de 2013 e 2014, em lavouras de café conilon, cultivar G35 de baixada e de encosta dos municípios de Anchieta, Iconha e Rio Novo do Sul, ES. n=8.

Órgão Vegetal	Local	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
		g.kg^{-1}						mg.kg^{-1}				
Raiz	Baixada	17,4	1,1	8,4	8,3	5,1	2,8	7684*	24,3	78,0	89,7	25,7
	Encosta	16,8	1,1	9,0	9,5	5,0	2,9	5008	29,3	86,3	72,7	25,1
Folha	Baixada	20,8	1,3	8,2*	23,4	5,3*	2,3	166*	16,7	15,0	40,7	94,5
	Encosta	20,8	1,2	12,1	19,4	4,0	2,2	96,7	23,0	13,0	51,7	82,3
Caule	Baixada	15,1	0,7	7,7	13,1	2,6*	1,2	16,0*	17,3	26,7	17,3	37,0
	Encosta	12,8	0,2	9,1	11,7	1,9	1,1	12,7	10,0	23,3	12,7	30,8
Grão	Baixada	22,9	1,2	19,7	3,6	2,1*	2,0	51,2*	20,5*	15,9*	23,8	36,5
	Encosta	21,4	1,1	19,5	3,4	1,7	1,9	24,0	12,1	7,3	17,7	37,9
Casca	Baixada	10,3	1,5	13,6	5,2	1,3	1,9	113,8*	9,9	7,1	40,0	45,0
	Encosta	11,2	1,5	14,5	4,6	1,2	2,0	76,8	11,5	8,3	33,5	41,1

*Significativo a 5,0%.

O teste "t" a 1,0% na Tabela 3, indica que ocorreu diferença significativa entre a relação do Ferro com todos os nutrientes entre os ambientes de cultivo avaliados, tanto em folhas, como em raízes, sendo que, ambas as lavouras foram adubadas com o mesmo formulado e de acordo com a produtividade esperada de cada ano. A relação do Ferro nas folhas e raízes com os demais nutrientes foi maior nas lavouras de café conilon de baixada para todos os nutrientes avaliados, o que mostra que, nestes ambientes, ocorre um forte processo de oxirriredução e e a disponibilidade do Fe^{2+} é grande; resultando na sua consequente absorção pelas plantas.

Os resultados de Partelli et al. (2006) concluíram que não houve diferenças nas relações do Ferro com macro e micronutrientes, avaliados nas folhas entre lavouras de cultivo orgânicas e convencionais. Este estudo mostra que as relações entre Fe/N, Fe/P, Fe/K e Fe/Mn nas folhas apresentou resultados maiores da ordem de 95%, 85%, 94% e 484% respectivamente, quando comparados aos resultados de Partelli et al. (2006) para as lavouras orgânicas. Porém, as lavouras de baixada deste estudo tiveram relação entre Fe/Mg e Fe/B maiores que as lavouras de cultivo convencional; relação Fe/S maiores que as lavouras convencionais e orgânicas; relação Fe/B maior do que as lavouras convencionais e relação Fe/Cu e Fe/Zn maiores que as lavouras orgânicas. Entretanto, as lavouras de encosta tiveram relação Fe/Mg, Fe/S, Fe/B, Fe/Cu e Fe/Zn menor que lavouras de cultivo convencionais e orgânicas que aqueles encontrados por Partelli et al. (2006). Jucoski et al. (2013) no seu estudo obtiveram uma relação entre o teor de Fe nas raízes/teor de Fe nas folhas de 5,7; indicando alta relação. Neste estudo, obtivemos uma relação de 46,2 vezes para as plantas de café conilon de baixada e 51,7 para as de encosta.

Composição mineral entre os ambientes estudados

A análise de PCA mostrou que para o grupo café conilon na baixada ocorreu uma maior concentração dos nutrientes Cu, P e Zn no solo das plantas avaliadas. Para o grupo de café conilon na encosta houve uma maior concentração das três bases trocáveis Ca, Mg e K, além do pH, que também foi maior neste local. A região avaliada de mata natural (fragmentos restantes) que ocorre nessa Região dos Tabuleiros Costeiros teve uma maior concentração de Mn, B. Na região considerada natural de baixada ocorreu predominância do Fe, Al e MO. No pasto, houve uma predominância do elemento B (Tabela 4 e Figura 2).

Neste estudo, observamos que, tanto café conilon na baixada, como café conilon na encosta acumularam mais ferro nas raízes, sendo que o acúmulo foi maior nas plantas de café conilon de ambiente de baixada.

TABELA 3 - Média, desvio-padrão e coeficiente de variação (CV) da relação do Ferro com macro e micronutrientes, em folhas e raízes de lavouras de café conilon, cultivar G35 de ambientes de baixada e encosta, e a verificação da diferença entre elas, pelo teste "t" de Student.

Órgão vegetal	Relação	Lavoura						Teste T
		Baixada			Encosta			
		Média	Desvio padrão	CV	Média	Desvio padrão	CV	
Folha	Fe/N	8,0	0,7	8,8	4,7	0,3	5,8	*
	Fe/P	128,9	6,8	5,3	81,0	4,1	5,1	*
	Fe/K	20,4	1,6	7,9	8,0	0,4	5,1	*
	Fe/Ca	7,1	0,6	8,9	5,0	0,4	7,4	*
	Fe/Mg	31,1	1,7	5,4	24,1	1,6	6,4	*
	Fe/S	72,8	5,7	7,8	42,9	2,0	4,7	*
	Fe/B	1,8	0,2	12,4	1,2	0,1	10,2	*
	Fe/Cu	10,1	1,3	12,4	4,2	0,4	8,3	*
	Fe/Mn	4,1	0,6	13,3	1,9	0,2	9,0	*
	Fe/Zn	11,2	1,1	10,0	7,5	0,5	6,8	*
Raiz	Fe/N	446,9	65,1	14,6	309,9	43,5	14,0	*
	Fe/P	7050,4	1057,3	15,0	4516,8	1053,1	23,3	*
	Fe/K	918,9	128,1	13,9	597,6	198,3	33,2	*
	Fe/Ca	949,5	175,8	18,5	540,1	132,3	24,5	*
	Fe/Mg	1512,0	123,8	8,2	1023,4	138,3	13,5	*
	Fe/S	2798,3	527,8	18,9	1738,6	224,6	12,9	*
	Fe/B	321,0	40,5	12,6	173,3	25,2	14,5	*
	Fe/Cu	95,0	7,8	8,2	58,3	5,3	9,1	*
	Fe/Mn	85,8	5,8	6,8	69,1	4,0	5,8	*
	Fe/Zn	320,6	60,3	18,8	202,9	39,2	19,3	*

*Significativo 1,0%.

TABELA 4 - Média da composição mineral dos solo dos anos de 2013 e 2014, em lavouras de café conilon, cultivar G35 de baixada e encosta dos municípios de Anchieta, Iconha e Rio Novo do Sul, ES.

Local		pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	MO	Zn	Fe	Mn	Cu	B
			mg/dm^3			cmol$_c$/dm^3			dag/Kg	mg/dm^3				
Conilon	Baixada	5,5	62,0	61,0	11,0	2,0	0,5	1,0	3,2	4,5	195,0	19,7	1,5	0,2
	Encosta	6,3	35,7	89,0	10,7	3,6	1,0	0,0	2,5	5,6	48,6	33,2	0,9	0,2
Natural Baixada		4.7	10,7	31,7	28,0	0,9	0,1	1,4	4,2	3,9	591,3	22,0	0,9	0,3
Pasto		5.2	2,3	23,0	15,7	0,7	0,3	0,6	2,1	1,3	212,3	22,3	0,7	0,3
Mata		5,0	9,0	95,0	43,3	1,4	0,7	0,6	2,9	2,0	188,0	74,0	0,5	0,4

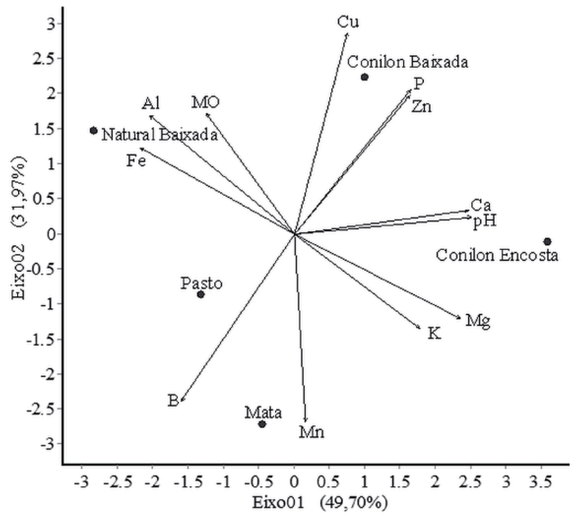

FIGURA 2 - Disposição vetorial das variáveis dos nutrientes: potássio (K), fósforo (P), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e sódio em $mg.dm^{-3}$, cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e Alumínio (Al) em $cmol_c.dm^{-3}$, pH e Matéria Orgânica (MO), em $dag.Kg^{-1}$,de acordo com os dois componentes principais da PCA; e distribuição das amostras em relação aos componentes, quanto ao local da amostragem de solo: de café conilon cultivar G35 de baixada e encosta, mata nativa, pasto e natural baixada, nos anos de 2013 e 2014, nos municípios de Anchieta, Iconha e Rio Novo do Sul, ES. n=8.

A alta concentração de Fe^{2+} na solução inibe a formação de raízes novas e ocorre a deposição de uma camada de óxidos sobre as raízes, o que diminui a capacidade de absorção de nutrientes e a produção de grãos (BECKER; ASCH, 2005; DORLODOT; LUTTS; BERTIN, 2005). Os resultados da PCA deste estudo mostram que P e K, em café de baixada, acumularam mais no caule e nos grãos, respectivamente, enquanto que, em cafés na encosta, houve uma maior translocação de P para a folha e K para grãos e folhas.

A toxicidade de ferro, conforme descreve Ottow, Benckiser e Watanabe (1982) pode ser considerada como um distúrbio nutricional geral, pois envolve vários elementos. A disponibilidade de P, Mo e Al pode ser afetada como resultado da redução do ferro e a absorção de K, Zn e Mn podem ser prejudicadas como resultado da acumulação do ferro na rizosfera. Neste estudo, observamos que as lavouras de café conilon da baixada acumularam mais ferro nos órgãos vegetais analisados quando comparadas com as de encosta.

Ferro reduzido (Fe^{2+}) aumenta a disponibilidade de P e tem interações de antagonismo com elementos catiônicos como Mn, Zn e K, ou seja, aumentada a concentração de ferro pode ocorrer deficiência de Mn, Zn e K (FAGERIA, 1988). A redução do ferro pode exercer um efeito antagonista direto na absorção de Zn e na formação de placas de ferro, que são da oxidação de ferro, ao redor das raízes e podem reduzir a concentração do Zn, e formando $ZnFe^2O_4$, que é moderadamente solúvel (SAJWAN; LINDSAY, 1988). A absorção de K ocorre similarmente ao Zn e é afetada pelo excesso de Fe^{2+} na solução do solo (JUGSUJINDA; PATRICK JUNIOR, 1993). Porém, pela alta diversidade de solos e condições ambientais que podem afetar a taxa de redução e a quantidade de Fe^{2+} na solução do solo, são necessários cuidados na intervenção para melhorar as condições dos ambientes com ferro tóxico, como as que podem ocorrer nos solos dos Tabuleiros Costeiros, do estado do Espírito Santo.

Produtividade de *C. canephora* em ambientes de baixada e encosta

Na avaliação média das safras de 2013 e 2014, observamos que, para o Número de Frutos Totais (NFT), Número de Rosetas (NR), Número de Frutos Médios/Roseta (NFMR) e para a Produtividade (sacas beneficiadas/hectare), os resultados foram maiores e significativos para as lavouras de café implantadas em solos de ambiente de encosta. A produtividade média das duas safras de 2013 e 2014 foi 27,5% maior e o Número de Rosetas (NR) foi também 27,0% superior nas lavouras, implantadas na região de ambiente de encosta (Figura 3).

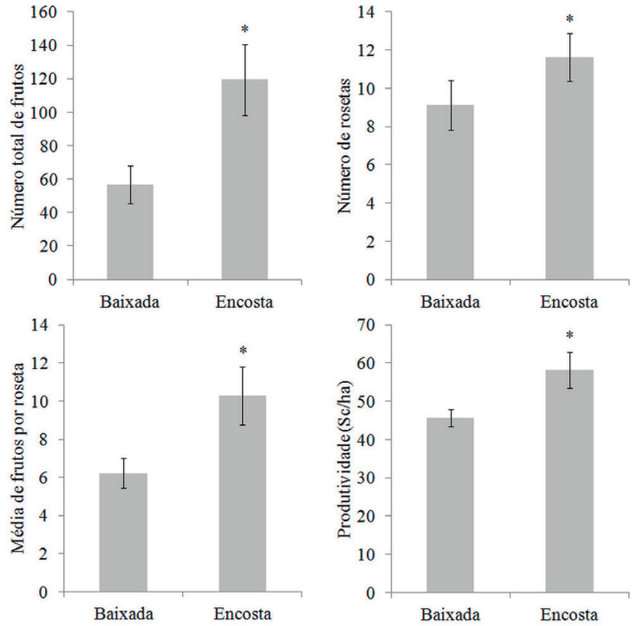

FIGURA 3 - Valores médios da Produtividade (Sc/hectare), Número de Frutos Totais (NFT); do Número de Frutos Médios/Roseta (NFMR) e do Número de Rosetas (NR) das safras de 2013 e 2014 ,de lavouras de café conilon, cultivar G35 de áreas de baixada e de encosta, nos municípios de Anchieta, Iconha e Rio Novo do Sul, ES. *Significativo ao nível de 1%, pelo Teste *t*. n=8.

Vários fatores são responsáveis pela toxicidade de ferro em baixada, com destaque para a condição anóxica e fatores edáficos. Estas alterações fisiológicas da toxicidade de ferro, em culturas, fazem diminuir o crescimento e a produção, sendo que, na África Ocidental, dados mostram uma redução na produção de arroz de 12-100%, devido à toxicidade de ferro (MEHRABAN; ZADEH; SADEGHIPOUR, 2008; SAHRAWAT, 2004). Porém, quando se utilizaram variedades selecionadas, resistentes ao excesso de ferro , ocorreu uma melhora do efeito negativo na produtividade em arroz (NOZOE et al., 2008; SILVEIRA et al., 2007). Em condições tropicais naturais, a maior precipitação, o pH do solo baixo e a alta concentração de Matéria Orgânica (MO), como os dados apresentados na Tabela 4, nos solos naturais de baixada pode contribuir para uma maior redução do ferro. Fageria et al. (2008) relatam que a toxicidade de ferro resultou na redução na altura e perfilhamento de plantas de arroz irrigado. A explicação é o efeito antagonista da absorção de ferro na disponibilidade de outros nutrientes essenciais como o K, Zn e Mn, o que pode causar desordem nutricional. Aderibigbe et al. (2015) verificaram interação significativa e positiva do N e a produtividade, sendo que o aumento de doses de N inorgânico até 120 kg.ha^{-1} tiveram efeito positivo na redução da influência da toxicidade do ferro na fase de crescimento das plantas e aumento da produtividade, porém o mesmo não ocorreu para o P. Jucoski et al. (2013) verificaram forte redução no crescimento de plantas de *Eugenia uniflora* L., em solução nutritiva com níveis elevados de ferro (1,0 e 2,0 mM) e a absorção elevada de ferro causou redução de P, Zn, Mn e Cu. Nguyen, Hiep e Fujita (2005) testaram o efeito combinado de ferro e de alumínio e observaram decréscimo na produção de matéria seca de folhas, caule e raízes de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh à medida que aumentaram a concentração de Fe na solução nutritiva. Em *Solanum tuberosum* L., Chatteree, Gopal e Dube (2006) verificaram queda de 70% na produção de matéria seca, quando as plantas foram expostas a 2,0 mM de Fe. Ismunadji, Ardjasa e Von Uexkull (1989) dizem que a melhoria da drenagem, equilíbrio na adubação, adição de matéria orgânica e calagem são medidas que devem ser adotadas para aumentar a colheita de arroz em terras que apresentam altas concentrações de ferro; medidas estas que também podem ser tomadas para as lavouras de café já implantadas em ambientes de baixada que estão sujeitas ao encharcamento, mesmo que, por

apenas um período do ano. Em visitas a lavouras de café conilon no Sul e no Norte do estado do Espírito Santo, verificamos que produtores que plantaram café conilon em áreas de tabuleiros costeiros utilizaram a técnica do plantio em cima do camalhão para evitar o excesso de umidade nas raízes e suas conseqüências aqui relatadas. Porém, observamos que, com os anos, alguns produtores já eliminaram lavouras de café nestas áreas e outros que irrigam com água, que também contém excesso de Ferro, estão tendo problemas sérios de manejo da cultura.

Para evitar prejuízos significativos na produtividade, é necessário o estudo do local antes da implantação de qualquer cultivo nestes ambientes em que ocorrem processos de oxirredução. Para culturas já instaladas, medidas no manejo das propriedades físico-químicas do solo devem ser adotadas para a sustentabilidade de cultivo, nestes ecossistemas.

4 CONCLUSÕES

Conclui-se que as altas concentrações de ferro em raízes, caules e folhas podem influenciar negativamente na produtividade das lavouras de café conilon, implantadas em ambientes de baixada (hipoxia) nos solos dos Tabuleiros Costeiros, do estado do Espírito Santo.

5 REFERÊNCIAS

ADERIBIGBE, S. G et al. Yield and iron toxicity response of Rice cultivars to nitrogen and phosphorus application rates in lowland ecology of Moist Savanna of Northern Nigeria. **Journal of Agricultural Studies**, Las Vegas, v. 3, p. 114-128, 2015.

ALEXANDRE, J. R. et al. Zinco e ferro: de micronutrientes a contaminantes do solo Zinc and iron : micronutrients to soil contaminants. **Natureza Online**, Las Vegas, v. 10, p. 23-28, 2012.

AUDEBERT, A.; FOFANA, M. Rice yield gap due to iron toxicity in West Africa. **Journal of Agronomy & Crop Science**, Weinheim, v. 195, p. 66-76, 2009.

BECKER, M.; ASCH, F. Iron toxicity in rice: conditions and menegement concepts. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 168, p. 558-573, 2005.

BRAGANÇA, S. M. et al. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn pelo cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 54, p. 398-404, 2007.

BRIAT, J. F. et al. Ferritins and iron storage in plants. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1800, p. 806-814, 2010.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEN, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2002.

CHATTERJEE, C.; GOPAL, R.; DUBE, B. K. Impact of iron stress on biomass, yield, metabolism and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 108, p. 1-6, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira, monitoramento agrícola café, safra 2015:** terceira levantamento. Brasília, 2015.

DORLODOT, S.; LUTTS, S.; BERTIN, P. Effects of ferrous iron toxicity on the growth and mineral composition of an interspecific rice. **Journal of Plant Nutrition**, Georgia, v. 28, p. 1-20, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants:** principles and perspectives. 2nd ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2005. 380 p.

FAGERIA, N. K. Influence of iron on nutrient uptake by rice. **International Rice Research Newsletter**, Manila, v. 13, p. 20-21, 1988.

FAGERIA, N. K. et al. Iron toxicity in lowland rice. **Journal of Plant Nutrition**, Georgia, v. 31, p. 1676-1697, 2008.

GRANTZ, D. A.; GARNER, J. H. B.; JOHNSON, D. W. Ecological effects of particulate matter. **Environment International**, Oxford, v. 29, p. 213-239, 2003.

GROTZ, N.; GUERINOT, M. L. Molecular aspects of Cu, Fe and Zn homeostasis in plants. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1763, p. 595-608, 2006.

ISMUNADJI, M.; ARDJASA, W. S.; VON UEXKULL, H. R. Increasing productivity of lowland rice grown on iron toxic soils. In: DETURK, P.; PONNAMPERUMA, F. (Ed.). **Rice production on acid soils of the tropics**. Sri Lanka: Institute of Fundamental Study, 1989. p. 205-211.

JUCOSKI, G. O. et al. Impacto f iron toxicity on oxidative metabolism in young *Eugenia uniflora* L. plants. **Acta Physilologiae Plantarum**, Heidelberg, v. 35, p. 1645-1657, 2013.

JUGSUJINDA, A.; PATRICK JUNIOR, W. H. Evaluation of toxic condi- tions associated with oranging symptoms of rice in a flooded Oxisol in Sumatra, Indonesia. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 152, p. 237-243, 1993.

KIM, S. A.; GUERINOT, M. L. Minin iron uptake and transport in plants. **FEBS Letters**, Amsterdam, v. 581, p. 2273-2280, 2007.

KUKI, K. N. et al. Effects of simulated deposition of acid mist and iron ore particulate matter on photosynthesis and the generation of oxidative stress in *Schinus terebinthifolius* Radii and *Sophora tomentosa* L. **Science of Total Environment**, Amsterdam, v. 403, p. 207-214, 2008a.

_____. Iron or industry emissions as a potential ecological risk factor for tropical coastal vegetation. **Environmental Management**, New York, v. 42, p. 111-121, 2008b.

LIMA, H. et al. Index of soil physical quality of hardsetting soils on the brazilian coast. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 38, p. 1722-1730, 2014.

LIU, H. et al. Influence of iron plaque on uptake and accumulation of Cd by rice (*Oryza sativa* L.) seedlings grown in soil. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 394, p. 361-368, 2008.

MEHRABAN, P.; ZADEH, A. A.; SADEGHIPOUR, H. R. Iron toxicity in rice (*Oryza sativa* L.) under different potassium nutrition. **Asian Journal of Plant Sciences**, Faisalabad, v. 7, p. 251-259, 2008.

MÜLLER, C. et al. Differential physiological responses in rice upon exposure to excess distinct iron forms. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 391, p. 123-138, 2015.

NGUYEN, N. T.; HIEP, N. D.; FUJITA, K. Iron enhances aluminum-induced leaf necrosis and plant growth inhibition in *Eucalyptus camaldulensis*. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 277, p. 139-152, 2005.

NOZOE, T. et al. Characteristics of iron tolerant rice lines developed at IRRI under field conditions. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Ibaraki, v. 42, p. 187-192, 2008.

OLALEYE, A. O. et al. Elemental composition of two rice cultivars under potentially toxic on aquept and aquent. **Notulae Scientia Biologicae**, Cluj-Napoca, v. 1, p. 46-49, 2009.

OTTOW, J. C. G.; BENCKISER, G.; WATANABE, I. Is iron toxicity of rice the result of a multiple nutritional stress? **Plant Research and Development**, Tübingen, v. 17, p. 96-109, 1982.

PARTELLI, F. L. et al. Estabelecimento de normas DRIS em cafeeiro conilon orgânico ou convencional no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 443-451, 2006.

PREZOTTI, L. C. et al. Calagem e adubação. In: FERRÃO, R. G. et al. (Ed.). **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 331-373.

_____. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo:** 5ª aproximação. Vitória: SEEA, 2007. 305 p.

PREZOTTI, L. C.; MARTINS, A. G. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória: Incaper, 2013. 104 p.

PEREIRA, E. G. et al. Iron excess affects Rice photosynthesis thougt stomatal and non-stomatal limitations. **Plant Science**, County Clare, v. 201/202, p. 81-92, 2013.

SAHRAWAT, K. L. Iron toxicity in wetland rice and the role of other nutrients. **Journal of Plant Nutrition**, Georgia, v. 27, p. 1471-1504, 2004.

_____. Managing iron toxicity in lowland rice: the role of tolerant genotypes and plant nutrients. In: TORIYAMA, K.; HEONG, K. L.; HARDY, B. (Ed.). **Rice is life:** scientific perspectives for the 21st century: proceedings of the World Rice Research Conference. Tsukuba: IRRI, 2005. p. 452-454.

SAJWAN, K. S.; LINDSAY, W. L. Effects of redox on zinc deficiency in paddy rice. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 50, p. 1264-1269, 1988.

SCHMIDT, W. Iron solutions: acquisition strategies and signaling pathways in plants. **Trends in Plant Science**, London, v. 8, p. 188-193, 2003.

SILVA, A. I. S. et al. Iron plaque formation and morphoanatomy of roots from species of restinga subjected to excess iron. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, San Diego, v. 78, p. 265-275, 2012.

SILVEIRA, V. C. et al. Influence of iron on mineral status of two rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 19, p. 127-139, 2007.

SOBRAL, L. F.; CINTRA, F. L. D.; SMYTH, J. T. Lime and gypsum to improve root depth of orange crop in an Ultisol of the Coastal Tablelands. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 836-839, 2009.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S. **Irrigação nos tabuleiros costeiros no nordeste do Brasil:** portal do agronegócio. Disponível em: <http://www.portaldoagronegocio.com.br>. Acesso em: 10 set. 2014.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

THOMPSON, J. R. et al. The effect of dust on photosynthesis and its significance for roadside plants. **Environmental Pollution (Series A)**, London, v. 34, p. 171-190, 1984.

DEPOSIÇÃO DE CALDA PROMOVIDA POR PULVERIZADORES EMPREGADOS NA CAFEICULTURA DE MONTANHA

Jefferson Gitirana Neto[1], João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha[2], Rodrigo Santos Marques[3], Olinto Lasmar[4], Erik Bueno Borges[5]

(Recebido: 16 de outubro de 2015 ; aceito: 07 de dezembro de 2015)

RESUMO: A cultura do café representa importante atividade agrícola no Brasil, mas sua produção demanda grandes desafios quanto ao manejo de agrotóxicos, sobretudo em regiões de difícil mecanização.Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a deposição de calda promovida por pulverizadores empregados na cafeicultura de montanha. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com 11 tratamentos e quatro repetições. Foram avaliados diferentes equipamentos nas aplicações de agrotóxicos na cafeicultura de montanha (pulverizador costal motorizado, triciclo adaptado para pulverização, pulverizador costal motorizado adaptado e pulverizador costal manual), associados ou não à tecnologia eletrostática e adjuvante siliconado, em diferentes taxas de aplicação. Inicialmente, foi conduzido um estudo para caracterização do espectro de gotas produzidas, empregando-se o uso de papel hidrossensível. Foram avaliadas a deposição e a penetração da calda nas partes inferior, média e superior das plantas, assim como o escorrimento para o solo. Para isso, aplicou-se o traçador Azul Brilhante para quantificação por espectrofotometria. A associação da tecnologia eletrostática, com taxa de aplicação de 200 L ha^{-1}, e o uso do adjuvante copolímero poliéster-polimetil siloxano mostrou-se melhor em relação aos demais equipamentos quanto à deposição de calda em cafeeiros adultos, revelando também a viabilidade técnica da utilização de menor volume de água na preparação das caldas.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, aplicação eletrostática, pulverização, defensivos agrícolas.

SPRAY DEPOSITION PROMOTED BY DIFFERENT SPRAYERS ON THE MOUNTAIN COFFEE CROP

ABSTRACT: *Coffee crop is an important agricultural activity in Brazil, but with major technological challenges in disease and pest control. This study aimed to evaluate the spray deposition promoted by different sprayers on the mountain coffee crop. The trial was carried out in a randomized blocks design, with 11 treatments and 4 replicates. Different equipments were used in the pesticide applications: motorized knapsack sprayer, adapted sprayer tricycle, adapted motorized knapsack sprayer and manual knapsack sprayer, combined with electrostatic technology and silicone adjuvant in different application rates. Initially, a study was conducted to characterize the droplet spectrum with the use of water sensitive papers. The deposition and penetration in the lower, middle and upper parts of the plants and the runoff were also evaluated by the addition of a tracer (Brilliant Blue) to be quantified by spectrophotometry. The combination of electrostatic technology, with application rate of 200 L* ha^{-1}*, and the use of adjuvant polyester polymethyl siloxane copolymer proved to be better than the other devices on the spray deposition in coffee plants, also showing the technical feasibility of using lower application rate*s.

Index terms: *Coffea arabica, eletrostatic application, spray, pesticide.*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café. Devido à sua grande extensão territorial e clima diversificado, apresenta extensa faixa apta à produção de café, o qual é plantado desde próximo à latitude de 0º, no extremo norte do Pará, até a latitude de 25º, no Paraná. Com isso, torna-se necessária a adoção de manejos diferenciados nas distintas regiões, o que possibilita a produção de cafés com características próprias, específicas de cada localidade. O café arábica, normalmente, permeia regiões de altitudes elevadas, sendo cultivado em chapadas, encostas e montanhas.

A cafeicultura de montanha, no Brasil, representa área de grande potencial produtivo, ocupando cerca de 600 mil ha, a segunda em tamanho, e abrange as áreas da zona serrana do Espírito Santo, Zona da Mata de Minas e do estado do Rio de Janeiro, e quase todo o Sul de Minas e áreas serranas em São Paulo, na divisa com Minas Gerais (SOUZA, 2012).

Esse modelo de cafeicultura é uma importante atividade social, visto que subsidia grande número de pessoas, sendo representado por pequenas propriedades administradas de forma familiar. Nota-se que 83,3% das propriedades não apresentam mais que 20 ha, representando 51,8% da área plantada com café, no estado de Minas Gerais. Para instalação, manutenção e colheita de 1 ha de café são necessários 80 a 90 dias/homem/ano (SOUZA, 2012).

[1,2,3,4]Universidade Federal de Uberlândia/UFU - Instituto de Ciências Agrárias/ICIAG - Cx. P. 593 - 38.408-100 - Uberlândia -MG jefferson@sippcafe.com.br, jpcunha@iciag.ufu.br, rodrigo.agro.ufu@hotmail.com, lasmar84@yahoo.com.br
[5]Cooxupé - Rodovia MG-190 Km 3 s/n - 38.500-000 -Monte Carmelo - MG - agronomos-07@cooxupe.com.br

Neste contexto, um dos grandes problemas enfrentados pelos cafeicultores é a suscetibilidade da planta de café a várias pragas e doenças (CARVALHO; CUNHA; SILVA, 2012). Atualmente, a cafeicultura de montanha sofre com a escassez de mão de obra, o que reduz a capacidade operacional para realizar os tratos culturais, tendo como consequência surtos elevados de pragas e doenças. O relevo acidentado também é um fator que dificulta muito a aplicação de agrotóxicos, visto que não é possível entrar com pulverizadores hidropneumáticos tradicionais. Diante da falta de equipamentos apropriados, muitas vezes, os agricultores empregam equipamentos adaptados, que carecem de estudo mais profundo de desempenho.

O controle químico é o método mais utilizado para conter as infestações das pragas e a incidência das doenças, pela inexistência de alternativas mais eficazes. Contudo, o produtor rural é cada vez mais exigido sobre a utilização correta e criteriosa dos agrotóxicos. Entretanto, o que se vê no campo é a falta de informação em torno da tecnologia de aplicação (CUNHA; GITIRANA NETO; BUENO, 2011).

A correta deposição e distribuição do ingrediente ativo na parte aérea da planta depende de diversos fatores, tais como o tamanho e forma da planta, densidade de plantio, tamanho de gota produzida pela ponta de pulverização, taxa de aplicação, velocidade de trabalho do pulverizador, velocidade do vento, tipo de equipamento utilizado e vazão de ar do ventilador.

O enfolhamento das plantas também é de fundamental importância no sucesso das aplicações. Os talhões de café apresentam grandes variações no enfolhamento, exigindo medidas específicas para adequação da necessidade e distribuição de calda, como a necessidade e o porte da planta. Neste sentido, o cafeeiro apresenta grandes desafios para a tecnologia de aplicação. As plantas apresentam desenvolvimento vegetativo com grande fechamento e área foliar, fazendo com que as aplicações para o controle de pragas e doenças necessitem de capacidade de penetração na massa de folhas para obter boa cobertura, mesmo na aplicação de produtos com características de ação sistêmica. Em lavouras desfolhadas, a facilidade no recobrimento das plantas é maior, porém, os desperdícios podem acontecer, principalmente onde a regulagem e calibração dos pulverizadores é realizada com base nos cafés mais enfolhados.

Algumas tecnologias têm sido pesquisadas e incorporadas à pulverização, visando auxiliar na aplicação correta. Dentre elas, tem-se ressaltado o uso de adjuvantes agrícolas. Eles são compostos adicionados às formulações ou à calda de pulverização, que podem trazer benefícios como aumento no molhamento, na aderência, na facilidade de mistura e no espalhamento (CUNHA; PERES, 2010; YU et al., 2009).

Cunha, Bueno e Ferreira (2010) concluíram que a formação das gotas pode ser significativamente alterada, visto que adjuvantes alteram as propriedades físicas das caldas, como a tensão superficial e a viscosidade. Cunha e Alves (2009) avaliaram diferentes soluções aquosas e verificaram que houve redução do pH e aumento da condutividade elétrica da solução, dependendo do tipo de produto. Com relação ao espectro de gotas, Mota e Antuniassi (2013) verificaram que o uso de adjuvantes elevou o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), durante a pulverização. Entretanto, Cunha, Alves e Reis (2010), avaliando o tamanho de gotas com a adição de adjuvantes à calda, constataram redução no tamanho das gotas pulverizadas, o que demonstra que o efeito dos produtos não pode ser generalizado, visto que depende de cada formulação.

A pulverização eletrostática é um sistema que carrega eletricamente as gotas, sendo alternativa para melhorar a qualidade das aplicações. A diferença de potencial elétrico entre a gota e o alvo faz com que as mesmas sejam atraídas pela planta. Alguns trabalhos têm demonstrado a vantagem do uso do sistema eletrostático, como o realizado por Sasaki et al. (2013), na cultura do café, os quais verificaram que o sistema eletrostático aumentou a deposição de líquido em 37%. Zhou et al. (2012) também relataram que o sistema eletrostático pode aumentar a deposição de calda e reduzir as perdas, quando comparado à outras técnicas de pulverização.

Entretanto, segundo Hislop (1988), alguns equipamentos eletrostáticos não proporcionam resultados consistentes de controle, porque os projetos desenvolvidos não geram gotas com nível de carga suficiente para melhorar a deposição, ou o tamanho de gotas produzidas não é adequado para uso com carga eletrostática. A tensão superficial e a viscosidade da calda também podem interferir na pulverização eletrostática (ZHENG; ZHOU; XU, 2002). Maski e Durairaj (2010) afirmam que a condutividade elétrica e a constante dielétrica são as duas principais propriedades que afetam a carga adquirida pelas gotas pulverizadas, fazendo com que a adição de adjuvantes à calda possa aumentar ou reduzir a eficiência do sistema eletrostático, na medida em que altera as propriedades da calda.

Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar a deposição de calda promovida por pulverizadores empregados na cafeicultura de montanha.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Sítio Usina, localizado no município de Nova Resende/MG. A localização geográfica é latitude 21º05'16" S e longitude 46º29'45"O e altitude de 1.123 m. Utilizou-se cafeeiro cultivar Catuaí 144, plantada em 2004, com espaçamento de 2,5 x 1,0 m. A área tem declividade média de 24% (Classe de Relevo Ondulado), encontrava-se em fase de pós-colheita e apresentava altura de, aproximadamente, 2,20 m, intenso vigor vegetativo e bom enfolhamento. O índice de área foliar das plantas, medido seguindo metodologia proposta por Favarin et al. (2002), foi de 6,16 m^2 m^{-2}.

O trabalho foi realizado em 2014, de acordo com o delineamento de blocos casualizados, compostos de três linhas de café, com 11 tratamentos (Tabela 01) e quatro repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por 52,5 m², sendo três linhas de café, com sete metros de comprimento. A parcela útil foi constituída por área de 10 m², sendo considerada apenas a linha central, desprezando-se 1,5 m em cada extremidade, como área de bordadura.

Foram utilizados quatro tipos de equipamentos para pulverizações na cafeicultura de montanha: pulverizador costal motorizado (Atomizador), com e sem tecnologia eletrostática, triciclo adaptado para pulverização, pulverizador costal motorizado adaptado SHP 800 Echo e pulverizador costal manual.

O pulverizador costal motorizado era da marca Stihl, modelo SR 420, com e sem a tecnologia eletrostática. Este equipamento utiliza-se do princípio pneumático para a formação e o fracionamento de gotas. Seu motor tem potência de 2,6 kW e cilindrada de 56,5 cm^3, depósito de 13 litros e vazão de ar de 750 m^3 h^{-1}, segundo informações do fabricante. Para as aplicações eletrostáticas, foi instalado um sistema de energização de gotas, da marca SPE (Figura 1). Essa tecnologia utiliza o método de indução de cargas indireto para a eletrificação das gotas e é composta por um conjunto de componentes que podem ser instalados em diferentes marcas de pulverizadores costais motorizados.

Em campo, ajustou-se a vazão do equipamento por meio de orifícios calibrados, para 1,5 L min^{-1} e realizou-se a calibração para se aplicar uma taxa de aplicação de 100, 200 e 400 L ha^{-1}. Em todas as pulverizações, o motor do pulverizador foi regulado na aceleração máxima e esperou-se o tempo de 15 segundos até a entrada em regime de trabalho constante. Uma vez atingida a rotação de regime, realizou-se a pulverização, considerando dois métodos: o sistema eletrostático ligado e o sistema eletrostático desligado.

No tratamento nove, foi utilizado um triciclo adaptado em uma motocicleta (Modelo Honda Fan 125), com o câmbio de um veículo automotor (Modelo Fiat Palio). Este equipamento dispunha de uma bomba Yamaho, modelo HS 30, com vazão de 27 L min^{-1}, regulador de pressão, manômetro, filtros de linha, tanque de 200 litros com retorno via mangueira e duas hastes laterais verticais de oito saídas, equipadas com pontas do tipo jato cônico vazio, modelo MAG 03, de cor laranja, confeccionadas em cerâmica com ângulo de 80°, da marca Magno (Figura 2). Nesta operação, utilizou-se a 3ª marcha na moto e 2ª marcha no câmbio, com aceleração padrão determinada por uma marca, na manopla de aceleração. Trata-se de uma adaptação, realizada em pequenas oficinas, muito utilizada na região do ensaio para tratamentos fitossanitários em cafeeiros, contudo sem nenhum respaldo científico.

No tratamento 10, utilizou-se um pulverizador costal motorizado, modelo SHP 800, da marca Echo, com capacidade de 25 litros de calda, movido à gasolina, motor com cilindrada de 22,8 cm^3, adaptado com duas hastes laterais e três saídas de cada lado, compondo, ao total, seis bicos equipados com pontas de jato plano, modelo BD 110-03, confeccionada em cerâmica com ângulo de 110°, marca Magno (Figura 3).

No tratamento 11, foi utilizado um pulverizador costal manual, modelo Jacto PJH, com capacidade de 20 litros e ponta de pulverização do tipo jato plano, modelo BD 110-03, da marca Magno.

Na aplicação, foi utilizado um único operador para a condução dos tratamentos com utilização de equipamentos costais. Antecedendo às aplicações, foram realizados testes com água, também conhecidos como teste em branco, para aferição de sua velocidade de trabalho e aplicação do volume proposto.

Nos tratamentos quatro, seis e oito, foi adicionado à calda de pulverização o adjuvante siliconado copolímero poliéster-polimetil siloxano (Break Thru®) na concentração de 0,025% (v/v). Trata-se de um espalhante adesivo não iônico, penetrante, do grupo químico dos silicones. Segundo o fabricante, isso aumenta a absorção e as características de molhamento e reduz a tensão superficial.

TABELA 1 - Descrição dos tratamentos para avaliar diferentes formas de aplicação de agrotóxicos em cafeicultura de montanha.

Tratamentos	Concentração adjuvante % (v/v)	Taxa de aplicação (L ha^{-1})
1 – Pulverizador costal motorizado eletrostático	---	100
2 – Pulverizador costal motorizado eletrostático	---	200
3 – Pulverizador costal motorizado eletrostático	0,025	200
4 – Pulverizador costal motorizado eletrostático	---	400
5 – Pulverizador costal motorizado	---	200
6 – Pulverizador costal motorizado	0,025	200
7 – Pulverizador costal motorizado	---	400
8 – Pulverizador costal motorizado	0,025	400
9 – Triciclo pulverizador	---	400
10 – Pulverizador costal motorizado adaptado	---	400
11 – Pulverizador costal manual	---	400

FIGURA 1 - Pulverizador costal motorizado, com sistema eletrostático de pulverização.

FIGURA 2 - Triciclo adaptado para pulverização na cafeicultura de montanha

FIGURA 3 - Pulverizador costal motorizado SHP 800 Echo, adaptado com duas hastes laterais.

Inicialmente, foi conduzido um estudo para caracterização do espectro de gotas pulverizadas, por meio da avaliação das gotas depositadas em papéis sensíveis à água (76 x 26 mm). Antes da pulverização, foi colocado um papel hidrossensível em cada parcela, grampeando-os às folhas, e mantendo-os voltados para cima, na região mediana da planta, a aproximadamente 1,3 m do solo. Posteriormente, foi feita a quantificação e a caracterização dos impactos em cada papel. Para isso, os papéis foram digitalizados por meio de um scanner (resolução espacial de 600 dpi não interpolados, com cores em 24 bits) e analisados utilizando-se o programa computacional CIR 1.5 (Conteo y Tipificación de Impactos de Pulverización), específico para essa finalidade.

Determinaram-se o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), a amplitude relativa (AR) e a porcentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 µm (%<100).

Para avaliar a deposição nas plantas, foi adicionado à calda o traçador Azul Brilhante (catalogado internacionalmente pela Food, Drug & Cosmetic como FD&C Blue n.1), na dose de 300 g ha^{-1}, em todos os tratamentos, para ser detectado por absorbância em espectrofotometria.

Mediu-se a deposição em folhas dos terços superior, médio e inferior do dossel e o escorrimento de calda para o solo. Foram retiradas 10 folhas de ramos plagiotrópicos que se encontravam mais internas e próximas ao tronco do cafeeiro, numa altura aproximada de 0,20, 1,30 e 2,0 m do solo,

sendo acondicionadas em sacos plásticos dentro de caixas térmicas. Para a avaliação das perdas de calda para o solo, foi colocada uma placa de petri, com 153,94 cm^2, sob a copa das plantas de café, dentro da área de projeção da copa, a 0,2 m do caule.

Em laboratório, adicionou-se 100 mL de água destilada às amostras, para os sacos contendo as folhas, e 40 mL para as placas de petri, e efetuou-se, após a retirada do líquido resultante da lavagem, a leitura de absorbância das soluções contendo o traçador em um espectrofotômetro (Biospectro SP-22), regulado para um comprimento de onda de 630 nm. As áreas das folhas foram medidas através do programa de análise de imagens "Image Tool" (University of Texas, Texas, USA), após serem digitalizadas. Os dados de absorbância foram transformados em concentração (mg L^{-1}) através de curva de calibração, procedendo-se, posteriormente, à divisão da massa de traçador pela área foliar de cada repetição ou área da lâmina de vidro, para se obter o valor da deposição em µg cm^{-2}.

Durante as aplicações, foram monitoradas as condições ambientais de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento. A temperatura variou de 22,1 a 26,3° C, a umidade relativa de 39,5 a 58,2% e a velocidade do vento máxima foi de 3,6 km h^{-1}. Embora a umidade estivesse abaixo do recomendado, estas são as condições nas quais geralmente se realiza o controle das pragas, principalmente do bicho-mineiro, após a colheita do café, entre os meses de agosto e outubro.

Para as análises estatísticas, inicialmente foram testadas as pressuposições dos dados. Para verificar a homogeneidade das variâncias e a normalidade dos resíduos, foram aplicados os testes de Levene e Shapiro Wilk, respetivamente, utilizando-se o programa estatístico SPSS (versão 17.0). Para que as pressuposições fossem atendidas a 0,01 de significância, apenas os dados de escorrimento e amplitude relativa do tamanho de gotas necessitaram ser transformados por raiz de X + 0,5. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas entre si, pelo teste de Scott Knott, a 0,05 de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As taxas de aplicação de 400 L ha^{-1} apresentaram diferenças com relação ao DMV e a %<100 (Tabela 2). A amplitude relativa do espectro de gotas não variou entre os tratamentos, demonstrando que não houve influência na uniformidade de tamanho das gotas. Os tratamentos com menores taxas de aplicação proporcionaram os menores valores de DMV e os maiores de %<100. O tratamento 1, com taxa de 100 L ha^{-1}, e os tratamentos 2, 3, 5 e 6, com taxa de 200 L ha^{-1}, produziram gotas menores que variaram de 77,8 até 95,2 µm. Os tratamentos com volumes de 400 L ha^{-1}, além de proporcionarem maior DMV, também registraram menor % de gotas inferiores a 100 µm.

Miranda et al. (2013) observaram maior DMV nas pulverizações do cafeeiro, em taxas maiores. Nas aplicações com taxas de 600 L ha^{-1} foram obtidos maiores valores de DMV, quando comparados à taxa de 150 e 300 L ha^{-1}, concordando com o presente trabalho. Para um mesmo sistema de geração de gotas, maiores taxas de aplicação são obtidas com maiores orifícios restritores, que também geram maiores gotas.

Ainda em relação à Tabela 2, observam-se, nos tratamentos 4, 7, 8 e 9, gotas com DMV medindo entre 102 e 124 µm, enquanto nos tratamentos 10 e 11, com mesma taxa de aplicação ocorreram números maiores, próximos a 200 µm. Este fato se justifica pelo uso de pontas hidráulicas de jato plano, 110-03, nos tratamentos 10 e 11. Nos tratamentos 4, 7 e 8, o uso de atomizadores promove maior fracionamento das gotas, uma vez que são submetidas à uma intensa corrente de ar. No tratamento 9, foram utilizadas pontas de jato cônico vazio, MAG 02, com espectro de gotas finas. Em geral, os tratamentos produziram percentual muito alto (acima de 45,7%) de gotas com diâmetro inferior a 100 µm, sendo consideradas como de alto risco de deriva. As exceções foram os tratamentos 10 e 11, com pontas de jato plano, que produziram volumes menores com 13,6 e 3,5%, respectivamente, de gotas inferiores a 100 µm. Cunha et al. (2003) relataram que resultados abaixo de 15% de volume de gotas com diâmetro inferior a 100 µm, em geral, sugerem aplicações mais seguras em relação à deriva.

Com relação ao uso do adjuvante siliconado (Tabela 2), não se observam influências no espectro de gotas. Oliveira et al. (2013), avaliando as características funcionais de diversos adjuvantes, também não encontraram diferença entre o DMV produzido com uma solução aquosa e outra com copolímero poliéster-polimetil siloxano. Resultados semelhantes também foram encontrados por Vallet e Tinet (2011), empregando pontas de pulverização de jato cônico vazio.

TABELA 2 - Diâmetro médio volumétrico (DMV), amplitude relativa do tamanho de gota (AR) e porcentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 µm (%<100), em função das diferentes tecnologias de aplicação empregadas.

Tratamento	DMV	AR	%<100
1 – Costal motorizado eletrostático (100 L ha^{-1})	80,4 c	0,90 a	77,9 a
2 – Costal motorizado eletrostático (200 L ha^{-1})	84,8 c	0,78 a	71,0 a
3 – Costal motorizado eletrostático (200 L ha^{-1}) + Adjuvante	77,8 c	1,75 a	76,3 a
4 – Costal motorizado eletrostático (400 L ha^{-1})	102,4 b	0,85 a	53,0 b
5 – Costal motorizado (200 L ha^{-1})	83,2 c	1,02 a	71,0 a
6 – Costal motorizado (200 L ha^{-1}) + Adjuvante	95,2 c	0,89 a	68,9 a
7 – Costal motorizado (400 L ha^{-1})	110,2 b	0,87 a	45,7 b
8 – Costal motorizado (400 L ha^{-1}) + Adjuvante	123,3 b	0,63 a	48,1 b
9 – Triciclo pulverizador (400 L ha^{-1})	124,0 b	0,81 a	53,5 b
10 – Costal motorizado adaptado (400 L ha^{-1})	196,9 a	0,59 a	13,6 c
11 – Costal manual (400 L ha^{-1})	194,2 a	0,65 a	3,5 c
CV (%)	18,4	19,7	33,4
$F_{calculado}$	$16,01^{**}$	$1,04^{ns}$	$7,83^{**}$

Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 0,05 de significância. CV: coeficiente de variação. ** Significativo a 1%. ^{ns} Não significativo.

A deposição no terço superior e o escorrimento de calda para o solo não apresentaram diferenças (Tabela 3). As maiores distinções foram observadas nas regiões mediana e inferior, onde alguns tratamentos demonstraram benefícios em relação à propriedade de depositar mais produto sobre as folhas do cafeeiro.

No dossel superior do cafeeiro, a igualdade entre os tratamentos apresentada pelo teste de média revelou que a utilização de maiores taxas de aplicação não agregou em deposição de calda no ponteiro. O sistema eletrostático também não foi capaz de incrementar a deposição, possivelmente tendo em vista a distância entre o bocal do pulverizador e o alvo.

Em relação às aplicações eletrostáticas, no ponteiro do cafeeiro, observa-se a possibilidade de utilização de apenas 100 L ha^{-1}, visto que o tratamento 1 proporcionou a mesma deposição comparada às demais. A semelhança deste tratamento com os de número 2, 3 e 4 enfatizou a viabilidade da tecnologia eletrostática para baixas taxas de aplicação. O aumento de calda não refletiu em aumento de deposição. Este resultado permite inferir sobre as oportunidades de ganhos operacionais com a economia de água.

Nos tratamentos 2, 4, 5 e 7, nota-se que o pulverizador costal motorizado também pode promover redução de volume sem diminuir a deposição na região superior de cafeeiros adultos. Verifica-se que o aumento de 200 para 400 L ha^{-1} não promoveu ganho de deposição na região do ponteiro. Os tratamentos 2 e 5, com 200 L ha^{-1}, foram iguais aos tratamentos 4 e 7, com 400 L ha^{-1}.

Na região mediana do cafeeiro (Tabela 3), o tratamento 3 destacou-se entre os demais, produzindo deposição superior a todos os outros tratamentos. Observa-se que a associação do adjuvante siliconado com a tecnologia eletrostática promoveu maior concentração de produto sobre as folhas. Sasaki et al. (2015) observaram que o uso de alguns adjuvantes em pulverização eletrostática melhorou a energização das gotas e reduziu o DMV.

A associação do adjuvante com aplicação eletrostática demonstrou a viabilidade de uso de menores volumes de água para aplicação de fitossanitários em cafeeiros adultos de montanha, podendo agregar em eficácia biológica no controle, e aumentar a capacidade de trabalho do aplicador, fator muito importante dada a escassez de mão de obra para este tipo de trabalho.

TABELA 3 - Deposição de traçador no solo e em folhas das posições superior, mediana e inferior do cafeeiro de montanha, promovida por diferentes tecnologias de aplicação.

Tratamento	Deposição (µg cm^{-2})			
	Superior	Mediana	Inferior	Solo
1 – Costal motorizado eletrostático (100 L ha^{-1})	0,62 a	0,69 b	0,52 b	0,20 a
2 – Costal motorizado eletrostático (200 L ha^{-1})	0,53 a	0,76 b	0,61 b	0,31 a
3 – Costal motorizado eletrostático (200 L ha^{-1}) + Adjuvante	0,85 a	1,13 a	0,96 a	0,19 a
4 – Costal motorizado eletrostático (400 L ha^{-1})	0,73 a	0,79 b	0,76 a	0,36 a
5 – Costal motorizado (200 L ha^{-1})	0,63 a	0,68 b	0,69 a	0,21 a
6 – Costal motorizado (200 L ha^{-1}) + Adjuvante	0,68 a	0,73 b	0,77 a	0,23 a
7 – Costal motorizado (400 L ha^{-1})	0,82 a	0,79 b	0,73 a	0,43 a
8 – Costal motorizado (400 L ha^{-1}) + Adjuvante	0,72 a	0,82 b	0,78 a	0,25 a
9 – Triciclo pulverizador (400 L ha^{-1})	0,69 a	0,79 b	0,81 a	0,28 a
10 – Costal motorizado adaptado (400 L ha^{-1})	0,83 a	0,80 b	0,56 b	0,29 a
11 – Costal manual (400 L ha^{-1})	0,79 a	0,65 b	0,77 a	0,26 a
CV (%)	22,7	20,0	20,3	21,7
$F_{calculado}$	1,53^{ns}	2,68*	2,79*	1,39^{ns}

Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 0,05 de significância. CV: coeficiente de variação. * Significativo a 5%. ^{ns} Não significativo.

O desempenho do tratamento 6 comprova que o adjuvante sozinho, sem a tecnologia eletrostática, não conferiu o mesmo ganho, evidenciando o benefício de utilização conjunta do adjuvante com a tecnologia eletrostática, conforme verificado no tratamento 3. Maski e Durairaj (2010) afirmam que a adição de adjuvantes à calda, ao se alterarem as propriedades do líquido, pode aumentar ou reduzir a eficiência do sistema eletrostático. Este resultado também pode ser explicado pela capacidade do adjuvante de alterar o comportamento da gota na interface com o alvo. O copolímero poliéster-polimetil siloxano é um produto com grande capacidade de redução de tensão superficial e aumento do molhamento. Estudo realizado por Montório et al. (2005) concluiu que os adjuvantes organosiliconados Silwet L-77 e Break Thru, entre 15 produtos, foram os que atingiram os menores valores de tensão superficial, chegando a 20 mN m^{-1} em soluções aquosas.

Na região inferior da planta (Tabela 3), nota-se que os tratamentos 1, 2 e 10 promoveram deposições inferiores aos demais tratamentos. No tratamento 10, acredita-se que o posicionamento dos bicos em relação às folhas internas não é adequado para promover boa distribuição. Esse resultado poderia ser melhorado variando a altura entre as pontas de pulverização, de forma a adequar melhor o equipamento aos diferentes formatos de plantas. Os tratamentos 1 e 2 também tiveram desempenho inferior. Esse resultado pode estar relacionado a um possível aterramento das folhas em contato com a lança, ou a uma possível incapacidade de molhamento, proveniente de aplicações com menores taxas, sem a adição do adjuvante.

Novamente, o tratamento em que houve associação de adjuvante e sistema eletrostático produziu melhor deposição, estando entre aqueles que promoveram maior deposição de calda na parte inferior. Ressalta-se que essa é uma região muito importante quando se pensa em sanidade vegetal, visto que muitos fungos e pragas têm seu desenvolvimento favorecido pelo microclima dessa parte da planta.

4 CONCLUSÕES

A utilização de pulverizadores costais motorizados, com menores taxas de aplicação gera gotas de menor tamanho, com elevado potencial de deriva.

A tecnologia eletrostática, associada ao uso

de adjuvante siliconado, é melhor que as demais, visto que promove melhoria na deposição de calda em cafeeiros de montanha adultos, principalmente em relação a equipamentos adaptados.

Há viabilidade técnica na redução da taxa de aplicação de 400 L ha^{-1}, para 200 L ha^{-1}, desde que empregada tecnologia de aplicação adequada.

5 REFERÊNCIAS

CARVALHO, V. L.; CUNHA, R. L.; SILVA, N. R. N. Alternativas de controle de doenças do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 42-49, 2012.

CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S. Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Interciência**, Caracas, v. 34, n. 9, p. 655-659, 2009.

CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; REIS, E. F. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvante de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 665-672, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; BUENO, M. R.; FERREIRA, M. C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, p. 1153-1158, 2010. Número especial.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.

CUNHA, J. P. A. R.; GITIRANA NETO, J.; BUENO, M. R. Evaluation of a device for the application of pesticides on mechanized coffee crops (*Coffea arabica* L.). **Interciência**, Caracas, v. 36, n. 4, p. 312-316, 2011.

CUNHA, J. P. A. R.; PERES, T. C. M. Influências de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 597-602, 2010.

FAVARIN, J. L. et al. Equações para estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, jun. 2002.

HISLOP, F. C. Electrostatic ground-rig spraying: an overview. **Weed Technology**, North Dakota, v. 2, n. 1, p. 94-104, 1988.

MASKI, D.; DURAIRAJ, D. Effects of electrode voltage, liquid flow rate, and liquid properties on spray chargeability of an air-assisted electrostatic-induction spray-charging system. **Journal of Eletrostatics**, London, v. 68, n. 2, p. 152-158, 2010.

MIRANDA, G. R. B. et al. Equipamentos de pulverização associados a volumes de calda e avaliados por alvos artificiais em cafeeiro. **Agrarian**, Dourados, v. 6, n. 22, p. 448-459, 2013.

MONTÓRIO, G. A. et al. Eficiência dos surfactantes de uso agrícola na redução da tensão superficial. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 4, n. 2, p. 1-15, 2005.

MOTA, A. A. B.; ANTUNIASSI, U. R. Influência de adjuvantes no espectro de gotas de ponta com indução de ar. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 28, n. 1, p. 1-5, 2013.

OLIVEIRA, R. B. et al. Potential of adjuvants to reduce drift in agricultural spraying. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 5, p. 986-992, 2013.

SASAKI, R. S. et al. Adjuvante nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 2, p. 1-7, 2015.

_____. Deposição e uniformidade de distribuição da calda de aplicação em plantas de café utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 9, p. 1605-1609, 2013.

SOUZA, C. A. S. **A colônia vazia:** trabalhadores sem trabalho e sem morada na fazenda de café do Sul de Minas Gerais. 2012. 114 f. Dissertação (Mestrado em Política Social) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

VALLET, A.; TINET, C. Surfactant influence on droplet size and velocity spectra from hollow cone and air induced sprays. **Journal of Agricultural Science and Technology**, Libertyville, v. 1, n. 5, p. 718-727, 2011.

YU, Y. et al. Evaporation and deposition coverage area of droplets containing insecticides and sprays additives on hydrophilic, hydrophobic, and crabapple leaf surfaces. **Transactions of the ASABE**, Saint Joseph, v. 52, n. 1, p. 39-49, 2009.

ZHENG, J.; ZHOU, H.; XU, Y. Advances in pesticide electrostatic spraying in China. **Transaction of the ASAE**, Saint Joseph, v. 3, n. 2, p. 1-12, 2002.

ZHOU, Y. et al. Development and application prospects of pneumatic sprayer in orchard. **Asian Agricultural Research**, Singapore, v. 4, n. 1, p. 78-80, 2012.

CONTENTS OF DITERPENES IN ESPRESSO COFFEE BREWS PREPARED FROM COMMERCIAL CAPSULES

Karla Leticia Wuerges[1], Ana Carolina Forgati dos Santos[2], André Luiz Buzzo Mori[3], Marta de Toledo Benassi[4]

(Recebido: 25 de outubro de 2015 ; aceito: 08 de dezembro de 2015)

ABSTRACT: The objective of this work was to quantify kahweol and cafestol diterpenes in coffee brews prepared from commercial capsules for espresso in the Brazilian market. Four types of brews, with five preparation replications, were evaluated. The capsules had differences in the amount and type of roasted and ground coffees used (blends of arabica and robusta coffee or 100% arabica coffee), and in the conditions of time and volume of extraction (dose) recommended by the manufacturer. The coffee brews presented 1.42 and 4.88 g of solids/100 mL. Concentration of solids decreased with the increase in time/volume extraction. Contents of 0.47 to 1.04 mg of kahweol and 0.38 to 0.92 mg of cafestol by dose (ranging from 35 to 120 mL) were observed. These contents corresponded to a range of 0.40 to 2.96 mg of kahweol/100 mL and 0.32 to 2.62 mg of cafestol/100 mL. The fraction of diterpenes extracted varied from 1.85 to 4.27 % for kahweol and 1.87 to 4.16 % for cafestol. Considering the contents of cafestol, there is no indication of a hypercholesterolemic effect due to a moderate consumption of coffee brews prepared from these commercial capsules.

Index terms: Kahweol, cafestol, blends, single-dose, UPLC.

TEORES DE DITERPENOS EM BEBIDAS DE CAFÉ ESPRESSO PREPARADAS COM CÁPSULAS COMERCIAIS

RESUMO: *Objetivou-se, neste trabalho,quantificar os diterpenos caveol e cafestol em bebidas de café preparadas a partir de cápsulas comerciais para espresso do mercado brasileiro. Foram avaliadas bebidas de quatro tipos de cápsulas com 5 repetições de preparo. As cápsulas apresentavam diferenças na quantidade e tipo de café torrado e moído empregado (blends de café arábica e robusta ou cafés 100% arábica), e nas condições de tempo e volume de extração (doses), preconizadas pelo fabricante. As bebidas apresentaram de 1,42 a 4,88 g de sólidos/100 mL. A concentração de sólidos diminuiu com o aumento no tempo/volume de extração. Observaram-se teores de 0,47 a 1,04 mg de caveol e 0,38 a 0,92 mg de cafestol por dose (variando de 35 a 120 mL), correspondentes à faixa de 0,40 a 2,96 mg de caveol/100 mL e 0,32 a 2,62 mg de cafestol/100 mL. A porcentagem de diterpenos extraídos variou de 1,85 a 4,27 % para caveol e 1,87 a 4,16 % para cafestol. Considerando-se os teores de cafestol, há indicação que o consumo moderado de café preparado a partir de cápsulas comerciais não implicaria em efeito hipercolesterolêmico.*

Termos para indexação: *Caveol, cafestol, blends, monodoses, CLUE.*

1 INTRODUCTION

Coffee is one of the most consumed beverages in the world and Brazil is the world leader in the production and exportation of coffee and the second largest consumer of the brew (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO, 2014). Although the product has consolidated its place in the market, new options in coffee brewing are important strategies to increase consumption. A change in the coffee consumers' profile has been observed, which has intensified the consumption of brews with differentiated and high quality standard products (FIGUEIRÓ, 2014).

Coffee brews are prepared in different ways around the world. Espresso coffee is a well known way of brewing, prepared by forcing boiling water under pressure through ground coffee, and consumed at the moment of the extraction. In Brazil, espresso coffee is more consumed out of home (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ - ABIC, 2010).

Espresso coffee single-dose capsules have become a growing trend in coffee marketing worldwide. In Brazil, the consumption of this product is recent and low (about 1%), compared with other traditional preparations such as filtered coffee. However, an increase in the European and in US markets has been observed. In France, Portugal and in US, the consumption of coffee capsules is around 30%. In Brazil, the marketing of coffee capsules increased 52.4% between 2013 and 2014. Two coffee capsules production plants in Brazil were announced for 2015, with a production forecast of 360 million capsules per year (BUREAU DE INTELIGÊNCIA COMPETITIVA DE CAFÉ, 2015; FIGUEIRÓ,

[1,2,3,4] Universidade Estadual de Londrina - Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos - Rod. Celso Garcia Cid (PR 445) Km 380 - 86057-970- Londrina- PR - karla.letti@gmail.com, carolforgati@gmail.com, buzzo.mori@gmail.com, martatb@uel.br

2014; INOVAÇÕES…, 2014; SANTOS; SILVA; CASTRO JUNIOR, 2012).

Moderate coffee consumption brings many health benefits due to the presence of several bioactive compounds in this type of beverage (ESQUIVEL; JIMENEZ, 2012; FREEDMAN et al., 2012; HIGDON; FREI, 2006; MURIEL; ARAUZ, 2010). Kahweol and cafestol diterpenes, present in the lipid fraction of coffee, are associated with desirable effects such as protection against chronic degenerative diseases and toxins and anticarcinogenic, antioxidant and anti-inflammatory actions. Undesirable effects as the increase of serum cholesterol, notably associated with the consumption of the cafestol, were also observed (CÁRDENAS; QUESADA; MEDINA, 2015; CAVIN et al., 2002; KIM et al., 2006; LEE; JEONG, 2007; TAO et al., 2008; URGERT et al., 1995).

A wide variation in contents of diterpenes in coffee brews is described. Contents in the range of zero to 13.2 mg/100 mL of kahweol and zero to 10.0 mg/100 mL of cafestol were reported for espresso coffee brews (GROSS; JACCAUD; HUGGETT, 1997; SRIDEVI; GIRIDHAR; RAVISHANKAR, 2011; URGERT et al., 1995). It is difficult to compare literature results due to the lack of important information as the concentration of solids in brews and the coffee species used. With the exception of the study realized by Gross, Jaccaud and Hugget (1997), contents of diterpenes in espresso brews prepared with commercial capsules have not been reported.

Considering the effects of diterpenes intake on consumer health and the increasing consumption of roasted and ground coffee capsules, the objective of this work was to quantify kahweol and cafestol in brews prepared with four types of commercial capsules available in the Brazilian market.

2 MATERIAL AND METHODS

Coffee capsules: Four types of capsules of roasted and ground coffee (samples A, B, C and D), from the same manufacturer, were evaluated. They were acquired in the Brazilian market, from January to July of the 2014. The products were marketed in paper packages containing 16 capsules. The capsules had differences in the weight (6 to 8 g) and type of roasted and ground coffee used (blends of the arabica coffee and robusta coffee or 100% arabica coffee) (Table 1).

Capsules A, B, C e D originated brews with the same denomination. During the preparation of the brews, an espresso machine, compatible with the capsules, was used, which operated at a 15 bar pressure. Coffee brews were prepared at doses ranging from 35 to 120 mL, as recommended by the manufacturer. Five preparation replications were made for each brew. After preparation, coffee brews were frozen for 24 h at -18 °C for subsequent freeze-drying.

Coffee brews were characterized by the amount of solids extracted (determined by the difference between brew weight ready for consumption and freeze-dried brew). Results were used to express diterpenes concentrations in mg/g of solids.

Kahweol and cafestol were quantified in the material used for the preparation of brews (roasted and ground coffee in the capsules) and in brews ready for consumption. The percentage of diterpenes extracted was calculated considering the relationship between the concentration of diterpene in the brew (mg by dose) and the concentration of diterpene in the capsule (mg by capsule).

Reagents, standards and equipments: The following reagents were used for samples extraction and preparation of the mobile phase: analytical grade potassium hydroxide KOH (Synth, Brazil), ethanol 96% (Impex, Brazil), analytical grade methyl tert-butyl ether (Vetec, Brazil) and HPLC grade acetonitrile (Fisher Scientific, USA). The water used in the preparation of standards and solutions was obtained from a purification and filtration system (Elga, Purelab option-Q, USA). The mobile phase and the samples were filtered in a membrane 0.22 µm (Millipore, USA). Kahweol and cafestol standards (Axxora, USA) with 98% of purity and certified by Alexis Biochemicals (Switzerland) were used. Lightness was analyzed by a Konica Minolta CR400 colorimeter (Japan), with 45/0 geometry and D65 illuminant. A freeze-dryer (Christ Alpha 2-4 LD plus, Germany) was used to dry the brews, operating at a temperature of -32°C, for approximately 72 hours until constant weight. The chromatographic analysis used the ultra-performance liquid chromatograph Acquity UPLC®System (Waters, USA), with an automatic injector, a quaternary pump, an oven and a diode array detector controlled by the software Empower 3.

Extraction and quantification of kahweol and cafestol:

The kahweol and cafestol extraction was performed as described by Dias et al. (2010). Direct saponification with subsequent separation of the unsaponifiable fraction was applied. A solution of 2.5 M potassium hydroxide in ethanol was used for saponification. Saponification was followed by extraction with methyl tert-butyl ether and a clean up with purified water, as detailed in Figure 1. The ether extract was diluted in the mobile phase, filtered and injected into the chromatograph.

The chromatographic analysis was based on the method of Dias et al. (2010), originally developed for high-performance liquid chromatography (HPLC), but adapted to the chromatographic conditions for ultra-performance liquid chromatography (UPLC) (Table 2).

Compounds identification was made by comparing retention times and UV spectra with standards. Quantification was carried out by external standardization, generating calibration curves with cafestol and kahweol concentrations between 2 and 160 µg/ mL for both compounds, with six different concentrations in duplicate (r^2□0.999, $p<0.001$).

Data analysis: Data were analyzed by ANOVA, considering the brew (from different capsules and with differences in volume and preparation time) as the source of variation, and the Tukey test ($p \leq 0.05$) using STATISTICA 7.0 software (Statsoft, Tulsa, EUA).

TABLE 1 - Characterization of the capsules.

Capsules	Weight of coffee(g)	Packaging Information*
A	7.5	Arabica and robusta
B	8	Arabica and robusta
C	6	100 % arabica
D	7	100 % arabica

* Coffee species.

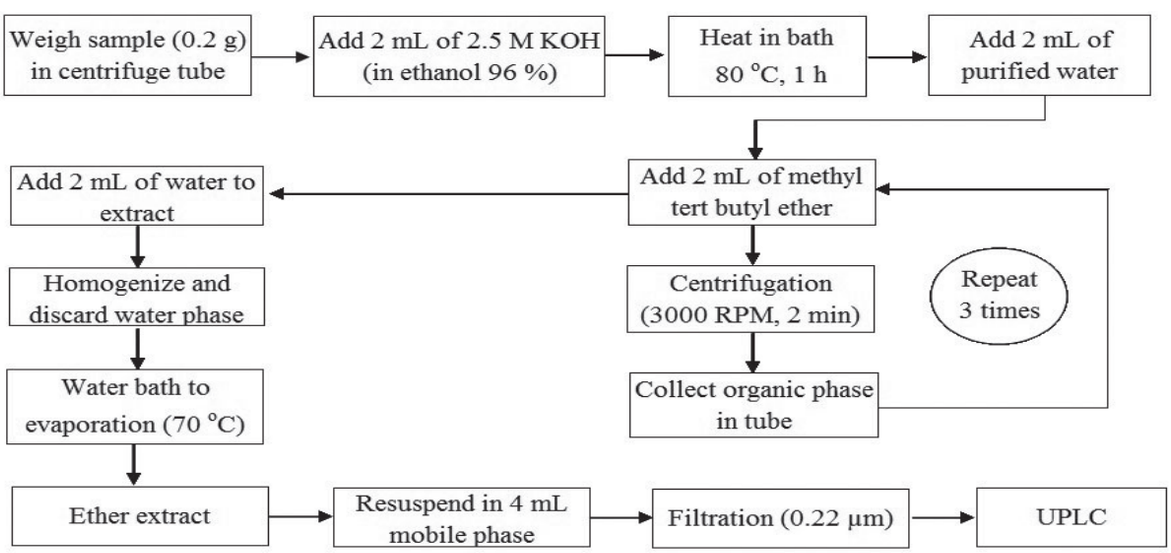

FIGURE 1 - Flowchart of diterpenes extraction.

FONTE: Adapted from Dias et al. (2010).

TABLE 2 - Chromatography conditions for kahweol and cafestol analysis.

Chromatography conditions	
Stationary phase	Kinetex 2.6 µm C18 Phenomenex, 150 x 4.6 mm
Mobile phase	Acetonitrile: Water (55:45), 1.2 mL / min, isocratic
Detection	UV, 230 nm (cafestol) and 290 nm (kahweol)
Time	4 min
Temperature	25 °C

3 RESULTS AND DISCUSSION

Roasted and ground coffees, matching each type of capsule, were characterized by lightness and kahweol and cafestol contents (Table 3).

For lightness, the values varied between 24.64 and 27.37 (Table 3). The results were in the same range as those reported by Campanha, Dias and Benassi (2010) for arabica and robusta coffees of medium roast degree (between 20.1 and 28.9) and were higher than those reported by Souza et al. (2010) (between 19.3 and 21.3) for Brazilian commercial roasted and ground coffees of medium to dark roast degree.

Contents of diterpenes varied from 3.25 to 4.14 mg/g for kahweol and from 2.81 to 3.66 mg/g for cafestol (Table 3). For Brazilian commercial coffees, Souza et al. (2010) reported levels of kahweol between 1.3 and 8.0 mg/g and of cafestol between 2.5 and 5.5 mg/g.

Solids content varied from 1.42 to 4.88 g/100 mL (Table 4). There was a decrease in the concentration of solids with the increase in extraction time/volume, also observed by Caprioli et al. (2012) for traditional espresso coffee brews. Considering the consumption doses of each brew recommended by the manufacturer (from 35 to 120 mL), the solids content (g/dose) was maintained in the range of 1.43 to 1.74 (Table 4).

In general, information on solids content in coffee brews is not described in the literature. Parenti et al. (2014) reported from 6.61 to 6.97 g of solids/100 mL of espresso brews prepared with capsules, which are higher than those obtained with the same coffee using the conventional espresso coffee system (5.94 g/100 mL). Contents from 1.4 to 32.6 g/100 mL were reported for coffee brews prepared in traditional espresso machines (CAPORASO et al., 2014; CAPRIOLI et al., 2012; MARTINS et al., 2005; PETRACCO, 2001; VIGNOLI, 2009; VITTORI et al., 2015).

The freeze-drying of coffee brews enabled to calculate the concentration of diterpenes in mg/g of solids. Contents of 0.20 to 0.76 mg of kahweol and 0.17 to 0.68 mg of cafestol by g of solids were observed (Tables 5 and 6).

Contents from 0.47 to 1.04 mg of kahweol and 0.38 to 0.92 mg of cafestol by coffee dose, corresponding to the range of 0.40 to 2.96 mg of kahweol by 100 mL and 0.32 to 2.62 mg of cafestol by 100 mL (Tables 5 and 6), were observed under the conditions recommended by the manufacturer.

To a better comparison with literature data, the values were informed and, whenever possible, converted to mg/100 mL. For espresso coffees sold in European countries, Urgert et al. (1995) described contents of diterpenes close to the values reported in this study: contents of kahweol varied from zero to 2.6 mg/100 mL and cafestol from zero to 2.1 mg/100 mL. For espresso prepared with arabica coffee, the authors reported higher levels: kahweol from 6.4 to 13.2 mg/100 mL and cafestol from 5.2 to 9.6 mg/100 mL. Sridevi, Giridhar and Ravishankar (2011) also reported higher content of diterpenes in espresso brews: 8.5 mg of kahweol and 10 mg of cafestol by 100 mL. Buchmann et al. (2010) reported contents of cafestol from 1 to 3.3 mg/100 mL of espresso brews. Gross, Jaccaud and Hugget (1997) reported contents of 1,7 mg/100 mL in espresso coffees for both cafestol and kahweol. For espresso coffees prepared with commercial capsules, the same authors observed contents of diterpenes lower than the values reported in this study, varying from 0.18 to 0.36 mg of caveol and 0.12 to 0.34 mg of cafestol/100 mL. Silva et al. (2012) observed contents of kahweol from 0.06 to 0.4 mg/dose and cafestol from 0.2 to 0.8 mg/dose (volume of dose not informed) in espresso coffees.

Variations around 14 times in the contents of kahweol and cafestol/100 mL of espresso brews (Tables 5 and 6) were detected in the coffee brews studied, considering the variation range values. Comparing with other brewing methods,

variations, around twice in the contents of kahweol and cafestol for filtered brews (WUERGES, 2015) and in the contents of cafestol for french press and mocha brews (ZHANG; LINFORTH; FISK, 2012) were reported. Urgert et al. (1995) described variations around 13 times in the contents of kahweol and 15 times in the contents of cafestol in Scandinavian coffee, and higher variations for Turkish coffee (around 100 times for kahweol and 20 times for cafestol).

In general, a smaller concentration of both diterpenes (up to twice) is observed when comparing brews with greater time and volume of extraction (C and D) (Tables 5 and 6) with those with a smaller time and volume of extraction (A and B) and greater coffee weight in the capsule (Table 1).

TABLE 3 - Characteristics of the roast and ground coffee in the capsules.

Capsules	Lightness*	Kahweol (mg/g)**	Cafestol (mg/g)**
A	$25.1^{bc} \pm 0.5$	$3.25^{c} \pm 0.06$	$2.95^{bc} \pm 0.03$
B	$25.9^{b} \pm 0.3$	$3.63^{b} \pm 0.05$	$3.22^{b} \pm 0.06$
C	$27.3^{a} \pm 0.1$	$4.14^{a} \pm 0.05$	$3.66^{a} \pm 0.06$
D	$24.9^{c} \pm 0.2$	$3.49^{bc} \pm 0.12$	$2.81^{c} \pm 0.09$

* Mean ± standard-deviation (triplicate).
** Mean ± standard-deviation (duplicate).
Mean values in column followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$).

TABLE 4 - Extraction conditions (time and volume) and solids content in the coffee brews prepared with espresso capsules.

Brews	Extraction time (s)	Dose / Volume extracted (mL)	Solids (g/dose)*	Solids (g/100 mL)*
A	8	35	$1.71^{a} \pm 0.06$	$4.88^{a} \pm 0.09$
B	11	50	$1.74^{a} \pm 0.03$	$3.48^{b} \pm 0.04$
C	16	60	$1.43^{b} \pm 0.01$	$2.42^{c} \pm 0.03$
D	22	120	$1.69^{a} \pm 0.03$	$1.42^{d} \pm 0.04$

* Mean ± standard-deviation (five repetitions of preparation).
Mean values in column followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$).

TABLE 5 - Contents of kahweol in espresso coffee brews from capsules.

Brews	Kahweol			
	mg/g of solids*	mg/100 mL*	mg/dose*	CV (%)**
A	0.61^{a} (0.38-0.76)	2.96^{a} (1.95-3.70)	1.04^{a} (0.65-1.29)	26.17
B	0.54^{a} (0.44-0.60)	1.89^{b} (1.52-2.10)	0.95^{a} (0.76-1.05)	14.18
C	0.32^{b} (0.28-0.37)	0.77^{c} (0.69-0.89)	0.46^{b} (0.41-0.53)	9.52
D	0.28^{b} (0.20-0.34)	0.40^{c} (0.28-0.48)	0.47^{b}(0.34-0.57)	20.97

* Mean of five repetitions of preparation.and variation range. **CV: coefficient of variation.
Description of coffee brews in Table 4; Doses: A (35 mL), B (50 mL), C (60 mL) and D (120 mL).
Mean values in column followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$).

TABLE 6 - Contents of cafestol in espresso coffee brews from capsules.

Brews	Cafestol			
	mg/g of solids*	(mg/100 mL)*	(mg/dose)*	CV (%)**
A	0.54[a] (0.34-0.68)	2.62[a] (1.64-3.30)	0.92[a] (0.57-1.15)	27.02
B	0.47[a] (0.37-0.53)	1.64[b] (1.29-1.83)	0.82[a] (0.65-0.91)	15.12
C	0.28[b] (0.26-0.32)	0.69[c] (0.63-0.78)	0.41[b] (0.38-0.47)	7.93
D	0.22[b] (0.17-0.27)	0.32[c] (0.24-0.38)	0.38[b] (0.33-0.46)	19.38

* Mean of five repetitions of preparation.and variation range. **CV: coefficient of variation.
Description of coffee brews in Table 4; Doses: A (35 mL), B (50 mL), C (60 mL) and D (120 mL).
Mean values in column followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$).

The fraction of diterpenes extracted is shown in Figure 2. The percentage of extracted diterpenes varied from 1.85 to 4.27 % for kahweol and from 1.87 to 4.16 % for cafestol. It is interesting to observe that extraction was less than 5 % for both compounds (Figure 2). Coffee brews A and B, prepared with small doses and volume of extraction, showed higher extractions of diterpenes. For coffee brews prepared by the Turkish style, Scandinavian style, French press and mocha, extractions of cafestol from 2.5 to 9.0 % were reported (ZHANG; LINFORTH; FISK, 2012).

Wuerges (2015) reported lower contents of kahweol and cafestol (0.28 mg/100 mL for both compounds) for traditional espresso coffees origined from arabica coffee with contents of diterpenes (4.04 mg of caveol and 3.18 mg of cafestol by g of coffee) and solids (2.46 g/100 mL) in the same range adopted for the brews analyzed in this study (Tables 4, 5 and 6). This difference can be due to the variability in the grinding process. Sehat, Montag and Speer (1993) observed that espresso coffees with thinner grind showed less lipid compounds extraction.

Coefficient of variation (CV) values showed that variation in the contents of diterpenes was less than 30%. Brew A showed higher variability (CV 26.17% and 27.02% for kahweol and cafestol) and CVs from 7.93% to 20.97% were observed in other coffee brews (Tables 5 and 6).

The consumption of espresso coffees with high contents of diterpenes (especially cafestol) can bring a hypercholesterolemic effect (HIGDON; FREI, 2006; URGERT et al., 1995; WEUSTEN-VAN DER WOUW et al., 1994). Brew A, which showed the highest extraction and content of diterpenes values (Tables 5 and 6, Figure 2), has an average concentration of cafestol of 0.92 mg/dose. Considering a variation of 30%, the consumption of around 9 daily doses of brew A would be necessary to increase cholesterol by 5 mg/dL (URGERT et al., 1995). For brew D, which showed the lowest extraction and an average concentration of cafestol of 0.38 mg by dose (Table 6 and Figure 2), the increase in cholesterol levels would only happen with the consumption of around 20 daily doses.

According to a marketing research conducted by ABIC (2010), Brazilians consume an average of 5.5 cups of espresso coffee daily, which may not result in an increase in cholesterol levels. It is worth pointing out that, in coffee brews with higher extraction of diterpenes (Figure 2), as coffee brew A, a higher extraction of other solids also occurs (Tables 5 and 6). Therefore, a moderate consumption of this coffee brew will provide an amount of diterpenes that can bring beneficial effects and provide an amount of other bioactive compounds with positive impact on the consumers' health (ESQUIVEL; JIMÉNEZ, 2012; MURIEL; ARAUZ, 2010).

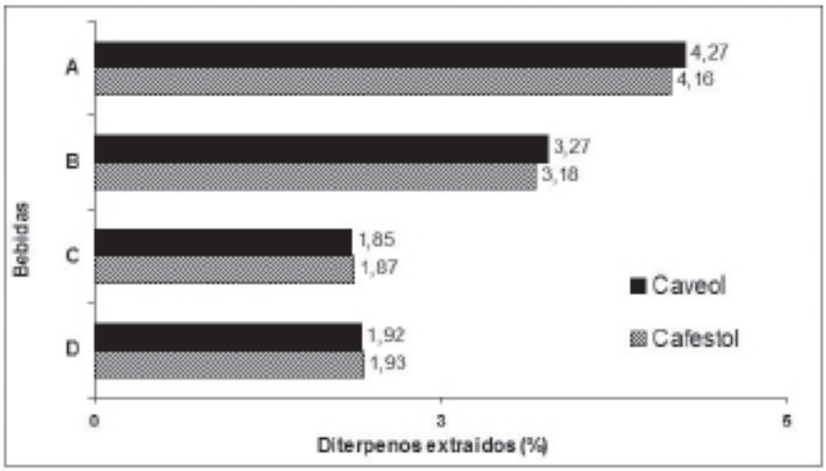

FIGURE 2 - Percentage of extracted diterpenes.

4 CONCLUSIONS

Variation in the contents of diterpenes in the roasted and ground coffee used in commercial capsules as well as in coffee brews originated from the product are observed. Higher contents of kahweol and cafestol are obtained for brews prepared in smaller volume (smaller doses).

Considering the contents of cafestol observed in this study, there is no evidence of a hypercholesterolemic effect due to a moderate consumption of coffee brews prepared with these commercial capsules.

5 ACKNOWLEDGMENTS

The authors gratefully acknowledge the financial support of CNPq.

6 REFERENCES

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ. **Tendências de consumo de café**. 2010. Available from: <http://www.abic.com.br/publique/media/EST_PESQTendenciasConsumo2010.pdf>. Accessed in: 28 Sept. 2015.

BUCHMANN, S. et al. Lipids in coffee brews - impact of grind size, water temperature, and coffee/water ratio on cafestol and the carboxylic acid-5-hydroxytryptamides. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE, 23., 2010, Bali. **Annals...** Bali: ASIC, 2010. p. 101-109.

BUREAU DE INTELIGÊNCIA COMPETITIVA DO CAFÉ. **Relatório internacional de tendências do café**. Available from: <http://www.icafebr.com.br/publicacao2/Relatorio%20v.3%20n.12.pdf>. Accessed in: 28 Aug. 2015.

CAMPANHA, F. G.; DIAS, R. C. E.; BENASSI, M. T. Discrimination of coffee species using kahweol and cafestol: effects of roasting and of defects. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 87-96, 2010.

CAPORASO, N. et al. Neapolitan coffee brew chemical analysis in comparison to espresso, moka and American brews. **Food Research International,** Essex, v. 61, n. 1, p. 152-160, 2014.

CAPRIOLI, G. et al. Optimization of espresso machine parameters through the analysis of coffee odorants by HS-SPME-GC MS. **Food Chemistry**, Barking, v. 135, n. 3, p. 1127-1133, 2012.

CÁRDENAS, C.; QUESADA, A. R.; MEDINA, M. Á. Kahweol, a coffee diterpene with anti-inflammatory properties. In: PREEDY, V. R. (Ed.). **Coffee in health and disease prevention**. London: Academic, 2015. p. 627-632.

CAVIN, C. et al. Cafestol and kahweol, two coffee specific diterpenes with anticarcinogenic activity. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 40, n. 8, p. 1155-1163, 2002.

DIAS, R. C. E. et al. Evaluation of kahweol and cafestol in coffee tissues and roasted coffee by a new high-performance liquid chromatography methodology. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, Washington, v. 58, n. 1, p. 88-93, 2010.

ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M. Functional properties of coffee and coffee by-products. **Food Research International**, Essex, v. 46, n. 2, p. 488-495, 2012.

FIGUEIRÓ, I. Uma categoria madura. **Jornal do café**, Rio de Janeiro, v. 186, p. 16-17, 2014.

FREEDMAN, N. D. et al. Association of coffee drinking with total and cause-specific mortality. **The New England Journal of Medicine**, Waltham, v. 366, n. 20, p. 1891-1904, 2012.

GROSS, G.; JACCAUD, E.; HUGGETT, A. C. Analysis of the content of the diterpenes cafestol and kahweol in coffee brews. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 35, n. 6, p. 547-554, 1997.

HIGDON, J.; FREI, B. Coffee and health: a review of recent human research. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 46, n. 2, p. 101-123, 2006.

INOVAÇÕES que encantam. **Jornal do café**, Rio de Janeiro, v. 187, p. 18-23, 2014.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **World coffee trade (1963 - 2013):** a review of the markets, challenges and opportunities facing the sector. 2014. Available from: <http://www.ico.org/news/icc-111-5-r1e-world-coffee-outlook.pdf>. Accessed in: 29 Sept. 2015.

KIM, H. G. et al. The coffee diterpenes kahweol inhibits tumor necrosis factor-α-induced expression of cell adhesion molecules in human endthelial cells. **Toxicology and Applied Pharmacology**, San Diego, v. 217, n. 3, p. 332-341, 2006.

LEE, K. J.; JEONG, H. G. Hepatoprotective protective effects of kahweol and cafestol against hydrogen peroxide-induced oxidative stress and DNA damage. **Toxicology Letters**, Amsterdam, v. 137, n. 2, p. 80-87, 2007.

MARTINS, M. C. M. et al. Carboidratos na bebida do café preparado sob diferentes processos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 382-386, 2005.

MURIEL, P.; ARAUZ, J. Coffee and liver diseases. **Fitoterapia**, Milano, v. 81, n. 5, p. 297-305, 2010.

PARENTI, A. et al. Comparison of espresso coffee brewing technique. **Journal of Food Engineering**, London, v. 121, p. 112-117, 2014.

PETRACCO, M. Technology IV: beverage preparation: brewing trends for the new millennium. In: CLARKE, R. J.; VITZSTHUM, O. G. (Ed.). **Coffee recent developments**. Oxford: Blackwell, 2001. chap. 7, p. 140-164.

SANTOS, P. H. A.; SILVA, E. C.; CASTRO JUNIOR, L. G. **Introdução ao mercado de café em dose única e perspectivas para o Brasil**. Lavras: Bureau de Inteligência Competitiva do Café, 2012. 18 p.

SEHAT, N.; MONTAG, A.; SPEER, K. Lipids in the coffee brew. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE, 15., 1993, Montpellier. **Annals...** Montpellier: ASIC, 1993. p. 869-872.

SILVA, J. A. et al. Method validation for cafestol and kahweol quantification in coffee brews by HPLC-DAD. **Food Analytical Methods**, Berlin, v. 5, n. 6, p. *1404-1410, 2012.*

SOUZA, R. M. N. de et al. Teores de compostos bioativos em cafés torrados e moídos comerciais. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 885-890, 2010.

SRIDEVI, V.; GIRIDHAR, P.; RAVISHANKAR, G. A. Evaluation of roasting and brewing effect on antinutritional diterpenes-cafestol and kahweol in coffee. **Global Journal of Medical Research**, Wakefield, v. 11, n. 5, p. 16-22, 2011.

TAO, K. S. et al. The multifaceted mechanisms for coffee's anti-tumorigenic effect on liver. **Medical Hypotheses**, Kidlington, v. 71, n. 5, p. 730-736, 2008.

URGERT, R. et al. Levels of the cholesterol-elevating diterpenes cafestol and kahweol in various coffee brews. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Columbus, v. 43, n. 8, p. 2167-2172, 1995.

VIGNOLI, J. A. **Efeito da matéria-prima e do processamento nos compostos bioativos e na atividade antioxidante do café**. 2009. 130 p. Thesis (Doctor's Degree in Food Science) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

VITTORI, S. et al. Espresso machine and coffee composition. In: PREEDY, V. R. (Ed.). **Coffee in health and disease prevention**. London: Academic, 2015. chap. 28, p. 255-263.

WEUSTEN-VAN DER WOUW, M. P. et al. Identity of the cholesterol-raising factor from boiled coffee and its effects on liver function enzymes. **Journal of Lipid Research**, Bethesda, v. 35, n. 8, p. 721-733, 1994.

WUERGES, K. L. **Teores de diterpenos em bebidas de café com diferentes preparos**. 2015. 62 p. Dissertation (Master's Degree in Food Science) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

ZHANG, C.; LINFORTH, R.; FISK, I. D. Cafestol extraction yield from different coffee brew mechanisms. **Food Research International**, Essex, v. *49, n.* 1, p. *27-31, 2012.*

NOTA PRÉVIA

DIVERSIDADE DE MICRORGANISMOS EM FRUTOS DO CAFEEIRO CULTIVADO NA PROXIMIDADE DO LAGO DE FURNAS

Larissa Compri[1], Ligiane Aparecida Florentino[2], Rosane Micaela Veiga[3], Adriano Bortolotti da Silva[4], José Messias Miranda[5]

(Recebido: 01 de outubro de 2015 ; aceito: 11 de janeiro de 2016)

RESUMO: Diversas propriedades de café no Sul de Minas possuem suas lavouras às margens do Lago de Furnas. Objetivou-se, neste trabalho, analisar a influência da proximidade do Lago de Furnas, na diversidade de microrganismos e na qualidade sensorial e física do café. Foram utilizados frutos e grãos de café provenientes de Alfenas, localizada às margens do Lago de Furnas, e em Cabo Verde, cujo município não é banhado por este lago. O isolamento dos microrganismos foi realizado pela técnica de plaqueamento direto em meios seletivos. A maior diversidade de microrganismos foi verificada nas amostras do município de Alfenas. Por meio de prova de xícaras, as amostras das duas localidades obtiveram bebida dura.

Termos de indexação: Fungos, café, umidade.

MICROORGANISMS DIVERSITY IN COFFEE GROWN CLOSE TO THE LAKE FURNAS

ABSTRACT: *Several coffee farms in southern Minas Gerais have their crops to the shores of Lake Furnas. The aim of this study was to analyze the influence of Furnas Lake proximity on diversity of microorganisms and sensory quality coffee and physics. Fruits and coffee beans were collected in Alfenas, located on the shores of Lake Furnas, and Cabo Verde, whose municipality is not bathed in this lake. The isolation of organisms was accomplished by plating technique directly on selective media. The greatest diversity of microorganisms was verified in Alfenas municipality of samples. By cup test samples obtained in both two locations were classified as stiff drink.*

Index terms: *Fungi, coffee, moisture.*

A região do Sul de Minas Gerais é responsável por cerca de 30% da produção nacional de café arábica (*Coffea arabica* L.) (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2015). Nessa região, importantes municípios produtores de café, como Alfenas, Boa Esperança, Campo do Meio, Campos Gerais, Carmo do Rio Claro e Três Pontas são banhados pelo lago da usina hidrelétrica de Furnas. Segundo Martins (2010), essa hidrelétrica possui um reservatório de 23 bilhões de metros cúbicos, ocupando uma grande extensão territorial, 1.457 Km^2. Com isso, verifica-se uma influência direta em relação à economia dos municípios banhados por este lago. Além do aspecto econômico, Limberger e Pitton (2008), relatam que construções de lagos artificiais podem alterar propriedades climáticas, como temperaturas e índice de pluviosidade nos municípios circunvizinhos.

Na cafeicultura, as condições climáticas exercem influência direta na qualidade do produto final, uma vez que o excesso de umidade e altas temperaturas favorecem a ocorrência de microrganismos deterioradores como bactérias, leveduras e principalmente os fungos filamentosos, os quais são os responsáveis pela perda de qualidade da bebida, por alterarem o sabor e o aroma do café (PERRONE et al., 2007).

Dentre os fungos filamentosos, estudos revelam que os principais gêneros encontrados em frutos e sementes de café são *Aspergillus, Penicillium* e *Fusarium* (PASIN et al., 2009). Além da deterioração dos grãos do café, algumas espécies de *Aspergillus* e *Penicillium* estão associadas à produção de micotoxinas, como a ocratoxina A (OTA), cuja presença está associada, principalmente, às espécies de *Aspergillus* das Seções *Circumdati* e *Nigri* e que podem causar danos à saúde (CAMPOS et al., 2009; CLOUVEL et al., 2008; COUTO et al., 2013).

Segundo Perrone et al. (2007), a diversidade de fungos em grãos de café depende de fatores

[1,2,3,5]Universidade José do Rosário Vellano/UNIFENAS - Laboratório de Microbiologia Agrícola. Rod. MG 179, Km 0 Campus Universitário - 37.130-000 - Alfenas - MG - larissacompri@hotmail.com, ligiane.florentino@unifenas.br, rosanermv@hotmail.com
[4]Universidade José do Rosário Vellano/UNIFENAS - Laboratório de Biotecnologia Vegetal. Rod. MG 179, Km 0 - Campus Universitário - 37.130-000 - Alfenas - MG- adrianosilva@unifenas.br

como a cultivar do café, região geográfica, clima e método de processamento. Considerando a importância dos municípios situados às margens do Lago de Furnas para a produção de café, objetivou-se, nesse trabalho, analisar a influência da proximidade do Lago de Furnas na diversidade de microrganismos, qualidade sensorial e física de café arábica.

O trabalho foi desenvolvido com amostras de café arábica cultivar Catuaí Vermelho, coletadas em duas propriedades no Sul de Minas Gerais, sendo a primeira no município de Alfenas, localizada à 40 metros do Lago de Furnas e a segunda em Cabo Verde, município não banhado por esse lago. As principais características dessas duas propriedades estão apresentadas na Tabela 1.

Para coleta das amostras nas lavouras, em julho de 2013, em cada propriedade, foram coletadas 15 amostras simples, caminhando em zigue-zague para constituir uma amostra composta. Os frutos permaneceram em terreiro concretado, nas respectivas propriedades, até atingirem o teor de umidade de, aproximadamente, 12%. Posteriormente, uma parte das amostras foi beneficiada e a outra permaneceu com casca e ambas foram conduzidas ao laboratório de Microbiologia Agrícola. Da amostra de café beneficiada foram retirados 300 g de grãos, para a degustação e classificação, de acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2003).

A diversidade de microrganismos presentes nos grãos (café beneficiado) e frutos (não beneficiado) de café foi analisada utilizando-se a técnica de plaqueamento direto, utilizando-se 25 frutos ou grãos por placa de Petri, em condições assépticas e quatro repetições. Além disso, as amostras foram também submetidas à desinfestação com hipoclorito de sódio a 4%, durante 5 minutos, seguido de seis lavagens com água destilada esterilizada.

Após o plaqueamento, as amostras com e sem desinfestação, foram incubadas a 25 ºC, durante oito dias. Para o isolamento dos fungos foi utilizado o meio Dicloran Rosa Bengala Cloranfenicol (DRBC), por sete dias, a 25ºC. Posteriormente, os isolados foram purificados em meio Malte Agar (MA) e cultivados a 25º C, durante sete dias. Em seguida, as culturas puras foram transferidas para os meios Agar Extract Malt (MEA) e Czapeck Yeast Agar (CYA) e incubadas às temperaturas de 25ºC e a 37ºC, por sete dias (COUTO et al., 2013). Os isolados foram identificados morfologicamente e quanto à sua estrutura em microscópio óptico.

Para a avaliação da diversidade de colônias de fungos em frutos e grãos de café nas diferentes altitudes foi usado o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), que considera a riqueza e a equitabilidade das espécies, comumente usada em estudo de ecologia de comunidades.

$$H' = \sum \frac{ni}{N} \times \ln \frac{ni}{N}$$

Em que: H' = índice de Shannon; ni= número de indivíduos da espécie ou grupo i; N = número total de indivíduos; ln= logaritmo na base natural.

Na Tabela 2 estão apresentados os dados referentes à ocorrência (%) e diversidade, expressa pelo índice de Shannon-Weaver (H'), dos principais gêneros de fungos filamentosos encontrados nas amostras de café, além de bactérias, leveduras e fungos filamentosos com hifas septadas e não septadas, para os quais não foram encontradas estruturas de reprodução, impossibilitando assim a sua identificação.

Analisando os grupos de microrganismos da Tabela 2, observa-se que somente os gêneros *Penicillium* e *Rhizopus* não foram encontrados no município de Alfenas. Já em Cabo Verde, não foram observados os gêneros *Absidia*, *Mucor*, *Nigrospora* e fungos filamentosos contendo hifas não septadas.

Em ambos os municípios, a maior ocorrência e diversidade de microrganismos foi observada na parte externa do fruto (amostras não beneficiadas), o que pode ser atribuído à maior concentração de nutrientes, presentes na casca e na mucilagem, os quais são utilizados como substrato para o desenvolvimento dos microrganismos, concordando com Rezende et al. (2013). Nessas mesmas amostras foi possível observar o efeito do hipoclorito de sódio, que foi capaz de causar a inativação total dos microrganismos do município de Cabo Verde. Noonim et al. (2008), observando amostras de café com e sem o processo de desinfestação superficial, verificaram que o hipoclorito reduziu a ocorrência de fungos em até 60%.

Alguns gêneros, como *Aspergillus* e *Absidia*, no município de Alfenas e *Rhizopus*, no município de Cabo verde, não sofreram interferência do hipoclorito. Quando relaciona o beneficiamento com o uso do hipoclorito, verifica-se redução da maioria das populações de todos os grupos de

TABELA 1 - Características das lavouras de café arábica onde foram coletadas as amostras nos municípios em estudo.

Município	Alfenas	Cabo Verde
Área (ha)	3,8	4,2
Espaçamento (m)	2,8 x 0,8	3,0 x 2,0
Coordenadas Geográficas	S 21º27'0,2''/W 46º03'2,6''	S 21º30'52''/W 46º25'47''
Altitude (m)	798	890
Temperatura (ºC)*	26,4	19,5
Pluviosidade (mm)*	17,5	15,0

*Valores médios referentes aos meses de julho a agosto de 2013 (período de coleta e secagem das amostras, de acordo com as estações meteorológicas de Alfenas - UNIFENAS e do IFSULDEMINAS – *campus* Muzambinho.

TABELA 2 – Ocorrência e diversidade (H') de microrganismos em amostras de café beneficiados e não beneficiados, cultivados nas duas localidades distintas.

Grupos de microrganismos (%)	Municípios							
	Alfenas				Cabo Verde			
	Beneficiamento				Beneficiamento			
	Não		Sim		Não		Sim	
	Hipoclorito				Hipoclorito			
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
Aspergillus sp.	8,75	8,75	5,00	1,25	2,50	0,00	2,50	0,00
Penicillium sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00
Fusarium sp.	0,00	1,25	3,75	0,00	3,75	0,00	0,00	1,25
Rhizopus sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	1,25	0,00	0,00
Absidia sp.	1,25	1,25	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mucor sp.	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nigrospora sp.	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hifas septadas	7,50	3,75	3,75	0,00	2,50	0,00	1,25	0,00
Hifas não septadas	2,50	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bactérias e Leveduras	6,25	1,25	5,00	0,00	8,75	0,00	3,75	2,50
Total (%)	30,00	17,50	18,75	1,25	20,00	1,25	7,50	3,75
H'*	1,71	1,43	1,52	0,00	1,54	0,00	1,01	0,63

*Índice de Shannon-Weaver

microrganismos, em ambos os municípios.

Outro gênero que merece destaque na Tabela 2 é o *Fusarium*, devido à sua ocorrência em amostras desinfestadas com hipoclorito de sódio não beneficiadas no município de Alfenas e beneficiadas no município de Cabo Verde.

A desinfestação superficial foi realizada com a finalidade de observar se os fungos que estavam presentes superficialmente também seriam encontrados no interior do fruto ou grão. Observa-se que, com relação ao fungo do gênero *Fusarium*, a sua presença permanece após a desinfecção, representando a contaminação interna.

Dentre os gêneros encontrados, destaca-se o gênero *Aspergillus*, com elevada incidência, para o qual foi possível identificar as espécies da Seção *Nigri* e *Fumigati* para o município de Cabo Verde, representando cerca de 12% da população total dos fungos filamentosos presentes nas amostras. Já para o município de Alfenas, representando cerca

de 80% da população total, foram encontradas as seguintes seções: *Circumdati, Fumigati* e *Nigri*. Esses resultados concordam com os encontrados por Silva, Batista e Schwan (2008), em que representantes do gênero *Aspergillus* destacou-se dentre os demais gêneros.

A ocorrência de fungos na parte interna dos grãos de café pode ser explicada por diversos fatores, como danos causados por insetos, fungos fitopatogênicos, ácaros, próprio processo de colheita ou condições climáticas adversas, que tornam os grãos mais suscetíveis (PERRONE et al., 2007). Além disso, os maiores valores de temperatura no município de Alfenas (Tabela 1) podem ter contribuído para o aumento da densidade e diversidade de microrganismos.

Torna-se importante ainda considerar o efeito do microclima nas duas propriedades, em que o maior espaçamento de plantio de 3,0 x 2,0 metros, município de Cabo Verde, pode contribuir para a menor ocorrência de microrganismos. Corroborando com os dados de obtidos por Braccini et al. (2008), em que é possível relacionar o menor espaçamento com maior umidade ao ambiente e, consequentemente, maior desenvolvimento de microrganismos.

Pela análise sensorial e física dos grãos de café beneficiados, foi observado que as amostras oriundas das duas localidades foram de bebida "dura" e de tipo 7, sendo um café padrão para comercialização.

Apesar da maior ocorrência e diversidade de microrganismos no município de Alfenas, esse não foi fator determinante para proporcionar alteração na qualidade sensorial e física do grão. No entanto, os resultados encontrados nesse estudo apresentam grande relevância prática, indicando a necessidade dos produtores e técnicos dos municípios banhados por cursos d'água serem mais cautelosos, durante as etapas de colheita e pós-colheita, visando minimizar tais riscos para que não ocorram prejuízos na comercialização do produto final, uma vez que são cultivados em condições favoráveis ao crescimento de fungos deterioradores.

A maior diversidade de microrganismos foi verificada nas amostras de frutos do cafeeiro no município de Alfenas. Por meio de prova de xícaras, as amostras das duas localidades obtiveram bebida dura.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela bolsa de Iniciação Científica e à Fapemig, pela bolsa de Mestrado.

REFERÊNCIAS

BRACCINI, A. L. et al. Produtividade de grãos e qualidade de sementes de café em resposta à densidade populacional. **Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 6, p. 289-496, nov./dez. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Agropecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8**, de 11 de junho de 2003. Aprova o regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. Brasília, 2003. Disponível em: <http://www.abic.com.br/publique-/media/CONS_leg_instnormativa08-03.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2015.

CAMPOS, R. S. et al. Fungos micotoxigênicos e ocratoxina A em cafés com permanência prolongada na planta e no solo, colhidos nas regiões do cerrado mineiro e baiano. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 136-148, jul./dez. 2009.

CLOUVEL, P. et al. Wine contamination by ochratoxin A in relation to vine environment. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 123, n. 1/2, p. 74-80, Mar. 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira café**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_14_11_57_33_boletim_cafe_janeiro_2015.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2015.

COUTO, F. A. et al. Biodiversity of filamentous fungi in coffee beans grown in an organic and conventional system. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 122-129, abr./jun. 2013.

LIMBERGER, L.; PITTON, S. E. C. Mudanças climáticas globais e alterações climáticas: a participação dos grandes reservatórios de usinas hidrelétricas. **Pleiade**, Foz do Iguaçu, v. 2, n. 2, p. 123-133, jul./dez. 2008.

MARTINS, L. M. Olhares sobre o "Mar de Minas": percepções dos moradores de Alfenas e Fama relativas ao lago de Furnas (1963-1999). **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 347-363, jul./dez. 2010.

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

PASIN, L. A. A. P. et al. Fungos associados a grãos de cinco cultivares de café (*Coffea arabica* L.). **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 1129-1132, dez. 2009.

PERRONE, G. et al. Biodiversity of *Aspergillus* species in some important agricultural products. **Studies in Mycology**, Utrecht, v. 59, p. 53-66, 2007.

REZENDE, E. F. et al. Potencial enzimático e toxigênico de fungos isolados de grãos de café. **Coffe Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 69-77, jan./mar. 2013.

SILVA, C. F.; BATISTA, R. F.; 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. 1, p. 521-526, jul./set. 2008.

ISSN 1809-6875