ISSN 1809-6875

Coffee Science

Volume 10, Número 3, 2015

Volume 10, Número 3, 2015

Coffee Science

ISSN 1809-6875

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 . 10, n.3 (jul./ set. 2015)- . – 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, Lavras, v. 10, n. 3, p. 271 - 411, jul./set. 2015

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

COFFEE SCIENCE

SUMÁRIO/*SUMMARY*

01 Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes primários para cafeeiros fertirrigados em formação
Critical ranges of leaf primary macronutrients levels for irrigated coffee farming the second year after planting
Gabriel Mendes Villela, Rubens José Guimarães, Clayton Grillo Pinto, Myriane Stella Scalco, José Carlos Sales Junior, Willian Ribeiro Camilo, Gesiel Alves 271

02 Influência de sistemas de produção de café orgânico arborizado sobre a diversidade da fauna invertebrada Epigéica
Influence of the production systems of forested organic coffee on the diversity of the in Epigeic invertebrate fauna
Nathalia de França Guimarães, Anderson de Souza Gallo, Maicon Douglas Bispo de Souza, Patricia Rochefeler Agostinho, Michele da Silva Gomes5, Rogério Ferreira da Silva 280

03 Análise técnica e economica de diferentes sistemas de transplantio de café (*Coffea arabica* L.)
Technical and economic analysis of different coffee (*Coffea arabica* L.) transplanting system
João Paulo Barreto Cunha, Fabio Moreira da Silva, Fabricio Andrade, Tulio de Almeida Machado, Francinaldo Alves Batista 289

04 Ácido cítrico e fósforo no desenvolvimento e estado nutricional de mudas de café
Citric acid and phosphorus on development and nutritional status of coffee seedling
Vinícius Teixeira Lemos, André Cabral França, Enílson de Barros Silva, Renan Luís da Silva Marinho, Miguel Henrique Rosa Franco, Moisés de Avellar, Ana Flávia de Freitas, Lílian Alves de Carvalho Reis, Juliano Miari Corrêa, Gladyston Rodrigues Carvalho 298

05 Delineamento de zonas de manejos para macronutrientes em lavoura de café conilon consorciada com seringueira
Delimitation of management zones for macronutrients in of coffee crop conilon intercropping with rubber trees
Eduardo Oliveira de Jesus Santos, Flávia Barreto Pinto, Marina de Almeida Barbos, Ivoney Gontijo 309

06 Níveis de cromo em mudas de café conilon desenvolvidas em substrato com lodo de curtume como adubação alternativa
Chromium levels in conilon cofee seedlings developed in substrate with tannery sludge as alternative manure
Sávio da Silva Berilli, Ana Paula Candido Gabriel Berilli, Almy Júnior Cordeiro de Carvalho, Silvio de Jesus Freitas, Maura Cunha, Patrícia Soares Furno Fontes 320

07**Toxicidade do óleo de mamona à broca-do-café [*Hypothenemus hampei* (FERRARI) (COLEOPTERA: SCOLYTIDAE)]**
Toxicity of castor oil to coffee berry borer [*Hypothenemus hampei* (FERRARI) (COLEOPTERA: SCOLYTIDAE)]
Flávio Neves Celestino, Dirceu Pratissoli, Lorena Contarini Machado, Adilson Vidal Costa, Hugo José Gonçalves dos Santos Junior, Fernando Domingo Zinger 329

Coffee Science

08 Fração de água transpirável no solo no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon
Fraction of transpirable soil water in initial conilon coffee development
Rogério Rangel Rodrigues, Samuel Cola Pizetta, Edvaldo Fialho dos Reis, Wilian Rodrigues Ribeiro, Giovanni de Oliveira Garcia 337

09 Variabilidade espacial da dose de P_2O_5 E K_2O para adubação diferenciada e convencional em lavoura cafeeira
Spatial variability of the dosage of P_2O_5 and K_2O to fertilize in a variable rate and in a conventional way in a coffee field
Gabriel Araújo e Silva Ferraz, Fábio Moreira da Silva, Marcelo Silva de Oliveira, Rogner Carvalho Avelar, Ronan Souza Sales 346

10 Influência do manejo das plantas adventícias na diversidade de ácaros em cafezal orgânico
Influence of the weeds management on the mite diversity in organc coffee crop
Marçal Pedro Neto, Paulo Rebelles Reis, Mauricio Sergio Zacarias, Rogério Antônio Silva 357

11 Erosão hídrica e compartimentos da matéria orgânica do solo em sistemas cafeeiros conservacionistas e convencionais
Rainfall erosion and compartments soil organic matter in coffee systems conservationist and conventional
Gabriel Pinto Guimarães, Klinger Chaves de Andrade, Eduardo de Sá Mendonça 365

12 Desempenho de híbridos F1 de café arábica com resistência simultânea a ferrugem, mancha aureolada e bicho mineiro
Performance of F1 hybrids of arabica coffee with simultaneous resistance to leaf rust, bacterial blight and leaf miner
Elder Andreazi, Gustavo Hiroshi Sera, Ricardo Tadeu de Faria, Tumoru Sera, Luciana Harumi Shigueoka, Filipe Gimenez Carvalho, Fernando César Carducci, Daniel Chamlet 375

13 Substituição de fertilizantes por fitomassa de leguminosas arbóreas em lavoura cafeeira
Potential of substitution of fertilizers by arboreal legume phytomass in coffee tree crop
Heloísa Misae Tavares de Oliveira, Maria Inês Nogueira Alvarenga, Rogério Melloni, Juliana Garcia Cespedes, Rodrigo Luz da Cunha 383

14 Características agronômicas de progênies de cafeeiro em área infestada por *Meloidogyne paranaensis*
Agronomic characteristics of coffee progenies grown in area infested by *Meloidogyne paranaensis*
Allan Teixeira Pasqualotto, Sônia M. L. Salgado, César Elias Botelho, Antônio Nazareno Guimarães Mendes, Ramiro Machado Rezende, Simone Ribeiro de Souza 392

15 Análise econômica da colheita mecanizada do café utilizando repetidas operações da colhedora
Economic analysis of harvesting coffee using repeat operations
Felipe Santinato, Renato Adriane Alves Ruas, Rouverson Pereira da Silva, Alino Pereira Duarte, Roberto Santinato 402

FAIXAS CRÍTICAS DE TEORES FOLIARES DE MACRONUTRIENTES PRIMÁRIOS PARA CAFEEIROS FERTIRRIGADOS EM FORMAÇÃO

Gabriel Mendes Villela[1], Rubens José Guimarães[2], Clayton Grillo Pinto[3], Myriane Stella Scalco[4], José Carlos Sales Junior[5], Willian Ribeiro Camilo[6], Gesiel Alves[7]

(Recebido: 10 de abril de 2014; aceito: 10 de novembro de 2014)

RESUMO: Objetivou-se estabelecer faixas e/ou níveis críticos de teores foliares e o melhor nível de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio para cafeeiros fertirrigados em formação (segundo ano de adubação após o ano de plantio). O experimento foi conduzido em campo no Setor de Cafeicultura da Universidade Federal de Lavras-MG, de março de 2010 a julho de 2013. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com seis tratamentos, quatro repetições e subdivisão das parcelas no tempo. Os níveis de adubação foram 10%, 40%, 70%, 100%, 130% e 160%, em relação à adubação padrão. No primeiro ciclo de fertirrigação, a adubação foi o padrão para lavouras de sequeiro em formação. Realizaram-se análises químicas das folhas em seis épocas, de dois em dois meses, a partir de 13/01/2012. Em julho de 2013, avaliou-se a produtividade de café (L planta^{-1}) na segunda colheita, com influência dos níveis de adubação. O melhor nível de adubação com N, P e K foi de 122,61%, ou seja, 22,61% superior à adubação padrão, indicada para lavouras em formação não irrigadas. Estabeleceram-se faixas e níveis críticos de teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio para lavouras de café irrigadas em formação (segundo ano de adubação após o ano de plantio).

Termos para indexação: Análise foliar, nutrição mineral, irrigação.

CRITICAL RANGES OF LEAF PRIMARY MACRONUTRIENTS LEVELS FOR IRRIGATED COFFEE FARMING THE SECOND YEAR AFTER PLANTING

ABSTRACT: *Aimed to establish bands and, or critical levels of foliar concentrations and optimal level of fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium to fertirrigated coffee in formation. The experiment was carried out in the field in Setor de Cafeicultura da Universidade Federal de Lavras - MG, March 2010 to July 2013. The experimental design was a randomized block design with six treatments and four replicates. Nutrient levels were 10 % , 40 % , 70 % , 100 %, 130 % and 160 % compared to standard fertilization. In the first cycle of fertirrigation, fertilization was the standard for rainfed crops in training. Chemical analysis was performed in six sheets of times of two months, starting from 13/01/2012. In July 2013 we evaluated the productivity of coffee (L plant $^{-1}$) in the second crop, with influences of fertilizer levels. The best level of fertilization with N, P and K is 122.61% compared to standard fertilizer for crops in non-irrigated training. Settled bands and critical levels of foliar N, P and K for crops irrigated coffee in the second year post- planting fertilizer.*

Index terms: *Foliar analysis, mineral nutrition, irrigation.*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, maior produtor e exportador e segundo maior consumidor de café do mundo, experimentou nos últimos anos aumentos sucessivos de produtividade devido à renovação com podas, pela substituição de lavouras improdutivas e também pelo emprego da irrigação. Por se tratar de lavoura perene é desejável que se utilizem tecnologias adequadas desde a formação da lavoura como: cultivares recomendadas para a região, mudas sadias e vigorosas, escolha e preparo da área para o plantio, implantação de quebra-ventos e condução adequada das plantas na fase de formação (PINTO et al., 2013).

O cafeeiro precisa de dois anos para completar seu ciclo fenológico de frutificação, ou seja, no primeiro ano há o crescimento do ramo, para em seguida ser iniciado o desenvolvimento reprodutivo sendo que, para isso, é necessário que se promova a nutrição adequada, o que levou a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG) a elaborar as "Recomendações para o uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais", 5ª Aproximação, para a cafeicultura de sequeiro (GUIMARÃES et al., 1999). Porém, dada às especificidades da cafeicultura irrigada, há necessidade de pesquisas relacionadas à nutrição e adubação do cafeeiro nesse tipo de cultivo.

[1]Rua Marechal Bittencourt, 895 apto 02 - Gutierrez - 30.441-114 - Belo Horizonte - MG - gabrielmendesagro@gmail.com
[2]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - 37.200-000 - Lavras - MG - rubensjoseguimaraes@gmail.com
[3]Universidade Federal de Lavras/UFLA - INCT-Café/INOVACAFÉ - 37.200-000 - Lavras - MG - claytonpinto15@gmail.com
[4]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - 37.2000-000 - Lavras - MG - msscalco@deg.ufla.br
[5]Praça Tenente Francisco de Souza Lima, 52 - Centro - Lavras - MG - 37.200.000 - josecarloslms@hotmail.com
[6]R. Doutor Knight, 357 - Nova Lavras - Lavras-MG - 37.200-000 - willianribeirocamilo@gmail.com
[7]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Alojamento Estudantil Ap 207 Bloco II - Campus Universitário - 37200-000 - Lavras - MG gesiel.lajinha@gmail.com

Assim, devido à carência de estudos em nutrição de cafeeiros irrigados, as recomendações têm sido baseadas na recomendação para lavouras de sequeiro, com algumas poucas adaptações. Tal fato pode comprometer o desenvolvimento das plantas quando conduzidas com irrigação, induzindo a uma carência ou excesso de nutrientes, pois o cafeeiro irrigado apresenta padrão de crescimento e produtividade diferenciados, conforme resultados obtidos em várias pesquisas (ARANTES; FARIA; REZENDE, 2009; CARVALHO et al., 2006; REZENDE et al., 2010; SILVA; TEODORO; MELO, 2008; SOBREIRA et al., 2011).

Anteriormente, utilizava-se a irrigação apenas em áreas com limitações hídricas acentuadas e se discutia a viabilidade ou não da fertirrigação em regiões aparentemente sem essas limitações para o cultivo do café, como é o caso do Sul de Minas Gerais, porém consideráveis perdas de produtividade e má qualidade dos grãos são observadas mesmo nessas regiões, com a ocorrência de veranicos em fases fenológicas críticas da cultura (SILVA; TEODORO; MELO, 2008). Também, a fertirrigação do cafeeiro, quando comparada ao sistema convencional, pode reduzir os custos com mão de obra durante as adubações, diminuir a compactação do solo pelo menor tráfego de máquinas, e, principalmente, promover maior eficiência na utilização dos nutrientes, devido à possibilidade de parcelamento e de uniformização da distribuição dos mesmos (GOMES; LIMA; CUSTÓDIO, 2007).

Porém, cuidados devem ser tomados com a fertirrigação para se evitarem perdas de nutrientes no solo, pois a adição de fertilizantes, mesmo que em quantidades adequadas, pode afetar a disponibilidade e a lixiviação de outros nutrientes, alterando a composição da solução do solo e promovendo modificações nos equilíbrios químicos entre as fases sólida e líquida (ERNANI et al., 2007). Neves, Ernani e Simonete (2009), estudaram a influência de doses de nutrientes na lixiviação do solo e observaram aumento nas concentrações de K^+ na solução lixiviada com a elevação da dose de K_2O aplicada.

Com a escassez de pesquisas para adubação de café irrigado, as recomendações ainda são conflitantes principalmente quando se considera a fertirrigação (PINTO et al., 2013). Sobreira et al. (2011) recomendam uma redução na dose dos fertilizantes N e K para cafeeiro fertirrigado "em formação (1º e 2º anos pós-plantio)", em relação à recomendada por Guimarães et al. (1999) para o cultivo em sequeiro. Já Pinto et al. (2013) encontraram como ideal para adubação de primeiro ano em lavouras fertirrigadas, o nível de 118,33% de N, P e K, ou seja 18,33% a mais do recomendado para lavouras de segueiro.

Clemente et al. (2008), buscando as faixas críticas de teores foliares de macro e micronutrientes em cafeeiro irrigado, no primeiro ano de adubação após o plantio (experimento em vasos de 18 litros), relatam que as doses recomendadas situam-se entre 71% e 112% da adubação padrão recomendada por Guimarães et al. (1999) para todos os nutrientes, de forma independente da aplicação ser sólida ou líquida. Também trabalhando com adubação de primeiro ano após o plantio, desta vez em campo, Pinto et al. (2013) determinaram as faixas críticas de teores foliares de N, P, e K, encontrando o melhor nível de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio em 118,33% da adubação padrão utilizada para lavouras de sequeiro.

Alguns autores propuseram valores de faixas e níveis críticos para lavouras em produção, como Martinez et al. (2003) que encontraram faixas críticas das concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio para lavouras cafeeiras não irrigadas de alta e baixa produção, em quatro regiões do estado de Minas Gerais. A amplitude das faixas críticas do nitrogênio, nesses trabalhos, foi de 25,2 a 32,8 g kg^{-1} para alta produção e de 23,5 a 31,3 g kg^{-1} para baixa produção. Para o fósforo, a variação foi de 1,1 a 1,9 g kg^{-1} ,nas lavouras de alta produção e de 0,9 a 3,2 g kg^{-1}, nas lavouras de baixa produção. Para o potássio, houve variação de 18 a 33,1 g kg^{-1} e de 20,4 a 30,8 g kg^{-1}, respectivamente. Para cafeeiros de alta produtividade (acima de 50 sacas beneficiadas ha^{-1}), Bataglia et al. (2004) estabelecem os níveis críticos foliares de 32,7 g kg^{-1} de N; 1,7 g kg^{-1} de P e 23,5 g kg^{-1} de K.

Quanto a parcelamentos de adubação, Sobreira et al. (2011) concluíram que o ideal para lavouras irrigadas em formação é de 12 vezes (doses iguais) durante o ano, quando o recomendado para lavouras de sequeiro é de 4 vezes ao ano.

Buscando-se a adequação das adubações, podem-se encontrar níveis críticos ou faixas críticas (ou faixas de suficiência) de teores foliares de nutrientes. O nível crítico é a concentração em uma parte específica da planta, em determinado estádio de crescimento, na qual ocorre redução de 5% ou de 10 % na produtividade máxima (SUMMER, 1979), já a faixa crítica, é a faixa de concentração do nutriente considerada adequada para o maior crescimento e desenvolvimento das plantas (FONTES, 2001).

Para a determinação de faixas críticas, Reuter e Robinson (1988) recomendam que essas sejam determinadas nas plantas que apresentarem 90% do crescimento máximo, o qual pode ser estabelecido a partir de medições e contagens realizadas nas plantas em estudo e também pela produtividade obtida na colheita.

Assim, a determinação dos níveis ou faixas críticas pela análise química das folhas é importante ferramenta para a correção de deficiências, principalmente por possibilitar a detecção e correção antes do aparecimento de sintomas e consequentes alterações internas, que certamente já terão comprometido o crescimento e o desenvolvimento das plantas (MARTINEZ et al., 2003). Não foram encontrados na literatura níveis ou faixas críticas para lavouras cafeeiras fertirrigadas no segundo ano de adubação e poucas informações para cafeeiros irrigados em fase de formação, o que justifica a realização deste trabalho.

Nesse contexto, objetivou-se estabelecer faixas e/ou níveis críticos de teores foliares e o melhor nível de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio para cafeeiros fertirrigados em formação (segundo ano de adubação após o ano de plantio).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Lavras, Minas Gerais, em área do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, em altitude de 910 metros, latitude sul de 21º14'06" e longitude de 45º00'00" W Gr. O clima é classificado como Cwa, temperado chuvoso com inverno seco e verão chuvoso, e subtropical, com inverno seco e temperatura do mês mais quente, maior que 22,8 ºC em fevereiro. A precipitação anual média é de 1.460 mm, com a maior e a menor precipitação mensal normal de 321 mm em janeiro e 7 mm em julho. A temperatura média anual é de 20,4 ºC, variando de 17,1 ºC em julho a 22,8 ºC, em fevereiro. A evapotranspiração potencial (ETP) e a evapotranspiração real (ETR) variam de 899 a 956 mm e de 869 a 873 mm, respectivamente (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-escuro distroférrico de textura argilosa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006). As amostras para análise química e física foram coletadas ao início da aplicação dos tratamentos (segundo ano pós plantio) nas camadas de 0 a 20 cm e de 21 a 40 cm de profundidade, (Tabela 1).

A correção da acidez do solo e aplicação dos fertilizantes nos sulcos de plantio, por ocasião da implantação da lavoura foram feitas seguindo as recomendações de Guimarães et al. (1999). Os cafeeiros destinados ao experimento foram plantados em março de 2010 com mudas convencionais da cultivar Topázio MG-1190, no espaçamento de 2 metros entrelinhas e 60 centímetros entre plantas nas linhas (2,0 x 0,6 m).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas no tempo. As parcelas foram constituídas por seis tratamentos (doses de NPK) e as subparcelas por seis épocas de avaliação dos teores foliares. Cada parcela constou de oito plantas (9,6 m^2), sendo seis plantas na parcela útil (7,2 m^2), perfazendo o total de 144 plantas avaliadas em 172,8 m^2. Foram consideradas bordaduras, duas plantas (uma em cada extremidade) de cada parcela e uma fileira de plantas adjacente a cada fileira de parcelas úteis. O experimento totalizou uma área de 691,2 m^2 ocupada com 576 plantas.

Os tratamentos constaram de seis níveis de adubação para nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), correspondentes a 10%, 40%, 70%, 100%, 130% e 160% da adubação padrão (100%), recomendada por Guimarães et al. (1999) para adubação no segundo ano pós-plantio, em função de análise do solo para lavoura de sequeiro.

Durante o primeiro ano de formação da lavoura após o plantio (antes do início dos tratamentos), a lavoura de café irrigada recebeu a adubação padrão recomendada por Guimarães et al. (1999) para lavoura não irrigada por meio de fertirrigação. A aplicação dos tratamentos foi realizada apenas no segundo ano após a implantação, objetivo do presente trabalho.

Os fertilizantes contendo nitrogênio e potássio foram aplicados via fertirrigação em doze parcelamentos iguais, conforme sugerido por Sobreira et al. (2011), enquanto que a adubação fosfatada foi distribuída nos sulcos de plantio (por ocasião da implantação), considerando as mesmas porcentagens (tratamentos) em relação à recomendação padrão de Guimarães et al. (1999).

Nitrogênio, fósforo e potássio foram fornecidos na forma de uréia (45% de N), superfosfato simples (18% de P_2O_5) e nitrato de potássio (12% de N + 43% de K_2O), respectivamente. Cálcio, magnésio e enxofre foram fornecidos pela aplicação de calcário e de superfosfato simples. Os micronutrientes foram aplicados em três pulverizações foliares, de acordo com Guimarães et al. (1999).

TABELA 1 - Caracterização química e física da área experimental em 27/10/2011.

Característica	0 a 20 cm
Ph	5,50
Fósforo remanescente - Prem (mg L^{-1})	27,20
Fósforo disponível - P (mg dm^3)	17,72
Potássio trocável - K^{2+} ($cmol_c$ dm^3)	0,30
Cálcio trocável - Ca^{2+} ($cmol_c$ dm^3)	2,60
Magnésio trocável - Mg^{2+} ($cmol_c$ dm^3)	0,78
Alumínio trocável - Al^{3+} ($cmol_c$ dm^3)	0,10
Hidrogênio + Alumínio - H+Al ($cmol_c$ dm^3)	4,23
Capacidade de troca catiônica - T ($cmol_c$ dm^3)	7,85
Mg (T%)	9,93
Ca (T%)	33,19
K (T%)	3,00
Índice de saturação por bases - V (%)	46,10
Índice de saturação por alumínio - m (%)	2,69
Matéria orgânica (dag kg^{-1})	3,14
Areia (%)	27,00
Silte (%)	20,00
Argila (%)	53,00

pH em água; P e K: extrator Mehlich 1; Ca, Mg e Al: extrator KCl 1mol L^{-1}; H + Al: extrator SMP; matéria orgânica: oxidação $Na_2Cr_2O_7$ 4N + H_2SO_4 10N.
Fonte: Laboratório de Análise de Solo e Material Vegetal da Fundação de Apoio à Tecnologia Cafeeira (Fundação PROCAFE).

No sistema de irrigação localizada foram utilizados gotejadores autocompensantes, com vazão nominal de 4 L $hora^{-1}$. As irrigações, quando necessárias (de acordo com o balanço hídrico), foram realizadas às terças e sextas-feiras, e o volume de água aplicado foi calculado por meio de dados climáticos obtidos na estação meteorológica instalada nas proximidades da área experimental. O método utilizado para os cálculos foi o de Penman-Monteith, adotado como padrão pela *Food and Agricultural Organization* (*FAO*), para o cálculo da evapotranspiração de referência (ETo) (VESCOVE; TURCO, 2005). A cada 15 dias, a pressão do sistema foi aferida por meio de manômetro, nos cavaletes de saída da água para cada tratamento, tendo-se mantido constante ao longo de todo o período de condução do experimento.

A área experimental contou com tratamento fitossanitário e manejo de plantas expontâneas, indicados para a cultura. As amostragens de folhas para análise química foram feitas em seis épocas: E1 (13/01/2012); E2 (12/03/2012); E3 (11/05/2012); E4 (13/07/2012); E5 (14/09/2012) e E6 (14/11/2012). A correspondência dessas épocas com os períodos do ano para efeito de faixas críticas foi: E1 = novembro/dezembro; E2 = janeiro/fevereiro; E3 = março/abril; E4 = maio/junho; E5 = julho/agosto e E6 = setembro/outubro.

As amostragens de folhas ocorreram sempre com, pelo menos, 30 dias após a última fertirrigação e/ou adubação foliar, coletando-se 32 folhas totalmente expandidas de cada parcela útil, do terceiro ou do quarto par, contados a partir do ápice dos ramos, no terço médio e dos dois lados da planta, no sentido perpendicular à fileira de plantas, adaptado de Guimarães et al. (1999). As análises foram realizadas no Laboratório da Fundação Procafé, em Varginha - MG, tendo sido determinados os teores foliares dos nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco). Avaliou-se a produtividade de café (L $planta^{-1}$) obtida em julho de 2013, colhendo-se o total de frutos em cada parcela útil e dividindo-o pelo número de plantas úteis da parcela.

Com efeito significativo dos níveis de nutrientes sobre a produtividade de café, obteve-se a equação de regressão para produtividade (L planta^{-1}), em função de diferentes níveis aplicados de N, P e K. Derivando-se a equação, encontrou-se o nível máximo de N, P e K que possibilitou obter a máxima produtividade. Em seguida, calculou-se 90% desse nível, que possibilita obter 90% da máxima produtividade ou do máximo crescimento (REUTER; ROBINSON, 1988). O valor obtido foi substituído na mesma equação de regressão, encontrando-se os termos "a", "b" e "c" que possibilitaram utilizar a fórmula resolutiva de Bhaskara, por meio da qual foram identificados o limite inferior e o limite superior dos níveis de adubação que possibilitam obter pelo menos 90% da máxima produtividade.

As faixas críticas dos teores foliares foram obtidas como recomendado por Fontes (2001), pela associação da equação de regressão da característica avaliada (produtividade) com as equações de regressão dos teores foliares dos nutrientes N, P, e K, em cada época de avaliação, utilizando os limites encontrados pela fórmula resolutiva de Bhaskara.

As análises estatísticas foram realizadas pelo programa computacional SISVAR, versão 5.3 (FERREIRA, 2000). Para análise estatística, adotou-se a subdivisão no tempo para as análises foliares, uma vez que se propôs determinar as faixas e/ou níveis críticos de teores foliares de N, P e K, por períodos sucessivos de dois meses durante o ano.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o efeito significativo dos diferentes níveis de adubação e coeficiente de variação de boa precisão (CV=21,12%) sobre a produtividade na segunda colheita, aos 40 meses de idade da lavoura (parcelas foram colhidas em julho de 2013), verificou-se que a produtividade do cafeeiro foi determinada em função do desenvolvimento da planta no ano anterior, envolvendo as diversas fases do florescimento e frutificação. Foram colhidos em média 0,26 L planta^{-1} no nível de adubação NPK 10%; 1,30 L planta^{-1} no nível de adubação NPK 40%; 1,56 L planta^{-1} no nível de adubação NPK 70%; 3,05L planta^{-1} no nível de adubação NPK 100%; 2,99L planta^{-1} no nível de adubação NPK 130% e 2,58 L planta^{-1} no nível de adubação NPK 160% (Figura 1).

As faixas críticas de teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio foram determinadas partindo-se da equação de regressão para produtividade de frutos de café (L planta^{-1}), em função da aplicação de diferentes níveis de adubação NPK. O nível de N, P e K para obtenção da máxima produtividade, correspondente a 136,23% da adubação padrão utilizada para lavoura de sequeiro em produção foi obtido a partir da derivação da equação de regressão (Figura 1). Substituindo esse valor na mesma equação, obteve-se a máxima produtividade de 2,85 L planta^{-1}. Calculou-se 90% desses valores encontrando-se 122,61% e 2,57L planta^{-1}, respectivamente. Substituindo Y por 2,57 na mesma equação de regressão foi possível calcular o valor do discriminante de equação delta ($\Delta = b^2 - 4ac$) = 0,0002 para a fórmula resolutiva de Bhaskara:

$$x = = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a},$$

onde seus termos apresentam os seguintes valores: "a" =-0,000169; "b" = 0,046047; "c" = -2,86005.

Por meio desta fórmula, chegou-se ao limite inferior e ao limite superior do nível de adubação que possibilitou obter, 90% da produtividade máxima: 94,38% e 178,07% de NPK, respectivamente. Esses limites foram substituídos nas equações de regressão de cada nutriente e em cada uma das seis épocas de análise foliar, e assim foram determinadas as faixas críticas de teores foliares expressas em g kg^{-1}.

Os resultados dos desdobramentos de níveis de N, P e K dentro de cada época de avaliação possibilitaram calcular as faixas críticas do nitrogênio para as épocas 1 (nov./dez.), 2 (jan./fev.), 3 (mar./abr.), 4 (mai./jun.), 5 (jul./ago.) e 6 (set./out.); para o fósforo nas épocas 3 (mar./abr.), 4 (mai./jun.), 5 (jul./ago.) e 6 (set./out.) e para o potássio nas épocas 3 (mar./abr.) e 4 (mai/jun). Nas demais épocas não se observaram efeitos significativos, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, dos níveis de adubação sobre os teores foliares dos nutrientes.

Aplicada a análise de regressão aos dados de teores foliares de N, P e K, para os níveis de adubação em cada uma dessas épocas, encontraram-se os resultados ilustrados nas Figuras 2, 3 e 4.

Observa-se pela Figura 2, que houve tendência linear crescente dos teores foliares de nitrogênio em função do aumento nos níveis de NPK nas épocas 1 (nov./dez.), 3 (mar./abr.), 4 (mai./jun.), 5 (jul./ago.) e 6 (set. /out.).

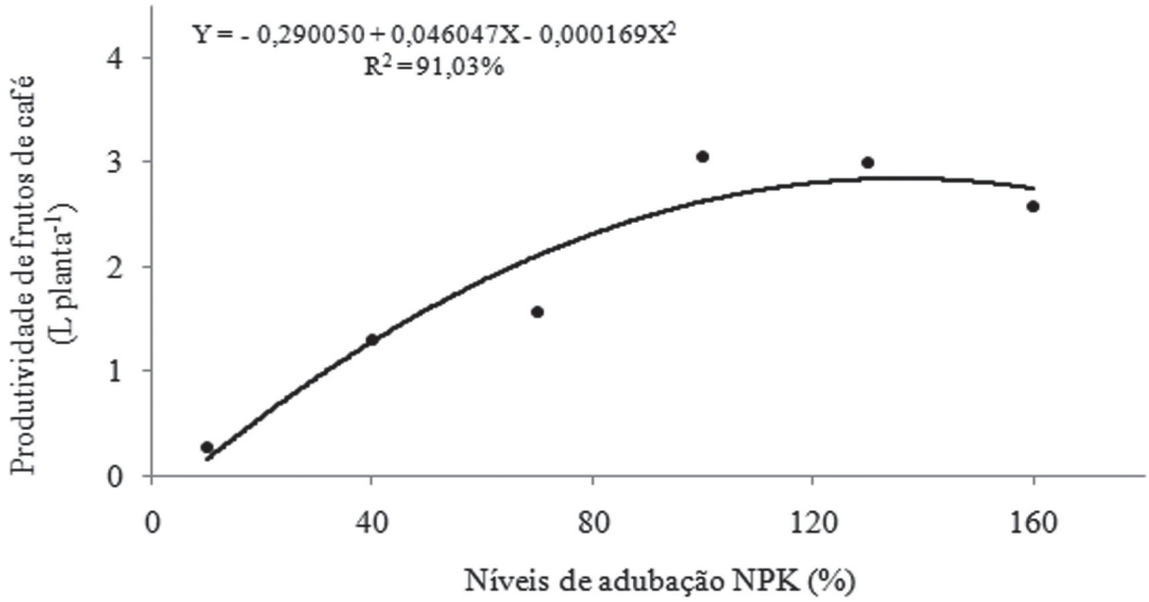


FIGURA 1 - Produtividade de frutos de café (L planta^{-1}) em função de níveis de adubação NPK (%), em lavoura de 2º ano pós-plantio fertirrigada.

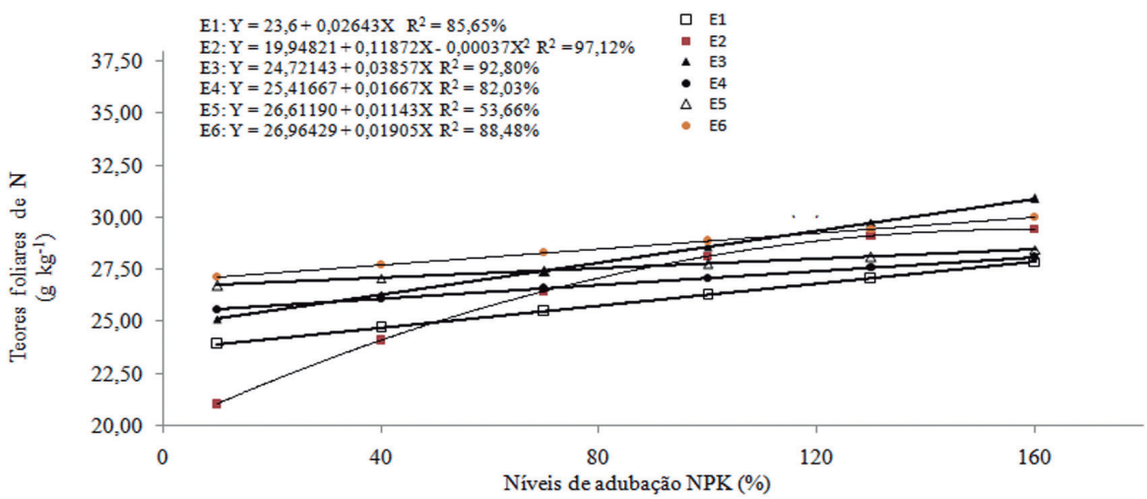


FIGURA 2 - Teores foliares de N (g kg^{-1}) em função de níveis de adubação NPK (%), em lavoura de 2º ano pós-plantio fertirrigada.

Houve tendência quadrática para a época 2 (jan./fev.)

As equações geradas pelas tendências observadas possibilitaram determinar as faixas críticas do nitrogênio para os respectivos períodos: 26,10 a 31,0g kg^{-1} para novembro/dezembro; 27,90 a 29,30 g kg^{-1} para janeiro/fevereiro, 28,40 a 31,60 g kg^{-1} para março/abril; 27,00 a 28,40 g kg^{-1} para maio/junho, 27,70 a 28,60 g kg^{-1} para julho/agosto e 28,80 a 30,40g kg^{-1} para setembro/outubro.

No caso do fósforo (Figura 3) houve tendência linear dos teores foliares em função do aumento nos níveis aplicados de NPK nas épocas 3, 4, 5 e 6, e as faixas críticas determinadas foram as seguintes: 1,60 a 1,70 g kg^{-1} para março/abril, 1,40 a 1,60g kg^{-1} para maio/junho; 1,6 a 1,9 g kg^{-1} para julho/agosto e 2,0 a 2,3 g kg^{-1} para setembro/outubro.

Na Figura 4, observa-se que houve tendência linear para os teores foliares de potássio em função dos níveis de adubação NPK, nas épocas 3 e 4 . Determinaram-se então as faixas críticas para esses períodos, de 19,10 a 20,50 g kg^{-1} para março/abril e 16,90 a 18,80 g kg^{-1} para maio/junho.

As diferenças encontradas neste trabalho em relação aos níveis críticos encontrados por Bataglia et al. (2004) e às faixas críticas propostas por Martinez et al. (2003) estão, possivelmente, relacionadas à maior demanda dos nutrientes pelas plantas irrigadas e ao fato de que este estudo tratou de lavouras novas, em fase de formação (segundo ano pós-plantio). Ressalta-se ainda, segundo Martinez et al. (2003), que pode haver diferenças de resultados em diferentes ambientes, o que levou os autores a realizarem seu trabalho em quatro regiões de Minas Gerais.

Para os casos em que os efeitos dos níveis de adubação não foram significativos, optou-se por calcular as médias dos teores foliares de N, P e K encontrados nos resultados de análise foliar entre o tratamento padrão (nível de adubação NPK = 100%) e o tratamento imediatamente superior (nível de adubação NPK = 130%), já que a máxima produtividade encontrada no nível de adubação de 122,61% de NPK em relação à adubação padrão para sequeiro está entre estes dois tratamentos. A partir daí, sugere-se as seguintes faixas críticas: 1,6 a 1,7 g kg^{-1} de P na época 1; 1,9 g kg^{-1} de P na época 2 (nível crítico); 18,9 a 19,2 g kg^{-1} de K na época 1; 23,8 a 24,6g kg^{-1} de K na época 2; 24,7 a 27,7 g kg^{-1} de K na época 5; 23,9 a 25,4 g kg^{-1} de K na época 6:

Determinaram-se, pois, as faixas e os níveis críticos de N, P e K nas seis épocas estudadas, conforme segue: Nitrogênio (g kg^{-1}): 26,1 a 31,0 em novembro/dezembro; 27,9 a 29,3 em janeiro/fevereiro; 28,4 a 31,6 em março/abril; 27 a 28,4 em maio/junho; 27,7 a 28,6 em julho/agosto e 28,8 a 30,4 em setembro/outubro; Fósforo (g kg^{-1}): 1,6 a 1,7 em novembro/dezembro; 1,9 em janeiro/fevereiro; 1,6 a 1,7 em março/abril; 1,4 a 1,6 em maio/junho; 1,6 a 1,9 em julho/agosto e 2,0 a 2,3 em setembro/outubro; Potássio (g kg^{-1}): 18,90 a 19,2 em novembro/dezembro; 23,80 a 24,60 em janeiro/fevereiro; 19,1 a 20,5em março/abril; 16,9 a 18,8 em maio/junho; 24,7 a 27,7 em julho/agosto e 23,9 a 25,4 em setembro/outubro.

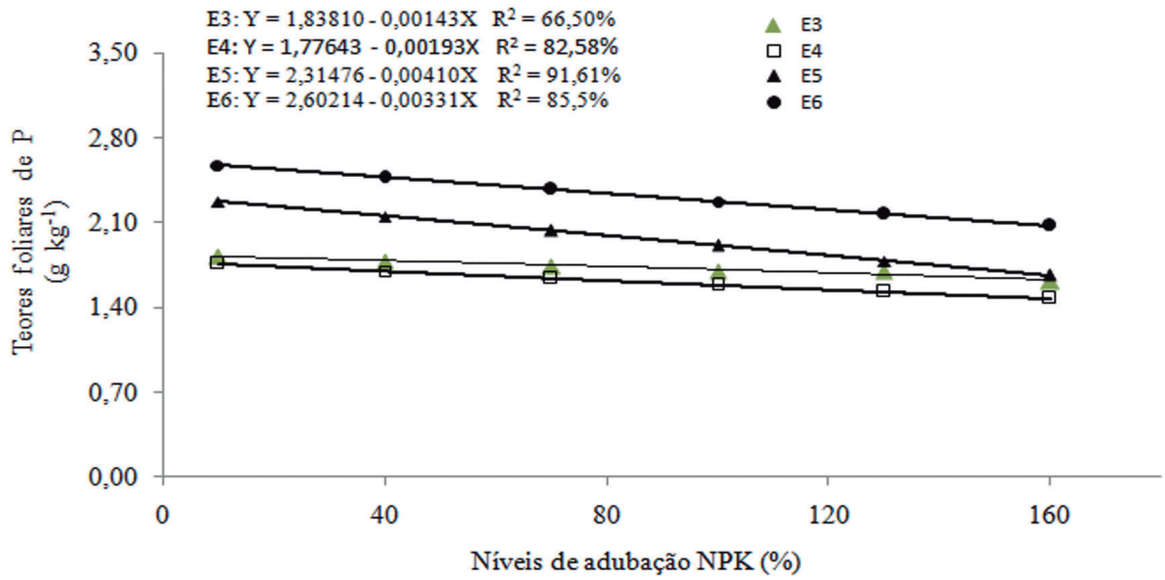


FIGURA 3 - Teores foliares de P (g kg^{-1}) em função de níveis de adubação NPK (%), em lavoura de 2º ano pós-plantio fertirrigada.

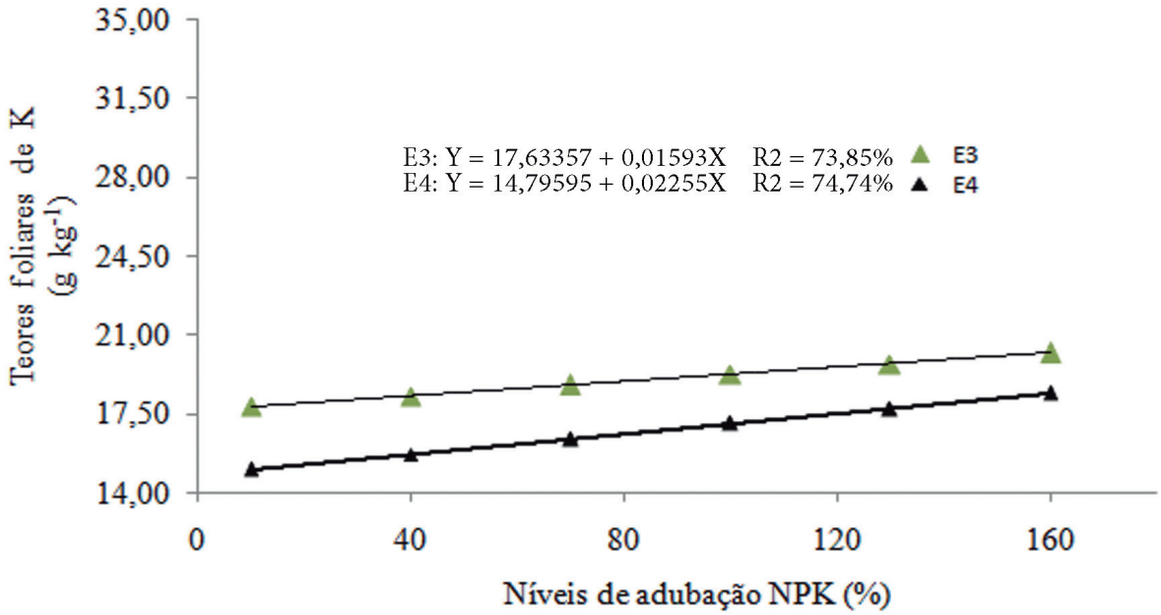


FIGURA 4 - Teores foliares de K (g kg^{-1}) em função de níveis de adubação NPK (%), em lavoura de 2º ano pós-plantio fertirrigada.

4 CONCLUSÕES

Estabeleceram-se faixas e níveis críticos de teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio para lavouras de café irrigadas em formação (segundo ano de adubação após o ano de plantio).

Para fertirrigação no segundo ano de adubação após o ano de plantio, o melhor nível de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio é 122,61% da adubação padrão utilizada para lavouras de sequeiro.

5 AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA); À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes); Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CBP&D/Café); Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

6 REFERÊNCIAS

ARANTES, K. R.; FARIA, M. A. de; REZENDE, F. C. Recuperação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) após recepa, submetido a diferentes lâminas de água e parcelamentos da adubação. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 313-319, mar./abr. 2009.

BATAGLIA, O. C. et al. Diagnose nutricional do cafeeiro pelo DRIS variando-se a constante de sensibilidade dos nutrientes de acordo com a intensidade e frequência de resposta na produção. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 253-263, 2004.

CARVALHO, C. H. M. et al. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 243-250, mar./abr. 2006.

CLEMENTE, F. M. V. T. et al. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes no cafeeiro em pós-plantio: primeiro ano. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 47-57, 2008.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

ERNANI, P. R. et al. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 31, p. 393-402, 2007.

FERREIRA, D. R. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 5.3. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 122 p.

GOMES, N. M.; LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P. Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no sul do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, p. 564-570, 2007.

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

MARTINEZ, H. E. P. et al. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 703-713, jun. 2003.

NEVES, L. S.; ERNANI, P. R.; SIMONETE, M. A. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 33, p. 25-32, 2009.

PINTO, C. G. et al. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes primários para cafeeiros fertirrigados no primeiro ano pós-plantio. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 4, p. 530-538, out./dez. 2013.

REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B. **Plant analysis:** an interpretation manual. 2nd ed. Melbourne: Inkata, 1988. 218 p.

REZENDE, F. C. et al. Cafeeiro recepado e irrigado em diferentes épocas: produtividade e qualidade. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 3, p. 229-236, 2010.

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, p. 387-394, 2008.

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.

SUMMER, M. E. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 71, n. 2, p. 343-348, 1979.

VESCOVE, H. V.; TURCO, J. E. P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara, SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 713-721, set./dez. 2005.

INFLUÊNCIA DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CAFÉ ORGÂNICO ARBORIZADO SOBRE A DIVERSIDADE DA FAUNA INVERTEBRADA EPIGÉICA

Nathalia de França Guimarães[1], Anderson de Souza Gallo[2], Maicon Douglas Bispo de Souza[3], Patricia Rochefeler Agostinho[4], Michele da Silva Gomes[5], Rogério Ferreira da Silva[6]

(Recebido: 19 de julho de 2014; aceito: 07 de novembro de 2014)

RESUMO: Objetivou-se, no trabalho, avaliar a influência de sistemas de produção de café orgânico arborizado sobre a diversidade da fauna invertebrada epigéica. O estudo foi conduzido num Argissolo Vermelho, de textura arenosa. O delineamento adotado foi o de blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com cinco repetições. As parcelas principais foram os sistemas de manejo: café orgânico (CO), café orgânico consorciado com quatro espécies vegetais (CO4), café orgânico consorciado com nove espécies vegetais (CO9), café orgânico consorciado com cinco espécies vegetais (CO5), café orgânico consorciado com banana (CB) e em área de vegetação nativa (VN). As subparcelas foram as épocas de avaliação (outubro/2012 e julho/2013). Em cada sistema foram instaladas cinco armadilhas de queda "*pitfall*" para captura da fauna invertebrada epigéica. Além disso, foi avaliada a quantidade de serapilheira (t ha^{-1}), próxima às armadilhas. Em todos os sistemas, houve grande dominância de Collembola. A densidade e a riqueza de macroinvertebrados epígeos foram influenciadas pelos sistemas de manejo do solo e pelas épocas de amostragem.

Termos de indexação: Bioindicadores, *Coffea arabica*, macroinvertebrados.

INFLUENCE OF THE PRODUCTION SYSTEMS OF FORESTED ORGANIC COFFEE ON THE DIVERSITY OF THE IN EPIGEIC INVERTEBRATE FAUNA

ABSTRACT: *The work had as objective to evaluate the influence of systems of production of woody organic coffee on the diversity of the epigeic invertebrate fauna. The study it was lead in a sandy texture Ultisol. The adopted design was the randomized blocks, in subdivided parcels, with five repetitions. The main parcels had been the handling systems: organic coffee (CO), joined organic coffee with four vegetal species (CO4), joined organic coffee with nine vegetal species (CO9), joined organic coffee with five vegetal species (CO5), joined organic coffee with Musa spp. (CB) and in area of native vegetation (VN). Subparcels had been the times of evaluation (october/2012 and july/2013). In each system they had been installed five trap of fall "pitfall" for capture of the epigeic invertebrate fauna. Moreover, the amount of burlap (t* ha^{-1}*), next was evaluated to the traps. In all the systems had great dominance of Collembola. The density and the wealth of epigean macroinvertebrates had been influenced by the systems of handling of the ground and by the times of sampling.*

Index terms: B*ioindicators, Coffea arabica, macroinvertebrates.*

1 INTRODUÇÃO

A maioria dos cultivos tradicionais de café no Brasil adota o modelo de monocultivo a pleno sol, como forma de aumentar os rendimentos da cultura, utilizando também espaçamentos cada vez mais adensados, com maiores populações de cafeeiros (COELHO et al., 2004). Porém, nos últimos anos, a introdução de espécies arbóreas no interior dos cafezais vêm ganhando importância crescente tanto no âmbito nacional como no global. A arborização nas lavouras de café é uma técnica utilizada, visando à proteção contra intempéries climáticas e a promoção da sustentabilidade na cafeicultura. O sistema produtivo de café orgânico vem surgindo como uma alternativa para incrementar a rentabilidade econômica, conservação ambiental e saúde humana, levando a elementos estratégicos para alcançar a sustentabilidade dos agroecossistemas e a qualidade do solo (GIOMO; PEREIRA; BLISKA, 2007).

A utilização de espécies arbóreas consorciadas ao café proporcionam redução na entrada de luz, aumentam a quantidade de matéria orgânica, nutrientes, umidade, conservando o solo, facilitam a penetração de água e hospedam grande diversidade de organismos (SOUZA et al., 2005). O aporte de resíduos orgânicos em sistemas de cultivo é um fator que pode influenciar os organismos epígeos atuantes na decomposição do material original, principalmente pelo fornecimento de alimento e pelas modificações na temperatura e cobertura do solo (BARETTA et al., 2003), o que favorece a diversidade de organismos pertencentes à comunidade da fauna invertebrada epigéica.

[1,2,3]Universidade Federal de São Carlos/UFSCar - Centro de Ciências Agrárias/CCA - Programa de Pós Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural - Cx. P. 153- 13.560-970 - Araras - SP - n.fguimaraes@hotmail.com, andersondsgallo@yahoo.com.br, maicon15_douglas@hotmail.com
[4,5,6]Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul/UEMS - Unidade de Glória de Dourados Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia 79730-000 - Rua Projetada A, s/n, Glória de Dourados - MS - patyrochefeler@hotmail.com, michelle_gomes12@hotmail.com, rogerio@uems.br

Os invertebrados epígeos são de fundamental importância na manutenção da qualidade do solo, pelas suas atividades biodinâmicas, e ocupam níveis tróficos da cadeia alimentar, participando diretamente no equilíbrio do ecossistema (LAVELLE; SPAIN, 2001). Portanto, a fauna edáfica é utilizada, dentre os diversos integrantes da biologia do solo, como importante indicador biológico de qualidade do solo, podendo ser útil na indicação de agroecossistemas degradados, uma vez que a diversidade da fauna edáfica tende a ser baixa em sistemas com muita perturbação humana (WINK et al., 2005). Aquino, Correia e Alves (2008) salientam que a utilização da fauna epigéica como indicadora de qualidade do solo, possibilita avaliação rápida, fácil e econômica, o que a torna uma poderosa ferramenta na avaliação e monitoramento da qualidade do solo. Sendo assim, ela pode contribuir para a avaliação do grau de sustentabilidade de uma prática, seja de recuperação de área degradada ou até mesmo de um sistema natural interferido (HOFFMAN; NASCIMENTO; DINIZ, 2009).

As pesquisas avaliando a relação das atividades biodinâmicas das comunidades da fauna invertebrada epigéica, com a manutenção da qualidade do solo e o equilíbrio dos agroecossistemas na cultura do cafeeiro são bastante incipientes. Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar a influência de sistemas de produção de café orgânico arborizado sobre a diversidade da fauna invertebrada epigéica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado entre os meses de outubro de 2012 e julho de 2013, numa propriedade particular, explorada comercialmente, no município de Glória de Dourados, MS (22º25'03" S e 54º13'57" W), num solo classificado como Argissolo Vermelho, de textura arenosa. O clima da região é classificado como Aw (Köppen), com estação quente e chuvosa no verão e moderadamente seca no inverno. Na Figura 1, é apresentada a precipitação pluviométrica mensal ocorrida durante o período de avaliação.

Cinco áreas de produção de café foram selecionadas e delimitadas, com 65,0 m de largura e 30,0 m de comprimento (1.950 m^2), sendo submetidas a diferentes tipos de manejo: a) café orgânico sem consórcio (CO): adubado com composto à base de palha de arroz, cascas e massa de mandioca, cama de frango, palha de café, casca de madeira, capim Napier triturado e resíduos de bananeiras. A cultivar é a Tupi (IAC 1669), implantada em 2005, com espaçamento de 2,20 x 0,50 m; b) café orgânico consorciado com quatro espécies vegetais (CO4): mesma cultivar, espaçamento e manejo do sistema CO, consorciado com as espécies *Ricinus communis* L.; *Musa* spp., *Gliricidia sepium* Kunth ex. Stend e *Leucaena leucocephala* (Lam.) de wit, as quais foram plantadas há 10 anos, no espaçamento de 8,8 x 6 m (189 plantas/ha); c) café orgânico consorciado com nove espécies vegetais (CO9): mesma variedade, espaçamento e manejo do sistema CO, consorciado com as espécies *Ricinus communis* L., *Leucaena leucocephala*, *Carica papaya L.*, *Inga* spp., *Gliricidia sepium*, *Eugenia uniflora* L., *Jatropha curcas* L.; *Caesalpinea peltophoroides* Benth. e *Azadirachta indica* A. Juss. As espécies arbóreas foram plantadas há 10 anos, no espaçamento de 8,8 x 4 m (284 plantas/ha); d) café orgânico consorciado com cinco espécies vegetais (CO5): mesma variedade, espaçamento e manejo do sistema CO, consorciado com *Inga* spp*, Leucaena leucocephala, Gliricidea sepium, Jaracatia spinosa* (Aubl.) A.DC. e *Psidium guajava* L., as quais foram plantadas há 10 anos, no espaçamento de 8,8 x 5 m (227 plantas/ha); e) café orgânico consorciado com banana *M.* spp. (CB): a mesma cultivar, espaçamento e manejo do sistema CO, consorciado com M*usa* spp**.** (cultivar Caipira), plantada há 10 anos, sendo uma linha de bananeiras a cada quatro linhas de café (208 plantas/ha). Uma área com fragmento de vegetação nativa (VN) foi incluída no estudo como referencial da condição original do solo da região.

As avaliações foram realizadas em duas épocas distintas: outubro/2012 e julho/2013. Para avaliação da fauna invertebrada epigéica, foram instaladas no centro de cada área cinco armadilhas de queda ("*pitfall*"), ao longo de um transecto, equidistantes de 5 m, totalizando 30 armadilhas. As armadilhas constituíam-se de recipientes plásticos de nove centímetros de diâmetro e onze centímetros de altura. Estes foram enterrados de maneira que sua borda ficasse ao nível do solo. O espaço existente entre o solo e os frascos foi preenchido com o solo removido. Cada armadilha continha 200 mL de solução conservante de formol a 4% e cinco gotas de detergente para quebra da tensão superficial da solução, visando evitar a fuga dos organismos que adentrassem as armadilhas. Após sete dias, os macroinvertebrados foram extraídos manualmente e armazenados em uma solução conservante de álcool a 70%. No laboratório, com auxílio de lupa binocular, procederam-se à contagem e à identificação dos organismos em nível de grandes grupos taxonômicos.

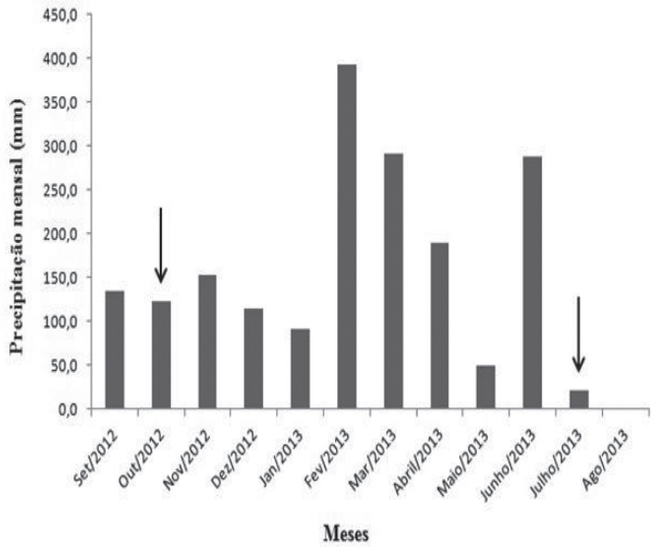


FIGURA 1 - Dados de precipitação pluviométrica (mm) ocorrida durante os meses de avaliação. Fonte: AGRAER, Escritório de Glória de Dourados, MS, 2012/2013. As setas indicam os meses de coleta.

A caracterização da fauna epígea foi realizada com base na composição taxonômica (%), densidade (nº de indivíduos/armadilha/dia), riqueza (nº de grupos) e índice diversidade de Shannon (MAGURRAN, 1988). O índice de diversidade de Shannon foi obtido pela relação: H'= - Σ(pi 1npi), onde: pi = ni/N; ni = densidade de cada grupo e N = nº total de grupos. Os grupos pertencentes à fauna invertebrada epigéica, capturados com maior freqüência, foram separados de maneira individual, já os grupos de organismos que apresentaram menor ocorrência nos sistemas, foram agrupados e designados como "outros" (Diplopoda, Lepidoptera, larva de Lepidoptera, larva de Diptera, larva de Formicidae, Hemiptera, Psocoptera, Thysanoptera, Isopoda, Symphyla, Dermaptera, Homoptera, Diplura, Chilopoda, Blattodea, Oligochaeta, Amphipoda, Isoptera e Embrioptera). Além disso, foi avaliada a quantidade de serapilheira (t ha^{-1}), próxima às armadilhas, com auxílio de uma moldura de madeira de 0,25 m x 0,25 m. O material coletado foi acondicionado em sacos de papel, medindo 0,30 m x 0,20 m, devidamente identificados, onde passou por processo de secagem numa estufa de circulação de ar forçado, a 65ºC, e, quando atingiu massa constante, foi pesado.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições. As parcelas principais foram os sistemas de manejo e as subparcelas foram as épocas de avaliação. Os resultados de densidade de invertebrados epígeos, riqueza de grupos e estoque de serapilheira foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas pelo software Assistat (7.6 beta versão 2012) (SILVA, F., 2012). Além disso, os dados obtidos foram submetidos à análise multivariada de agrupamento (*cluster analysis*), adotando-se o método do vizinho mais distante (*complete linkage*), para descrever a similaridade entre os sistemas. O agrupamento dos dados foi realizado pelo método de Joining, através das distâncias Euclidianas (STATISTICA..., 1997).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes ao estoque de serapilheira encontram-se na Figura 2. De acordo com a análise de variância, não houve diferença significativa entre os sistemas avaliados. Porém, houve efeito significativo para estoque de serapilheira em relação às épocas de avaliação. O estoque verificado no mês de julho/2013 foi superior em relação ao mês de outubro/2012 (Figura 2). Este fato pode estar associado à menor precipitação ocorrida na segunda época de avaliação (Figura 1). De acordo com Bray e Gorham (1964), os períodos de maior produção de serapilheira são frequentemente relacionados à diminuição do fotoperíodo e/ou a períodos de deficiência hídrica.

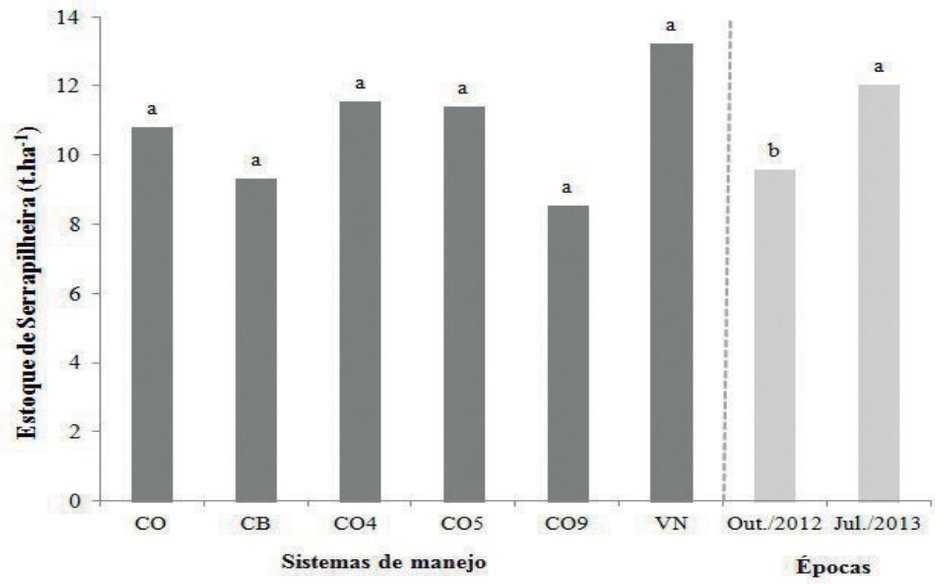


FIGURA 2 - Estoque de serapilheira sob diferentes sistemas de manejo: café orgânico (CO), café orgânico consorciado com quatro espécies vegetais (CO4), café orgânico consorciado com nove espécies vegetais (CO9), café orgânico consorciado com 5 espécies vegetais (CO5), café orgânico consorciado com banana (CB) e vegetação nativa (VN). Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Além disso, a menor disponibilidade hídrica proporciona diminuição da população dos artrópodes, assim como na mudança de comportamento dos decompositores (responsáveis diretos pela fragmentação da serapilheira), que se movimentam em áreas profundas do solo (SANCHES et al., 2009), promovendo a redução da decomposição, e, consequentemente, o acúmulo da serapilheira.

Silva, C. J. et al. (2009), avaliando a contribuição de folhas na formação da serrapilheira em floresta de transição no norte de Mato Grosso, verificaram que a maior produção ocorreu no período de seca. Maman et al. (2007) afirmam que, quanto menor a umidade relativa, mais lenta é a decomposição. Já Silva, C. F. et al. (2009) mencionaram a importância da serapilheira em períodos mais secos, uma vez que a maior parte dos organismos da fauna do solo encontram-se associados a este compartimento. A colonização de organismos invertebrados no solo é favorecida em sistemas de produção com a presença de cobertura vegetal, com benefício na sustentabilidade ecológica destes manejos (GATIBONI et al., 2009; SILVA, J. et al., 2007).

No que diz respeito à composição taxonômica, verificou-se que, em todos os sistemas de manejo avaliados, houve uma forte dominância de Collembola, seguido de Formicidae e Diptera (Tabela 1). O grupo Collembola tem sido destaque em estudos relacionados à fauna edáfica. Portilho et al. (2011), avaliando os efeitos de resíduos da cultura da cana-de-açúcar sobre a fauna invertebrada epigéica, verificaram que o grupo de maior expressão nos sistemas avaliados foi Formicidae, com 1.612 indivíduos, seguido por Collembola, com 331 indivíduos. Os colêmbolos são pequenos artrópodes, ápteros, encontrados em todo o mundo (BELLINGER; CHRISTIANSEN; JANSSENS, 2013), que podem ser tanto saprófagos, quanto predadores em termos de suas funções nos ecossistemas (MOÇO et al., 2005). Alimentam-se principalmente de fungos, podendo também consumir bactérias, detritos vegetais e animais (CASSAGNE; GERS; GAUQUELIN, 2003). Segundo Silva, J. et al. (2007), o grupo requer umidade no solo entre 40 e 70%, portanto, a umidade tem grande influência na distribuição destes organismos; que são indivíduos extremamente sensíveis, o que permite que manifestem rapidamente as consequências às variações ambientais em suas populações (COLEMAN; HENDRIX, 2000), tornando-os bons indicadores de perturbações ambientais (HUTHA; OJALA, 2006). Portanto, a dominância desse grupo nos sistemas estudados, pode estar relacionada com a formação de um hábitat com umidade e temperatura favoráveis, além de fornecer alimentação e proteção, no que se refere às intempéries climáticas.

TABELA 1 - Composição taxonômica (%) e Índice de Shannon da comunidade de macroinvertebrados epígeos, médias de duas épocas, sob cultivo de café orgânico solteiro (CO) e consorciado com banana (CB), consorciado com quatro espécies vegetais (CO4), consorciado com cinco espécies vegetais (CO5) e consorciado com nove espécies vegetais (CO9); e uma área com fragmento de vegetação nativa (VN). Glória de Dourados, MS.

Grupos	CO	CB	CO4	CO5	CO9	VN
	---------- % ----------					
Colembolla	58,5	53,0	40,3	41,1	52,3	41,9
Formicidae	15,3	24,5	25,8	20,3	21,8	15,2
Diptera	7,7	7,6	7,9	13,7	7,4	16,4
Coleoptera	5,1	4,8	7,0	7,7	4,0	4,0
Acarina	2,5	3,3	3,3	1,8	3,2	0,8
Araneae	1,6	1,6	1,9	2,3	2,2	4,1
Hymenoptera[1]	0,5	0,6	2,3	1,5	1,2	0,4
Larva de coleóptera	0,7	0,1	0,6	2,0	3,5	0,3
Opiliones	3,1	0,8	0,6	2,6	1,0	13,0
Outros	5,0	3,7	10,3	7,0	3,4	3,9
Índice de Shannon	0,66	0,62	0,77	0,81	0,72	0,55

[1]Excluindo-se Formicidae.

Verificou-se que houve efeito significativo ($p<0,05$) da interação entre os sistemas avaliados e as épocas de amostragens para os valores de densidade e riqueza da fauna invertebrada epigéica (Tabela 2). No que se refere à densidade de organismos, nas duas épocas de avaliação, o sistema com vegetação nativa (VN) apresentou resultados inferiores em comparação aos demais sistemas avaliados. Estes resultados divergem dos observados por Silva et al. (2008), que ao avaliarem a macrofauna invertebrada do solo em diferentes sistemas de manejo em quatro épocas distintas, verificaram densidade de organismos superior na vegetação nativa, em todas as épocas de amostragem. A baixa densidade observada na VN pode estar atribuída à perturbação sofrida pela vegetação por conta de uma queimada. A queima proporciona uma diminuição nos organismos edáficos, na atividade e na diversidade de grupos funcionais (DUARTE, 2004).

Houve redução na densidade de organismos da fauna epígea, na segunda época de avaliação (Julho/2013), nos sistemas CO, CO4, CO9 e na vegetação nativa. Esta redução pode estar associada à menor precipitação ocorrida no mês de julho de 2013, em comparação ao mês de outubro 2012 (Figura 1). Este resultado corrobora com os obtidos por Gomes et al. (2006), que avaliando a mesofauna em fragmentos de florestas e Araujo et al. (2009), avaliando a influência da precipitação pluvial sobre a fauna do solo, verificaram que a época de maior precipitação pluvial favorece a fauna no solo, tendo em vista que a umidade exerce grande influência na distribuição dos organismos. Rovedder et al. (2004) também observaram que a redução da precipitação pluvial provocou a diminuição do número de organismos do solo.

Na comparação dentro da primeira época de avaliação (outubro/2012), houve diferença significativa entre os sistemas avaliados (Figura 2). Os sistemas CO9 e CO foram superiores, quando comparados à VN e aos demais sistemas (CO4, CO5 e CB), que não diferiram estatisticamente entre si. Já na avaliação dentro da segunda época, o sistema CO5 apresentou densidade superior em comparação com a VN, não diferindo estatisticamente dos demais sistemas avaliados. Portilho et al. (2008), ao avaliarem a macrofauna edáfica sob diferentes sistemas de manejo de produção de café, verificaram maior densidade de organismos em sistemas com café orgânico consorciado com diferentes espécies arbóreas, quando comparado com café orgânico convencional.

Quanto à riqueza, verificou-se que houve uma redução nos grupos de organismos da fauna epígea na segunda época de avaliação (Julho/2013) nos sistemas CO e CO4. Silva, R. et al. (2007), ao avaliarem a macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob diferentes coberturas de solo, em quatro épocas diferentes, também verificaram efeito significativo da interação entre os sistemas avaliados e as épocas de amostragem.

Assim como ocorreu na densidade de organismos, a redução da riqueza de grupos da fauna pode estar atribuída ao maior índice pluviométrico verificado no mês de outubro de 2012, em comparação com o mês de julho 2013 (Figura 1). Oscilações de temperatura e umidade e características das estações do ano são fatores que influenciam a comunidade faunística (FERNANDES et al., 2011; SOARES; COSTA, 2001). Alguns autores ressaltam a sensibilidade de grupos taxonômicos da fauna epígea a períodos secos (FERNANDES et al., 2011).

Ao comparar os sistemas de manejo do solo na primeira época de avaliação, verifica-se que houve diferença significativa entre os sistemas avaliados. O sistema CO4 apresentou maior riqueza de grupos, em relação ao CB e a VN, não diferindo estatisticamente dos demais sistemas avaliados (CO, CO5 e CO9). Sistemas mais conservacionistas, como os sistemas agroflorestais, em virtude da sua semelhança com sistemas naturais (BARROS et al., 2008), podem proporcionar condições favoráveis à fauna invertebrada epigéica. O alto conteúdo de matéria orgânica contribui favoravelmente em relação à densidade e riqueza de grupos (AQUINO; CORREIA; ALVES, 2008).

Não houve diferença significativa entre os sistemas avaliados na segunda época de amostragem. Silva, J. et al. (2012), ao avaliarem a fauna edáfica em sistemas de uso do solo, em cafezais da Zona da Mata mineira em dois períodos do ano, verificaram que não houve diferença significativa entre os sistemas avaliados na época seca, já no período chuvoso, os sistemas conservacionistas foram superiores em relação ao sistema convencional.

Em relação à diversidade de organismos (Tabela 1), os menores valores foram observados nos sistemas VN e CB, com os valores de índice de Shannon ("*H*") de 0,55 e 0,62, respectivamente, o que indica distribuição desuniforme dos indivíduos nesses sistemas. O declínio dos valores de "*H*" é o resultado de uma maior dominância de alguns grupos, em detrimento de outros (BEGON; HARPER; ETOWNSEND, 1996). Os maiores valores de "*H*" foram obtidos nos sistemas CO5 (0,81) e CO9 (0,72). Segundo Correia e Andrade (1999), o incremento da diversidade e quantidade de cobertura vegetal favorece a heterogeneidade da serapilheira, que proporcionará maior diversidade das comunidades da fauna. No presente trabalho, os valores de *H* foram muito inferiores aos encontrados por Moço (2006), que, ao avaliar a fauna do solo em diferentes agroecossistemas de cacau no sul da Bahia, obteve um *H* sob cacau antigo com sombreamento definitivo de *Erythrina indica* Lam. igual a 3,19.

Com base na análise de agrupamento, técnica cujo objetivo é agrupar sistemas de manejo com base em características comuns, observou-se a formação de dois grandes grupos distintos, com relação à comunidade de invertrebados epígeos (Figura 3). Esses dois grupos não apresentaram nenhuma similaridade entre si, uma vez que a sua distância de ligação foi de 100%. O grupo 1 engloba os sistemas CO4, CO5 e CO9 que apresentaram dissimilaridade de 68%. Possivelmente, o agrupamento ocorreu em virtude do efeito da cobertura vegetal, no sentido de aumento da disponibilidade de energia e nutrientes, associada à existência de novos habitats favoráveis à colonização da fauna invertebrada do solo (MERLIM et al., 2005). Dentro deste grupo, observou-se similaridade de 70% entre os sistemas CO5 e CO9, resultado que evidencia que, sistemas de manejo que adotam práticas conservacionistas, favorecem a manutenção da fauna invertebrada epigéica em áreas agrícolas. No segundo grupo (G2), observou-se a semelhança de 50 % entre os grupos CO, CB e VN. Provavelmente, este agrupamento tenha ocorrido em virtude da redução na riqueza de macroinvertebrados da fauna epígea nestes sistemas.

TABELA 2 - Densidade e riqueza de grupos da comunidade de macroinvertebrados epígeos sob cultivo de café orgânico solteiro (CO) e consorciado com banana (CB), consorciado com quatro espécies vegetais (CO4), consorciado com cinco espécies vegetais (CO5) e consorciado com nove espécies vegetais (CO9) e área com fragmento de vegetação nativa (VN) em duas épocas de avaliação. Glória de Dourados, MS.

Sistema de manejo	Época de avaliação	
	Outubro/2012	Julho/2013
---------- Densidade (ind.arm.$^{-1}$) ----------		
CO	673,2 ab A	405,4 ab B
CB	432,8 bc A	395,4 ab A
CO4	562,6 bc A	297,6 ab B
CO5	468,6 bc A	439,8 a A
CO9	855,4 a A	422,2 ab B
VN	355,6 c A	175,0 b B
---------- Riqueza (nº de grupos) ----------		
CO	14 ab A	12 a B
CB	11 b A	14 a A
CO4	17 a A	14 a B
CO5	15 ab A	14 a A
CO9	15 ab A	14 a A
VN	12 b A	11 a A

Médias com letras diferentes, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, contrastam pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

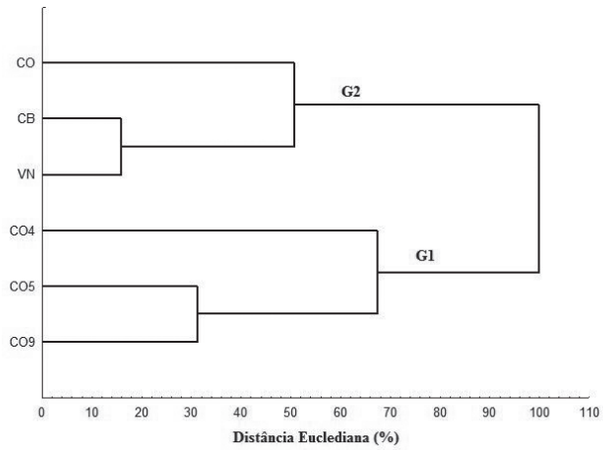


FIGURA 3 - Dendograma de similaridade das variáveis ecológicas da comunidade de macroinvertebrados epígeos, com base na distância euclidiana entre os sistemas de manejo: café orgânico (CO), café orgânico consorciado com banana (CB), café orgânico consorciado com quatro espécies vegetais (CO4), café orgânico consorciado com 5 espécies vegetais (CO5), café orgânico consorciado com nove espécies vegetais (CO9) e área com fragmentação de vegetação nativa (VN).

4 CONCLUSÕES

1. Todos os sistemas avaliados favoreceram as populações de Collembola, Formicidae e Diptera;

2. Períodos de maior precipitação favorecem a recomposição da fauna invertebrada epigéica.

3. A diversidade de plantas, em sistemas agroecológicos, estimula a comunidade da fauna invertebrada epigéica.

4. A fauna invertebrada epigéica **é** uma eficiente ferramenta para a indicação de qualidade do solo.

5 REFERÊNCIAS

AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F.; ALVES, M. V. Diversidade da macrofauna edáfica no Brasil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, 2008. p. 143-170.

ARAUJO, K. D. et al. Influência da precipitação pluvial sobre a mesofauna invertebrada do solo em área de caatinga no semi-árido da Paraíba. **Geoambiente on-line: Revista Eletrônica do Curso de Geografia**, Jataí, v. 7, n. 12, p. 1-12, jun. 2009.

BARETTA, D. et al. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 1, n. 2, p. 97-106, maio 2003.

BARROS, E. et al. Comunidade da macrofauna do solo na Amazônia brasileira. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: UFLA, 2008. p. 171-191.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; ETOWNSEND, C. R. **Ecology:** individuals, populations and communities. 3rd ed. New Jersey: Blackwell, 1996. 432 p.

BELLINGER, P. F.; CHRISTIANSEN, K. A.; JANSSENS, F. **Checklist of the Collembola of the world**. Disponível em: <http://www.collembola.org>. Acesso em: 18 jul. 2013.

BRAY, J. R.; GORHAM, E. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecology Research**, Amsterdam, v. 2, n. 1, p. 101-157, 1964.

CASSAGNE, N.; GERS, C.; GAUQUELIN, T. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 37, p. 355-361, 2003.

COELHO, R. A. et al. Influência do sombreamento sobre a população de plantas espontâneas em área cultivada com cafeeiro (*Coffea canephora*) sob manejo orgânico. **Agronomia**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 2, p. 23-28, 2004.

COLEMAN, D. C.; HENDRIX, P. F. Invertebrates as webmasters in ecosystems. **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, v. 34, n. 3, p. 157-165, 2000.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação da serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo:** ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Gênesis, 1999. p. 137-158.

DUARTE, M. M. Abundância de microartrópodes do solo em fragmentos de mata com araucária no sul do Brasil. **Iheringia Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 94, n. 2, p. 163-169, jun. 2004.

FERNANDES, M. M. et al. Influência de diferentes coberturas florestais na fauna do solo na Flona Mário Xavier, no município de Seropédica, RJ. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 41, p. 533-540, 2011.

GATIBONI, L. C. et al. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da palhada de centeio e aveia preta, em sistema plantio direto. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 2, p. 45-53, jun. 2009.

GIOMO, G. S.; PEREIRA, S. P.; BLISKA, F. M. M. Panorama da cafeicultura orgânica e perspectivas para o setor. **O Agronômico**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 33-36, 2007.

GOMES, A. A. et al. Avaliação do impacto da fragmentação de florestas nativas sobre a mesofauna edáfica na região de Dourados-MS. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 612-618, maio/jun. 2006.

HOFMANN, R. B.; NASCIMENTO, M. S. V.; DINIZ, A. A. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em areia, Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 121-125, set. 2009.

HUHTA, V.; OJALA, R. Collembolan communities in deciduous forests of different origin in Finland. **Applied Soil Ecology**, Belfield, v. 31, p. 83-90, 2006.

LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 654 p.

MAGURRAN, E. E. **Ecologycal diversity and its measurement**. Princeton: University of Princeton, 1988. 177 p.

MAMAN, A. P. et al. Produção e acúmulo de serrapilheira e decomposição foliar em mata de galeria e cerradão no sudoeste de Mato Grosso. **Revista de Ciências e Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 5, n. 1, p. 71-84, 2007.

MERLIM, A. O. et al. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 1, p. 57-61, 2005.

MOÇO, M. K. S. **Fauna do solo em diferentes agrossistemas de cacau no sul da Bahia**. 2006. 93 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos Goytacazes, 2006.

MOÇO, M. K. S. et al. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 555-564, 2005.

PORTILHO, I. I. et al. Macrofauna epigéica em diferentes sistemas de manejo de café orgânico em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 3, p. 1-6, 2008. Suplemento especial.

PORTILHO, I. I. R. et al. Resíduos da cultura da cana-de-açúcar e seus efeitos sobre a fauna invertebrada epigeica. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 959-970, set. 2011.

ROVEDDER, A. P. et al. Fauna edáfica em solo susceptivel à arenização na região sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 3, n. 2, p. 87-96, 2004.

SANCHES, L. et al. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 183-189, 2009.

SILVA, C. F. et al. Fauna edáfica em áreas de agricultura tradicional no entorno do Parque Estadual da Serra do Mar em Ubatuba (SP). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 52, p. 107-115, dez. 2009.

SILVA, C. J. et al. Contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 3, p. 591-600, 2009.

SILVA, F. de A. S. **ASSISTAT**. Versão 7.6 beta. Campina Grande: UFCG, 2012. Disponível em: <http://www.assistat.com/index.html>. Acesso em: 20 out. 2013.

SILVA, J. et al. Avaliação da mesofauna (colêmbolos e ácaros) do solo em agroecossistemas de base familiar no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 539-542, 2007.

SILVA, J. et al. Fauna do solo em sistemas de manejo com café. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Palmas, v. 3, n. 2, p. 59-71, maio 2012.

SILVA, R. F. et al. Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 725-731, 2008.

_____. Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 865-871, jun. 2007.

SOARES, M. I. J.; COSTA, E. C. Fauna do solo em áreas com *Eucalyptus* spp. e *Pinus elliottii,* Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, p. 29-43, 2001.

SOUZA, S. A. S. et al. Infestação natural de moscas frugívoras (Diptera: Tephritoidea) em café arábica, sob Cultivo orgânico arborizado e a pleno sol, em Valença, RJ. **Neotropical Entomology**, Dois Vizinhos, v. 34, n. 4, p. 639-648, jul. 2005.

STATISTICA for Windows release 4.5 Statsoft: módulo cluster análises, joining, tree clostering. Hamburg: Pearson R Single Linkage, 1997.

WINK, C. et al. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 1, p. 60-71, jun. 2005.

ANÁLISE TÉCNICA E ECONOMICA DE DIFERENTES SISTEMAS DE TRANSPLANTIO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)

João Paulo Barreto Cunha[1], Fabio Moreira da Silva[2], Fabricio Andrade[3], Tulio de Almeida Machado[4], Francinaldo Alves Batista[5]

(Recebido: 01 de agosto de 2014 ; aceito: 24 de novembro de 2014)

RESUMO: O café é uma cultura de destaque no Brasil, tanto que nos últimos anos, a cafeicultura passou por grandes modificações como a introdução da mecanização em diferentes operações, antes realizadas manualmente. No caso da operação de transplanti, a utilização de máquinas tem se mostrado uma alternativa viável aos produtores possibilitando aumento da capacidade operacional. O trabalho foi conduzido no município de Nazareno-MG, objetivando-se realizar uma análise técnica e econômica de diferentes sistemas de transplantio. Dessa forma, para a realização do estudo, empregaram-se conjuntos mecanizados utilizados para a realização do transplantio da cultivar Catuaí IAC 144. Foram analisados os tempos necessários para a realização de diversas operações dos conjuntos mecanizados nos diferentes sistemas avaliados, seus respectivos custos fixos e variáveis e os respectivos parâmetros de desempenho operacional. Com base nos resultados obtidos o sistema de transplantio mecanizado apresentou maior viabilidade técnica e econômica em relação aos demais. A depreciação e o consumo de combustível são os componentes de custos que mais afetam no custo operacional dos sistemas em que ocorre uso de maquinário com maior intensidade.

Termos de indexação: Custo operacional, desempenho operacional, mecanização agrícola, composição de custos.

TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF DIFFERENT COFFEE (*Coffea arabica* L.) TRANSPLANTING SYSTEM

ABSTRACT: *Coffee is a prominent crop in Brazil, so much that in recent years, coffee crop has undergone major changes such as the introduction of mechanization in different operations previously performed manually, and if the transplant operation using machinery has become an viable alternative for farmers enabling increased operational capacity. The trial was carried out in Nazareno- MG, aiming to conduct a technical and economic analysis of different systems of transplanting. This work was carried out employing mechanized assembly used for the realization of transplanting of cultivar Catuaí IAC 144. The time required to perform various operations in different sets of mechanized systems evaluated and their fixed and variable costs, and determined the operating performance were analyzed. Based on the results obtained, the system of mechanized transplanting showed higher technical and economic viability in relation to others. The depreciation, repairs and maintenance and fuel consumption are the components of costs that most affect the operating cost occurs in systems where use of machinery with greater intensity.*

Index terms: *Operational costs, performance, agricultural mechanization, composition of costs.*

1 INTRODUÇÃO

O transplantio semi-mecanizado ou mecanizado de mudas de café (*Coffea arabica*) vem se tornando uma alternativa viável para os produtores, visto que possibilita um aumento da capacidade operacional e redução nos custos com mão de obra, atuando como fator importante para a produção da lavoura, influenciando os tratos culturais e a colheita mecanizada (SILVA et al., 2014).

Em razão do alto custo do processo manual, a operação de transplantio em diferentes culturas, somente se viabilizou com a introdução das máquinas transplantadoras. Sendo assim, a otimização dos processos produtivos, por meio da mecanização, tem se tornado objeto de estudos e de desenvolvimento de tecnologias (MACHADO, 2013).

De acordo com Silveira (1989), grande parte das transplantadoras encontradas no mercado são acionadas mecanicamente e acopladas ao trator e operadas por um trabalhador rural, que abastece o mecanismo de deposição das mudas.

[1]Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ - Instituto de Tecnologia Departamento de Engenharia - Rod. BR 465 Km 7 - 23890-000 - Seropédica - RJ- bcunha_2@hotmail.com
[2]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037- 37.2000-000 - Lavras - MG famsilva@deg.ufla.br
[3]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agronomia /DAG - Cx. P. 3037- 37.2000-000 - Lavras - MG fabriciocim@yahoo.com.br
[4]Universidade Federal de Viçosa /UFV - Departamento de Engenharia Agrícola - Campus Universitário, s/n - 36570-900 Viçosa - MG - machado.tulio@gmail.com
[5]Ceifa Máquinas e Inovação em Mecanização-Rodovia BR 265, Km 153, nº 290 - 37200-000- Lavras -MG franalves.1963@hotmail.com

A decomposição das tarefas, por meio da determinação de tempos com movimentos úteis e inúteis, permite obter informações sobre o desempenho e a capacidade de trabalho das máquinas agrícolas, sendo parâmetros de grande importância no gerenciamento de sistemas mecanizados agrícolas, auxiliando na tomada de decisões e visando a máxima eficiência dos sistemas (MOLIN et al., 2006).

Outra ferramenta importante na tomada de decisão é a determinação dos custos de produção. Segundo Whitney (1988), o desempenho econômico de máquinas agrícolas é estimado pelos custos operacionais, os quais se dividem em custos fixos e custos variáveis. De acordo com Rocha et al. (2009), os custos fixos englobam a depreciação, juros sobre o capital investido além dos custos de seguro e alojamento, enquanto os custos variáveis, que são aqueles dependentes do uso do maquinário, são os custos com os combustíveis, lubrificantes, reparos e manutenção e mão de obra.

A capacidade de campo efetiva de um conjunto mecanizado, expressa a real quantidade de área que é efetivamente trabalhada, em um determinado tempo. Aranda (1993), avaliando o transplantio mecanizado de Eucalipto (*Eucalyptus globulosus St.-Lag.*) no Chile, verificou que a capacidade de campo efetiva média da máquina foi de 0,99 ha h^{-1}, variando entre 1,15 e 0,78 ha h^{-1}, em dez dias de trabalho. Em relação ao tempo produtivo, a máquina apresentou valores na casa dos 65%, operando com velocidade média de 2,53 km h^{-1}.

Em estudo avaliando diferentes métodos manuais, em comparação ao método mecanizado de transplantio de Pinheiro (*Pinus taeda* L.), Balensiefer (1978) observou que a porcentagem de tempos gasto no transplantio, em relação ao tempo total da operação, foi igual a 70% no sistema mecanizado, enquanto no sistema manual foi de 81%. O mesmo autor concluiu que o número de mudas transplantadas de forma mecanizada foi quatro vezes superior ao sistema manual, num mesmo período de tempo.

Ripoli et al. (2006) citam que os processos de plantio ou transplantio mecanizados apresentam literatura bastante limitada e/ou antiga. No caso de culturas como cana-de-açúcar, hortaliças e espécies florestais, alguns estudos já foram desenvolvidos, diferentemente do café, em que trabalhos são escassos. Objetivou-se,no presente estudo, avaliar técnica e economicamente diferentes sistemas de transplantio de cafeeiros da cultivar Catuaí IAC 144.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O transplantio de café (*Coffea arabica*) foi realizado durante o período de transplantio da safra 2013/2014, em áreas localizadas na região sul de Minas Gerais, no município de Nazareno, com coordenadas 21°11' 33'' S de latitude, 44°27' 48'' O de longitude e altitude média de 986 m. Nestas áreas estudadas foram realizadas as coletas de dados para a análise dos custos operacionais dos diferentes sistemas de transplantio utilizados nas glebas avaliadas.

Os experimentos foram conduzidos em áreas, segundo Silva e Carvalho (2011), aptas à mecanização, apresentando declividades de até 20% e solo predominantemente classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013). Foram empregados espaçamentos de 3,60 m entrelinhas e 0,60 m entre plantas, totalizando 4630 plantas por hectare, sendo que a cultivar de café utilizada foi a Catuaí IAC 144.

Para efeito do estudo, todos os parâmetros obtidos foram, levando-se em consideração a área total trabalhada nas glebas estudadas, o que correspondeu a uma área de 128 hectares. A capacidade de campo efetiva foi determinada em função do tempo demandado para a realização da operação em um hectare. O sistema manual foi considerado como o padrão para a comparação dos outros sistemas, visto que, sua capacidade de campo efetiva e o tempo demandado para a operação foram determinados a partir da capacidade de trabalho de uma equipe, composta por 21 pessoas, em realizar a operação de transplantio.

Os conjuntos mecanizados utilizados foram separados em relação ao tipo de sistema de transplantio adotado. Nos três sistemas avaliados para a operação de distribuição das mudas e abastecimento das transplantadoras foi utilizado trator 4X2 dotado de tração dianteira auxiliar (TDA), com potência nominal de 75 cv (55 kW) que tracionou uma carreta agrícola com capacidade de 3000 kg. No sistema semimecanizado, composto pelas operações de abertura de sulco e transplantio, foi utilizado um trator 4x2 dotado de tração dianteira auxiliar (TDA), com potência nominal 75 cv (55 kW) responsável por tracionar um sulcador, marca Matão, constituído de única haste e uma plataforma de transplantio, com capacidade para 12 caixas de mudas. No caso do sistema mecanizado foi utilizado um trator 4x2,

dotado de tração dianteira auxiliar (TDA), com potência nominal 75 cv (55 kW), que tracionou uma transplantadora mecânica, marca MAFES, modelo Gralha PMGr-ai.

A capacidade de trabalho dos três sistemas de transplantio avaliados foi obtida por meio do tempo demandado para a execução de cada operação. De acordo com Silveira et al., Yanai e Kurachi (2006) a capacidade efetiva de trabalho e o tempo demandado podem variar de acordo com as características da lavoura, características de solo e a declividade do terreno. Assim, no presente estudo, realizou-se o acompanhamento de cada operação em cinco glebas diferentes, servindo como repetições para cada sistema avaliado, o que permitiu minimizar tais efeitos.

Na Tabela 1, são apresentados os valores iniciais relativos aos equipamentos empregados nos sistemas de transplantios avaliados, a partir dos quais, foram determinados os custos operacionais para os sistemas de transplantio. Segundo Piacentini et al. (2012), o custo operacional de uma máquina expressa a relação entre o custo horário de um determinado equipamento e sua real capacidade de trabalho.

Para a análise do custo horário das máquinas utilizadas nos diferentes sistemas de transplantio de café avaliados, foram considerados os custos fixos e variáveis, conforme a metodologia proposta por Silva e Carvalho (2011). Uma peculiaridade na atividade cafeeira é que, pelo fato das operações realizadas durante o ciclo produtivo não serem tão pesadas, na maioria dos casos, as máquinas não terminam em estado de sucata após a depreciação. Dessa forma, no presente estudo, o valor mínimo considerado de sucata é de 25% para tratores e 10% para as transplantadoras e implementos utilizados na operação.

Os juros representam o valor de remuneração do capital empregado na aquisição da máquina. Atualmente, a grande maioria das máquinas é adquirida por meio de financiamentos dentro do Programa de Sustentação do Investimento (PSI) ou "Mais Alimento", com amortização entre 6 a 10 anos; dessa forma no caso das máquinas estudadas foi utilizada a taxa de financiamento de 4,5 % a.a. – Financiamento de Máquinas e Equipamentos (Finame) (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES (2014).

No Brasil, não é muito comum fazer o seguro de máquinas agrícolas. Este fato pode levar à falsa impressão de que não é necessário calcular o custo desse seguro. Não se pode esquecer, porém, que se o proprietário não repassa o custo do seguro a uma seguradora, o mesmo acaba sendo bancado pelo mesmo. Basicamente, a taxa tem variado de 0,75% a 2% do custo inicial ao ano, dependendo assim do modelo da máquina e a quantidade de horas trabalhadas, sendo utilizada a taxa de 1,5%, no presente estudo (SILVA et al., 2013).

TABELA 1 - Valores iniciais, em reais, das máquinas que compuseram os conjuntos mecanizados empregados nos sistemas de transplantio semimecanizado e mecanizado.

Sistema de transplantio Manual	
Máquinas (descrição)	Valor inicial R$
Trator Massey Fergunson, 275 4x2 TDA	82500,00
Carreta agrícola, capac. 3000 kg	4200,00
Sistema de transplantio Semi-mecanizado	
Máquinas (descrição)	Valor inicial R$
Trator Massey Fergunson, 275 4x2 TDA	82500,00
Carreta agrícola, capac. 3000 kg	4200,00
Sulcador Matão – uma haste	1850,00
Plataforma para transplantio -12 caixas	13500,00
Sistema de transplantio mecanizado	
Máquinas (descrição)	Valor inicial R$
Trator Massey Fergunson, 4275 4x2 TDA	90500,00
Carreta agrícola, capac. 3000 kg	4200,00
Transplantadora MAFES, PMGR- AI	55000,00

Dentre os custos variáveis no presente estudo, os custos com combustíveis estão diretamente relacionados com a potência do trator e seu consumo horário, sendo determinado por meio das cadernetas de campo e relatórios das áreas estudadas. Já os custos com lubrificantes foram determinados, fazendo-se a relação direta com o custo de combustível onde, de acordo com Silva et al. (2013), para tratores cafeeiros pode ser considerado 8,4%, enquanto para os implementos utilizados nas operações constituintes ao transplantio considerou-se uma taxa de 10% do custo de combustível.

Os custos com manutenção são os mais difíceis de serem determinados, e no caso da manutenção preventiva, aquela que trata de gastos com componentes trocados em intervalos regulares, é fácil de ser computado. Por outro lado, custos com manutenção corretiva trata-se de um gargalo na determinação dos custos em operações agrícolas, visto que, depende de outros fatores como histórico de quebras das máquinas, passando a ser algo gerencial e nem sempre observado por parte de alguns produtores. No presente estudo, como referência foi adotado 50% do valor inicial para tratores cafeeiros e 80% do valor inicial para as transplantadoras e implementos utilizados nos sistemas semi-mecanizado e mecanizado (SILVA; CARVALHO, 2011).

Os custos referentes à mão de obra para os três sistemas avaliados, levaram em conta o salário, bem como outros benefícios e encargos sociais. Para os encargos sociais, somaram-se os valores de FGTS, INSS, férias, décimo terceiro, abono de férias, além de um valor referente à rescisão contratual e bonificação por produtividade, totalizando 45,6 % sobre o salário base, praticados na região estudada. Os salários praticados regionalmente no Sul de Minas, em média são de um salário mínimo, para serviços de apoio, um salário mínimo e meio, para operadores de trator (SILVA; CARVALHO, 2011; SILVA et al., 2013).

Para a análise da diferença entre os custos operacionais, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, sendo os tratamentos constituídos pelos três sistemas avaliados. As análises estatísticas foram realizadas, utilizando-se o programa SISVAR 5.3, sendo realizada a análise de variância fator único pelo teste F, com 5% de significância, para verificar a existência de diferenças significativas entre as médias das variáveis analisadas. Quando procedente, aplicou-se o teste de Tukey, também a 5% de significância, para a comparação das médias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na Tabela 2, verificou-se que, em todos os sistemas de transplantio avaliados, a operação de distribuição apresentou capacidade de campo efetiva superior que a de transplantio. Tal resultado é explicado pela necessidade de que a distribuição e o abastecimento das máquinas com mudas seja realizado de maneira dinâmica, ou seja, que possibilite redução na demanda de tempo para a realização da operação, o que comprometeria diretamente a capacidade efetiva de trabalho dos sistemas.

No sistema semimecanizado, a operação de abertura de sulco apresentou capacidade de campo efetiva (Cce) de 1,01 ha h^{-1}. Tal valor é explicado pelo fato de ser uma operação em que ocorre pouca perda de tempo com paradas e apresenta velocidade operacional bem maior (4,01 km h^{-1}), em comparação à velocidade da operação de transplantio (1,76 km h^{-1}). Segundo Grotta et al. (2004), avaliando o desempenho operacional de um subsolador em preparo de solo verificaram que, quanto maior a velocidade operacional do conjunto, maior é sua capacidade de trabalho, o que corrobora com o presente estudo.

Comparando somente a operação de transplantio nos sistemas avaliados, o sistema manual apresentou capacidade de campo efetiva estimada em 0,125 ha h^{-1}, valor 32,8 % e 56,3 % menor que a capacidade apresentada pelos sistemas semimecanizado e mecanizado, respectivamente. Resultados similares foram encontrados em outras operações mecanizadas, principalmente na relação entre rendimento operacional de sistemas mecanizados e sistemas manuais (BARBOSA; SALVADOR; SILVA, 2005; SOUZA; QUEIROZ; RAFULL, 2006).

Em contrapartida, efeito contrário é verificado, quando analisamos os custos operacionais totais. De acordo com a análise estatística, é possível afirmar que o sistema mecanizado apresentou o melhor resultado dentre os sistemas avaliados, onde o mesmo apresentou o menor custo operacional total entre todos os sistemas avaliados, onde os custos operacionais foram de R$ 471,11 ha^{-1}. Com relação ao total estimado do sistema de plantio manual, os valores foram 6,75% superiores ao do sistema de plantio semi-mecanizado, apresentando custos operacionais de R$ 580,97 ha^{-1}.

Segundo Janini (2008), quanto maior a eficiência do sistema e a sua capacidade de trabalho, menor será o custo da operação.

TABELA 2 - Capacidade de campo efetiva (Cce), tempo demandado (TD), custo horário (C.Hr), custo operacional (C.Op) e custo operacional total (C.Op total) das diferentes operações mecanizadas dos sistemas de transplantio avaliados.

	Cce (ha h^{-1})	TD (h ha^{-1})	C.Hr (R$ h^{-1})	C.Op (R$ ha^{-1})	C.Op total (R$ ha^{-1})
1. Sistema Manual					
Distribuição de mudas	0,229 b	4,38 a	48,33 a	211,69 a	580,97 c
Transplantio das mudas	0,125 a	8,01 b	46,24 a	369,92 b	
2. Sistema Semi-mecanizado					
Abertura de sulco	1,01 c	0,99 a	40,89 a	40,45 a	541,72 b
Distribuição de mudas	0,301 b	3,32 b	51,86 b	172, 39 b	
Transplantio das mudas	0,186 a	5,38 c	61,19 c	329,32 c	
3. Sistema Mecanizado					
Distribuição de mudas	0,331 b	3,02 a	55,47 a	167,58 a	471,11 a
Transplantio das mudas	0,286 a	3,50 b	86,81 b	303,53 b	

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey, a 5% de significância.

Com base nos resultados obtidos para o transplantio de café, o sistema manual para apresentar capacidades efetivas de trabalho semelhantes aos outros dois sistemas mecanizados avaliados, precisaria aumentar o número de trabalhadores na equipe de trabalho, aumentando-se para 27 e 31 pessoas em relação aos sistemas semimecanizado e mecanizado, respectivamente. Com isso, sua capacidade efetiva de trabalho passaria para os mesmos valores encontrados nas operações mecanizadas no presente estudo.

A participação dos custos fixos e variáveis ,em cada sistema avaliado, é representada na Figura 1. Nota-se que, no sistema manual, os custos fixos foram equivalentes a 19,11% do custo horário do sistema, enquanto os custos variáveis representam 80,89%. Nos sistemas em que houve o predomínio de operações mecanizadas, como os sistemas semimecanizado e mecanizado é possível verificar uma maior participação dos custos fixos, em que os mesmos representam, aproximadamente, 31% e 45% dos custos horários, respectivamente. Tais resultados são explicados pela maior participação de máquinas e implementos, o que refletiu maiores gastos, em função da depreciação dos conjuntos mecanizados e juros, por considerarmos o valor de aquisição de equipamentos novos (RIBEIRO; SAVASTANO JÚNIOR; ABLAS, 1999).

Analisando os custos operacionais de cada sistema de transplantio de forma individual, na Figura 2 observou-se que, no sistema de transplantio manual é grande a participação dos custos com mão de obra,em que os mesmos representam, aproximadamente,55% do custo horário do sistema. Os custos com combustíveis e reparos e manutenção impactaram, mesmo que de forma discreta, nos custos operacionais do sistema. Pelo fato do mesmo tratar-se de um sistema manual, há a necessidade de maquinário para a distribuição das mudas no campo, sendo essa operação realizada por tratores.

Na Figura 3, foi possível observar que a depreciação, reparos e manutenção e combustíveis foram os elementos dos custos que obtiveram maior participação nos custos operacionais do sistema de transplantio semimecanizado. Tal fato é explicado pela maior quantidade de operações agrícolas em relação aos outros sistemas, visto que, há a necessidade da operação de abertura de sulco para que seja realizada a operação de transplantio.

Outra característica notada foi com relação à intensidade da mão de obra. No sistema semimecanizado, a mão de obra representou 18% do custo horário da operação.

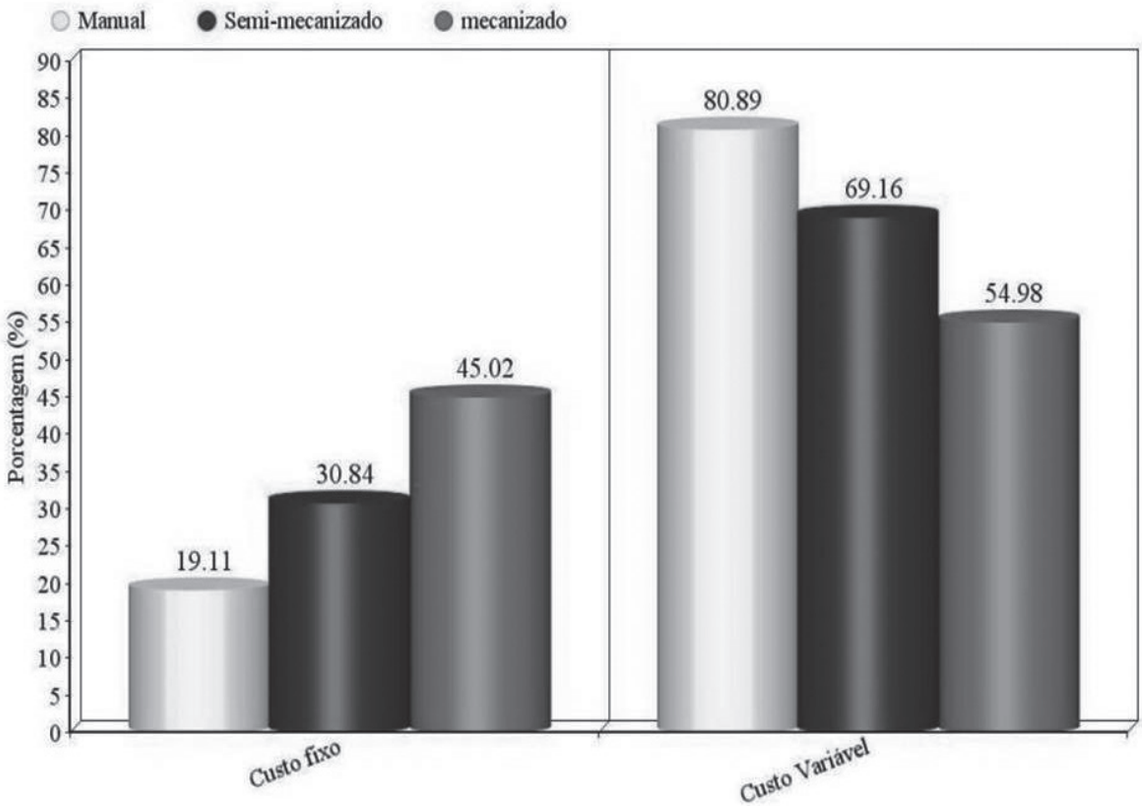


FIGURA 1 - Porcentagem dos custos fixos e variáveis para os três sistemas de transplantio avaliados.

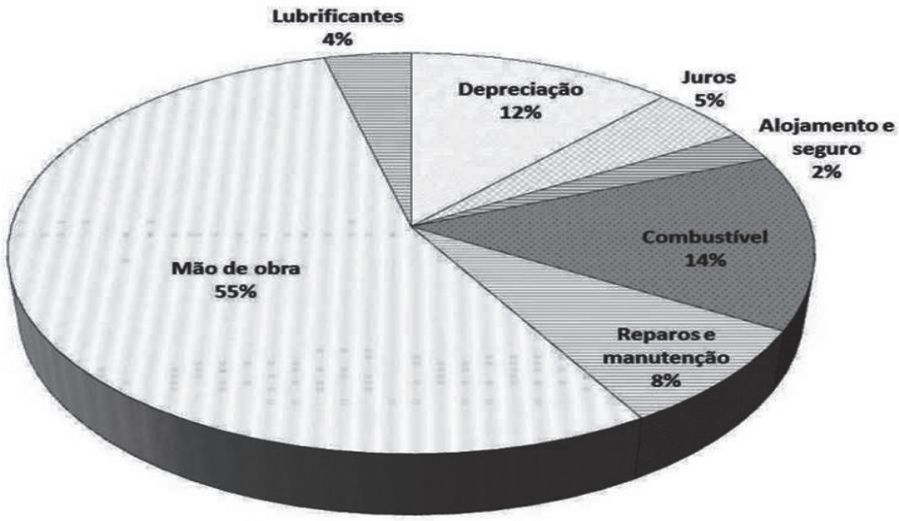


FIGURA 2 - Distribuição percentual dos itens que compõem o custo operacional do sistema manual de transplantio.

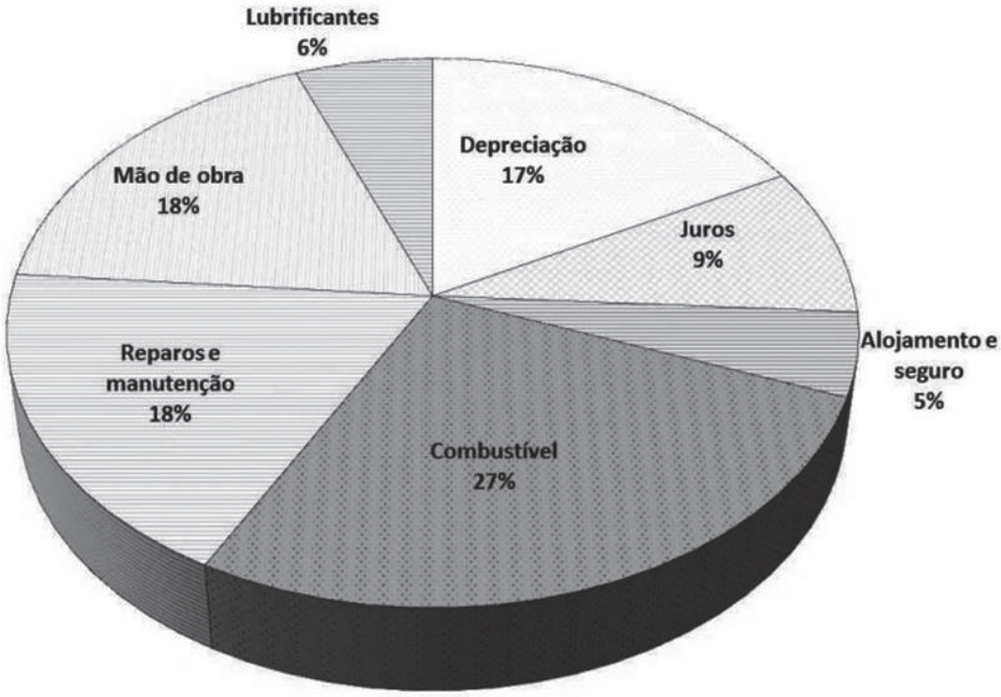


FIGURA 3 - Distribuição percentual dos itens que compõem o custo operacional do sistema semimecanizado de transplantio.

O resultado já era é esperado, pois esse sistema de transplantio utilizou-se de uma maior quantidade de pessoas envolvidas na operação, em comparação à operação totalmente mecanizada. Dessa forma, para a composição dos custos não se deve somente levar em consideração o operador, mais incluir nos custos o pessoal de apoio, presente na plataforma de transplantio.

Com relação à mão de obra, foi notado que ela responde com 18% dos custos operacionais do sistema semimecanizado. Nesse sistema, ocorre o uso intenso de recursos humanos na operação de transplantio, quando comparado ao sistema mecanizado, o que faz com que ele mantenha características inerentes, tanto ao sistema manual, quanto ao mecanizado, em função do uso de máquinas nas operações.

A distribuição espacial dos elementos do custo operacional, relacionados ao transplantio mecanizado é observada na Figura 4. Como visto anteriormente, o sistema mecanizado apresenta maior capacidade de trabalho e menores custos operacionais, em relação aos outros sistemas estudados. Notou-se que a participação menor da mão de obra nos custos operacionais, em comparação aos outros sistemas, representando 11% dos custos operacionais, explicado pelo reduzido número de pessoas utilizadas nesse sistema.

Em contrapartida, foi nesse sistema em que os custos referentes à depreciação mostraram-se mais representativos devido, principalmente, ao valor inicial dos equipamentos utilizados, sendo o comportamento semelhante aos estudos realizados por Oliveira et al. (2006) e Oliveira et al., Lopes e Fiedler (2009), que verificaram valores percentuais da depreciação entre 20 e 34%, em estudos de viabilidade técnica e econômica de operações florestais.

Segundo Reis et al. (2005), a manutenção adequada dos equipamentos pode permitir um aumento da eficiência de trabalho devido a menores tempos, com interrupções para a correção de eventuais problemas, e seus custos compõem grande fatia dos custos operacionais, o que pode ser atribuído também ao uso intensivo das máquinas, servindo de parâmetro para o uso racional ou a troca dos mesmos. No presente estudo, observou-se que, nos sistemas mecanizados, ocorreu grande representatividade dos fatores reparos e manutenção e combustível nos custos operacionais.

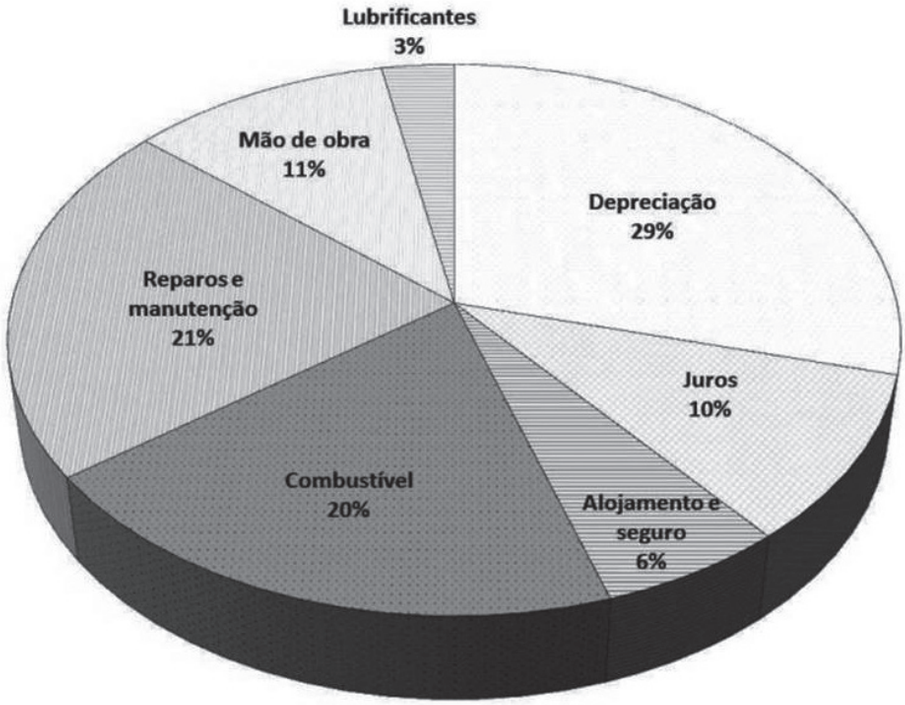


FIGURA 4 - Distribuição percentual dos itens que compõem o custo operacional do sistema mecanizado de transplantio.

No caso dos custos, referentes à manutenção, os mesmos apresentaram valores de 18 e 21% para os sistemas semi-mecanizado e mecanizado, respectivamente.

Com relação ao componente combustível, ambos os sistemas apresentaram valores entre 20 e 27%. Tais resultados corroboram com os obtidos por Simões et al., Silva e Fenner (2011), que, dentro deste contexto, verificaram que o consumo de combustível é um dos itens que mais causa impacto nos custos operacionais, podendo chegar a valores de aproximadamente 30%, de acordo com os autores.

Em todas as operações analisadas, os custos com lubrificantes representaram valores correspondentes até 6%, sendo possível afirmar que é o fator que menos contribuiu para os custos variáveis das máquinas. Os resultados corroboram com os obtidos por Jasper e Silva (2013), que avaliando o custo operacional horário de diferentes operações mecanizadas, verificaram que os custos de lubrificação não passaram de 5% do custo horário total.

4 CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos no presente estudo, conclui-se que:

O sistema de transplantio manual apresentou custos operacionais de R$ 580,97 ha^{-1}, onde os custos variáveis respondem por 80,89% desse custo, devido ao uso intensivo de mão de obra nas operações.

Os fatores depreciação, reparos e manutenção e combustíveis foram os elementos dos custos que tiveram maior participação nos custos operacionais dos sistemas mecanizados estudados, apresentando valores acima de 17%.

Dentre os sistemas de transplantio avaliados, o sistema mecanizado mostrou-se mais viável tecnicamente e economicamente, apresentando custos operacionais 13% e 18,9% inferiores aos sistemas semimecanizado e manual respectivamente.

5 REFERÊNCIAS

ARANDA, F. D. Forestacion mecanizada en Chile. **Chile Florestal**, Santiago, v. 210, p. 1-7, 1993.

BALENSIEFER, M. **Estudo de diferentes métodos de plantio com *Pinus taeda* na região de Guarapuava-Paraná**. 1978. 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1978.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Finame agrícola Moderfrota Pronamp novos café**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br>. Acesso em: 31 jan. 2004.

BARBOSA, J. A.; SALVADOR, N.; SILVA, F. M. Desempenho operacional de derriçadores mecânicos portáteis, em diferentes condições de lavouras cafeeiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 129-132, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353 p.

GROTTA, D. C. et al. Subsolador: avaliação do desempenho em função da velocidade de trabalho e espaçamento entre hastes. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 21-26, 2004.

JANINI, D. A. Análise operacional e econômica do sistema de plantio mecanizado de cana-de-açucar *Sacharum spp.* **Revista STAB**, Piracicaba, v. 26, n. 4, p. 51-57, 2008.

JASPER, S. P.; SILVA, R. A. P. Estudo comparativo do custo operacional horário da mecanização agrícola utilizando duas metodologias para o estado de São Paulo. **Nucleus**, Ituverava, v. 10, n. 2, p. 119-126, 2013.

MACHADO, T. A. **Análise técnica e econômica de um sistema de transplantio semi-mecanizado de tomate industrial**. 2013. 110 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

MOLIN, J. P. et al. Utilização de dados georreferênciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 759-767, 2006.

OLIVEIRA, D.; LOPES, E. S.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica e econômica do Forwarder na extração de toras de pinus. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 525-533, 2009.

OLIVEIRA, R. J. et al. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com "clambunk skidder". **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 267-275, 2006.

PIACENTINI, L. et al. Software para estimativa do custo operacional de máquinas agrícolas MAQCONTROL. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 609-623, 2012.

REIS, G. N. dos et al. Manutenção de tratores agrícolas e condição técnica dos operadores. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 282-290, 2005.

RIBEIRO, S. A.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; ABLAS, D. S. Avaliação do desempenho operacional e econômico de máquinas para fenação: I., cultura de coastcross. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 56, n. 2, p. 147-151, 1999.

RIPOLI, T. C. C. et al. **Plantio de cana-de-açúcar:** estado da arte. Piracicaba: Ed. dos Autores, 2006. 216 p.

ROCHA, E. B. et al. Produtividade e custos de um sistema de colheita de árvores inteiras. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 372-381, 2009.

SILVA, F. M. da; CARVALHO, G. R. Evolução da mecanização na cafeicultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 52-65, 2011.

SILVA, F. M. da et al. Viabilidade técnica e econômica da colheita mecanizada do café. **Revista Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 13, p. 98-101, 2013.

SILVA, R. P. da et al. Qualidade das operações de preparo reduzido do solo e transplantio mecanizado de mudas de café. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 51-60, 2014.

SILVEIRA, G. M. da. **As máquinas de plantar:** aplicadoras, distribuidoras, semeadoras, plantadoras, cultivadoras. Rio de Janeiro: Globo, 1989. 257 p.

SILVEIRA, G. M. da; YANAI, K.; KURACHI, S. A. H. Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo do solo, semeadura e cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 220-224, 2006.

SIMÕES, D.; SILVA, M. R.; FENNER, P. T. Desempenho operacional e custos da operação de subsolagem em área de implantação de eucalipto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 692-700, 2011.

SOUZA, C. M. A.; QUEIROZ, D. M.; RAFULL, L. Z. L. Derriçadora portátil na colheita total e seletiva de frutos do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1637-1642, nov. 2006.

WHITNEY, B. **Choosing and using farm machines**. Edinburgh: Land Technology, 1988. 412 p.

ÁCIDO CÍTRICO E FÓSFORO NO DESENVOLVIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL DE MUDAS DE CAFÉ

Vinícius Teixeira Lemos[1], André Cabral França[2], Enílson de Barros Silva[3], Renan Luís da Silva Marinho[4], Miguel Henrique Rosa Franco[5], Moisés de Avellar[6], Ana Flávia de Freitas[7], Lílian Alves de Carvalho Reis[8], Juliano Miari Corrêa[9], Gladyston Rodrigues Carvalho[10]

(Recebido: 02 de agosto de 2014; aceito: 03 de dezembro de 2014)

RESUMO: Em solos intemperizados existe um aumento da retenção de ânions como o fosfato. Ácidos orgânicos de baixa massa molecular têm sido eficazes para disponibilizar nutrientes considerados "indisponíveis no solo", como o fósforo. Objetivou-se avaliar o desenvolvimento, a qualidade e o estado nutricional de mudas de café cultivar Catuaí Vermelho (IAC 99), submetidas à aplicação de diferentes concentrações de ácido cítrico e fósforo no substrato. Utilizou-se esquema fatorial (4x4), sendo o primeiro fator referente à aplicação de ácido cítrico anidro (0,0; 0,5; 1,0 e 2,0 mg dm-^{3}) e, o segundo referente às doses de fósforo (0, 450, 900 e 1800 mg P_2O_5 dm^{-3}), aplicadas no substrato. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. As sementes foram germinadas em saquinhos com substrato padrão para mudas de café, ajustado conforme os tratamentos. O ácido cítrico foi aplicado quando as mudas apresentavam as folhas cotiledonares. As avaliações foram realizadas aos 180 dias após a semeadura, quando as mudas apresentavam-se com quatro a cinco pares de folhas expandidas, sendo avaliados os teores foliares e atributos fitotécnicos e, a partir destes, determinado o índice de qualidade de Dickson. As doses de 1.404,0 mg P_2O_5 dm^{-3} e 1,0 mg dm^{-3} de ácido cítrico no substrato influenciam, positivamente, na qualidade máxima das mudas. Não foi efetiva a dose de 2,0 mg dm^{-3} de ácido cítrico para o desenvolvimento com qualidade das mesmas até o ponto de plantio, embora tenham aumentado os teores de Ca, N, P, S, Cu, Fe e Zn, nas folhas.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, ácidos orgânicos, índice Dickson, liberação de fósforo.

CITRIC ACID AND PHOSPHORUS ON DEVELOPMENT AND NUTRITIONAL STATUS OF COFFEE SEEDLING

ABSTRACT: *In weathered soils, there is an increased retention of anions such as phosphate. Organic acids of low molecular mass have been shown an effective way to provide nutrients before it showed unavailable in the soil, such as phosphorus. The objective was to evaluate the quality and growth content of seedlings of 'Catuaí Vermelho' coffee (IAC-99), submitted the application of citric acid and phosphorus concentrations in the substrate. Was used the factorial scheme (4x4), being the first factor concerning the application of citric acid anidre to the substrate (0,0; 0,5; 1,0 e 2,0 mg dm-^{3}), and the second concerning the doses of phosphorus (0, 450, 900 e 1800 mg P_2O_5 dm^{-3}), in substrate. The experimental design was a randomized complete block with five replicates. The seeds were germinated in bags with standard substrate for coffee seedlings, adjusted according to the treatment with applications of phosphorus. Citric acid was applied when the seedlings had the cotyledons. The evaluation has been held at 180 days after sowing when the seedlings had four to five leaf pairs expands. Were measured the foliar levels, and fhytotechnical atributes and from these determined Dickson quality index. Doses of 1404.0 mg P_2O_5 dm^{-3} and 1.0 mg dm-^{3} of citric acid in the substrate positively influenced the maximum quality of the seedlings. Was not effective dose of 2.0 mg dm-^{3}of citric acid for the development of the same quality to the point of planting, while increasing the concentration of Ca, N, P, S, Cu, Fe and Zn in the leaves.*

Index terms: *Coffea arabica, organic acids, Dickson index, phosphorus release.*

1 INTRODUÇÃO

O parque cafeeiro brasileiro é estimado em mais de 6,7 bilhões de covas, presentes em propriedades de tamanhos diversos, ocupando mais de 2,0 milhões de hectares (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2014). De acordo com a CONAB (2014), mesmo os produtores desestimulados pelas baixas no valor da saca de café do mercado dos últimos dois anos agrícola, 2012/2013 a 2013/2014, houve um aumento de 10,0% de lavouras de cafeeiros arábicas em formação, proporcionando demanda por mudas, mesmo na época de baixa.

[1]Universidade Federal de Lavras/UFLA -Departamento de Agricultura/DAG - 37.2000-000 - Lavras - MG - lemosvt@yahoo.com.br
[2,3,9]Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri/UFVJM - Departamento de Agronomia/DAG - Cx. P. 38 39.100-000 - Diamantina - MG - cabralfranca@yahoo.com.br, enilson.barros.silva@gmail.com, julianomiari@gmail.com
[4]Universidade Federal de Viçosa/UFV - Departamento de Fitotecnia - Cx. P. 251 - 36.570-000 -Viçosa - MG - renan_lsm@hotmail.com
[5,6,7]Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri/UFVJM - Departamento de Agronomia/DAG - Cx. P. 38 39.100-000 - Diamantina - MG - miguelmhrf@yahoo.com.br, moisesdalagoa@yahoo.com.br, ninhadtna13@hotmail.com
[8]Universidade Federal de Viçosa/UFV - Departamento de Biologia Vegetal - Cx. P. 251 - 36.570-000 -Viçosa - MG - lilian_reis@ymail.com
[10]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG/URESM - Campus UFLA - Cx. P. 176 - 37200-000 - Lavras - MG carvalho@epamig.ufla.br

Em Minas Gerais, a produção de mudas em sacolas plásticas representa grande parte do total de mudas de cafeeiro produzidas, por apresentar baixo custo inicial, em relação ao uso de tubetes, facilidade na obtenção do substrato e ser um sistema de produção amplamente difundido, em todas as regiões cafeeiras.

Entretanto, um dos grandes desafios enfrentados por pequenos viveiristas é o alto custo dos fertilizantes minerais. Os fertilizantes possuem grande importância na formação da muda, tendo sido objetivo de várias pesquisas, principalmente quanto à composição de substratos para a produção de mudas, o que representa um valor alto no custo de sua produção. Sabe-se, no entanto, que, um substrato indicado como ideal terá que satisfazer às exigências físicas, químicas e biológicas, contendo ainda quantidades suficientes de elementos essenciais (água, ar e nutrientes minerais) indispensáveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas.

A produção de mudas sadias e bem desenvolvidas é um fator de extrema importância para qualquer cultura, principalmente para as perenes, como o cafeeiro. Quando esta etapa é bem conduzida, a performance da lavoura bem formada é distinguível visualmente e com menores custos. O sistema de produção de mudas adequado proporciona tanto o maior desenvolvimento das mudas no viveiro, como também, minimiza o stress operacional no transplante para condições de campo (MATIELLO et al., 2005).

Na busca de melhorar a eficiência dos fertilizantes no solo, alguns autores (GUPPY et al., 2005; JONES et al., 2003; PAVINATO; ROSOLEM, 2008) demonstraram que os ácidos orgânicos de baixa massa molecular como o cítrico, apresentam grande eficiência, quando aplicados no solo ou no substrato recomendado pela Comissão de Fertilidade de Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG (1999). Por possuírem grupos carboxílicos, os ácidos orgânicos têm facilidade de se dissociar em ampla faixa de pH do solo, fazendo com que se formem complexos solúveis com cátions metálicos (JEMO et al., 2006; OBURGER; DAVID; WALTER, 2011; PALOMO; CLAASSEN; JONES, 2006; RAGHOTHAMA; KARTHIKEYAN, 2005; SCERVINO et al., 2010) e, estes podem favorecer a competição entre P e ácidos orgânicos, como o cítrico por exemplo, reduzindo a quantidade de P ligado às cargas do solo, disponibilizando maior quantidade para as plantas (DECHASSA; SCHENK, 2004; WEI; CHEN; XU, 2010). Lembrando que, Gonçalves et al. (2009) observaram que o aumento da disponibilidade de P, para as mudas de café, promoveu aumento da produção de matéria seca.

De modo geral, há uma redução na complexação do fósforo nas cargas do solo com o aumento das doses de ácido cítrico, e que este promove uma maior concentração de fosfato na solução do solo (ANDRADE et al., 2003). Devido às características apresentadas pelo ácido cítrico, a sua aplicação no solo pode melhorar o aproveitamento do P pelas culturas, sendo uma alternativa para a redução das quantidades aplicadas desse nutriente e para diminuir o custo de produção (SILVA et al., 2002).

Para a produção de mudas com baixo custo, a utilização do ácido cítrico é uma boa alternativa, pois, pode aumentar a eficiência de utilização dos fertilizantes, diminuindo a quantidade padrão utilizada e garantindo o adequado desenvolvimento das mudas de cafeeiro, com um mínimo de aplicação de fósforo no substrato. Objetivou-se, no trabalho, avaliar o crescimento, a qualidade e o estado nutricional de mudas de café (Coffea arabica L.), submetidas às diferentes doses de ácido cítrico e fósforo no substrato.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, com condições controladas de temperatura e umidade, sendo o local coberto com uma tela de polipropileno com 50% à sombra (TATAGIBA; PEZZOPANE; REIS, 2010), e irrigados com microaspersores, fluxo de 50 L h^{-1}. Utilizou-se a cultivar Catuaí Vermelho IAC 99, com todos os substratos compostos pela mesma mistura de 300 l de esterco de curral curtido; 0,5 kg de cloreto de potássio e 700 l de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006), para cada metro cúbico de substrato,conforme recomendado pela CFSEMG (1999). Utilizou-se o esterco bovino de curral, pois, ele é o mais adequado para a produção de mudas de café (ALMEIDA et al., 2011). Para composição dos tratamentos com adição de P, utilizou-se superfosfato simples, como fonte deste nutriente (cuja fórmula comercial continha: 18% P_2O_5 solúvel em CNA + água, 20% Ca e 12% S). Os resultados das análises físicas e químicas do solo utilizado encontram-se na Tabela 1 (Análises realizadas no Laboratório de Análises Físicas e Químicas de Solo do Departamento de Agronomia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri-UFVJM, Diamantina).

TABELA 1 - Atributos físicos e propriedades químicas do Latossolo Vermelho distrófico, utilizado no substrato do experimento[1].

Análise granulométrica (g kg^{-1})			
Areia	**Silte**	**Argila**	**Classe textural**
380	60	560	Argilosa

Análise química											
pH	**P**	**K**	**Ca^{2+}**	**Mg^{2+}**	**Al^{3+}**	**H + Al**	**SB**	**t**	**T**	**m**	**V**
H_2O	mg dm^{-3}		.....cmol$_c$ dm^{-3}.....							.....%.....	
6,1	1,3	8	0,1	0,1	0,3	4,6	0,3	0,6	4,9	50	6
P-rem	**Zn**	**Fe**	**Mn**		**Cu**	**B**			**MO**		
mg L^{-1}		.....mg dm^{-3}.....							dag kg^{-1}		
7,3	0,2	30,5	0,7		0,1	0,1			1,9		

[1/]pH água: Relação solo-água 1:2,5. P, K, Zn, Cu, Fe e Mn: Extrator Mehlich-1. Ca, Mg e Al: Extrator KCl 1 mol L^{-1}, B: Água quente. T: Capacidade de troca de cátions a pH 7,0. m: Saturação de alumínio. V: Saturação por bases. MO – Teor de matéria orgânica determinado pelo método da oxidação do carbono por dicromato de potássio, em meio ácido multiplicado por 1,724.

Utilizou-se esquema fatorial (4x4), sendo quatro doses de ácido cítrico (0,0; 0,5; 1,0 e 2,0 mg dm^{-3}) e quatro doses de fósforo (0, 450, 900 e 1800 mg P_2O_5 dm^{-3}) no substrato da muda, equivalente a 0, $^1/_2$x, 1x, 2x, segundo a recomendação da CFSEMG (1999), para aplicação do nutriente na formação de mudas de cafeeiro. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco repetições, sendo as parcelas constituídas por uma muda de cafeeiro (saquinho de polietileno 11 x 22 cm com 0,7 dm³ de volume).

Aos 70 dias após a semeadura (DAS), quando as mudas apresentavam as folhas cotiledonares, aplicaram-se 25 ml da solução de ácido cítrico, em cada unidade experimental.

A avaliação do crescimento e da qualidade ocorreu aos 180 DAS, quando as mudas continham quatro a cinco pares de folhas definitivas. Avaliaram-se a altura da parte aérea (cm) e o diâmetro do coleto (mm), a área foliar (cm²), sendo esta realizada de acordo com o método não destrutivo, proposto por Antunes et al. (2008). Posteriormente, as mudas foram cortadas rente ao solo, divididas em folhas, caules e raízes determinando-se a massa seca (g), massa seca total (g) e a partir da coleta destes, foi determinada a qualidade das mudas, em que calculou-se o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), obtido pela fórmula IQD = [massa seca total/(RAD + RPAR)], onde RAD = relação da altura da parte aérea (cm) com o diâmetro do coleto (mm) e RPAR= relação da massa seca da parte aérea (g) com a massa seca de raízes (g) (MARANA et al., 2008). A determinação analítica dos teores de nutrientes foliares foi de acordo com Malavolta (2006). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão, com escolha dos modelos em função da sua significância, do fenômeno biológico e do coeficiente de determinação. A superfície de resposta foi estimada substituindo-se a dose de P e ácido cítrico para máximo valor das variáveis: massa seca total, área foliar, índice de qualidade de Dieckson, e dos teores foliares de Ca, N, P, S, B, Cu, Fe e Zn das mudas. Assim, cada equação relaciona estes dois fatores (P e ácido cítrico) numa mesma resposta para cada variável. Utilizou-se o programa SAS para Windows, pelos procedimentos PROG GLM e REG para realização das análises estatísticas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis mensuradas aos 180 DAS, massa seca total, área foliar e índice de qualidade de Dickson (IQD) observou-se efeito significativo dos fatores testados (fósforo e ácido cítrico), sendo as mesmas estudadas e representadas em forma de superfície de resposta.

O aumento das doses de ácido cítrico proporcionou o acúmulo de massa seca total (MST) e área foliar (AF), sobre as diferentes

doses de fósforo adicionadas ao substrato, como se observa nas Figuras 1 e 2, respectivamente. E, as combinações estimadas para proporcionar máxima massa seca total (3,15g) foram 1800 mg dm-³ de P_2O_5 e 0,9 mg dm-³ de AC (Figura 1) e, a máxima de área foliar (200,7 cm²) foram 1260 mg dm-³ de P_2O_5 e 1,0 mg dm-³ de AC (Figura 2). Guimarães (1994), trabalhando com mesma cultivar aplicando-se 900 mg P_2O_5 dm^3 e sem adição de ácido cítrico obteve valor semelhante ao encontrado, com média de MST de 1,42 g. Com a adição do ácido cítrico, nota-se um maior acúmulo na massa seca alcançando uma "dose ótima" aplicada, corroborando com Jayarama, Shankar e Violet (1998) que encontraram a melhor dose de 0,75 mg dm^{-3}, quando trabalharam com crescimento de mudas.

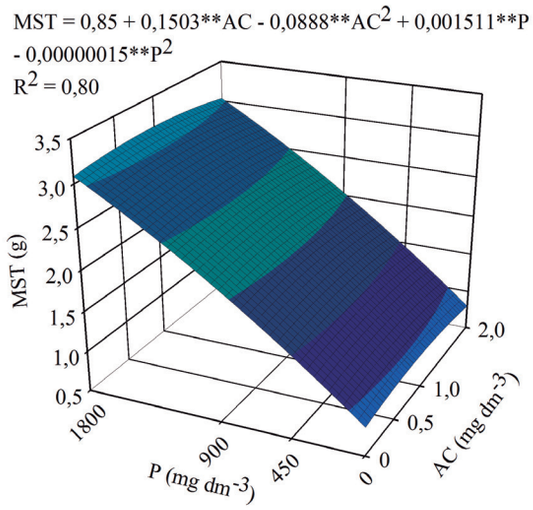


FIGURA 1 - Massa seca total de mudas de café, em função de doses de ácido cítrico (AC) e de fósforo (P) em substratos, aos 180 dias após semeadura (DAS) (**significativa a 1% pelo teste de t).

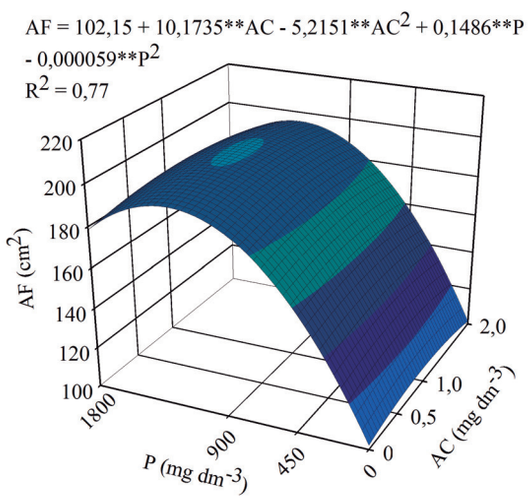


FIGURA 2 - Área foliar acumulada de mudas de café, em função de doses de ácido cítrico (AC) e de fósforo (P) em substratos, aos 180 dias após semeadura (DAS) (**significativa a 1% pelo teste de t).

Observou-se, por meio dos coeficientes angulares das equações das superfícies de resposta que, no Índice de Qualidade de Dickson (IQD) do café, houve maior influência do P que do AC na resposta das plantas às combinações de doses de P e AC nos substratos dos solos estudados (Figura 3). O ponto de máximo valor do IQD (0,24) foi obtido com as doses de 1404,0 mg P_2O_5 dm^{-3} e 1,0 mg dm^{-3} de AC, e, consequentemente, alcançando o valor mínimo de qualidade de mudas de 0,20, conforme recomendação de Marana et al. (2008), o que apresenta mudas de qualidade superior. Inclusive, os valores ótimos para P são muito próximos aos 1308,0 mg P_2O_5 dm^{-3} ,encontrados por Santinato et al. (2014).

Oburger, David e Walter (2011) destacaram o potencial do AC para melhorar a aquisição de P por plantas, em solos com potencial para fixação de P e constataram que, para alguns solos com capacidade de fixação extremamente alta, uma concentração maior de ânions citrato teria sido necessário para atingir considerável aumento no P solúvel no solo e, consequente crescimento das plantas.

Observou-se também que, quando aplicado em um substrato com o dobro de fósforo padrão, segundo recomendação de Guimarães e Reis (2010) (1800 mg P_2O_5 dm_{-3}), as doses crescentes de ácido cítrico proporcionaram um comportamento quadrático com posterior redução do IQD (Figura 3).

Evidencia-se que, dentre os vários fatores que afetam a qualidade de mudas, pode-se citar a adubação do substrato (CRUZ; PAIVA; GUERRERO, 2006). Marana et al. (2008) demonstraram que o princípio de avaliação pelo maior aumento do crescimento ou seja, quanto maior a muda de café melhor, não é correto e não deve ser generalizado, pois, podem ocorrer distorções provenientes do excesso de nitrogênio. Usando-se o IQD (Índice de Qualidade de Dickson), obtiveram melhor resposta à qualidade das mudas de café, sendo o índice de 0,21 em suas mudas mais vigorosas, por isto, é de fundamental importância, avaliar mudas submetidas à aplicação de ácido cítrico e fósforo em doses crescentes.

Quanto aos teores foliares das mudas de café aos 180 DAS, houve efeito significativo dos fatores testados (fósforo e ácido cítrico), sendo estudadas as doses de fósforo e de ácido cítrico nos nutrientes como: Ca, N, P, S, B, Cu, Fe e Zn. Para os demais nutrientes, como Mg, K e Mn, houve efeito significativo somente das doses de fósforo.

As doses de AC e P influenciaram significativamente nos teores de Ca e N nas folhas de café, sendo que as combinações estimadas para proporcionar o máximo teor de Ca (10,3 g kg^{-1}) foram 1240 mg dm^{-3} de P_2O_5 e 1,0 mg dm^{-3} de AC (Figura 4-a) e, a máxima de N nas folhas, (28,2 g kg^{-1}) foram 0,0 mg dm^{-3} de P_2O_5 e 2,0 mg dm^{-3} de AC (Figura 4-b).

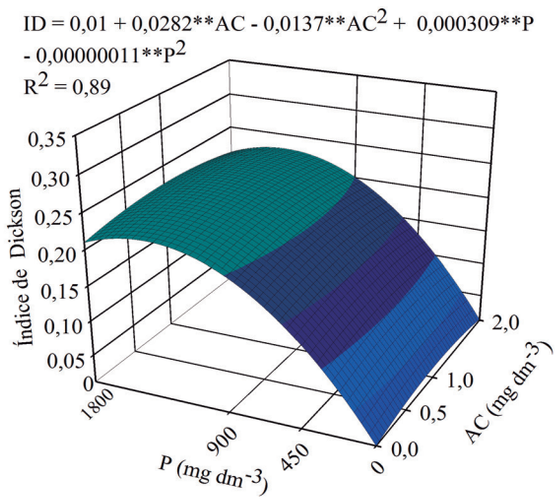


FIGURA 3 - Índice de qualidade de Dickson em mudas de café em função de doses de ácido cítrico (AC) e de fósforo (P) em substratos, aos 180 dias após a semeadura (DAS) (** significativo a 1%, pelo teste de t).

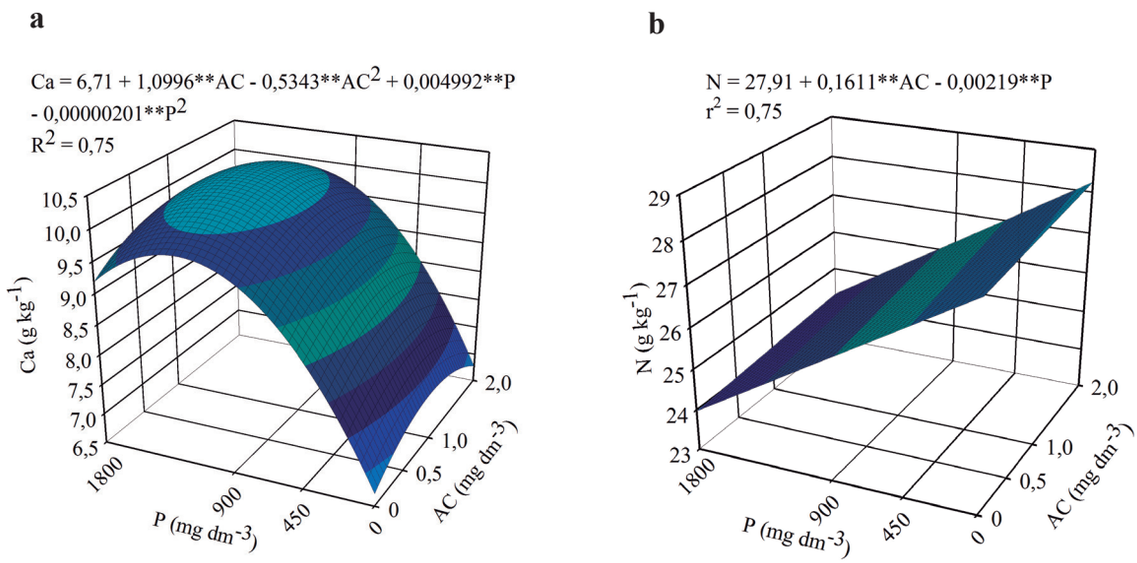


FIGURA 4 - Teores de cálcio (Ca) (**a**) e nitrogênio (N) (**b**) em folhas de café em função de doses de ácido cítrico (AC) e de fósforo (P) em substratos, aos 180 dias após a semeadura (DAS) (** significativo a 1%, pelo teste de t).

Focando uma comparação de resultados, os teores de Ca foram ligeiramente superiores aos limites de máximo da faixa adequada, proposta por Gontijo (2004) de 25,7-27,8 g kg-¹ e, podem ser atribuídos às adubações diferenciadas de fósforo no substrato e, por sua vez, a fonte utilizada (superfosfato simples) possui cálcio na formulação (Figura 4-a). A posterior redução no teor de Ca foliar pode ser explicada por baixa solubilização de precipitados químicos (P-Ca) após 180 dias da semeadura, e que, o ácido cítrico promove, por processos de quelação e troca de ligantes (FOX; COMERFORD, 1990 citados por SILVA et al., 2002). Este elemento, em alta concentração na solução do solo, promove uma inibição competitiva com o cálcio, diminuindo a absorção pela planta (GUIMARÃES; REIS, 2010).

Nos teores de N na massa seca das folhas até a concentração de 450 mg de P_2O_5 dm^{-3} juntamente com a aplicação do ácido orgânico proporcionou um modelo linear positivo nos teores foliares, com ponto de, no máximo 2,0 mg dm^{-3} com 27,25 g kg^{-1}, onde as mudas ainda estavam dentro da faixa crítica de teor de N, determinada por Gontijo (2004) (Figura 4-b).

As doses de ácido cítrico influenciaram os teores de P na massa seca das folhas, onde destaca-se o aumento linear do nutriente nas mudas em que não se colocou fósforo no substrato (Figura 5). Nota-se ainda que, para cada miligrama aplicada de ácido cítrico, houve um aumento de 0,0812 g kg^{-1} de P na massa seca das folhas, sendo que a dose de 0,5 mg dm^{-3} do ácido garantiu a adequação dos teores na faixa crítica de P em folhas de cafeeiro de 3,3 – 3,8 g kg-¹, determinada por Gontijo (2004).

Entretanto, mesmo obtendo uma alta resposta em teor foliar de P, as mudas que não receberam fósforo na mistura do substrato demonstraram ser inferiores em massa seca total (Figura 1) e área foliar acumulada (Figura 2). Este fato pode ser decorrente do desenvolvimento irregular na parte aérea e sistema radicular em substratos com deficiência de fósforo (MELO et al., 2006). Infere-se que, ou o ácido cítrico isoladamente não proporcionou resposta equivalente ao tratamento com fósforo mineral, e/ou o cálcio presente na fonte de adubo (superfosfato simples) tenha promovido, parcialmente, o desenvolvimento das mudas. Pois, com metade da dose da recomendação da CFSEMG (1999) para P em substratos (450 mg de P_2O_5 dm^{-3}), observou-se que o teor atingiu a faixa crítica de P (GONTIJO, 2004) (Figura 5). Lembrando que estes valores estão próximos ao ponto de máximo valor do índice de qualidade de Dieckson (0,24), pois, o mesmo foi obtido com as doses de 1404,0 mg P_2O_5 dm^{-3} e 1,0 mg dm^{-3} de AC, e, consequentemente, alcançando o valor mínimo de qualidade de mudas de 0,20.

As doses de ácido cítrico influenciaram, de forma positiva, no teor de S na massa seca das folhas onde, no substrato com a dose de P, segundo a recomendação da CFSEMG (1999) (900 mg de P_2O_5 dm^{-3}), foi verificada a menor variação nos teores do nutriente (Figura 6).

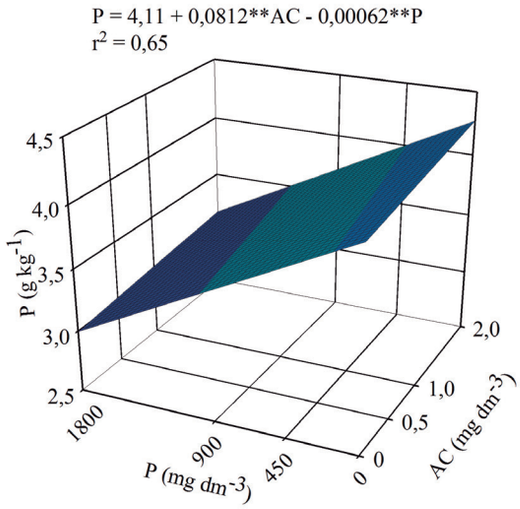


FIGURA 5 - Teores de fósforo (P) em folhas de café em função de doses de ácido cítrico (AC) e de fósforo (P) em substratos, aos 180 dias após a semeadura (DAS) (** significativo a 1%, pelo teste de t).

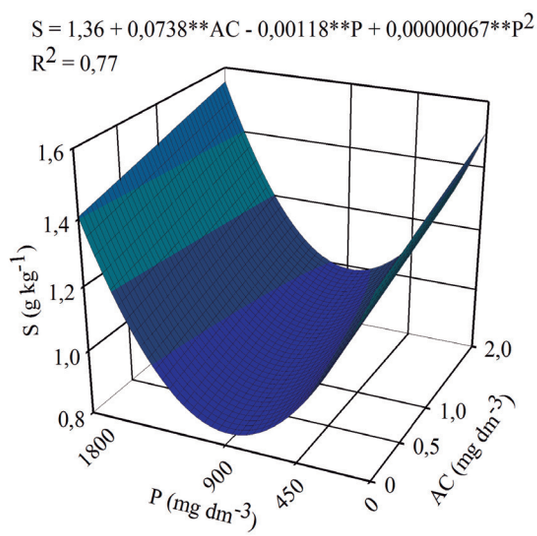


FIGURA 6 - Teores de enxofre (S) em folhas de café em função de doses de ácido cítrico (AC) e de fósforo (P) em substratos, aos 180 dias após a semeadura (DAS) (** significativo a 1%, pelo teste de t).

E, o P no substrato proporcionou uma reposta quadrática negativa com o aumento do AC, no teor de S nas folhas. No substrato com 0 mg de P_2O_5 dm^{-3}, verificou-se um crescimento quadrático no teor de S nas folhas, atingindo o ponto de máximo na dose de 1,39 mg dm^{-3} de ácido cítrico, com valor de 1,45 g kg-1. Valor este abaixo da faixa crítica (GONTIJO, 2004). Demonstrando assim, o efeito antagônico entre o AC e o P, para o teor de S nas folhas. Estudos da dinâmica da interação do S e do P demonstraram que há uma interação fortemente positiva entre estes nutrientes, e que a utilização de altos teores de P e/ou, de N podem provocar deficiência de S, quando o teor no solo é baixo, promovendo um desbalanço entre ânions (GUIMARÃES; REIS, 2010). Além disso, o grau de afinidade dos ânions com o citrato (ácido orgânico de baixa massa molecular) e o fosfato, é bem maior do que a do sulfato, por meio de bloqueio dos sítios de adsorção (NOVAIS; SMYTH; NUNES, 2007), assim, este último sendo possivelmente lixiviado pelas regas

diárias das mudas, que consequentemente será menos absorvido pelas plantas.

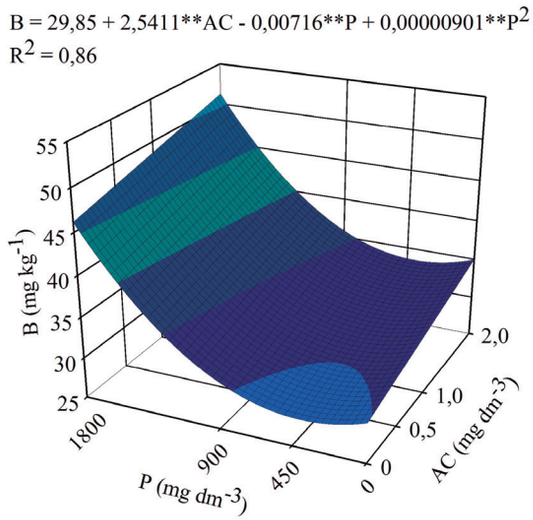
As doses de ácido cítrico influenciaram os teores de B e de Cu na massa das folhas, submetidas a diferentes doses de fósforo no substrato, de forma diferenciada em cada dose (Figura 7-a e 7-b). Nos teores de B, somente o substrato com dose 1800 mg P_2O_5 dm^{-3} submetido à aplicação do AC, que atingiu a faixa crítica de 39,7-39,9 mg kg-¹, determinada por Gontijo et al. (2007), para este nutriente. A equação com os dois fatores demonstra que, à medida que o AC proporcionou incrementos lineares positivos (2,54 de mg kg-¹ de B para unidade de AC adicionado), o P proporcionou um comportamento quadrático negativo, ou seja, houve um efeito competitivo aniônico. Todavia, o teor um pouco abaixo da faixa crítica é comum, pois o B é um nutriente facilmente lixiviado (ABREU; LOPES; SANTOS, 2007), principalmente pelas regas diárias das mudas.

Doses de ácido cítrico influenciaram o teor de Cu na massa seca das folhas sobre as diferentes doses de fósforo no substrato, entretanto, o ácido cítrico teve maior eficiência com o acréscimo das doses em que não se aplicou fósforo no substrato (Figura 7-b). Observa-se ainda que, este tratamento seguiu modelo quadrático crescente, atingindo o ponto de máximo de 24,5 mg kg^{-1} com a dose 1,5 mg dm^{-3}de ácido cítrico, acrescentando 56,9% em teor deste nutriente nas folhas e, com uma posterior redução na dose de 2,0 mg dm^{-3}.

Esse comportamento é explicado devido à solubilização dos macro e micronutrientes no solo, em especial o Cu, promovida pelos ácidos orgânicos, como o cítrico, que disponibiliza nutrientes para a absorção das plantas, liberando tanto cátions como ânions, através de reações solubilizadoras de precipitados orgânicos (PEGORARO et al., 2005). No substrato com 450 mg de P_2O_5 dm^{-3}, a aplicação de ácido cítrico proporcionou efeito quadrático negativo, com uma redução de 16,47 mg kg^{-1} para 12,24 mg kg^{-1} de Cu, na dose de 2,0 mg dm^{-3}. Todos os tratamentos com ácido cítrico e fósforo proporcionaram teores de Cu acima do que a faixa crítica determina, para mudas de café com 180 dias, determinada por Gontijo et al. (2007), embora o AC possa ser biodegradado rapidamente, como fonte de C orgânico, para a microbiota do solo.

O AC influenciou, de forma variada, os teores de Fe (Figura 8-a) e de Zn (Figura 8-b). Em todas as doses de P no substrato, o teor de Fe na massa seca das folhas reagiu de forma linear crescente, com aumento de 10,6 mg kg-¹ a cada miligrama de ácido cítrico aplicado (Figura 8-a). Aumento este devido à complexação metálica exercida pelo ácido cítrico, que, atua descomplexando os sítios do ortofosfato com os oxi-hidróxidos de Fe, liberando o fosfato em solução (SILVA et al., 2002) e, liberando também na solução Fe complexado com o ácido cítrico (GUPPY et al., 2005), podendo este ser absorvido pelas plantas.

a



b

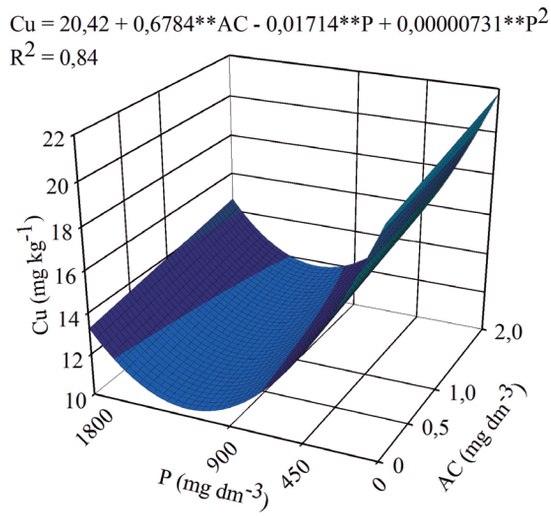


FIGURA 7 - Teores de boro (B) (**a**) e cobre (Cu) (**b**) em folhas de café em função de doses de ácido cítrico (AC) e de fósforo (P) em substratos, aos 180 dias após a semeadura (DAS) (** significativo a 1%, pelo teste de t).

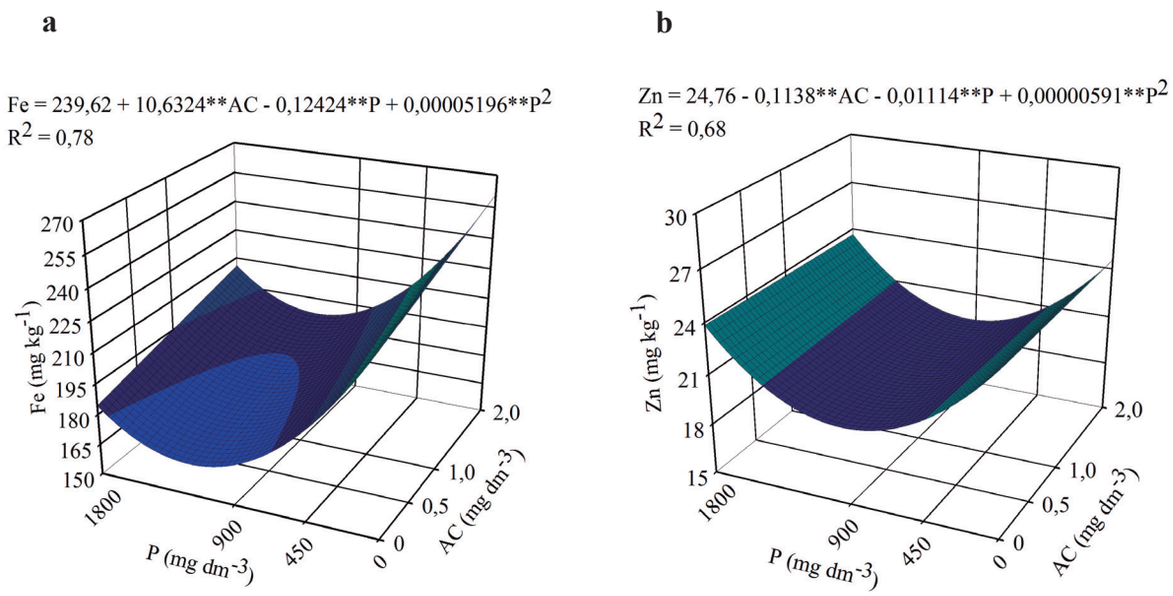


FIGURA 8 - Teores de ferro (Fe) (**a**) e zinco (Zn) (**b**) em folhas de café em função de doses de ácido cítrico (AC) e de fósforo (P) em substratos, aos 180 dias após a semeadura (DAS) (** significativo a 1%, pelo teste de t).

Por outro lado, com o aumento das doses de P no substrato, em todas as aplicações de ácido cítrico, observou-se modelo quadrático negativo, com ponto de mínimo teor de 165,2 mg kg^{-1} de Fe, com a dose de 1200,0 mg de P_2O_5 dm^{-3}, valor este abaixo da faixa crítica para o elemento (209-214 mg kg^{-1} de Fe) em mudas, determinado por Gontijo et al. (2007), podendo ser explicado pelo efeito diluição, devido à planta crescer rapidamente com a presença de P no substrato.

Observa-se que a aplicação de ácido cítrico influenciou de forma linear negativa o teor de Zn nas mudas, em todas as doses de P, aplicados nos substratos (a cada unidade de AC aplicada, reduziu 0,11 mg kg^{-1} de Zn, nas folhas) e, as doses de P influenciaram de forma quadrática negativa em todas as doses de AC; assim, na ilustração da superfície de resposta (Figura 8-b), o valor mínimo de Zn nas folhas (19,3 mg kg^{-1}) foi observado quando se aplicou 2,0 mg dm^{-3} de AC e 940,0 mg dm^{-3} de P. Sendo assim, com a maior dose de P no substrato, se pressupõe que houve uma formação de fosfato de Zn e assim a planta absorveu mais este nutriente. Corroborando, Jayarama, Shankar e Violet (1998) notaram que o teor foliar de Zn em mudas de café se elevou, com o aumento de doses de ácido cítrico.

Tornam-se necessários estudos mais profundos sobre a ação dos ácidos orgânicos de baixo peso molecular, em especial o ácido cítrico, sobre a disponibilidade de nutrientes no solo e/ou em substratos de mudas. Inclusive, para futuros trabalhos, é recomendável avaliar-se o tempo de biodegradação do ácido cítrico aplicado no solo associadamente com: adição de matéria orgânica no substrato, relacionando com curvas de retenção de água (CRA).

4 CONCLUSÕES

A aplicação de doses de 1404,0 mg P_2O_5 dm^{-3} e 1,0 mg dm^{-3} de ácido cítrico no substrato influencia positivamente na qualidade das mudas.

O ácido cítrico promove aumento nos teores foliares de Ca, N, P, S, Cu, Fe e Zn com doses "ótimas", variando de 0,8 a 2,0 mg dm^{-3} em mudas implantadas em substrato sem fósforo adicionado, entretanto, isso não é efetivo para o desenvolvimento com qualidade das mesmas até o ponto de plantio no campo.

5 AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais), pelo apoio financeiro e provisão de recursos, bem como à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela bolsa de pesquisa cedida ao primeiro autor.

6 REFERÊNCIAS

ABREU, C. A. de; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. XI-Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645-736.

ALMEIDA, S. L. S. et al. Adição de resíduos orgânicos ao substrato para produção de mudas de café em tubete. **Revista Agroambiental**, Pouso Alegre, v. 3, n. 2, p. 9-13, 2011.

ANDRADE, F. V. et al. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em Latossolos e adsorção de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1003-1011, nov./dez. 2003.

ANTUNES, W. C. et al. Allometric models for non-destructive leaf area estimation in coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*). **Annals of Applied Biology**, Oxford, v. 153, n. 1, p. 33-40, 2008.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:** 5ª aproximação. Viçosa, MG, 1999. 320 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira café:** segunda estimativa, maio/2014. Brasília, 2014.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samaneainopinata* (Harms) Ducke). **Revista** *Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 537-546, jul./ago. 2006.

DECHASSA, N.; SCHENK, M. K. Exudation of organic anions by roots of cabbage carrot and potato as influenced by environmental factors and plant age. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Tharandt, v. 167, p. 623-629, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 2006. 306 p.

GONÇALVES, S. M. et al. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) produzidas em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 743-752, maio/jun. 2009.

GONTIJO, R. A. N. **Faixas críticas de teores foliares de macro e micronutrientes em mudas de cafeeiro (C*offea arábica* L.)**. 2004. 84 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

GONTIJO, R. A. N. et al. Faixas críticas de teores foliares de micronutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arábica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 135-141, jul./dez. 2007.

GUIMARÃES, P. T. G.; REIS, T. H. P. Nutrição e adubação do cafeeiro. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da (Ed.). **Café arábica do plantio à colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010. p. 343-414.

GUIMARÃES, R. J. **Análise do crescimento e da quantificação de nutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), durante seus estádios de desenvolvimento em substrato padrão**. 1994. 113 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1994.

GUPPY, C. N. et al. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. **Australian Journal of Soil Research**, Crawley, v. 43, p. 189-202, 2005.

JAYARAMA, V.; SHANKAR, B. N.; VIOLET, M. D. S. Citric acid as a potential phosphate solubiliser in coffee soils. **Indian Coffee**, Bangalore, v. 12, p. 13-15, 1998.

JEMO, M. et al. Phosphorus benefits from grain-legume crops to subsequent maize grown on acid soils of southern Cameroon. **Plant and Soil**, The Hague, v. 284, n. 1/2, p. 385-397, 2006.

JONES, D. L. et al. Organic acid behavior in soils: misconceptions and knowledge gaps. **Plant and Soil**, The Hague, v. 248, n. 1/2, p. 31-41, 2003.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 631 p.

MARANA, J. P. et al. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. **Ci**ência **Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 39-45, 2008.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil:** novo manual de recomendações. Varginha: PROCAFÉ, 2005. 438 p.

MELO, B. de et al. Substratos, fontes e doses de P_2O_5 na producao de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 35-44, 2006.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. VIII fósforo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.

OBURGER, E.; DAVID, J. L.; WALTER, W. W. Phosphorus saturation and pH differentially regulate the efficiency of organic acid anion-mediated P solubilization mechanisms in soil. **Plant and Soil**, The Hague, v. 341, n. 1/2, p. 363-382, 2011.

PALOMO, L.; CLAASSEN, N.; JONES, D. L. Differential mobilization of P in the maize rhizosphere by citric acid and potassium citrate. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 38, n. 4, p. 683-692, 2006.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 911-920, 2008.

PEGORARO, R. F. et al. Diffusive flux of cationic micronutrients in two Oxisols as affected by low molecular weight organic acids and cover crop residue. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Tharandt, v. 168, p. 334-341, 2005.

RAGHOTHAMA, K. G.; KARTHIKEYAN, A. S. Phosphate acquisition. **Plant and Soil**, The Hague, v. 274, p. 37-49, 2005.

SANTINATO, F. et al. Doses of phosphorus associated with nitrogen on development of coffee seedlings. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 419-426, 2014.

SCERVINO, J. M. et al. Soil fungal isolates produce different organic acid patterns involved in phosphate salts solubilization. **Biology and Fertility of Soils**, Oxford, v. 46, n. 7, p. 755-763, 2010.

SILVA, F. A. M. et al. Determinação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular na rizosfera de cafeeiro por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, p. 1391-1395, 2002. Edição especial.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Crescimento vegetativo de mudas de café arábica (*Coffea arabica* L.) submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 3, p. 251-261, 2010.

WEI, L.; CHEN, C.; XU, Z. Citric acid enhances the mobilization of organic phosphorus in subtropical and tropical forest soils. **Biology and Fertility of Soils**, Oxford, v. 46, n. 7, p. 765-769, 2010.

DELINEAMENTO DE ZONAS DE MANEJO PARA MACRONUTRIENTES EM LAVOURA DE CAFÉ CONILON CONSORCIADA COM SERINGUEIRA

Eduardo Oliveira de Jesus Santos[1], Flávia Barreto Pinto[2],
Marina de Almeida Barbosa[3], Ivoney Gontijo[4]

(Recebido: 12 de agosto 2014 ; aceito: 12 de novembro de 2014)

RESUMO: Estudos que visem delinear zonas de manejo e a variação espacial de atributos de solo podem contribuir para a aplicação racional de insumos, possibilitando ganhos econômicos e ambientais. Objetivou-se, no presente estudo, determinar a distribuição espacial dos macronutrientes do solo, Ca, Mg, K e P, bem como a definição de zonas de manejo para aplicação de insumos em uma lavoura de café conilon consorciada com seringueira, utilizando-se a técnica de agrupamento por método hierárquico associada à geoestatística. O estudo foi realizado no município de Nova Venécia, ES. A área experimental possui dimensões de 24 x 63m (1.512m^2) e relevo com forma convexa, onde demarcou-se uma malha de 60 pontos amostrais. Em cada ponto amostral foram coletadas quatro subamostras de solo na projeção da copa do cafeeiro, compondo uma amostra, na profundidade de 0-0,20 m. Coletou-se também uma amostra composta pelo método de amostragem tradicional, caminhamento em zigue-zague, formada por 15 subamostras. Os resultados obtidos foram submetidos à análise exploratória multivariada: agrupamento hierárquico, segundo o método Ward, com o intuito de definir os números de grupos ou de zonas de manejo. Os dados foram submetidos à análise geoestatística. No dendrograma obtido com a aplicação da técnica de análise de agrupamento, separam-se três grupos ou zonas de manejo. A análise de agrupamento integrada com a caracterização da variabilidade espacial dos atributos do solo foi eficaz na definição de zonas de manejo na lavoura em estudo

Termos para indexação: *Coffea canephora*, geoestatística, planejamento amostral.

DELIMITATION OF MANAGEMENT ZONES FOR MACRONUTRIENTS IN OF COFFEE CROP CONILON INTERCROPPING WITH RUBBER TREES

ABSCTRACT: *Studies on the determination of management zones and the spatial variation of attributes associated with yield response of crops soil can contribute to the rational application of inputs, enabling economic and environmental gains. The purpose of this study was to determine the spatial distribution of soil macronutrients Ca, Mg, K and P and defining management zone for application of inputs in a conilon crop intercropped with rubber, using the technique of cluster analysis. The study was conducted in the Nova Venecia, municipality of Espírito Santo, state Brazil. The experimental area has dimensions of 24 x 63m (1.512m2) and embossed with convex shape, where we marked a grid of 60 sampling points. At each sample point were collected four replicates of soil in the projection of the coffee canopy, forming a sample at a depth of 0-0,20 m. Also collected one comprises the traditional method of sampling pathway zigzag sample was composed of 15 subsample. The results obtained were subjected to multivariate exploratory analysis: hierarchical clustering, according to the Ward's method, in order to set the number of groups or management zones. The data were subjected to geostatistical analysis. In the dendrogram obtained with the technique of cluster analysis, three separate groups or management zones. The integrated cluster analysis with the characterization of the spatial variability of soil attributes was effective in defining areas of study in the plantation managements.*

Index terms: *Coffea canephora, geostatistics, sample planning*

1 INTRODUÇÃO

O café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner), vem sendo produzido de maneira crescente no estado do Espírito Santo e é considerada hoje a atividade mais importante do setor agrícola. A produção estimada no Brasil, no ano de 2014, é de 12,33 milhões de sacas, o que representa um crescimento de 13,5%, em relação à safra de 2013. A estimativa de 9,35 milhões de sacas, para a produção do ano de 2014, para o Estado representa, aproximadamente, 76% da produção nacional e cerca de 20% da mundial (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014), e parte dessa produção provém de lavouras de café conilon consorciada com plantas arbóreas, com destaque para a seringueira.

A seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. Ex A. Juss.) Miill. Arg] é uma espécie amazônica, porém com grande capacidade de adaptação em diversas condições climáticas (PILAU et al., 2007). Seu plantio é incentivado pelos governos estaduais e tem caráter social, possibilitando a

[1,2,3,4]Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Centro Universitário Norte do Espírito Santo/CEUNES Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical/PPGAT - Rodovia BR 101 Norte Km 60 - Bairro Litorâneo 29.932-540- São Mateus - ES - eduardoliviera@hotmail.com,flaviabarto_ufv@yahoo.com.br, marinalmeidabarbosa@gmail.com, ivoney.gontijo@ufes.br

melhoria da qualidade de vida das comunidades locais (ROSSMANN; GAMEIRO, 2006), como ocorre no Espírito Santo.

O sistema de consórcio entre as culturas citadas está se tornando um tipo de plantio atrativo para agricultores, no norte do Espírito Santo. Porém, ainda há poucas informações e inúmeras dúvidas, em relação ao manejo de adubação neste sistema. Os atributos químicos do solo possuem dinâmica de distribuição diferenciada, ao longo da diversidade de forma do relevo, decorrentes das alterações provocadas pelo sistema de manejo agrícola adotado (SOUZA et al., 2008). Siqueira, Marques Júnior e Pereira (2010), trabalhando com a cultura da laranja, propuseram a associação das técnicas de geoestatística e análise multivariada com o estudo das formas de relevo, para a identificação de áreas com diferentes potenciais.

O reconhecimento da distribuição espacial de propriedades químicas do solo é de fundamental importância para a determinação das zonas de manejo da cultura (SANTOS et al., 2003). A compreensão e a classificação dessa variabilidade dos atributos do solo e seus efeitos na produtividade das culturas são componentes importantes para o gerenciamento localizado de sistemas agrícolas (JIANG; THELEN, 2004). Por meio do mapeamento dos atributos químicos do solo, é possível a identificação de regiões de maior homogeneidade, permitindo assim, que as práticas agronômicas possam ser transferidas para ambientes semelhantes (SIQUEIRA et al., 2010).

Desse modo, objetivou-se determinar a distribuição espacial dos macronutrientes Ca, Mg, K e P no solo, bem como a definição de zonas de manejo, para aplicação de insumos em uma lavoura de café conilon consorciada com seringueira, utilizando a técnica de agrupamento por método hierárquico associada à geoestatística.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Nova Venécia, norte do estado do Espírito Santo, cujas coordenadas geográficas são 18°43’40,6’’ S e 40°23’25,5’’ W, com uma altitude média de 65 m. O clima é Aw, segundo classificação de Köppen, caracterizado por tropical com uma estação seca. A região é recoberta dominantemente pela Formação Barreira, distribuída ao longo do litoral, sobre as rochas do Pré-Cambriano, do embasamento Cristalino (BRASIL, 1970). O solo foi classificado como Argissolo Amarelo distrófico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013).

A área experimental é cultivada com o consórcio de café conilon-seringueira.A lavoura foi implantada em janeiro de 2012, com o plantio da cultura da seringueira, no espaçamento 3 x 3m. Após três meses, foi realizado o plantio do café conilon, no espaçamento de 3 x 1m, mantendo-se 4 hastes por plantas. Verificou-se no histórico da área que a cultura cultivada anteriormente foi a *Brachiaria brizantha*. Na ocasião de implantação da lavoura, realizou-se a aplicação de 800 kg ha^{-1} de calcário dolomítico em área total, o qual foi incorporado pela operação de subsolagem, com equipamento regulado a 0,80 m de profundidade, no preparo do solo. Antes do plantio, realizou-se a aplicação de 250 g de calcário dolomítico no fundo da cova, em seguida foi adicionada a adubação de cova com 4,0 kg de esterco curtido de galinha de granja, 20 g de FTE BR – 12 (1,8% de B, 0,8% de Cu, 3% de Fe, 2% de Mn, 0,1% de Mo e 8% de Zn) e 200g de superfosfato simples. Durante o primeiro ano, aplicou-se 20g do formulado NPK 20-00-20, alternado com ureia sulfatada, a cada 40 dias. A partir do segundo ano, foi aplicado 650g do formulado 20-05-20 por plantas, parcelando em oito aplicações, com intervalos de 45 dias.

Demarcou-se, com o auxílio de uma trena, uma malha quadrangular de 24 x 63 m (1.512 m^2), com 60 pontos (Figura 1). Em cada ponto amostral, foram coletadas quatro subamostras de solo na projeção da copa do cafeeiro, em cada um dos pontos cardeais, formando uma amostra composta. Realizou-se também, a amostragem tradicional, coletando 15 subamostras constituindo uma amostra composta, com caminhamento em zigue-zague ao longo da área experimental, compondo uma amostra de aproximadamente 500 cm^3, na profundidade de 0-0,20m, para obtenção de dados referentes à fertilidade do solo (Cálcio, Magnésio, Fósforo e Potássio), de acordo com EMBRAPA (1997). Nos dois esquemas de amostragem, em malha e tradicional, utilizou-se um amostrador de solo tipo “sonda”e os teores dos macronutrientes no solo da amostra composta, realizada pelo método tradicional foram: 4,9 $cmol_c$ dm^{-3}, 1,2 $cmol_c$ dm^{-3}, 11,7 mg dm^{-3} e 142 mg dm^{-3} para o Ca, Mg, P e K, respectivamente.

A amostragem de solo realizada, utilizando como parâmetro a cultura do café conilon, justifica-se pois o conilon é a cultura principal, além de apresentar demanda maior de nutrientes, em relação à seringueira, pela produção anual de grãos e representar a realidade do manejo realizado pelos produtores rurais.

Não existe literatura que aborde a recomendação de fertilizantes para o consórcio café-seringueira, desse modo adotou-se a recomendação para a cultura principal.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise exploratória multivariada: agrupamento hierárquico, segundo o método Ward, com o intuito de classificar os macronutrientes do solo em grupos homogêneos (SILVA; LIMA, 2012). Também conhecida como análise de "Cluster", este método realizou agrupamentos dos macronutrientes das amostras. Assim, os elementos químicos, em estudo, pertencentes a um mesmo grupo, sejam similares entre si, com relação às variáveis consideradas e os elementos de grupos diferentes sejam heterogêneos, em relação às essas mesmas características (SILVA JÚNIOR et al., 2012a; WEBSTER; OLIVER, 1990). Iniciou-se esta técnica, com aplicação da equação 1, cuja a finalidade foi a padronização dos dados, para que cada variável tenha suas escalas normalizadas para o padrão Z (μ=0; s=1).

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \overline{X}_{ij}}{S_i} \quad (1)$$

onde: X_{ij} – valor da j-ésima observação da i-ésima variável, $\overline{X}_{ij}$ – média da variável X_{ij}, S_i – desvio padrão da variável X_{ij}, Y_{ij} – j-ésima observação da i-ésima variável padronização.

Este modelo de agrupamento hierárquico foi usado para definir o número classes ou zonas de manejo, as quais foram definidas "a sentimento", cujo pesquisador especifica o nível de agrupamento, de acordo com um critério de fácil interpretação (MARDIA; KENT; BIBBY, 1997; SILVA JÚNIOR et al., 2012a). Após a definição das zonas, realizou-se a média aritmética dos macronutrientes do solo para cada grupo. Para realização dessas análises, utilizou-se o software estatístico Action v. 2.3 (ACTION DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

A análise da dependência espacial foi realizada pela geoestatística, com auxílio do programa computacional GS+ Versão 7 (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2004), que realiza os cálculos das semivariâncias amostrais, cuja expressão pode ser encontrada em Vieira et al. (1983):

$$\gamma(h) = \frac{\sum_{i=1}^{n(h)} [z(x_i + h) - z(x_i)]^2}{2n(h)} \quad (2)$$

em que: n(h) número de pares amostrais $[z(x_i); z(x_i + h)]$ separados pelo vetor h, sendo $z(x_i)$ e $z(x_i + h)$, valores numéricos observados do atributo analisado, para os pontos x_i e $x_i + h$ separados pelo vetor h.

Em caso de dúvida entre mais de um modelo para o mesmo semivariograma, considerou-se o maior valor do coeficiente de correlação, obtido pelo método de validação cruzada (AMADO et al., 2007). Foi calculado o índice de dependência espacial (IDE), que é a proporção em percentagem do efeito pepita (C_o), em relação ao patamar (C_o+C), dada pela equação 3:

$$IDE = \frac{C_o}{C_o + C} 100 \quad (3)$$

Classificou-se o índice de dependência espacial, de acordo com Cambardella et al. (1994): (a) IDE forte < 25%; (b) IDE moderado de 25 a 75% e (c) IDE fraco > 75%.

Foram confeccionados também mapas de distribuição espacial, de acordo com o índice de fertilidade do solo (Tabela 1), segundo Prezotti et al. (2007) para o estado do Espírito Santo.

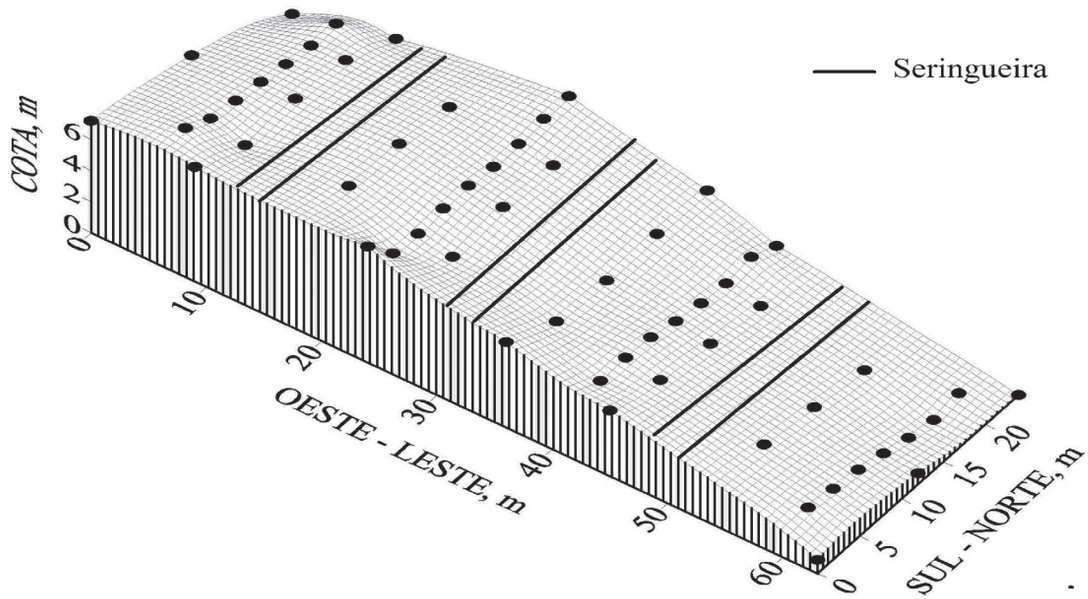


FIGURA 1 - Modelo de elevação digital da área estudada, com relevo de forma convexa.

TABELA 1 - Níveis para interpretação de resultados analíticos, segundo a classificação de Prezotti et al. (2007).

	Ca	Mg	P			K
			Argilosa *	Média	Arenosa	
	--------- $cmol_c\ dm^{-3}$ ---------		---------- $mg\ dm^{-3}$ ----------			
Nível baixo	< 1,5	< 0,5	< 5	< 10	< 20	< 60
Nível médio	1,5 – 4,0	0,5 – 1,0	5 – 10	10 – 20	20 – 30	60 – 150
Nível alto	> 4,0	> 1,0	> 10	> 20	> 30	> 150

* - Classificação textural de acordo com EMBRAPA (2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos matemáticos, ajustados aos semivariogramas pelo uso da técnica de geoestatística, mostraram que todos os macronutrientes do solo em estudo apresentaram dependência espacial (Figura 2 e Tabela 2). O modelo esférico foi o que melhor se ajustou aos semivariogramas para todos os atributos químicos. Resultados semelhantes foram encontrados por Bottega et al. (2011) para o Ca e Mg, estudando a distribuição espacial de atributos químicos em um Latossolo Vermelho distroférrico, por Silva et al. (2010), para o P em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico cultivado com a cultura do café conilon e por Hou-Long et al. (2010), para o P e K, em uma lavoura de tabaco. Cambardella et al. (1994) e Grego e Viera (2005), relatam que o modelo esférico possui melhor adaptabilidade para descrever o comportamento dos atributos de solo e de plantas, desse modo, tornando-se uns dos mais usados na ciência do solo.

Verificou-se que os macronutrientes do solo apresentaram índice de dependência espacial moderado, conforme Cambardella et al. (1994). Classificação semelhante foi observada por Marques Júnior et al. (2008) para o K e P em Latossolo cultivado com a cultura da cana de açúcar, por Souza et al. (2009) para o P em um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com a pastagem *Brachiaria decumbens* Stapf. e por Cobo et al. (2010) para Ca e Mg em uma área cultivada com milho. Cavalcante et al. (2007) salienta que o IDE moderado observado, pode ser justificado pela homogeneização do solo, proporcionada pela aplicação de insumo, nos diferentes sistemas de uso e manejo.

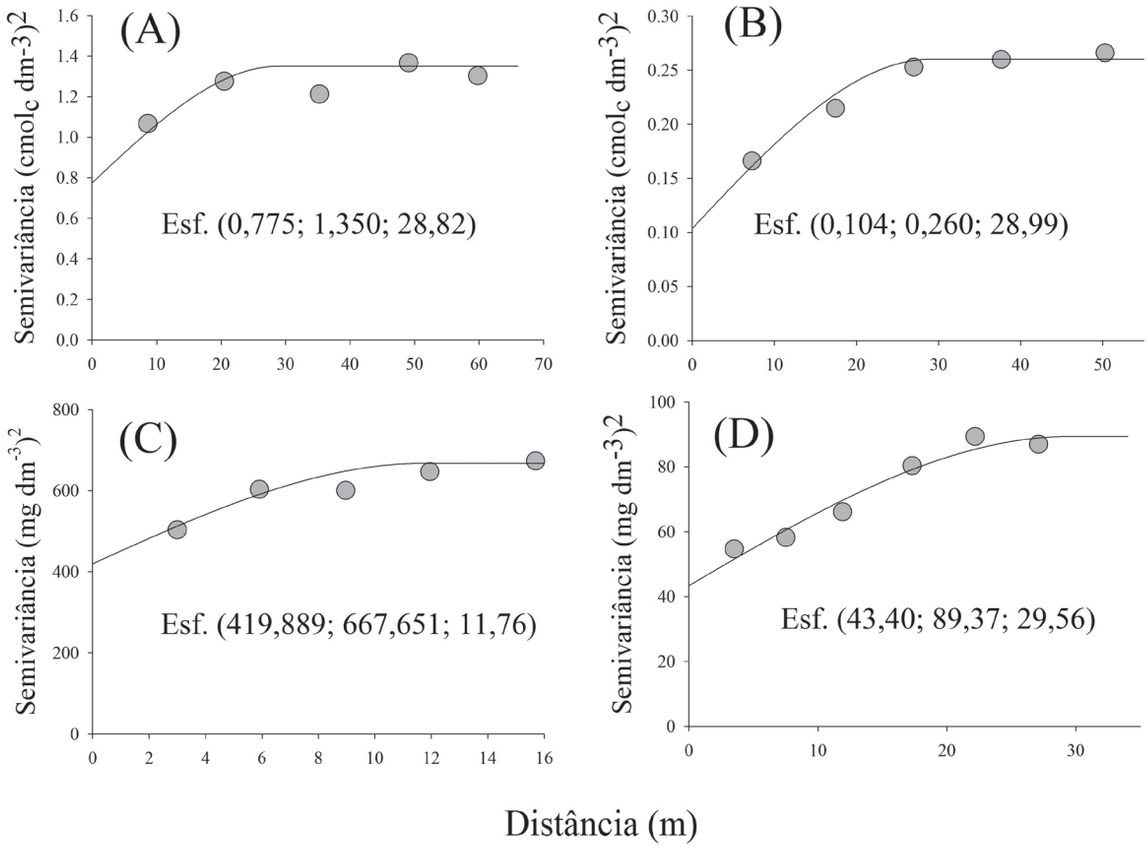


FIGURA 2 - Modelos de semivariogramas ajustados para cálcio (A), magnésio (B), potássio (C) e fósforo (D). Valores entre parênteses são efeito pepita (C_o), patamar (C_o+C) e alcance (a) em metros, respectivamente. Esf. – modelo esférico.

TABELA 2 - Parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para os macronutrientes do solo, em uma lavoura de café consorciada com seringueira cultivada no município de Nova Venécia, ES.

Nutrientes	IDE	R^2	CRCV	SQR
	---------- % ----------			-
Ca	42,6	75,7	92,4	$2,32\ 10^{-2}$
Mg	60,1	96,6	90,6	$2,69\ 10^{-4}$
K	37,1	87,4	72,2	3013,0
P	51,4	95,6	67,6	48,8

IDE – índice de dependência espacial; R^2 – coeficiente de determinação; CRCV – coeficiente de regressão de validação cruzada; SQR – soma de quadrado de resíduo.

No presente estudo, os valores do coeficiente de determinação (R^2) variaram entre 75,7 a 96,6%. O CRCV é resultado da comparação entre os valores estimados com os valores reais (AMADO et al., 2007). O CRCV variou entre 67,6 e 92,4, para P e Ca, respectivamente. O maior valor de CRCV para o Ca indica que a estimativa do seu teor no solo, utilizando a técnica da krigagem, apresenta um menor erro.

O menor valor de CRCV para o P deve-se à sua baixa mobilidade, que pode causar acúmulo desse nutriente, bem como a adsorção desse nutriente aos óxidos de Fe e Al, contribuindo para distribuição irregular desse elemento no

solo (CAMARGO et al., 2013; SILVA JÚNIOR et al., 2012b), afetando assim a confiabilidade da aplicação da técnica de krigagem.

O alcance de dependência espacial (a) gera informações relevantes para o planejamento e avaliação da área experimental, além de subsidiar informações sobre o processo de pedogênese (SOUZA et al., 2007) e manejo do solo. Os valores de alcance variaram entre 11,76 e 29,56 metros, para K e P, respectivamente. O menor valor de alcance para o K evidencia a baixa continuidade espacial desse nutriente no solo.

Após o ajuste dos modelos dos semivariogramas, os valores de cada atributo químico foram interpolados por meio da krigagem gerando, desta forma, mapas de distribuição espacial dos macronutrientes do solo (Figura 3). Os mapas isolinhas permitiram a visualização da variabilidade espacial para cada atributo do solo, observou-se que a região de maiores teores está representada com coloração mais escura. Verificou-se na Figura 3 (B) e (D), que as faixas de fertilidade, com maiores valores de Mg (1,78 – 2,99 $cmol_c$ dm^{-3}) e P (13,8 – 36,20 mg dm^{-3}), estão localizadas na região sudoeste da lavoura.

Os teores dos macronutrientes do solo da amostra convencional foram classificados, de acordo com Prezotti et al. (2007), em teores elevados para Ca (> 4,0 $cmol_c$ dm^{-3}) e Mg (> 1,0 $cmol_c$ dm^{-3}) e médios para o P (10 – 20 mg dm^{-3}) e K (60 – 150 mg dm^{-3}) evidenciando, na lavoura de café consorciado com seringueira, o correto suprimento dos nutrientes estudados, principalmente Ca e Mg adicionados via calagem.

Os teores de macronutrientes do solo interpolados, foram classificadas de acordo com índice de fertilidade do solo, proposto por Prezotti et al. (2007). De modo geral, os demais macronutrientes estudados apresentaram distribuição heterogênea, destacando-se os nutrientes Ca, Mg e K (Figura 4 A, B e C), com uma predominância de níveis médios e altos ao longo da área experimental. No entanto, o P (Figura 4 D) apresentou os três níveis de fertilidade, com predominância de índices intermediários.

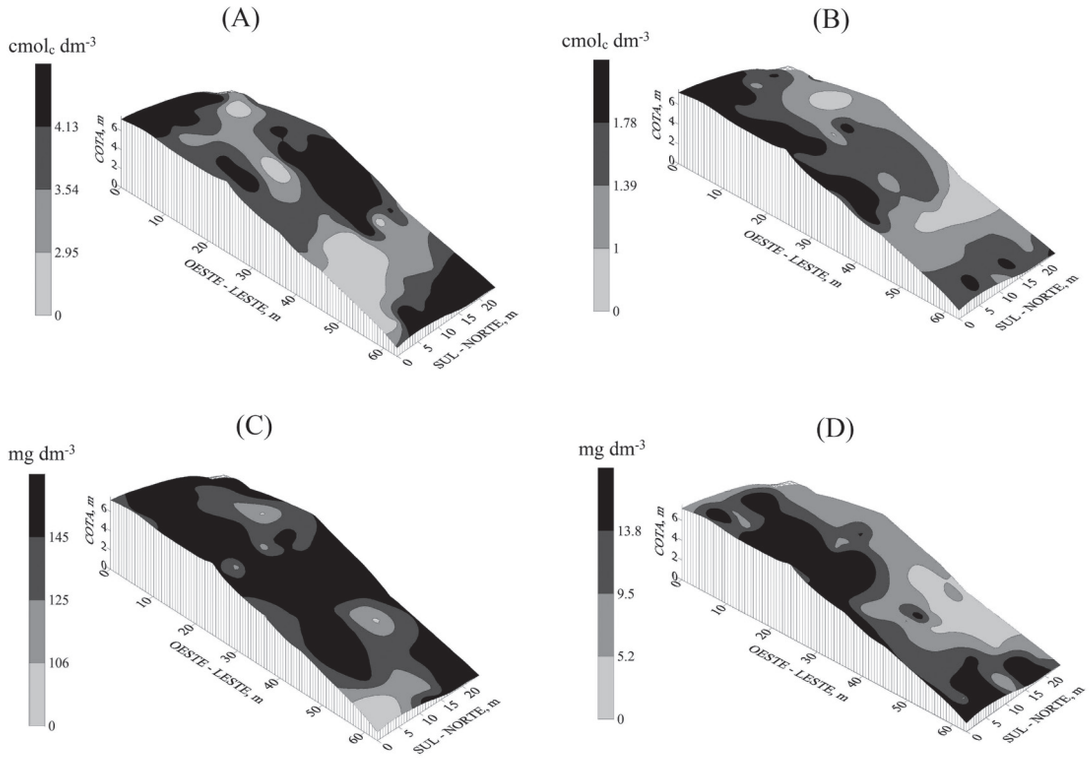


FIGURA 3 - Mapas de distribuição espacial dos macronutrientes do solo: cálcio (A), magnésio (B), potássio (C) e fósforo (D).

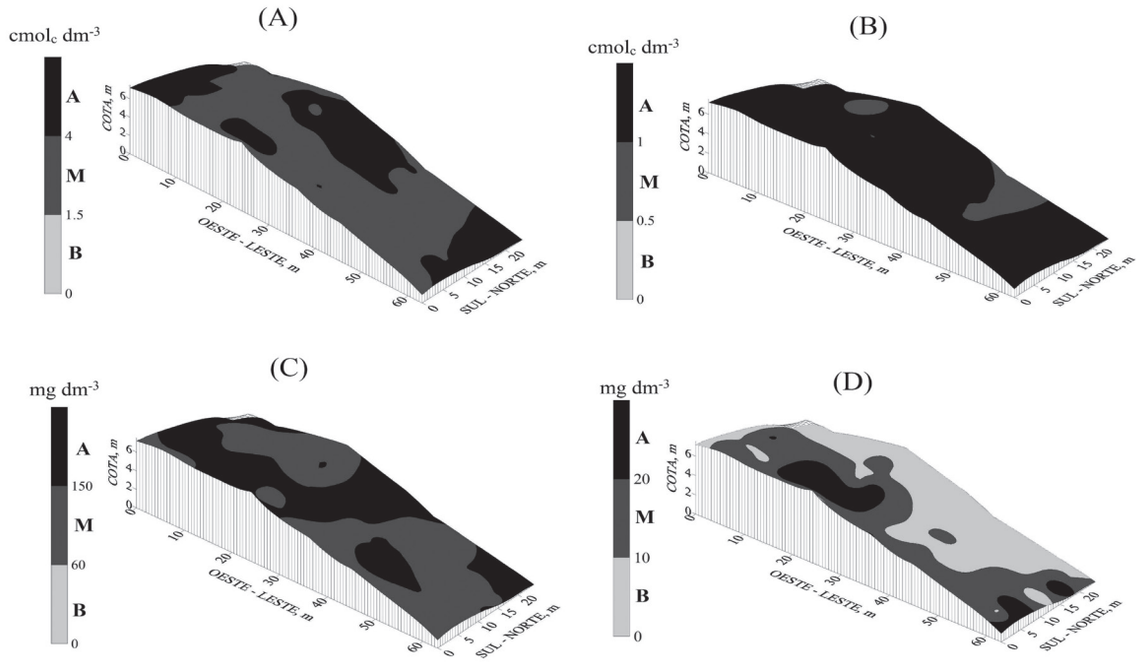


FIGURA 4 - Mapas de distribuição espacial dos macronutrientes do solo: cálcio (A), magnésio (B), potássio (C) e fósforo (D), de acordo com a classificação de Prezotti et al. (2007). A – Valores altos, M – Valores médios e B – Valores baixos.

No dendrograma obtido com a aplicação da técnica de análise de agrupamento, separam-se três grupos ou zonas de manejo (Figura 5 e 6), onde as zonas de manejo 1, 2 e 3 correspondem a uma área de 956,25m^2; 195 m^2 e 360,75 m^2, respectivamente.

O baixo número de grupos foi escolhido devido à área experimental ser relativamente pequena (1.512 m^2) e também por possibilitar o planejamento agrícola da lavoura pelos agricultores. Delalibera, Weirich Neto e Nagata (2012), estudando zonas de manejo agrícola em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, separaram a área de estudo (aproximadamente 9,6 ha), em cinco grupos.

Visando a classificação do teor de P disponível, determinaram-se os teores de cada fração granulométrica e a classificação textural para cada zona de manejo e na área total, conforme apresentado na Tabela 3.

Os teores médios dos atributos químicos dos três grupos (Tabela 4), também foram classificados de acordo com índice de fertilidade do solo (PREZOTTI et al., 2007). Observou-se na zona de manejo 1 que os níveis de fertilidade foram considerados elevados para o Mg, médios para o Ca e K e baixo para o P. Verificaram-se índices elevados para todos os macronutrientes na zona de manejo 2. Já para zona de manejo 3 foram encontrados níveis de fertilidade elevados para Ca, Mg e K e médio para o P.

A lavoura é constituída de sequência sucessiva de 4 linhas de café conilon, intercalado com 2 linhas de seringueira. Visando realizar o manejo de adubação a taxa diferenciada, considerou-se a cultura principal e uma estimativa de produtividade média de 100 sacas ha^{-1}. Desse modo, a recomendação de acordo com Prezotti et al. (2007) encontra-se na Tabela 5. Não houve necessidade da aplicação de Ca e Mg, pois os níveis para todas as zonas são considerados adequados e, normalmente, estes nutrientes são repostos ao solo, via calagem.

Observa-se que a recomendação de K_2O pelo método tradicional, atende adequadamente à exigência nutricional da lavoura, em todas as zonas de manejo. No entanto, com relação ao P_2O_5, a recomendação tradicional atenderia à exigência nutricional do café conilon adequadamente apenas na zona de manejo 3.

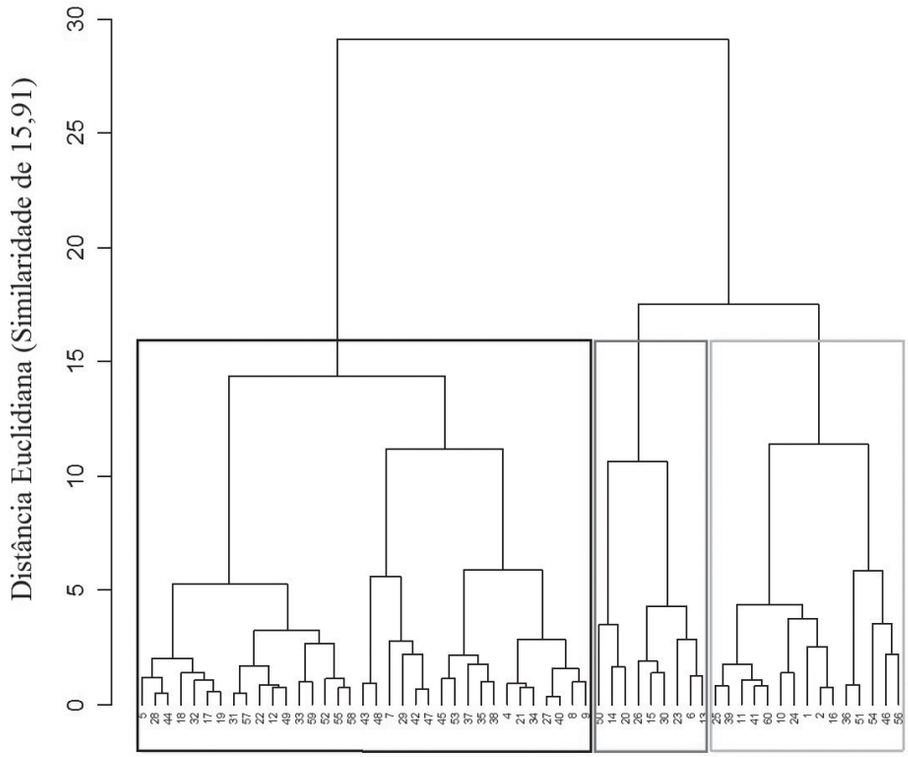


FIGURA 5 - Dendrograma ilustrativo resultante da análise de agrupamento dos macronutrientes do solo (similaridade de 15,91).

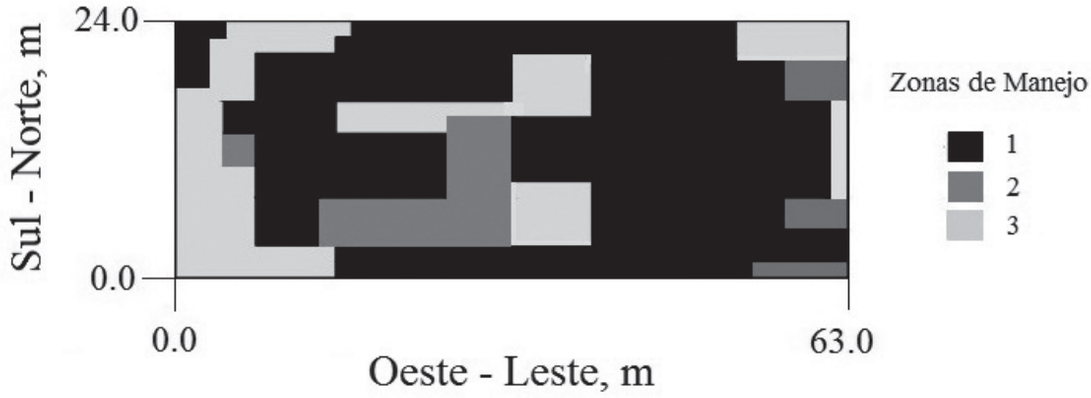


FIGURA 6 - Zonas de manejo agrícola para a lavoura de café consorciada com seringueira.

TABELA 3 - Caracterização granulométrica do solo nas diferentes zonas de manejo adotadas e na área total, obtida pela amostragem tradicional.

	Argila	Silte	Areia	Classificação textural *
	---------- g kg^{-1} ----------			
Zona de Manejo 1	284	158	558	Média
Zona de Manejo 2	390	109	501	Argilosa
Zona de Manejo 3	373	94	533	Argilosa
Área total	343	100	557	Média

* - De acordo com EMBRAPA (2006).

TABELA 4 - Valores médios dos teores dos macronutrientes do solo, para cada zona de manejo estabelecida.

	Zona de manejo 1				Zona de manejo 2				Zona de manejo 3			
	Ca	Mg	K	P	Ca	Mg	K	P	Ca	Mg	K	P
Média	3,5	1,3	137,3	9,6	4,3	1,7	158,1	29,0	4,8	2,0	164,3	8,9
Class.	M	A	M	B	A	A	A	A	A	A	A	M

Valores de Ca e Mg estão em $cmol_c$ dm^{-3} e K e P estão em mg dm^{-3}; Class. – classificação dos teores de acordo com Prezotti et al. (2007); A – alto, M – médio, B - baixo

TABELA 5 - Recomendação de P_2O_5 e K_2O, em kg ha^{-1} considerando as Zonas de Manejo e a Metodologia Tradicional, de acordo com Prezotti et al. (2007).

	Zonas de Manejo			Metodologia Tradicional
	1	2	3	
P_2O_5	75	--	35	35
K_2O	270	270	270	270

Contudo, haveria na zona de manejo 2 uma aplicação além da necessidade da lavoura, implicando em elevação do custo de produção, e na zona de manejo 1 haverá subdosagem, podendo provocar deficiência desse nutriente, com consequente comprometimento da produtividade da lavoura. Utilizando-se essa metodologia de manejo da adubação, para a lavoura em questão, haverá uma maior precisão no uso dos fertilizantes, o que proporcionará uma menor relação custo/benefício.

A análise dos teores dos atributos químicos pelo método da distribuição espacial e zonas de manejo possibilita identificar zonas para o uso agrícola que apresentam déficit ou excesso de nutrientes na área, que não poderiam ser definidas com o método convencional de amostragem, caminhamento em zigue-zague.

4 CONCLUSÕES

A análise de agrupamento integrada com a caracterização da variabilidade espacial dos atributos do solo foi eficaz na definição de zonas de manejo para aplicação de insumos, em uma lavoura de café conilon consorciada com seringueira.

Esses resultados inferem que a junção das ferramentas matemáticas, utilizadas no trabalho, pode ser uma alternativa viável para balizar lavoura de café conilon consorciada com seringueira.

O conhecimento da distribuição espacial associada à definição de zonas de manejo pode ser usado para aumentar a eficiência de aplicação dos fertilizantes agrícolas.

5 REFERÊNCIAS

ACTION DEVELOPMENT CORE TEAM. **ACTION 2.3:** ESTATCAMP. São Carlos, 2012.

AMADO, T. J. C. et al. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, p. 1101-1110, ago. 2007.

BOTTEGA, E. L. et al. Cokrigagem na estimativa dos teores de Ca e Mg em um Latossolo Vermelho distroférrico. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 821-828, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Pesquisas e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. **Levantamento exploratório dos solos da região sob influência de Cia. Vale do Rio Doce**. Rio de Janeiro, 1970. 148 p. (Boletim Técnico, 13).

CAMARGO, L. A. et al. Spatial correlation between the composition of the clay fraction and contents of available phosphorus of an Oxisol at hillslope scale. **Catena**, Amsterdam, v. 100, p. 100-106, 2013.

CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CAVALCANTE, E. G. S. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1329-1339, 2007.

COBO, J. G. et al. Integration of mid-infrared spectroscopy and geostatistics in the assessment of soil spatial variability at landscape level. **Geoderma**, Amsterdam, v. 158, p. 398-411, 2010.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café:** safra 2014, segundo levantamento. Brasília, 2014.

DELALIBERA, H. C.; WEIRICH NETO, P. H.; NAGATA, N. Management zones in agriculture acording to the soil and landscape variables. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 6, p. 1197-1204, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. 353 p.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. **Geoestatistics for the environmental sciences**. Version 7.0. Michigan, 2004. 1 CD-ROM.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 169-177, 2005.

HOU-LONG, J. et al. Spatial variability of soil properties in a long-term tobacco plantation in central China. **Soil Science**, Baltimore, v. 175, n. 3, p. 137-144, 2010.

JIANG, P.; THELEN, K. D. Effect of soil and topographic properties on crop yield in a north-central corn-soybean cropping system. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, p. 252-258, 2004.

MARDIA, A. K. V.; KENT, J. T.; BIBBY, J. M. **Multivariate analysis**. London: Academic, 1997. 518 p.

MARQUES JÚNIOR, J. et al. Variabilidade espacial de matéria orgânica, P, K e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar por longo período. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 143-152, 2008.

PILAU, F. G. et al. Zoneamento agroclimático da heveicultura para as regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 161-168, 2007.

PREZOTTI, L. C. et al. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo:** 5ª aproximação. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305 p.

ROSSMANN, H.; GAMEIRO, A. H. O futuro da heveicultura brasileira. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v. 9, n. 18, p. 14-19, 2006.

SANTOS, A. O. et al. Prospecção de zonas potenciais para manejo diferenciado em agricultura de precisão utilizando-se padrões de solo-planta-clima1. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 463-468, 2003.

SILVA, S. A. et al. Variabilidade espacial do fósforo e das frações granulométricas de um Latossolo Vermelho Amarelo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 1-8, 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, p. 467-474, 2012.

SILVA JUNIOR, J. F. et al. Classificação numérica e modelo digital de elevação na caracterização espacial de atributos dos solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 415-424, 2012a.

SILVA JUNIOR, J. F. et al. Simulação geoestatística na caracterização espacial de óxidos de ferro em diferentes pedoformas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 1690-1703, 2012.

SIQUEIRA, D. S. et al. Correlation of properties of Brazilian Haplustalfs with magnetic susceptibility measurements. **Soil Use and Management**, Oxford, v. 26, p. 425-431, 2010.

SIQUEIRA, D. S.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. The use of landforms to predict the variability of soil and orange attributes. **Geoderma**, Amsterdam, v. 155, p. 55-66, 2010.

SOUZA, G. S. et al. Aplicação de lógica fuzzy e geoestatística na análise da fertilidade de um solo sob pastagem. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 323-330, 2009.

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.

SOUZA, Z. M. et al. Influência da variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo na aplicação de insumos para cultura de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 371-377, mar./abr. 2007.

VIEIRA, S. R. et al. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Berkeley, v. 51, p. 1-15, 1983.

WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. **Statistical methods in soil and land resource survery**. Oxford: Oxford University, 1990. 316 p.

NÍVEIS DE CROMO EM MUDAS DE CAFÉ CONILON DESENVOLVIDAS EM SUBSTRATO COM LODO DE CURTUME COMO ADUBAÇÃO ALTERNATIVA

Sávio da Silva Berilli[1], Ana Paula Candido Gabriel Berilli[2], Almy Júnior Cordeiro de Carvalho[3], Silvio de Jesus Freitas[4], Maura da Cunha[5], Patrícia Soares Furno Fontes[6]

(Recebido: 01 de setembro 2014 ; aceito: 07 de novembro de 2014)

RESUMO: A utilização de subprodutos das indústrias de beneficiamento de couro representa na agricultura um grande avanço nos processos de produção, ciclagem de nutrientes e consciência agroecológica. No entanto, o uso do lodo de curtume como substrato de mudas apresenta a presença de cromo, sendo este, considerado um elemento nocivo ao meio ambiente em condições específicas. O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Itapina, objetivando identificar os níveis de acumulação de cromo nos tecidos, assim como, o desenvolvimento das mudas de café conilon propagadas durante quatro meses, em casa de vegetação, em substrato enriquecido com lodo de curtume como fonte de adubação alternativa. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com cinco tratamentos, quatro proporções de terra e lodo de curtume bovino desidratado (10, 20, 30 e 40% de lodo) e um substrato convencional de produção de mudas de café conilon. Foram avaliados os níveis de cromo nas diferentes partes das mudas e parâmetros biométricos do desenvolvimento, desde o plantio das estacas até os 120 dias. O órgão da planta que mais acumulou cromo nos tecidos foi a raiz, seguido das folhas e caules. O padrão de desenvolvimento vegetativo das mudas foi afetado pelas doses de lodo no substrato.

Termos para indexação: Sustentabilidade, nutrição, couro, *Coffea canephora*.

CHROMIUM LEVELS IN CONILON COFEE SEEDLINGS DEVELOPED IN SUBSTRATE WITH TANNERY SLUDGE AS ALTERNATIVE MANURE

ABSTRACT: The *use of by-products of the leather processing industries in agriculture represents a major breakthrough in production processes, nutrient cycling and agro-ecological awareness. However, the use of tannery sludge as seedling's substrate shows the presence of chromium, considered a harmful element, under specific conditions, to the environment. The experiment was carried out at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Espírito Santo - Campus Itapina, aiming to identify the levels of chromium accumulation in tissue, as well as, the development of conilon coffee seedlings that were propagated for four months in a greenhouse, in substrate enriched with tannery sludge as an alternative source of fertilizer. The experimental design consisted of randomized blocks, with five treatments, four ratios of soil and dehydrated bovine tannery sludge (10, 20, 30 and 40% sludge) and a conventional substrate of Conilon seedlings production. Levels of chromium were evaluated in different parts of seedlings and on biometric parameters of development, from planting the cuttings until 120 days. The plant organ, which most accumulated chromium in its tissues, was the roots, followed by the leaves and the stems. The pattern of seedlings vegetative growth was affected by the levels of silt in the substrate.*

Index terms: *Sustainability, nutrition, leather, Coffea canephora.*

1 INTRODUÇÃO

A possibilidade de reutilização dos resíduos de curtume na agricultura amplia as chances de sucesso de uma destinação segura e equilibrada. Para isso, estudos referenciando o uso de lodos de curtumes, lodos urbanos, torta de filtro ou vinhaça na cana-de-açúcar vêm revelando o quanto é importante o aproveitamento destes resíduos, no âmbito econômico, agronômico e industrial (BEBÉ et al., 2008; CASTILHOS; TEDESCO; VIDOR, 2002; CORRÊA et al., 2006; DAUDT; GRUSZYNSKI; KÄMPF, 2007; SERRANO et al., 2006).

Os estudos da utilização de resíduos da indústria de couros bovinos na agricultura já vem sendo relatada por vários autores, tais como as raspas ou serragem de rebaixamento de couros wet-blue, estudados por Daudt, Gruszynski e Kämpf (2007), onde demonstram o potencial de uso na composição de substrato de mudas de plantas ornamentais, até o limite de 50% do volume do substrato. Porém, estudos realizados por Gianello et al. (2011), com utilização de aparas de couros associada a adubos NPK e calcário, na forma de adubação de cobertura nas culturas do sorgo e rabanete demonstram que não houve ganho de crescimento com os tratamentos com resíduo de couros, apesar de seu potencial como fonte de adubação nitrogenada.

[1,2,6]Instituto Federal do Espirito Santo - Campus Itapina - Rod. BR 259 - Km 70 - Cx. P. 256 - 29.709-910 - Colatina -ES savio.berilli@ifes.edu.br, ana.berilli@ifes.edu.br, patricia.fontes@ifes.edu
[3,4,5]Universidade Estadual do Norte Fluminense - Av. Alberto Lamego, 2000 - Parque Califórnia - 28.013-602 - Campos -RJ almy@pesquisador.cnpq.br, freitassj@yahoo.com.br, maura@uenf.br

Apesar de muitos trabalhos relatarem os benefícios da utilização dos resíduos de curtume nas suas diferentes formas, notadamente o lodo de curtume, esses trazem referência às características negativas do resíduo, as quais estão normalmente relacionadas ao conteúdo de cromo e sódio contidos nestes lodos, de modo que, quanto maiores as quantidades de lodo aplicado ou quanto maior a frequência de aplicação dos lodos em uma mesma área, maiores são os riscos de contaminação ambiental, devido ao acúmulo de cromo e sódio (DAUDT; GRUSZYNSKI; KÄMPF, 2007; GIANELLO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2008).

A presença de cromo em níveis tóxicos, nos tecidos vegetais está relacionada ao estresse oxidativo, envolvendo a peroxidação de lipídeos, podendo causar severos danos às membranas celulares. Esse estresse oxidativo por cromo desencadeia a degradação de pigmentos fotossintéticos, induzindo distúrbios na ultraestrutura dos cloroplastos, afetando o aparelho fotossintético e comprometendo o crescimento vegetal (PANDA; CHOUDHURY, 2005). Portanto, altos níveis de cromo nos tecidos vegetais podem comprometer a produtividade e a qualidade da fotossíntese dos vegetais adubados com lodos de curtume, os quais possuem tal elemento na sua composição.

Estudos envolvendo o crescimento vegetativo e a taxa de acumulação e translocação de cromo para os tecidos vegetais de plantas cultivadas com adubação feita com lodo de curtume possibilita elucidar questões importantes referentes ao uso do lodo, como fonte de adubação alternativa de baixo custo (BERILLI et al., 2014; MACEDO et al., 2012).

A quantidade a ser aplicada em lavouras ou a proporcionalidade do lodo utilizado em substratos de mudas está relacionado diretamente com a tolerância das plantas testadas, assim como ao tênue ponto de equilíbrio entre a disponibilidade de nutrientes presentes no lodo e seu potencial tóxico. Muitos trabalhos vêm relatando as variações de acumulação de cromo nos tecidos e seus efeitos tóxicos para as plantas (GIANELLO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2008; PANDA; CHOUDHURY, 2005), porém, nada foi relatado em plantas de café, até o momento.

A cafeicultura é uma atividade importante para vários estados brasileiros, notadamente o Espírito Santo, onde grande parte de seu parque cafeeiro (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner), está sendo renovado por cultivares mais produtivas. Neste contexto, a possibilidade de produção de mudas com adubação alternativa, utilizando o lodo de curtume desidratado, se torna especialmente interessante, visto que resíduos de curtume no ES são descartados em lixões industriais, com grande potencial de contaminação por acumulação. Tendo-se em vista o potencial de uso agrícola do lodo de curtume e a necessidade das indústrias de couro bovino se tornarem mais sustentáveis, objetivou-se, neste trabalho, identificar o nível de acumulação de cromo nos tecidos de mudas de café conilon, propagadas em substrato enriquecido com lodo de curtume, como fonte de adubação alternativa e seus efeitos no desenvolvimento das mudas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Itapina (IFES-Campus Itapina), localizado no município de Colatina, região noroeste capixaba, na área experimental do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Itapina, com coordenadas geográficas de 19° 32’ 22” de latitude sul; 40° 37’ 50” de longitude oeste e altitude de 71 metros. O experimento foi conduzido em viveiro de propagação de mudas de café, sendo o delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo consideradas 30 mudas por repetição para cada tratamento, totalizando 150 plantas, por blocos e 750 plantas, em todo o experimento.

Os tratamentos constaram de quatro concentrações diferentes da mistura com lodo de curtume desidratado, sendo estes: T10; T20; T30; T40 e TC (tratamento convencional) o que corresponde às proporções de 10%, 20%, 30% e 40% do volume total do substrato misturado com solo, e o TC (terra de barranco – esterco bovino – adubos químicos), que é uma mistura considerada tradicional pelos produtores de mudas de café conilon, na região norte do ES. O genótipo utilizado para esse trabalho foi a variedade do café conilon clonal Vitória Incaper 8142 (FERRÃO et al., 2007). Esta variedade possui 13 clones, porém, para fins de experimentação, somente o clone V8 foi testado, sendo considerado por produtores da região o mais vigoroso. A composição dos tratamentos T-C; T10; T20; T30; T40 estão detalhados na Tabela 1, a seguir:

O solo utilizado para as misturas dos substratos com os tratamentos com lodo e tratamento convencional é classificado como um latossolo vermelho distrófico com as características descritas na Tabela 2:

O lodo de curtume foi cedido pela empresa Capixaba Couros LTDA ME, situada na Rua Projetada nº 30, Distrito Industrial, CEP: 29730-000, Baixo Guandu - ES. Após o processamento do couro bovino cru, o lodo é liberado na forma líquido-concentrada, com 97% de umidade (base seca). Na sequência, o lodo foi colocado em tanques de evaporação até atingir umidade de, aproximadamente, 13,8 % (base seca). As características do lodo desidratado utilizado nesse experimento podem ser observadas na Tabela 3:

TABELA 1 - Descrição dos tratamentos contendo o tratamento convencional – TC, as diferentes proporções de lodo de curtume (10, 20, 30 e 40% de lodo) e solo.

Tratamento	Componente do substrato
TC	136L de solo, 625g de superfosfato simples, 200g de calcário, 200g de KCl e 36L de esterco bovino.
T-10%	10% de Lodo de curtume + solo
T-20%	20% de Lodo de curtume + solo
T-30%	30% de Lodo de curtume + solo
T-40%	40% de Lodo de curtume + solo

TABELA 2 - Características químicas do solo usado como componente do substrato das mudas.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	Na	C	M.O.	SB	T	t	m	V	Fe	Cu	Zn	Mn	S	B
	-mg/dm^3-		-----cmol$_c$/dm^3-----				%	g/dm3	--cmol$_c$/dm^3--			%		----------mg/dm^3----------					
5	5	48	0,8	1,3	0	0,03	0,47	8,1	2,3	3,1	2,3	0	74	7	0,6	0,8	7,9	112	0,4

Obs: SB: soma de bases; m: saturação de alumínio; V: saturação de base; T: CTC a pH 7; t: CTC efetiva.

TABELA 3 - Características físicas e químicas do lodo de curtume bovino desidratado usado no substrato das mudas.

pH	N	P	K	Ca	Mg	C	C.E.	Cr	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
	----------mg/dm^3----------						dS/m	----------mg/dm^3----------					
12,30	37	0,09	0,8	27	1	9,3	17,30	9952	550	57	1	1	1

As mudas foram produzidas a partir de estacas obtidas do tecido adulto de ramos ortotrópicos, retiradas de lavouras com bom aspecto fitossanitário e nutricional. Após a retirada dos ramos das plantas-mãe, estes foram encaminhados para a casa de vegetação, local onde foram eliminados 30 cm das extremidades dos ramos ortotrópicos (ramos contendo várias estacas). Em seguida, foi realizada a padronização das estacas com 6 a 8 cm de altura e folhas com 1/3 do limbo foliar. As estacas foram plantadas em sacolas de polietileno com dimensões de 11x20 cm, previamente enchidas com os substratos com 30 dias de antecedência da implantação do experimento. As irrigações foram feitas diariamente durante todo o experimento por microaspersor, mantendo sempre a capacidade de campo dos substratos do experimento. Para a avaliação das características iniciais das estacas, como a massa fresca e seca inicial, foram amostradas 50 estacas, e consideradas as médias inicias para todos os tratamentos, para fins de análises de regressão.

O experimento teve duração de 120 dias, contados desde o plantio das estacas até a última avaliação, sendo que após o plantio das estacas, foram feitas avaliações mensais das características de número de folhas, altura da muda, diâmetro da copa, diâmetro do caule (paquímetro digital) e análises gravimétricas como massa fresca e seca da parte aérea, raiz e planta inteira (estufa de circulação forçada a 70 ^{0}C, até atingir peso constante para as massas secas). Para a pesagem das massas da parte aérea (caule e folhas), toda a estaca foi considerada, ou seja, a estaca plantada com suas folhas iniciais e as novas brotações; no entanto, quanto ao número de folhas, somente as folhas novas foram consideradas. Após a secagem em estufa, as amostras de tecidos foram trituradas em moinho de facas, tipo Willey equipado com peneira de 2 mm de diâmetro de abertura de malha. A análise de cromo foi realizada através de digestão úmida com $HNO_3 + HClO_4$, e determinada pelo método proposto por Silva (1999). Os níveis de cromo em caules não foram detectados em grande parte das amostras, ou quando foram, obtiveram valores inexpressíveis, sendo que não foram usados para a análise estatística de média separadamente, sendo esses resultados usados para compor a somatória da parte aérea das análises (folha + caule) e análises de regressão.

Os dados dos níveis de cromo nos tecidos foram submetidos à análises de variância, pelo teste F, e as médias, comparadas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). Para os dados quantitativos de cromo nos tecidos e para os dados de desenvolvimento das mudas, os graus de liberdade para tratamentos foram desdobrados, via análise de regressão. As regressões foram selecionadas, de acordo com o nível de significância (R2). As análises estatísticas foram realizadas pelo Programa R (versão 2.15.1) e os gráficos foram gerados pelo programa Origin (versão 9.0 Professional – Academic).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de crescentes doses de lodo de curtume, no substrato das mudas de café conilon, mostrou-se influente na quantidade de cromo alocado nas diferentes partes das mudas de café, como folhas e raízes. Além disso, as diferentes doses de lodo também proporcionaram padrões de crescimento diferenciados entre os tratamentos (Tabela 4).

O padrão de fixação de cromo pela planta ocorre de forma diferente, dependendo dos tecidos envolvidos. Ao se observar o nível de cromo encontrado nas folhas das mudas de café, somente o tratamento com aplicação de 20% de lodo desidratado no substrato apresentou diferenças significativas, com relação ao tratamento convencional (Tabela 4). Todos os outros tratamentos com aplicação de lodo não diferiram estatisticamente da testemunha, indicando que a quantidade de cromo nas folhas de mudas desenvolvidas em substratos enriquecidos com lodo de curtume desidratado, é a mesma de folhas sem a aplicação do lodo, permanecendo relativamente constante.

Estes resultados demonstram também que, naturalmente, o solo ou adubos apresentam traços de cromo que as mudas de café absorvem e alocam nas folhas, pois mesmo o tratamento sem adição de lodo, apresentou, quando comparado aos demais tratamentos, quantidades equivalentes de cromo nas folhas das mudas de café. Aquino Neto e Camargo (2000), estudando o efeito da aplicação de lodo de curtume no desenvolvimento e acúmulo de cromo em plantas de alface, observaram que, quando aplicadas dosagens de 38 ou 57 t/ha, ocorreu pouca variação do nível de cromo na parte aérea das plantas, com valores em torno de 8 mg/kg. Os valores observados por estes autores, foram bem acima dos observados neste experimento (neste caso, no máximo 2,2 mg/kg). Estes autores observaram que dosagens menores apresentaram quantidades maiores de cromo na parte aérea.

TABELAS 4 - Médias dos níveis de cromo na folha, raiz, parte aérea e planta inteira de mudas clonais de café conilon cultivadas em substrato convencional ou com diferentes concentrações de lodo de curtume desidratado, associada à terra de barranco.

Tratamento	Folha (mg/kg)	Raiz (mg/kg)	Parte aérea (mg/kg)	Planta (mg/kg)
T-C	1,332 b	0,686 c	1,333 c	2,018 c
T-10	1,940 ab	24,76 b	2,001 bc	26,76 b
T-20	2,192 a	35,78 ab	2,412 b	38,19 ab
T-30	1,388 b	45,68 a	2,508 b	48,19 a
T-40	1,626 ab	46,69 a	3,306 a	49,99 a
Média	1,696	30,72	2,311	33,29
CV (%)	30,04	36,57	22,03	33,90

Médias seguidas de letras distintas entre si na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan, ao nível de 5%.

De acordo com Panda e Choudhury (2005), a presença de cromo nos tecidos foliares, em quantidades relativamente elevadas, proporciona um comprometimento da estrutura fotossintética ocasionada pela degradação de clorofilas, devido à atividade oxidativa do cromo na célula, tornando-se, portanto, um fator preocupante para o desenvolvimento da parte aérea das plantas. Este fato remete à hipótese de que o cromo presente no lodo seja o fator limitante para o bom desenvolvimento das mudas; no entanto, os resultados observados neste experimento demonstram uma pequena variação do nível de cromo nas folhas, com as crescentes doses de lodo aplicado ao substrato, pouco diferindo de mudas crescidas sem a adição do lodo. Isso indica que o cromo, possivelmente, não seja o fator limitante no desenvolvimento da parte aérea das mudas. Além disso, de acordo com Losi, Amrhein e Frankenberger (1994), a quantidade de cromo nas folhas, potencialmente tóxica para os vegetais, está acima de 18 mg/kg, apesar de Castilhos et al. (2001), constatarem níveis tóxicos de cromo nas folhas, acima de 5 mg/kg em soja.

Os níveis de cromo acumulados na parte aérea das mudas de café apresentaram gradativo incremento, porém, somente o tratamento com aplicação de 40% de lodo no substrato apresentou diferenças significativas dos demais tratamentos (Tabela 4). O padrão de acumulação de cromo na parte aérea e raízes das mudas, em função das doses de lodo no substrato podem ser observados no Gráfico 1.

Diferentemente do que ocorre na parte aérea, os níveis de cromo das raízes estão bem acima dos encontrados nas mudas desenvolvidas em substrato sem o lodo, além disso, a raiz é o órgão vegetal estudado que apresentou maiores quantidades de cromo alocado, sendo o principal responsável pelo nível de cromo encontrado na planta inteira (Gráfico 1), sendo que, quanto maiores as doses de lodo no substrato, maior foi o acúmulo do cromo nas raízes. No entanto, é possível considerar que a resposta ao acúmulo de cromo nas diferentes partes das plantas, está relacionado à fisiologia das diferentes espécies estudadas, pois ao contrário dos resultados observados para esse experimento, Castilhos et al. (2002), relataram que houve maior acúmulo de cromo total nas folhas, com aplicação de lodo de curtume em rabanete, quando comparados aos níveis de cromo nas raízes. Outros autores observaram maiores concentrações de cromo nas raízes em relação às folhas ou partes aéreas de plantas cultivadas na presença de cromo como, cana-de-açúcar, capim elefante e milho (ARAÚJO et al., 2008; CAMILOTTI et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2008).

O desenvolvimento das mudas de café submetidas aos substratos com lodo de curtume apresentaram padrões inferiores aos das mudas com substratos convencionais, notadamente com relação à altura, massa fresca e seca da parte aérea e planta inteira, sendo que características como número de folhas apresentaram padrões de crescimentos próximos, em todos os tratamentos (Gráfico 2, 3 e 4). Esse conjunto de informações demonstra que somente o lodo desidratado misturado com terra não apresenta características favoráveis que superem o adubo convencional.

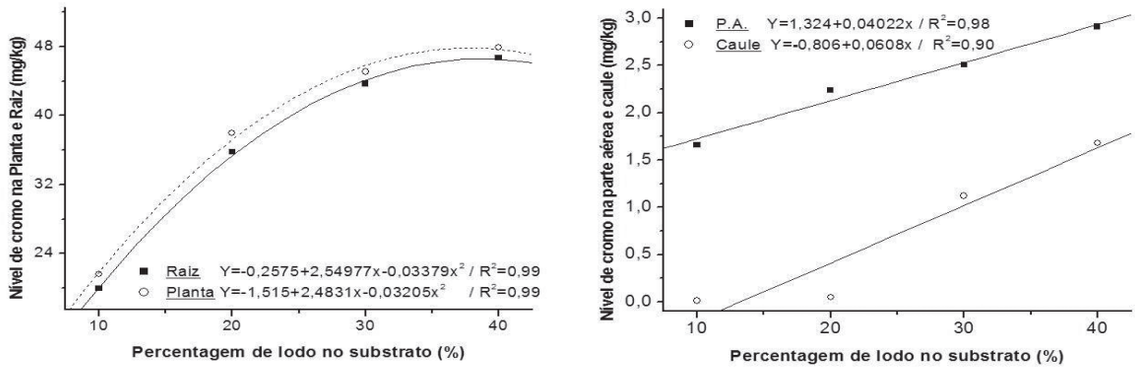


GRÁFICO 1 - Nível de cromo na planta inteira, raiz, parte aérea e caules de mudas de café conilon, desenvolvidas em substratos com diferentes doses de lodo de curtume, aos 120 dias de cultivo.

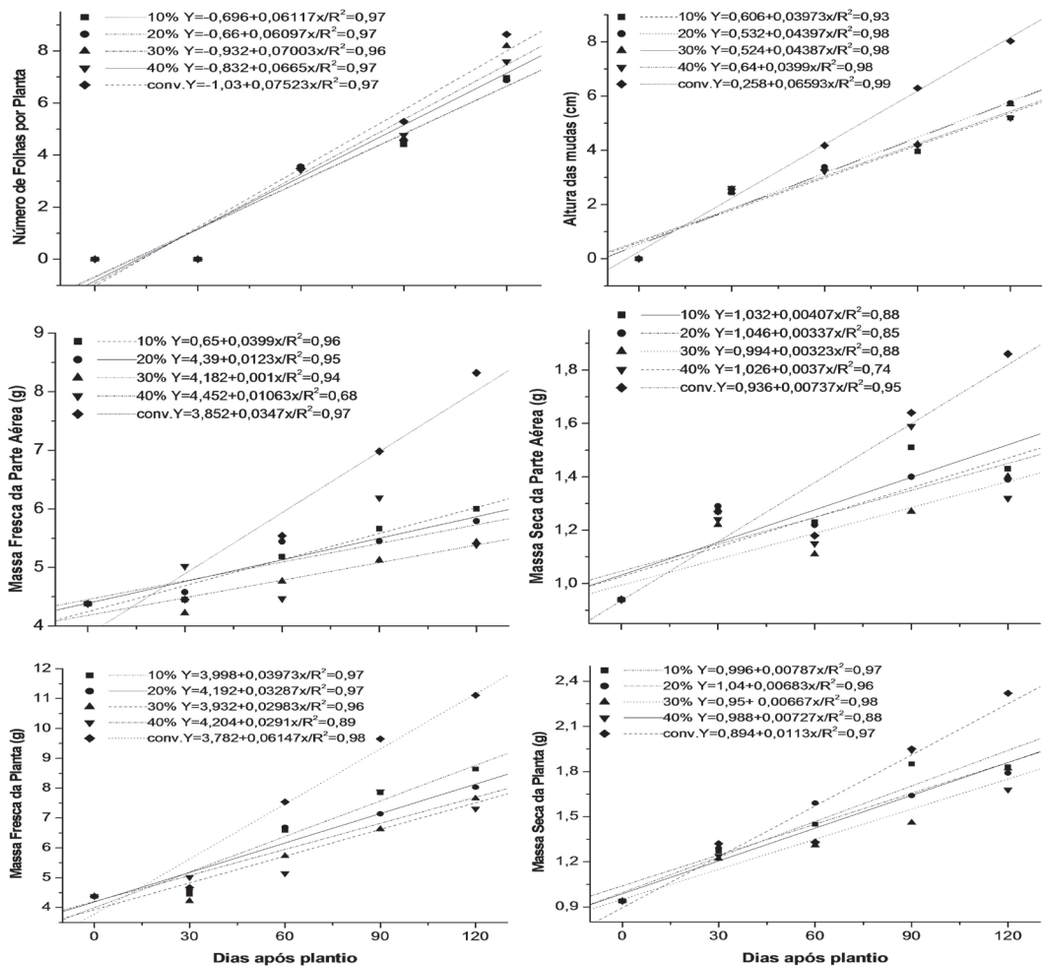


GRÁFICO 2 - Número de folhas, altura, massa fresca e seca da parte aérea e da planta inteira de mudas de café conilon, desenvolvidas em substratos com diferentes doses de lodo de curtume e substrato convencional, ao longo de 120 dias de cultivo.

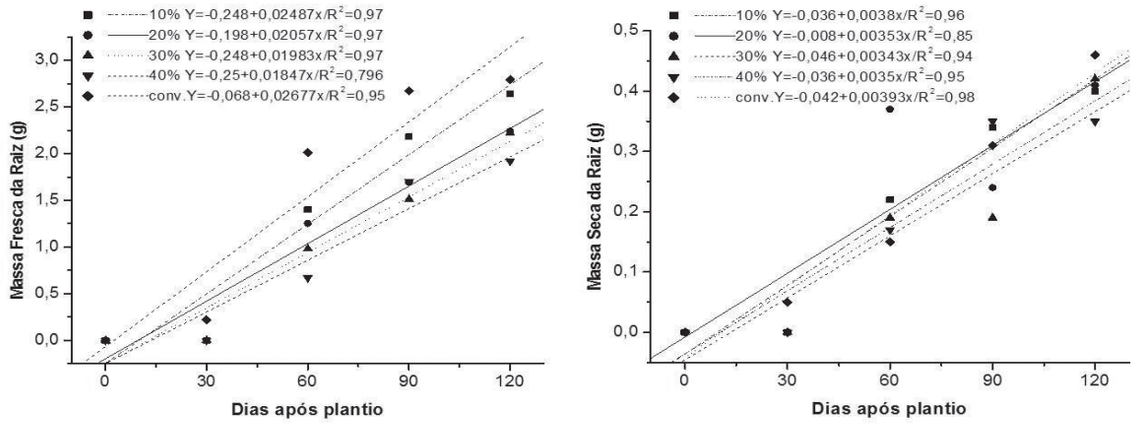


GRÁFICO 3 - Produção de massa fresca e seca das raízes de mudas de café conilon, desenvolvidas em substratos com diferentes doses de lodo de curtume e substrato convencional, ao longo de 120 dias de cultivo.

Tal efeito pode estar relacionado a alguns fatores inerentes ao lodo de curtume, como a insuficiência de nutrientes, mesmo este possuindo relativa quantidade de elementos essenciais às plantas (Tabela 3), ou a presença de elementos fitotóxicos, como o cromo ou causadores de desequilíbrio osmótico no substrato, como o sódio. Vários estudos vêm relatando a influência negativa do sódio em excesso no desenvolvimento das plantas, notadamente quanto à aplicação de lodo de curtume em quantidades elevadas ou com grande frequência (ARAÚJO et al., 2008; CARVALHO et al., 2012; SILVA; VIEIRA; OLIVEIRA, 2008).

O desenvolvimento da parte aérea das mudas, notadamente, foi superior para o substrato com adubação convencional. Esse padrão de resposta apresenta menores diferenças para as curvas de crescimento das raízes, demonstradas na forma de massa fresca e seca das raízes (Gráfico 3).

Ao se comparar a massa seca e fresca das raízes, é possível observar que a quantidade de água neste tecido amplia a diferença entre os tratamentos, de modo que a quantidade de matéria seca é muito semelhante entre eles. Com isso, é possível considerar que, apesar do acúmulo de cromo nos tecidos das raízes, com o aumento das doses de lodo no substrato (Gráfico 1), houve pouca influência no ganho de massa desse tecido, demonstrando que o cromo não é o fator limitante para o desenvolvimento das raízes. Os valores observados de massa fresca das raízes estão dentro de limites observados por outros autores (BRAUN et al., 2011; TATAGIBA; SANTOS; PEZZOPANE, 2010).

Ao relatar os efeitos do lodo de curtume no desenvolvimento da parte aérea e das raízes das mudas de café conilon, é possível observar que a parte aérea ficou comprometida nos tratamentos com aplicação de lodo de curtume no substrato, quando comparado às mudas desenvolvidas com substrato convencional; entretanto, o sistema radicular de nenhum tratamento foi comprometido.

Quando relaciona-se o nível de cromo na planta com o desenvolvimento das mudas, de um modo geral, percebe-se que os tratamentos com uso de lodo de curtume seguiram padrões de desenvolvimento bem semelhantes entre si, apesar de níveis crescentes deste elemento no tecido, com o aumento das doses de lodo no substrato. O fato do padrão de desenvolvimento das mudas diferenciar-se pouco com os tratamentos com lodo de curtume, isso sugere que exista algum fator limitante no lodo que impede um maior crescimento, visto que maiores quantidades de nutrientes são disponibilizados com maiores quantidades de lodo nos substratos. Tendo em vista que vários autores já relataram as limitações do uso de lodo pelo cromo e pelo sódio, é possível considerar que, no caso deste experimento, o sódio possa estar exercendo forte influência no desenvolvimento das mudas. Portanto, o uso de substâncias agregantes, justamente nos substratos das mudas, poderiam melhorar os resultados do aproveitamento de lodo no substrato, para propagação de mudas de café conilon.

Apesar dos tratamentos com aplicação de lodo no substrato apresentarem resultados de desenvolvimento das mudas, inferiores às mudas

com adubação convencional, a altura e as massas frescas e secas das plantas estão dentro de padrões aceitáveis para estas plantas, aos 120 dias de idade (BRAUN et al., 2011; TATAGIBA et al., 2010), mostrando que os lodos possuem potencial de utilização neste setor ,como fonte de matéria orgânica e adubação alternativa.

Tão importante quanto uma alternativa para adubação de baixo custo é o serviço ambiental prestado ao planeta,com a utilização de um resíduo potencialmente tóxico ao meio ambiente, problemático para os curtumes e de difícil descarte.

4 CONCLUSÕES

Níveis de cromo nas raízes, entre 0,6 a 46,7 mg/kg não interferiram no ganho de massa das raízes, aos 120 dias de idade;

Para mudas de café, o cromo é um elemento com baixa mobilidade para a parte aérea em relação à quantidade de cromo alocada nos tecidos das raízes;

As curvas de crescimento das mudas adubadas com lodo de curtume seguiram próximas umas das outras e com bom padrão de crescimento; entretanto, as mudas desenvolvidas em substrato com adubação convencional, desenvolveram-se melhor, quando comparadas às mudas adubadas com lodo de curtume desidratado, demonstrando que mais estudos com o uso do lodo no substrato são necessários, para o uso recomendado em viveiros comerciais.

5 AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo, a Empresa Capixaba Couros LTDA-ME e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro e parceria.

6 REFERÊNCIAS

AQUINO NETO, V.; CAMARGO, O. A. Crescimento e acúmulo de crômio em alface cultivada em dois latossolos tratados com $CrCl_3$ e resíduos de curtume. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 225-235, 2000.

ARAÚJO, F. B. et al. Desenvolvimento do milho e fertilidade do solo após aplicação de lodo de curtume e fosforita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 507-511, 2008.

BEBÉ, F. V. et al. Desenvolvimento do milho e alterações químicas em solo sob aplicação de vinhaça. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 191-196, 2008.

BERILLI, S. S. et al. Utilização de lodo de curtume como substrato alternativo para produção de mudas de café conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 472-479, 2014.

BRAUN, H. et al. Desenvolvimento inicial do café conillon (*Coffea canephora* Pierre) em solos de diferentes texturas com mudas produzidas em diferentes substratos. **IDESIA**, Arica, v. 27, n. 3, p. 35-40, 2009.

CAMILOTTI, F. et al. Acúmulo de metais pesados em cana-de-açúcar mediante a aplicação de lodo de esgoto e vinhaça. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 284-293, 2007.

CARVALHO, T. C. et al. Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de soja convencional e sua derivada transgênica RR em condições de estresse salino. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 8, p. 1366-1371, 2012.

CASTILHOS, D. D. et al. Acúmulo de cromo e seus efeitos na fixação biológica de nitrogênio e absorção de nutrientes em soja. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n. 2, p. 121-124, 2001.

CASTILHOS, D. D.; TEDESCO, M. J.; VIDOR, C. Rendimentos de culturas e alterações químicas do solo tratados com resíduos de curtume e cromo hexavalente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 1083-1092, 2002.

CORRÊA, J. C. et al. Caracterização química em substratos de resíduos industriais e urbanos para a obtenção de mudas de café. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 238-248, 2006.

DAUDT, R. H. S.; GRUSZYNSKI, C.; KÄMPF, A. N. Uso de resíduos de couro wet-blue como componente de substrato para plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 91-96, jan./fev. 2007.

FERRÃO, R. G. et al. Cultivares de café conilon. In: _____. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 205-221.

GIANELLO, C. et al. Viabilidade do uso de resíduos da agroindústria coureiro-calçadista no solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 2, p. 242-245, 2011.

LOSI, M. E.; AMRHEIN, C.; FRANKENBERGER, W. T. Environmental biochemistry of chromium. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 135, p. 91-121, 1994.

MACEDO, F. G. et al. Acúmulo e disponibilidade de cromo, cádmio e chumbo em solos tratados com lodo de esgoto por onze anos consecutivos. **Semina**, Passo Fundo, v. 33, n. 1, p. 101-114, 2012.

OLIVEIRA, D. Q. L. et al. Utilização de resíduos da indústria de couro como fonte nitrogenada para o capim-elefante. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 417-424, 2008.

PANDA, S. K.; CHOUDHURY, S. Changes in nitrate reductase activity and oxidative stress response in the moss polytrichum commune subjected to chromium, copper and zinc phytotoxicity. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 17, n. 2, p.191-197, 2005.

SERRANO, L. A. L. et al. Utilização de substrato composto por resíduos da agroindústria canavieira para produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 487-491, 2006.

SILVA, C. M. M. S.; VIEIRA, R. F.; OLIVEIRA, P. R. Salinidade, sodicidade e propriedades microbiológicas de Argissolo cultivado com erva-sal e irrigado com rejeito salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 10, p. 1389-1396, out. 2008.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370 p.

TATAGIBA, S. D.; SANTOS, E. A.; PEZZOPANE, E. F. R. Mudas de Coffea canephora cultivadas sombreadas e a pleno sol. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 219-226, 2010.

TOXICIDADE DO ÓLEO DE MAMONA À BROCA-DO-CAFÉ [*Hypothenemus hampei* (FERRARI) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE)]

Flávio Neves Celestino[1], Dirceu Pratissoli[2], Lorena Contarini Machado[3], Adilson Vidal Costa[4], Hugo José Gonçalves dos Santos Junior[5], Fernando Domingo Zinger[6]

(Recebido: 01 de setembro 2014; aceito: 09 de dezembro de 2014)

RESUMO: O óleo extraído da semente da mamoneira tem demonstrado ser muito promissor ao controle de insetos-praga. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a eficiência do óleo de duas cultivares de mamona, sob duas formas de aplicação e em sete concentrações para o controle de *Hypothenemus hampei* (Ferrari). O óleo obtido das cultivares de mamona, IAC 80 e Paraguaçu, foram utilizadas nas concentrações de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0% (v/v) e o controle (0,0%), em aplicação direta e indireta sobre a broca-do-café. As cultivares de mamona não apresentaram diferença significativa quanto à mortalidade de *H. hampei*. A aplicação direta do óleo de mamona sobre a broca-do-café provocou maior mortalidade que a aplicação indireta, exceto para a concentração de 0,5% (v/v). O óleo de mamona na concentração de 3,0% (v/v) causou 34,21 e 63,20% de mortalidade para as aplicações indireta e direta, respectivamente. A mortalidade provocada pela aplicação indireta e direta sobre a broca-do-café aumentou em função do aumento da concentração do óleo de mamona. A aplicação direta do óleo de mamona sobre a broca-do-café apresentou CL_{50} de 2,05% (v/v).

Termos para indexação: *Coffea* spp., inseticida botânico, *Ricinus communis*, cultivares de mamona, formas de aplicação.

TOXICITY OF CASTOR OIL TO COFFEE BERRY BORER [*Hypothenemus hampei* (FERRARI) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE)]

ABSTRACT: *The oil extracted from the seed of the castor bean has shown to be very promising in the control various pests. The objective of this study was to evaluate the efficiency of the two cultivars of castor beneath two forms of application and in seven concentrations for the control of Hypothenemus hampei (Ferrari). The oil obtained from the castor bean cultivars, IAC 80 and Paraguaçu, in the concentrations of 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5 and 3.0% (v/v) and control (0.0%), in direct and indirect application on the coffee berry borer were used. The cultivars of castor no significant difference in mortality of H. hampei. The direct application of castor oil on the coffee berry borer caused higher mortality than indirect application, except for the concentration of 0.5% (v/v). Castor oil concentration of 3.0% (v/v) showed 34.21 and 63.20% mortality for indirect and direct application, respectively. Mortality caused by indirect and direct application on the coffee berry borer increases with increasing concentration of castor oil. The way of applying direct from castor oil on the coffee berry borer showed* LC_{50} *of 2.05% (v/v).*

Index terms: *Coffea spp., Botanical insecticide, Ricinus communis, Cultivars of castor, Forms of application.*

1 INTRODUÇÃO

Os danos causados pela broca-do-café [*Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)] vem sendo um dos principais obstáculos à cafeicultura mundial (MESSING, 2012). Devido aos danos quantitativos (perda de peso) e qualitativos (contaminação por microrganismos) provocados por essa praga, os prejuízos econômicos à cultura chegam a afetar a economia de mais de 25 milhões de pequenos agricultores no mundo (FAIRTRADE FOUNDATION, 2012).

Atualmente o número de ingredientes ativos disponíveis no mercado para o controle da broca-do-café é pequeno. O endossulfan, o principal ingrediente ativo utilizado pelos agricultores para o controle de *H. hampei*, foi retirado do mercado em 2013 (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA, 2010). Desde então as empresas tem corrido contra o tempo para disponibilizar no mercado novos ingredientes ativos, nesse contexto, alternativas de controle são uma necessidade imediata. A utilização de derivados de plantas tais como extratos e óleos, pode ser uma alternativa para o manejo de *H. hampei*, visto que, estes são biodegradáveis e têm poucos efeitos sobre organismos não-alvo (DAYAN; CANTRELL; DUKE, 2009; ZORZETTI et al., 2012). Vários óleos vegetais, como os de amendoim (*Arachis hypogaea*), mamona (*Ricinus communis* L.),

[1]Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural/INCAPER - Centro Regional Desenvolvimento Rural Centro Norte - Cx. P. 62 29.915-140 Linhares - ES - fncelestino@yahoo.com.br
[2,3,5]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
[4]Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Departamento de Química e Física/DQF - Cx. P. 16 - 29.500-000 - Alegre - ES avcosta@hotmail.com
[6]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina/IFSC - Rua Heitor Villa-Lobos, 222 - São Francisco 88.506-400 - Lages - SC - zingerfernando@yahoo.com.br

algodão (*Gossypium* spp.), soja [*Glycine max* (L.) Merril] , nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) e milho (*Zea mays* L.), entre outros, foram utilizados com sucesso no manejo de pragas (DEPIERI; MARTINEZ, 2010; SINGH; KHARE; SINGH, 2012).

O óleo extraído da semente da mamoneira tem se mostrado muito promissor ao controle de pragas. Em *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) o óleo de mamona a 3% (v/v) provocou uma mortalidade de 44,0% das larvas (BESTETE et al., 2011). Para *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) o óleo de mamona a 2% (v/v) causou uma mortalidade de 44,4% das larvas (RONDELLI et al., 2011). O óleo de mamona também foi eficiente no controle de pragas de grãos armazenados, como *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) e *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) (MUSHOBOZY et al., 2009; RATNASEKERA; RAJAPAKSE, 2009). Com relação ao controle da broca-do-café, o extrato aquoso de folha verde de mamona reduziu o número de indivíduos por amostras analisadas (PÉREZ et al., 2012). No entanto, não há relatos quando se trata da utilização do óleo de mamona para o controle de *H. hampei*.

Apesar da reconhecida toxicidade de alguns derivados de plantas a insetos, estas podem apresentar variações na composição, decorrentes de fatores ambientais e genéticos (FRANKS; WHEELER; GOODNIGHT, 2012; MOORE et al., 2014). Diferença genéticas a nível de grupo, espécies e até mesmo dentro da própria espécie podem interferir na quantidade dos metabólitos secundários, e consequentemente, na ação inseticida (MIRESMAILLI; ISMAN, 2014; TAIZ; ZEIGER, 2013). Além da quantidade de compostos, a forma de aplicação é outro fator que pode interferir na mortalidade da broca-do-café, pois esta praga passa a maior parte do ciclo de vida dentro do grão de café, sendo atingida diretamente pela pulverização somente no período de trânsito, que ocorre normalmente de setembro a dezembro (DAMON, 2000; VEGA et al., 2009). Assim, objetivou-se, neste trabalho, avaliar a eficiência do óleo de duas cultivares de mamona, sob duas formas de aplicação e em sete concentrações para o controle de *H. hampei*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados 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, em câmara climatizada a 25 ± 1 ºC, umidade relativa (UR) de 60 ± 10% e fotofase de 12h.

2.1 Coleta da espécie vegetal e extração do óleo

Sementes da cultivar IAC 80 de *R. communis* foram coletadas no município de Muqui (latitude: -20° 57' 06'' e longitude: -41° 20' 45''), Espírito Santo, Brasil. As sementes da cultivar Paraguaçu foram coletadas no município de Irecê (latitude: 11º 18' 15'' e longitude: 41º 51' 21''), Bahia, Brasil. As sementes foram lavadas em água corrente e secas em estufa, a 70 ºC, durante 24 horas. O óleo das sementes foi extraído por meio de prensagem a frio e armazenado em recipiente recoberto com papel alumínio e hermeticamente fechado.

2.2 Multiplicação e manutenção de *H. hampei*

A multiplicação e a 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 de acordo com Dalvi e Pratissoli (2012).

Frutos de café (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) brocados foram coletados a campo no município de Alegre, Espírito Santo, Brasil (latitude: -20° 45' 49'' e longitude: -41° 31' 59''). Posteriormente, os frutos foram lavados com solução de hipoclorito de sódio a 5% (v/v), utilizando água como solvente, para evitar a proliferação de 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 (15x30x5 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.

Para a continuação da multiplicação, 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 hipoclorito de sódio 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.

2.3 Toxicidade do Óleo de Duas Cultivares de Mamona à Broca-do-Café

Para a execução dos experimentos foram utilizados os óleos de mamona obtidos de sementes das cultivares IAC 80 e Paraguaçu. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado no esquema fatorial 2 x 7 (cultivar de mamona x concentração do óleo de mamona). As unidades experimentais foram constituídas por um gerbox (6 cm de diâmetro x 2 cm de altura), forrado com papel filtro e contendo 15 insetos adultos recém-emergidos, sendo cada tratamento constituído por 5 repetições.

Neste bioensaio, os óleos de mamona foram testados nas concentrações de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0% (v/v) e para a preparação das emulsões lhe foi adicionado espalhante adesivo Tween® 80 PS a 0,05% (v/v). Para o controle (0,0% v/v) usou-se água deionizada mais Tween® 80 PS a 0,05% (v/v). A pulverização da emulsão sobre as fêmeas da broca-do-café foi realizada com auxílio de Torre de Potter à pressão de 15 libras/pol^2, aplicando-se um volume de 5,5 mL por repetição. Nessas condições de aplicação, foi depositado um volume médio de 1,78 mg/cm^2, variando de 1,43 a 2,08 mg/cm^2, estando de acordo com o recomendado pela IOBC/WPRS ("International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants/West Paleartic Regional Section"), que é um depósito de 1,5 a 2,0 mg/cm^2 para superfícies de vidro ou folha (OVERMEER; ZON, 1982). Após a pulverização foi oferecido como alimento 0,15 gramas de café moído/gerbox.

2.4 Efeito da Forma de Aplicação do Óleo de Mamona na Mortalidade da Broca-do-Café

Nesse experimento foi utilizada a cultivar de mamona IAC 80, devido à facilidade de obtenção e ao resultado do experimento descrito no item 2.3. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado no esquema fatorial 2 x 7 (forma de aplicação x concentração do óleo de mamona), sendo cada tratamento constituído de oito repetições. Foram avaliadas as formas de aplicação indireta e direta, e as concentrações do óleo de mamona utilizadas foram 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0% (v/v) e o controle (0,0%). As preparações das emulsões do óleo de mamona e as unidades experimentais foram conforme descritas no item 2.3.

Para a aplicação indireta, em cada gerbox foi adicionado 0,15 gramas de café moído, sendo este pulverizado com 5,5 mL da emulsão do óleo por torre de Potter, conforme descrito no item 2.3. Após a pulverização e antes da secagem da calda, inocularam-se os insetos adultos. Para a aplicação direta, também foi pulverizado com 5,5 mL da emulsão do óleo por torre de Potter sobre os insetos adultos e, posteriormente, lhes foi oferecido 0,15 gramas de café moído/gerbox.

2.5 Análises dos Dados

A avaliação da mortalidade foi realizada no sétimo dia, sendo esta corrigida de acordo com a fórmula de Abbott (1925), descrita a seguir:

Mc(%) = ((%Mo - %Mt)*100)/ (100 - %Mt)), onde:

Mc = Mortalidade corrigida; Mo = Mortalidade observada; Mt = Mortalidade na testemunha.

Os dados de mortalidade foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Para verificar o efeito da concentração do óleo de mamona sobre a mortalidade da broca-do-café, os dados foram submetidos à análise de regressão, ao nível de 5% significância. Também foi estimada a concentração letal média (CL_{50}) para a aplicação direta e os dados de mortalidade foram analisados por meio de regressão de Probit, utilizando-se o programa POLO-PC, com intervalo de confiança de 95% (LEORA SOFTWARE, 1987).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Toxicidade do Óleo de Duas Cultivares de Mamona à Broca-do-Café

Neste bioensaio não houve interação entre os fatores cultivar de mamona e concentração do óleo sobre a mortalidade de *H. hampei* ($F_{5:59}$ = 1,55; P = 0,1929) (Tabela 1, Figura 1).

Não houve diferença significativa entre as cultivares de mamona IAC 80 e Paraguaçu, quanto à eficiência na mortalidade da broca-do-café (Tabela 1). Para a cultivar IAC 80, a mortalidade de *H. hampei* variou entre 12,69 e 57,29%, em função da concentração do óleo, enquanto que, para a cultivar Paraguaçu a mortalidade variou entre 11,25 e 52,96% (Tabela 1).

TABELA 1 - Mortalidade média corrigida de *Hypothenemus hampei* causada pelos óleos das sementes de duas cultivares de mamona em diferentes concentrações (a 25 ± 1 ºC, UR de 60 ± 10% e fotofase de 12 h).

Concentração do óleo de mamona (% v/v)	Taxa de mortalidade (%)	
	cv. IAC 80	cv. Paraguaçu
0,5	18,98 ± 4,49	15,04 ± 6,24
1,0	12,69 ± 6,07	11,25 ± 4,66
1,5	43,89 ± 6,00	20,24 ± 5,53
2,0	39,09 ± 9,07	52,96 ± 4,30
2,5	38,19 ± 4,44	49,73 ± 12,37
3,0	57,29 ± 10,77	44,03 ± 6,66
Média	35,02 ± 3,87 A[1,2]	32,21 ± 4,14 A
	CV (%) = 35,44	

[1]Médias (± EP) seguidas pelas mesmas letras na linha não diferem entre si pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade; [2]Dados transformados em arco seno √(x/100).

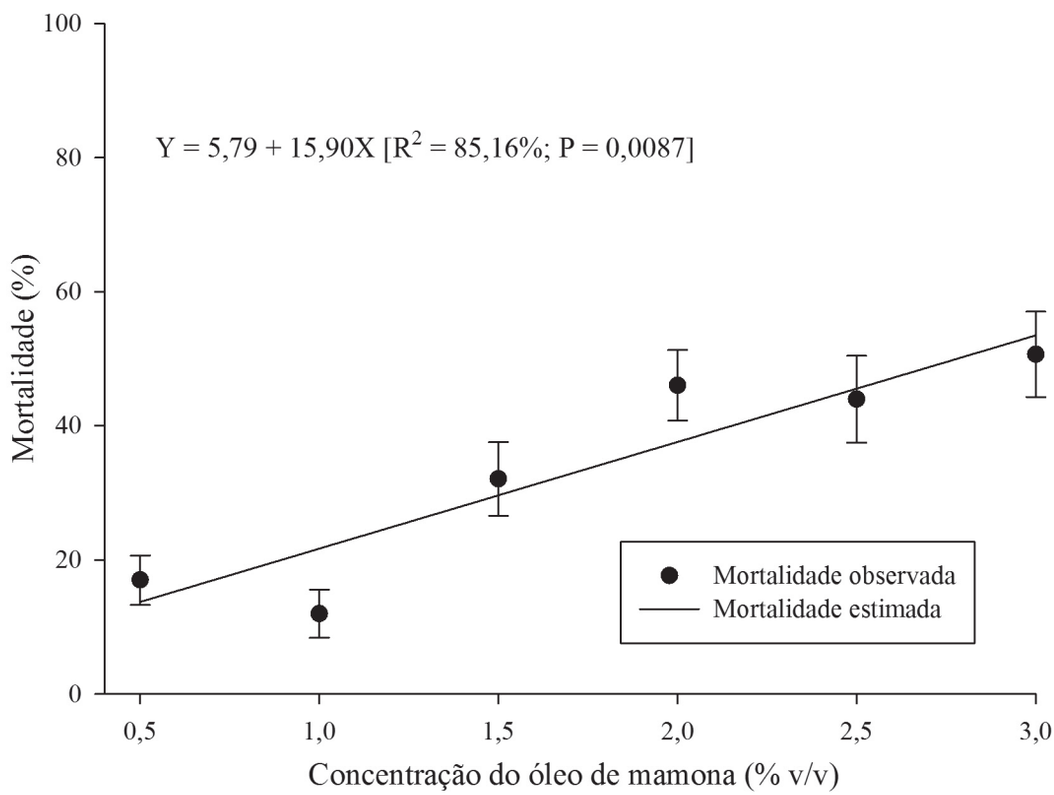


FIGURA 1 - Toxicidade do óleo de mamona à broca-do-café (*Hypothenemus hampei*), em função de diferentes concentrações (a 25 ± 1 ºC, UR de 60 ± 10% e fotofase de 12 h).

Independentemente da cultivar de mamona, a toxicidade do óleo ajustou-se ao modelo linear, havendo aumento da mortalidade da broca-do-café, em função do aumento da concentração do óleo (R^2 = 85,16%; P = 0,0087) (Figura 1).

O fato de o óleo de mamona de ambas as cultivares terem o mesmo efeito sobre a mortalidade da broca-da-café amplia a possibilidade de utilização dos óleos dessa origem no manejo da praga. Além disso, as sementes de mamona apresentam elevado teor de óleo mais de 480 g kg^{-1} (SEVERINO et al., 2012). Este óleo é constituído por ácidos graxos como palmítico (1,2%), esteárico (0,7%), oleico (3,2%), linoleico (3,4%), linolênico (0,2%), sendo o ricinoleico o principal deles (89,4%) (JENA; GUPTA, 2012). É provável que estes constituintes estejam envolvidos na mortalidade da broca do-café, contudo, são necessários estudos que comprovem esta hipótese. Além dos constituintes químicos, os físicos podem, provavelmente, estarem envolvidos na mortalidade da broca-do-café. O óleo de mamona apresenta alta viscosidade (194,3 mPa s^{-1} a 40ºC) (COSTA et al., 2008) e isto pode ter contribuído para um maior recobrimento do espiráculos, causando a morte da broca-do-café por asfixia. Esta asfixia, devido ao bloqueio dos espiráculos, tem sido relatado por alguns pesquisadores como o principal modo de ação de óleos minerais e, em alguns casos, de óleos vegetais sobre insetos (BUTELER; STADLER, 2011; EGWURUBE; MAGAJI; LAWAL, 2010; HALL; HARMAN, 1991; LAW-OGBOMO; EGHAREVBA, 2006; STADLER; BUTELER, 2009).

A variação da toxicidade de óleos vegetais a insetos, em nível de cultivar, é pouco estudada. No entanto, a comparação da toxicidade entre espécies tem sido feita para plantas inseticidas dos gêneros *Artemisia* e *Tagetes* (Asteraceae), *Zanthoxylum* (Rutaceae), *Eucalyptus* (Myrtaceae) e *Cymbopogon* (Poaceae) (LIU; CHU; LIU, 2010; LÓPEZ et al., 2011; NONVIHO et al., 2010; PRIETO et al., 2011; SLIMANE et al., 2014).

3.2 Efeito da Forma de Aplicação do Óleo de Mamona na Mortalidade da Broca-do-Café

Os resultados obtidos neste bioensaio apresentaram interação, em função da forma de aplicação e da concentração do óleo da semente da cultivar IAC 80 de mamona sobre a mortalidade da broca-do-café ($F_{5:95}$ = 5,75; P<0,0001) (Figura 2).

A aplicação direta do óleo de mamona sobre as fêmeas da broca-do-café causou maior mortalidade do que a aplicação indireta em todas as concentrações do óleo, estudadas, exceto para a concentração de 0,5% (v/v) em que não houve diferença entre as formas de aplicação (Figura 2). No entanto, cabe ressaltar que o efeito da aplicação indireta do óleo (resíduos presentes na superfície e no alimento) a 3,0% (v/v) sobre a broca-do-café provocou 34,21% de mortalidade (Figura 2). Tal fato é importante uma vez que este inseto apresenta habito críptico, passando a maior parte do ciclo de vida dentro dos grãos de café, o que dificulta o manejo desta praga (VEGA et al., 2009).

Quando o óleo de mamona foi aplicado diretamente sobre a broca-do-café houve aumento na mortalidade, onde a concentração de 3,0% (v/v) apresentou 63,20% de mortalidade, sendo que acima de 2,0% (v/v) do óleo de mamona já se observou mortalidade superior a 50,0% (Figura 2). Ação por contato e por ingestão foi verificada em larvas de terceiro instar de *P. xylostella* pulverizadas com emulsão de óleo de mamona a 10% (v/v), causando forte efeito larvicida, com 100% de mortalidade (TOUNOU et al., 2011).

Outros derivados de plantas inseticidas também afetaram a mortalidade da broca-do-café (DEPIERI; MARTINEZ, 2010; ZORZETTI et al., 2012). O óleo de nim, de forma oposta aos resultados obtidos no presente trabalho (Figura 2), quando pulverizado a 1,0% (v/v) sobre os frutos de café e posteriormente oferecido à broca, apresentou 58,0% de mortalidade, entretanto, quando pulverizado diretamente sobre as fêmeas da broca-do-café a mortalidade foi significativamente menor, 41,7% (DEPIERI; MARTINEZ, 2010). No entanto, no caso da aplicação do extrato etanólico e aquoso de sementes de *Moringa oleifera* Lam. (Moringa) sobre folhas de café e posterior inoculação da broca-do-café antes da secagem da calda, observaram-se mortalidades de 62,0 e 56,0%, respectivamente (ZORZETTI et al., 2012).

A mortalidade provocada pela aplicação indireta e direta sobre a broca-do-café em função das concentrações de óleo de mamona, ajustou-se ao modelo linear (R^2 = 94,07% e P = 0,0013; R^2 = 94,68% e P = 0,0011, respectivamente), ou seja, a mortalidade aumenta em função do aumento da concentração do óleo de mamona (Figura 2). Verificou-se também que o aumento da mortalidade, em função das concentrações de óleo de mamona é mais acentuado, quando aplicado diretamente sobre as fêmeas da broca-do-café, apresentando coeficiente angular de 24,47 (Figura 2).

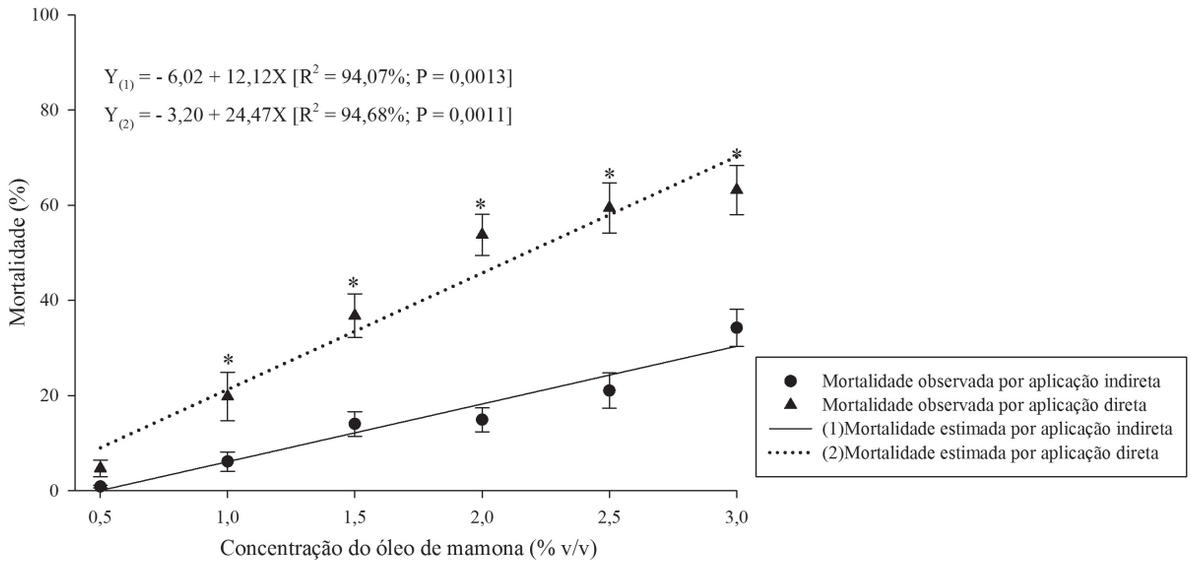


FIGURA 2 - Mortalidade da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) submetidas a duas formas de aplicação de óleo de mamona cv. IAC80 em diferentes concentrações (a 25 ± 1 ºC, UR de 60 ± 10% e fotofase de 12 h). *Médias das formas de aplicações diferem entre si pelo teste F a 5%. Dados transformados em arco seno da √(x/100).

Valores altos de inclinação da curva indicam que pequenas variações na dose do óleo de mamona promovem grandes variações na mortalidade, resultando em resposta homogênea da população a este produto. Essa tendência de aumento da mortalidade, em função do aumento das concentrações, também foi verificada quando se utilizou extrato acetônicos de folhas de Piper hispidum Sw. (Piperaceae) (25 mg/mL), para o controle da broca-do-café (SANTOS et al., 2010).

Na estimativa da CL50, os dados adequaram-se ao modelo de Probit, mostrando um $\chi 2$ não significativo e baixa heterogeneidade. A CL50 da forma de aplicação direta sobre a broca-do-café foi de 2,05% (v/v) do óleo de mamona (foram testadas 600 brocas, erro padrão igual a 1,80-2,32 e $\chi 2 = 1,56$), sendo esta a concentração para a qual morrem 50% dos indivíduos expostos. Para a aplicação indireta, não houve estimativa, pois necessitaria de uma alta concentração para proporcionar uma elevada mortalidade, tornando a estimativa da CL50 inviável, uma vez que óleo apresenta difícil homogeneização em concentrações mais altas.

A mortalidade causada à broca-do-café pelo óleo de mamona pode estar relacionada à composição físico-química, e sendo o ácido ricinoleico (89,4%) o principal constituinte, talvez este seja um dos responsáveis pela mortalidade. Esta hipótese pode ser reforçada, visto que, em Rhipicephalus sanguineus (Latreille) (Acari: Ixodidae), os ésteres de ácido ricinoleico atuaram modificando a morfofisiologia dos ovários e das glândulas salivares, e evitaram dois processos importantes, o de reprodução e o de alimentação (ARNOSTI et al., 2011a, 2011b; SAMPIERI et al., 2013).

4 CONCLUSÕES

Não há diferença significativa entre as cultivares de mamona, IAC 80 e Paraguaçu, quanto à eficiência na mortalidade da broca-do-café. A aplicação direta do óleo de mamona sobre a broca-do-café é mais eficiente que a aplicação indireta. As duas formas de aplicação, indireta e direta, apresentam efeito dose-resposta, aumentando a mortalidade da broca-do-café, em função do aumento da concentração do óleo de mamona utilizada.

5 AGRADECIMENTOS

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

6 REFERÊNCIAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 18, n. 2, p. 265-266, 1925.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução-RDC nº 28:** regulamento técnico para o ingrediente ativo endossulfam em decorrência da reavaliação toxicológica. Brasília, 2010. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/4af12d80474591 dd9a38de3fbc4c6735/Decis%C3%A3o.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 12 jul. 2014.

ARNOSTI, A. et al. Effects of ricinoleic acid esters from castor oil of *Ricinus communis* on the vitellogenesis of *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae) ticks. **Experimental Parasitology**, Berlin, v. 127, n. 2, p. 575-580, 2011a.

ARNOSTI, A. et al. Effects of *Ricinus communis* oil esters on salivary glands of *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae). **Experimental Parasitology**, Berlin, v. 127, n. 2, p. 569-574, 2011b.

BESTETE, L. R. et al. Toxicidade de óleo de mamona a *Helicoverpa zea* e a *Trichogramma pretiosum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 8, p. 791-797, ago. 2011.

BUTELER, M.; STADLER, T. A review on the mode of action and current use of petroleum distilled spray oils. In: STOYTCHEVA, M. (Ed.). **Pesticides in the modern world:** pesticides use and management. Rijeka: InTech Europe, 2011. p. 119-137.

COSTA, T. L. et al. Características do óleo de mamona da cultivar BRS-188 Paraguaçu. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Santa Cruz, v. 1, n. 1, p. 93-99, 2008.

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

DAMON, A. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Bulletin of Entomological Research**, Cardiff, v. 90, n. 6, p. 453-465, 2000.

DAYAN, F. E.; CANTRELL, C. L.; DUKE, S. O. Natural products in crop protection. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, San Diego, v. 17, n. 12, p. 4022-4034, 2009.

DEPIERI, R. A.; MARTINEZ, S. S. Redução da sobrevivência da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), e do seu ataque aos frutos de café pela pulverização com Nim em laboratório. **Neotropical Entomology**, Piracicaba, v. 39, n. 4, p. 632-637, 2010.

EGWURUBE, E.; MAGAJI, B. T.; LAWAL, Z. Laboratory evaluation of neem (*Azadirachta indica*) seed and leaf powders for the control of khapra beetle, *Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae) infesting groundnut. **International Journal of Agriculture & Biology**, Pakistan, v. 12, n. 4, p. 638-640, 2010.

FAIRTRADE FOUNDATION. **Fairtrade and coffee:** commodity briefing. London, 2012. Disponível em: <http://www.fairtrade.org.uk/includes/documents/cm_docs/2012/F/FT_Coffee_Report_May2012.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2014.

FRANKS, S. J.; WHEELER, G. S.; GOODNIGHT, C. Genetic variation and evolution of secondary compounds in native and introduced populations of the invasive plant Melaleuca quinquenervia. **Evolution**, Malden, v. 66, n. 5, p. 1398-1412, 2012.

HALL, J. S.; HARMAN, G. E. Protection of stored legume seeds against attack by storage fungi and weevils: mechanism of action of Lipodal and oil seed treatments. **Crop Protection**, Lincoln, v. 10, n. 5, p. 375-380, 1991.

JENA, J.; GUPTA, A. K. *Ricinus communis* Linn: a phytopharmacological review. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, Shastri Chowk Sadar Bazar, v. 4, n. 4, p. 25-29, 2012.

LAW-OGBOMO, K. E.; EGHAREVBA, R. K. A. The use of vegetable oils in the control of *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera: Bruchidae) in three cowpea varieties. **Asian Journal of Plant Sciences**, Baghdad, v. 5, n. 3, p. 547-552, 2006.

LEORA SOFTWARE. **POLO-PC:** an user's guide to probit or logit analysis. Berkeley: LeOra Software, 1987. 22 p.

LIU, Z. L.; CHU, S. S.; LIU, Q. R. Chemical composition and insecticidal activity against *Sitophilus zeamais* of the essential oils of *Artemisia capillaris* and *Artemisia mongolica*. **Molecules**, Klybeckstrasse, v. 15, n. 4, p. 2600-2608, 2010.

LÓPEZ, S. B. et al. Composition and anti-insect activity of essential oils from *Tagetes* L. species (Asteraceae, Helenieae) on *Ceratitis capitata* Wiedemann and *Triatoma infestans* Klug. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 59, n. 10, p. 5286-5292, 2011.

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

MIRESMAILLI, S.; ISMAN, M. B. Botanical insecticides inspired by plant–herbivore chemical interactions. **Trends in Plant Science**, Cambridge, v. 19, n. 1, p. 29-35, 2014.

MOORE, B. D. et al. Explaining intraspecific diversity in plant secondary metabolites in an ecological context. **New Phytologist**, Lancaster, v. 201, n. 3, p. 733-750, 2014.

MUSHOBOZY, D. M. K. et al. Plant oils as common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed protectants against infestations by the mexican bean weevil *Zabrotes subfasciatus* (Boh.). **Journal of Plant Protection Research**, Poznań, v. 49, n. 1, p. 35-40, 2009.

NONVIHO, G. et al. Insecticidal activities of essential oils extracted from three species of poaceae on *Anopheles gambiae* spp, major vector of malaria. **Scientific Study & Research**, Calea Mărăşeşti, v. 11, n. 4, p. 411-420, 2010.

OVERMEER, W. P. J.; VAN ZON, A. Q. A standardized method for testing the side effect of pesticides on the predaceous mite, *Amblyseius potentillae* (Acari: Phytoseiidae). **Entomophaga**, Nice, v. 27, n. 4, p. 357-364, 1982.

PÉREZ, Y. O. et al. Aplicación de extractos de hojas de *Ricinus communis* L. en el control de la Broca del cafeto. **Centro Agrícola**, Villa Clara, v. 39, n. 1, p. 85-90, 2012.

PRIETO, J. A. et al. Chemical composition, insecticidal, and antifungal activities of fruit essential oils of three colombian *Zanthoxylum* species. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, v. 71, n. 1, p. 73-82, 2011.

RATNASEKERA, D.; RAJAPAKSE, R. H. S. Repellent properties of plant oil vapours on pulse beetle (*Callasobruchus maculatus* L.) (Coleoptera: Bruchidae) in stored green gram (*Vigna radiata* walp.). **Tropical Agricultural Research and Extension**, Mapalana, v. 12, n. 1, p. 13-16, 2009.

RONDELLI, V. M. et al. Associação do óleo de mamona com *Beauveria bassiana* no controle da traça-das-crucíferas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 2, p. 212-214, fev. 2011.

SAMPIERI, B. R. et al. Effect of ricinoleic acid esters from castor oil (*Ricinus communis*) on the oocyte yolk components of the tick *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae). **Veterinary Parasitology**, Dublin, v. 191, n. 3/4, p. 315-322, 2013.

SANTOS, M. R. A. et al. Atividade inseticida do extrato das folhas de *Piper hispidum* (Piperaceae) sobre a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*). **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 319-324, 2010.

SEVERINO, L. S. et al. A review on the challenges for increased production of castor. **Agronomy Journal**, Wooster, v. 104, n. 4, p. 853-880, 2012.

SINGH, A.; KHARE, A.; SINGH, A. P. Use of vegetable oils as biopesticide in grain protection: a review. **Journal of Biofertilizers & Biopesticides**, Los Angeles, v. 3, n. 1, p. 114, 2012.

SLIMANE, B. B. et al. Essential oils from two *Eucalyptus* from Tunisia and their insecticidal action on *Orgyia trigotephras* (Lepidotera, Lymantriidae). **Biological Research**, Santiago, v. 47, n. 1, p. 1-8, 2014.

STADLER, T.; BUTELER, M. Modes of entry of petroleum distilled spray-oils into insects: a review. **Bulletin of Insectology**, Bologna, v. 62, n. 2, p. 169-177, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TOUNOU, A. K. et al. Bio-insecticidal effects of plant extracts and oil emulsions of *Ricinus communis* L. (Malpighiales: Euphorbiaceae) on the diamondback, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) under laboratory and semi-field conditions. **Journal of Applied Biosciences**, Grahamstown, v. 43, n. 3, p. 2899-2914, 2011.

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, 2009.

ZORZETTI, J. et al. Extratos vegetais sobre *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) e *Beauveria bassiana*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2849-2862, 2012. Suplemento.

FRAÇÃO DE ÁGUA TRANSPIRÁVEL NO SOLO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO CAFEEIRO CONILON

Rogério Rangel Rodrigues[1], Samuel Cola Pizetta[2], Edvaldo Fialho dos Reis[3], Wilian Rodrigues Ribeiro[4], Giovanni de Oliveira Garcia[5]

(Recebido: 05 de setembro 2014 ; aceito: 09 de dezembro de 2014)

RESUMO: A fração de água transpirável no solo influencia os processos fisiológicos e morfológicos das plantas. Assim, objetivou-se avaliar a influência da fração de água transpirável no solo, no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Área Experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, em Alegre, ES, o qual foi constituído de dois tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos corresponderam à ausência e presença de deficiência hídrica no solo, sendo os tratamentos aplicados aos 30, 60 e 90 dias após plantio. O tratamento sem déficit hídrico foi irrigado diariamente, mantendo a umidade do solo próxima à capacidade de campo. No tratamento com déficit hídrico, o déficit foi aplicado até as plantas atingirem 10% da transpiração relativa do tratamento sem déficit hídrico. Os parâmetros avaliados foram: altura das plantas, diâmetro do caule, área foliar, número de folhas, coeficiente de transpiração e transpiração relativa. Objetivando-se avaliar a recuperação das plantas após déficit hídrico, as mesmas foram mantidas, por 30 dias, com umidade do solo próxima à capacidade de campo. Os dados obtidos indicam que todos os parâmetros avaliados, na primeira época de déficit hídrico, começaram a sofrer reduções com valores de fração de água transpirável do solo, próximos de 1,0. Porém, à medida que o déficit hídrico foi aplicado em plantas mais desenvolvidas, os parâmetros avaliados sofreram reduções em valores mais baixos de fração de água transpirável do solo. Nenhum dos parâmetros avaliados no tratamento com déficit apresentou recuperação, à semelhança do tratamento sem déficit, independentemente da época de déficit hídrico.

Termo para indexação: *Coffea canephora*, disponibilidade hídrica, déficit hídrico.

FRACTION OF TRANSPIRABLE SOIL WATER IN INITIAL CONILON COFFEE DEVELOPMENT

ABSTRACT: *The fraction of transpirable soil water affects the morphological and physiological processes of plants. The objective was to evaluate the influence of the fraction of water in the soil breathable early development conilon coffee (Coffea canephora Pierre ex A. Froehner). The experiment was carried out in a greenhouse at the Experimental Center of Agricultural Sciences of the Federal University of Espírito Santo, Alegre, ES, which consisted of two treatments and four replicates. The treatments consisted of absence and presence of soil water deficit, with the treatments applied at 30, 60 and 90 days after planting. Treatment without deficit was irrigated daily, keeping the moisture close to field capacity soil. On treatment with water deficit the deficit was applied until the plants reach 10% of the relative transpiration treatment without water deficit. The parameters evaluated were: plant height, stem diameter, leaf area, leaf number, coefficient of relative transpiration and perspiration. To evaluate the recovery of plants after water stress, they are kept for 30 days, with moisture close to field capacity soil. The data indicate that all parameters in the first season of drought, began to suffer reductions in fraction of transpirable soil water near 1.0. However, as the water deficit was applied in more developed plants, the parameters evaluated suffered reductions at lower values of the fraction of transpirable soil water. None of the parameters evaluated in the treatment deficit, recovered similarly to treatment without deficit, regardless of the time of drought.*

Index terms: *Coffea canephora, water availability, water deficit.*

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o plantio do cafeeiro conilon geralmente está situado em regiões em que as condições climáticas e balanço hídrico são favoráveis, apresentando satisfatório desenvolvimento vegetativo e produtivo, quando os cultivos são realizados em áreas cuja temperatura média anual varia de 22°C a 26°C, a precipitação anual é superior a 1500 mm e a umidade relativa do ar compreendida entre 80 e 90 % (FERRÃO et al., 2007).

O estado do Espírito Santo apresenta condições térmicas adequadas para o cultivo da espécie, no entanto a ocorrência de secas prolongadas e veranicos, principalmente no norte do Estado, é o principal fator limitante à produção, principalmente em área não irrigadas (DAMATTA; RAMALHO, 2006).

[1,2]Rua Isaias Gomes de Oliveira, nº 238, Apto 201 - Bairro Jardim Fabiana - 37.200-000 - Lavras - MG - rogeriorr7@hotmail.com, scpizetta@hotmail.com
[3,5]Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo/CCA-UFES - Departamento de Engenharia Rural/DER Cx. P. 16 - Alegre - ES - edreis@cca.ufes.br, giovanni.garcia@ufes.br
[4]Rua José Vieira Tatagiba, nº 124, Apto 126 - Bairro Guararema - 29.500-000 - Alegre - ES - wilianrodrigues@msn.com

Para Pezzopane et al. (2009), apesar das ótimas condições térmicas para o cultivo do cafeeiro conilon no estado do Espírito Santo, o estado apresenta alto risco climático para o aspecto hídrico, principalmente no norte do Estado, onde o cultivo de café conilon tem ocorrido em regiões em que a deficiência hídrica é o principal fator limitante à produção.

A redução da água disponível no solo a limites críticos para o cafeeiro compromete seu desenvolvimento inicial, como observado por Araujo et al. (2011b), Oliveira, Pizetta e Reis (2012) e Pizetta et al. (2012), bem como na fase reprodutiva (MARSETTI et al., 2013). Para avaliar a resposta da planta à redução da água disponível para a transpiração, o conceito de fração de água transpirável no solo tem sido utilizado por alguns autores, como relatado por Araujo et al. (2011a, 2011b), para o cafeeiro Arábica e Conilon, Lago et al. (2012), para batata, Lago et al. (2011), para mandioca, Martins et al. (2008), em duas espécies de eucalipto, e Ramos e Martínez-Casasnovas (2014), em videira. No entanto, na literatura, encontram-se diferentes valores de fração de água transpirável no solo, crítica para o desenvolvimento da cultura, consequência das variações de solo, clima e cultura. Além disso, para a cultura do cafeeiro conilon, Araujo et al. (2011a) foram os primeiros a avaliar os valores críticos de fração de água transpirável no solo, necessitando, desta forma, de mais pesquisas com esse conceito.

No conceito da fração de água transpirável do solo, é assumido que o conteúdo de água no solo utilizado pela planta para a transpiração varia entre o conteúdo de água no solo, na capacidade de campo, quando a transpiração é máxima, e o conteúdo de água no solo, quando a transpiração da planta é igual a 10% da transpiração máxima (SINCLAIR; LUDLOW, 1986).

A redução da fração de água transpirável do solo reduz o desenvolvimento fisiológico e morfológico das culturas, proporcionando menores produtividades. Desta forma, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a influência da fração de água transpirável no solo sobre o desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em estufa (sem controle climatológico), instalada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), localizada no município de Alegre-ES, latitude 20º 45’ 48” Sul, longitude 41º 29’ 27” Oeste e altitude de 123 m.

Foram utilizadas mudas de *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner, cultivar Robusta Tropical (EMCAPER 8151 – Robusta Tropical), conduzidas em vasos plásticos de 12 L.

O solo utilizado foi um Latossolo vermelho-Amarelo Eutrófico, sendo destorroado, passado em peneira de 4 mm e homogeneizado. A aplicação de adubos químicos foi realizada, com base na análise química do solo e na exigência nutricional da cultura (NOVAIS; NEVES; BARROS, 1991).

Foram realizadas análises químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento. Na análise físico-hídrica do solo, determinou-se: a umidade do solo na capacidade de campo (CC), na tensão de 0,01 MPa (28,57%); o ponto de murcha permanente (PMP), na tensão de 1,5 MPa (13,24%); granulometria (areia, silte e argila), densidade do solo (1,03 Kg dm^{-3}), densidade de partícula (2,63 Kg dm^{-3}) e porosidade total (0,608 m^{-3} m^{-3}).

O experimento foi constituído de dois tratamentos inteiramente casualizados (com déficit hídrico e sem déficit hídrico) e quatro repetições. Os tratamentos foram aplicados aos 30, 60 e 90 dias após o plantio. As plantas que receberam o tratamento sem déficit hídrico foram irrigadas diariamente, mantendo-se a umidade do solo próxima à capacidade de campo. No tratamento com déficit hídrico, o déficit foi aplicado até as plantas atingirem 10% da transpiração relativa do tratamento sem déficit hídrico Após terem atingido os 10% da transpiração relativa do tratamento sem déficit hídrico, as plantas foram irrigadas diariamente por mais 30 dias, mantendo-se a umidade do solo próxima à umidade na capacidade de campo, objetivando avaliar a recuperação das mesmas após déficit hídrico, nos diferentes períodos de avaliação (30, 60 e 90 dias após plantio).

Cada parcela experimental foi constituída por um vaso com capacidade para 12 L, que foi saturado com água e submetido à drenagem natural por 48 horas, a fim de atingir a capacidade de campo, sendo determinado o peso inicial na capacidade de campo (Pcci). Cada vaso foi revestido lateralmente com papel branco para reduzir a absorção de radiação solar, a fim de reduzir o aquecimento do solo. Na superfície do solo, foi colocado isopor (de 1,5 cm de espessura) para minimizar a perda de água pela evaporação

direta do solo, a fim de reduzir o erro experimental, pois o conceito de fração de água transpirável no solo trabalha com a perda de água através da transpiração da planta (ARAUJO, 2011a).

Foi adotado o limite de 10% da transpiração relativa por assumir-se que abaixo desta taxa de transpiração os estômatos estão fechados e a perda de água é devida apenas à condutância epidérmica. A transpiração relativa foi calculada pela Equação 1 (SINCLAIR; LUDLOW, 1986).

$$TR = \frac{TDT_d}{TDT_0} \quad 1$$

Em que: TR = Transpiração relativa; TDT_d= Transpiração diária dos tratamentos que sofrem déficit, em L; e TDT_0 = Média da Transpiração diária do tratamento T_0, em L.

Para avaliar as respostas ecofisiológicas do cafeeiro ao déficit hídrico, foi utilizado o conceito da fração de água transpirável no solo. A fração de água transpirável no solo foi calculada pela Equação 2 (SINCLAIR; LUDLOW, 1986).

$$FATS = \frac{P_{diário} - P_f}{P_{cci} - P_f} \quad 2$$

Em que: $P_{diário}$ – Peso da parcela experimental em cada dia, em kg; P_{cci} – Peso inicial de cada parcela experimental na capacidade de campo, em kg; e P_f – Peso final, em kg.

O peso final foi obtido, quando a parcela atingiu 10% da transpiração relativa do T_0. Ao final da tarde de cada dia, todos os vasos foram pesados em uma balança eletrônica. Logo após a pesagem das plantas de cada tratamento, com exceção das plantas que estiveram em déficit hídrico, foram irrigadas com a quantidade de água perdida pela transpiração. A quantidade de água foi determinada pela diferença entre o peso do vaso no dia específico e o peso inicial (capacidade de campo). Durante a vigência da deficiência hídrica no solo, as plantas não receberam água.

Para avaliar a influência da deficiência hídrica no solo sobre o crescimento inicial do cafeeiro conilon, a cada três dias foram avaliadas as seguintes variáveis: transpiração relativa, área foliar e altura de planta (ALT - que compreende o comprimento da haste principal do nível do solo até a gema apical). A área foliar foi determinada pelo método de Barros et al. (1973), medindo-se as folhas que apresentavam, pelo menos, 1cm de comprimento.

As variáveis avaliadas foram normalizadas, para ficarem entre os intervalos de valores de 0 a 1, pela Equação 3 (SINCLAIR; HOLBROOK; ZWIENIECKI, 2005):

$$Vn = \frac{valor\ TR\ 10\% - valor\ (n)}{valor\ TR\ 10\% - v\ inicial} \quad 3$$

Em que Vn é variável normalizada (AF e ALT), valor TR 10 % é o valor da variável quando a TR foi 10 % (final do experimento), valor (n) é o valor da variável no dia específico e v inicial é o valor da variável no primeiro dia do experimento.

Os dados das variáveis Vn e TR (variável dependente – y) foram ajustados a uma função logística da variável FATS (variável independente – x) do tipo (Equação 4):

$$y = a/\left[1 + \exp\left(-\frac{x - x0}{b}\right)\right] \quad 4$$

Em que a, x0 e b são coeficientes estimados com o procedimento de software estatístico.

Os valores de fração de água transpirável no solo, crítica para as variáveis avaliadas, foram estimados pela equação logística como sendo o valor da fração de água transpirável no solo, quando essas variáveis foram de 0,95. Usou-se o valor de 0,95, por ele ser tradicionalmente adotado como nível de acerto (100–5 % de erro = 95 % de acerto) (LAGO et al., 2012).

As curvas ajustadas, através de software estatístico, foram utilizadas para determinar o valor de fração de água transpirável no solo, em que se iniciou a redução da transpiração relativa e, consequentemente, da condutância estomática, bem como a fração de água transpirável no solo em que o crescimento e o desenvolvimento começaram a ser afetados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As relações entre as variáveis, transpiração relativa e fração de água transpirável no solo, nas três épocas de déficit hídrico, encontram-se na Figura 1.

O valor da fração de água transpirável no solo, em que se inicia a redução da transpiração relativa ocorre quando a curva estimada pela equação logística afasta-se de 1 e inicia-se o decréscimo linear (ponto crítico) (SINCLAIR; LUDLOW, 1986). Assim, pode-se observar na Figura 1 que o valor crítico de fração de água transpirável no solo, para o cafeeiro conilon, em

que se iniciou a redução da transpiração relativa foi diminuindo nos três períodos de avaliação, sendo esses valores de 0,61, com início do déficit hídrico aos 30 dias, de 0,58 aos 60 dias e de 0,40 aos 90 dias, após plantio.

Os valores de fração de água transpirável no solo encontrados foram menores do que os encontrados por Araujo (2011), encontrando valores de fração de água transpirável no solo de 0,80, para a primeira e segunda época de déficit hídrico, e valor de 0,60, para a terceira época de déficit.

Apesar da maioria dos resultados convergirem para uma faixa única de valores de fração de água transpirável no solo crítica, existem algumas variações entre os diferentes estudos. Essas variações nos valores de fração de água transpirável no solo, crítica, poderiam ser atribuídas a diferenças de tamanho dos vasos utilizados em cada estudo, ao tipo de solo ou a variações nas condições de demanda evaporativa do ar (LAGO et al., 2011).

O fechamento estomático, devido a um maior valor de fração de água transpirável no solo, durante um déficit de curta duração, segundo Ray e Sinclair (1997), será traduzido em perda de produtividade. Porém, em condições de monocultura, a espécie que fecha os estômatos em maior fração de água transpirável no solo irá poupar água e aumentar suas chances de sobrevivência, durante as secas de longo prazo, ainda que haja perda na produtividade.

Os diferentes valores de fração de água transpirável no solo, determinados nas três épocas de déficit hídrico, indicam que o cafeeiro conilon robusta tropical apresentou resposta superior ao déficit hídrico de curta duração, quando o déficit hídrico foi iniciado aos 60 e 90 dias após plantio, pois apresentaram menores valores de fração de água transpirável no solo. Observa-se que, aos 30 dias após plantio, as plantas apresentaram redução na transpiração em maior valor de fração de água transpirável no solo, indicando que a resposta do cafeeiro ao déficit hídrico de curta duração é comprometida, pois apresenta fechamento estomático assim que a umidade do solo começa a ser reduzida. Esse fato já era esperado, uma vez que plantas mais novas apresentam sistema radicular menos desenvolvido, sendo aprofundados em condições de déficit hídrico.

Os valores de fração de água transpirável no solo, no qual se iniciou a redução da transpiração relativa do cafeeiro conilon, foram superiores aos encontrados em algumas espécies perenes, como a videira (FATS = 0,35) (BINDI et al., 2005), tuia (FATS = 0,35), algarrobeira (FATS = 0,30), hibisco (FATS = 0,30), azevinho europeu (FATS = 0,30) e bordo vermelho (FATS = 0,25) (SINCLAIR; HOLBROOK; ZWIENIECKI, 2005), porém, foram próximos aos obtidos para *Eucalyptus grandis* W. Mill ex Maiden e *Eucalyptus saligna* Sm. (FATS = 0,70) (MARTINS et al., 2008).

A relação entre o parâmetro área foliar e fração de água transpirável no solo, nas três épocas de déficit hídrico, encontram-se na Figura 2, em que se observa o decréscimo da área foliar à medida que a fração de água transpirável no solo diminui até zero.

Na Figura 2, pode-se observar que, na primeira época de déficit hídrico, a área foliar começou a reduzir-se a um valor maior de fração de água transpirável no solo (0,71), o que segundo Muchow e Sinclair (1991) conserva água no solo e é um critério adaptativo da planta, para suportar uma deficiência hídrica prolongada.

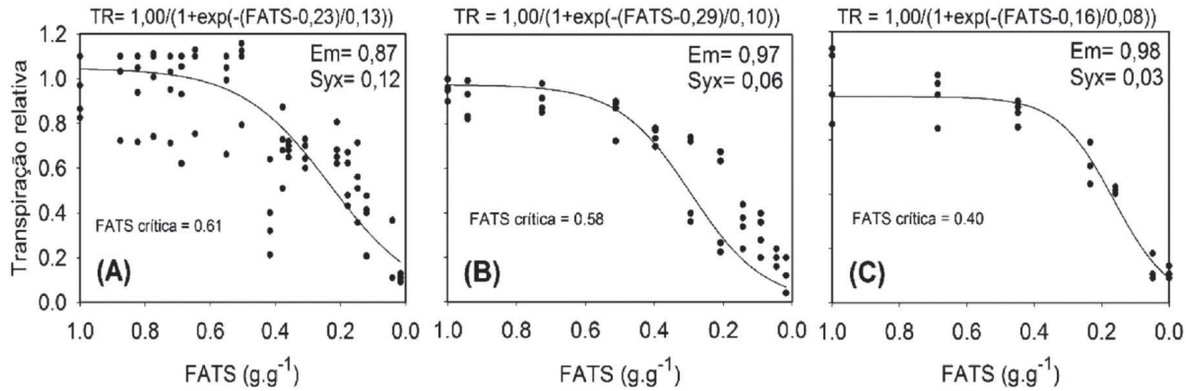


FIGURA 1 - Transpiração relativa do cafeeiro conilon (TR), em função da fração de água transpirável no solo (FATS), em três épocas de déficit hídrico ("A"- 30 dias após plantio; "B"- 60 dias após plantio e; "C"- 90 dias após plantio). Em: Eficiência do modelo, Syx: Erro-padrão da estimativa.

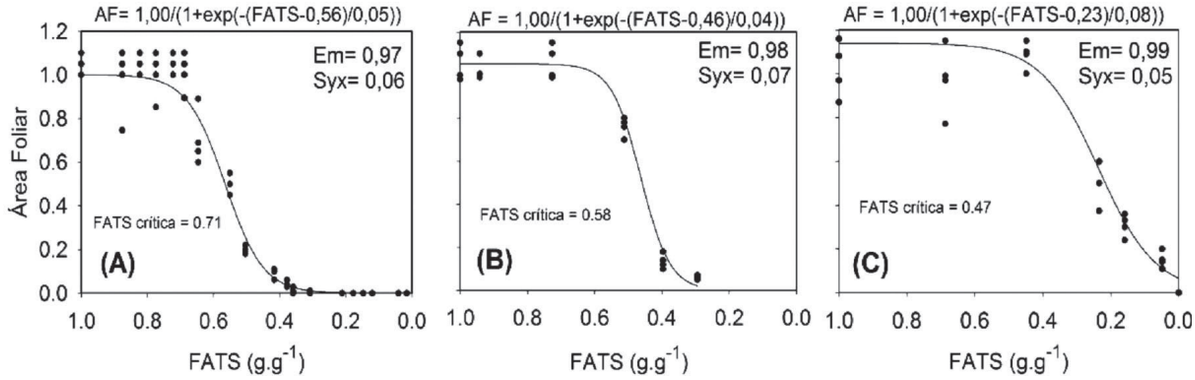


FIGURA 2 - Área foliar do cafeeiro conilon (AF) em função da fração de água transpirável no solo (FATS), em três épocas de déficit hídrico ("A"- 30 dias após plantio; "B"- 60 dias após plantio e; "C"- 90 dias após plantio). Em: Eficiência do modelo, Syx: Erro-padrão da estimativa.

Na segunda e na terceira época de déficit hídrico (aos 60 e 90 dias após plantio), o cafeeiro apresentou redução no valor da fração de água transpirável no solo, no qual a área foliar começou a ser reduzida, apresentando valores de 0,58, na segunda época e de 0,47, na terceira época. Araujo (2011), utilizando o conceito de fração de água transpirável no solo para estudar o efeito do déficit hídrico, sobre o cafeeiro conilon, cultivar Robusta Tropical, encontrou valores de fração de água transpirável no solo, próximos de 1,0, para a primeira época de déficit, de 0,60, na segunda época e de 0,40, na terceira época.

A área foliar está diretamente ligada à transpiração do cafeeiro, fato que pode ser confirmado ao se avaliarem as Figuras 1 e 2, que apresentam valores semelhantes de fração de água transpirável no solo.

As relações entre a variável altura de planta e fração de água transpirável no solo, nas três épocas de déficit hídrico, encontram-se na Figura 3, em que se observa o decréscimo da altura, à medida que a fração de água transpirável no solo diminui até zero.

Na primeira época de déficit hídrico, a altura das plantas começou a ser reduzida com valor de fração de água transpirável no solo de 0,67. Na segunda época, foi de 0,55, e de 0,36, na terceira época de déficit hídrico.

Assim como ocorreu para as demais variáveis, a altura das plantas também foi reduzida em valores mais baixos de fração de água transpirável no solo, à medida que o déficit foi aplicado em plantas mais desenvolvidas. Esses resultados diferem de Araujo (2011), que encontrou valores de fração de água transpirável no solo, próximos de 1,0, na primeira época, de 0,95, na segunda e de 0,75, na terceira época de déficit hídrico, para a variável altura do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical.

Todas as equações logísticas, nas três épocas de déficit hídrico, apresentaram boa precisão, com valores elevados de eficiência do modelo (Em) e baixos valores de erro padrão da estimativa (Syx), corroborando com trabalho de Araujo (2011), Lago et al. (2011, 2012) e Martins et al. (2008).

Na Figura 4, são apresentados os valores da evolução da área foliar do cafeeiro conilon, durante o déficit e após o déficit hídrico (período de recuperação), demonstrando o início e o final do estresse hídrico, nos dois tratamentos (com déficit hídrico e sem déficit hídrico), nas três épocas de déficit.

Pode-se observar na Figura 4 que, à medida que o déficit hídrico foi aplicado houve redução da área foliar do cafeeiro conilon até 10% da transpiração relativa do tratamento sem déficit hídrico. Porém, quando o déficit foi aplicado aos 30 dias (Figura 4A), a área foliar do cafeeiro conilon começou a se reduzir aos 20 dias após o início do tratamento. No entanto, aos 60 dias (Figura 4B), a área foliar começou a ser reduzida aos 10 dias após início do tratamento, e aos 90 dias (Figura 4C) a redução começou aos 7 dias, sendo essas reduções justificadas pelo crescimento da área foliar, consequentemente, da transpiração, ocasionando maior absorção da fração de água disponível no solo, fato também observado por Araujo (2011). O crescimento da área foliar é dependente da disponibilidade de água no solo, como observado por Martins et al. (2006) para o cafeeiro conilon, encontrando menores valores dessa variável com reposições de água no solo menores que 80% da evapotranspiração de referência do tanque "Classe A".

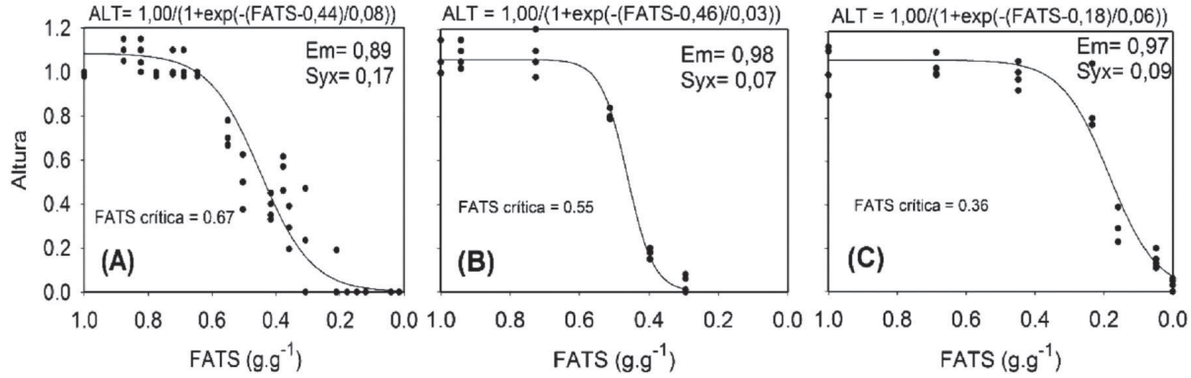


FIGURA 3 - Altura do cafeeiro conilon (ALT) em função da fração de água transpirável no solo (FATS), em três épocas de déficit hídrico ("A"- 30 dias após plantio; "B"- 60 dias após plantio e; "C"- 90 dias após plantio). Em: Eficiência do modelo, Syx: Erro-padrão da estimativa.

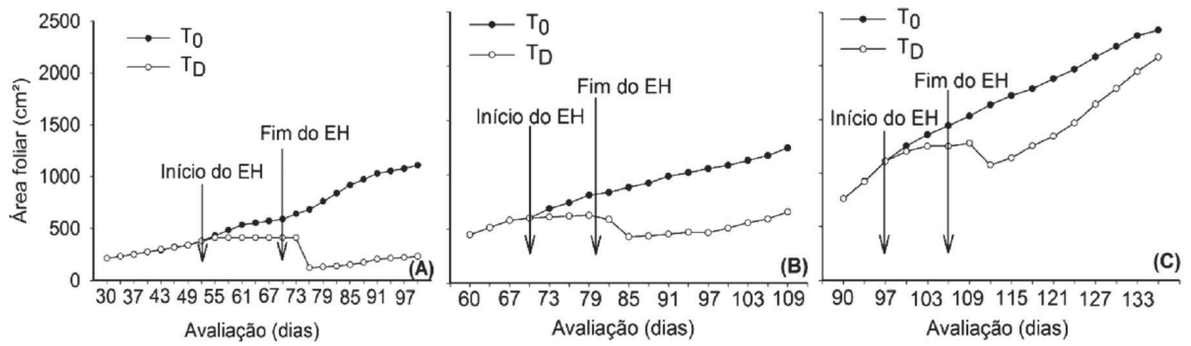


FIGURA 4 - Evolução da área foliar do cafeeiro conilon, cultivar Robusta tropical, antes, durante e após as três épocas de déficit hídrico ("A"- 30 dias após plantio; "B"- 60 dias após plantio e; "C"- 90 dias após plantio), para os tratamentos sem déficit (T_0) e com déficit hídrico (T_D), demonstrando o início e o fim do estresse hídrico (EH), pelo cafeeiro conilon.

O final do período de déficit hídrico também foi sendo reduzido com as épocas de avaliação. Na época de 30 dias, o cafeeiro submetido ao déficit levou 40 dias para atingir os 10% da transpiração do tratamento sem déficit hídrico. Para a época de 60 dias, o tempo para atingir os 10% da transpiração do tratamento, sem déficit hídrico, foi de 40 dias. E para a época de avaliação de 90 dias, esse tempo foi de 16 dias.

Também, nota-se que, quando o déficit hídrico foi aplicado aos 90 dias após plantio, a recuperação da área foliar foi maior em relação às plantas submetidas ao déficit hídrico, aos 30 dias após plantio.

As plantas submetidas ao déficit hídrico, aos 30 dias, obtiveram, ao final do período de recuperação 20,90% de área foliar, em relação àquelas sem déficit hídrico, enquanto que aquelas sem déficit hídrico obtiveram 378,38% de área foliar, maior em relação às plantas em déficit hídrico. Para o déficit hídrico aos 60 dias, as plantas em déficit hídrico obtiveram 52,63% de área foliar, quando comparadas àquelas sem déficit hídrico, sendo a área foliar 90,02% maior naquelas sem déficit hídrico. Porém, observa-se que, com a aplicação do déficit hídrico aos 90 dias, a diferença entre os tratamentos é reduzida, obtendo nas plantas um déficit hídrico 89,17% de área foliar, em relação àquelas sem déficit hídrico, sendo a área foliar 12,14% maior nas plantas sem déficit hídrico.

A perda de área foliar é comum em plantas sob déficit hídrico, como relatado por Pizetta et al. (2012), encontrando menores valores para área foliar, em mudas de conilon submetidas à déficit hídrico prolongado, demonstrando assim, maiores danos no desenvolvimento inicial desta espécie, em períodos prolongados de estresse hídrico e, consequentemente, dificultando a recuperação da mesma com o retorno da irrigação.

Na Figura 5, são apresentados os valores da evolução da altura do cafeeiro conilon, durante o déficit e após o déficit hídrico (período de recuperação), demonstrando o início e o final do estresse hídrico, nos dois tratamentos (com déficit hídrico e sem déficit hídrico), nas três épocas de déficit.

Na Figura 5A, podemos observar que, no início do déficit hídrico, aos 30 dias após o plantio, ocorreram grandes diferenças na altura entre os dois tratamentos, ficando essa diferença menor ,quando o déficit foi aplicado aos 60 e 90 dias, após plantio (Figura 5B e 5C).

Em todas as épocas de déficit e nos tratamentos com déficit e sem déficit ocorreram incrementos na altura do cafeeiro ao final do período de recuperação, em relação ao final do déficit hídrico. No entanto, em nenhuma época, as plantas submetidas ao déficit, ao final do período de recuperação, equipararam-se às plantas mantidas sem déficit hídrico. Contudo, as plantas que foram submetidas à terceira época de déficit hídrico apresentaram menores diferenças entre os tratamentos, ao final do período de recuperação.

Na primeira época de déficit hídrico (30 dias), ao final do período de recuperação, as plantas submetidas ao déficit hídrico apresentaram crescimento de 65,08%, em relação àquelas sem déficit hídrico, apresentando, essas últimas, ganho de 53,80% maior do que as em déficit hídrico. Na segunda época de déficit hídrico (60 dias), o ganho em altura foi de 84,71% para as plantas em déficit hídrico, sendo esse ganho 18,01% maior, naquelas sem déficit hídrico. E na terceira época de déficit hídrico (90 dias), as plantas em déficit hídrico apresentaram crescimento de 90,95%, sendo 3,94% maior naquelas sem déficit hídrico.

A redução da altura do cafeeiro em resposta ao déficit hídrico, possivelmente, pode estar relacionada ao acúmulo de ácido abscísico (ABA), nas folhas da planta. O acúmulo de ABA, em plantas sob estresse hídrico, é uma resposta ao estresse hídrico, que dentre outras funções, atua na redução do crescimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O início do déficit hídrico, que ocasionou a redução da altura do cafeeiro, foi de 19, 10 e 7 dias para as épocas de avaliação 30, 60 e 90 dias, respectivamente. Dardengo, Reis e Passos (2009) também observaram redução significativa na altura do cafeeiro conilon, quando submetido a déficit hídrico de 33% da água disponível, em Latossolo Vermelho-Amarelo.

Na Figura 6, são apresentados os valores da evolução da transpiração relativa do cafeeiro conilon, durante o déficit e após o déficit hídrico (período de recuperação), demonstrando o início do déficit hídrico e o final do déficit hídrico, nos dois tratamentos (com déficit hídrico e sem déficit hídrico), nas três épocas de déficit.

Pode-se observar na Figura 6, que no início do déficit hídrico, a transpiração relativa das plantas dos tratamentos sem déficit e com déficit hídrico eram semelhantes, porém, essa diferença foi aumentando até o final do déficit hídrico.

Apesar de haver incremento na transpiração relativa do cafeeiro conilon durante a recuperação, a transpiração das plantas submetidas ao déficit não se equiparou àquelas que não sofreram déficit. Comportamento semelhante foi observado por Araujo (2011), encontrando taxas crescentes na recuperação da transpiração relativa do cafeeiro conilon, cultivar Robusta Tropical submetido ao déficit hídrico.

Para o déficit hídrico aplicado aos 30 dias (Figura 6A), as plantas submetidas ao déficit hídrico obtiveram, ao final do período de recuperação, transpiração relativa de 71%, em relação àquelas sem déficit hídrico, sendo a transpiração relativa 96,08% maior, nas plantas sem déficit hídrico. Para o déficit aplicado aos 60 dias (Figura 6B), a transpiração relativa foi de 82% para as plantas do tratamento com déficit hídrico, sendo 21,95% maior, naquelas sem déficit hídrico. No entanto, observa-se que, quando o déficit hídrico foi aplicado 90 dias (Figura 6C), a transpiração relativa aumenta e a diferença entre os tratamentos é reduzida, obtendo-se transpiração relativa de 88% nas plantas do tratamento com déficit, e as plantas do tratamento sem déficit hídrico obtiveram transpiração relativa 13,64% maior, em relação àquelas com déficit hídrico.

Na terceira época de déficit hídrico, a recuperação da transpiração relativa foi mais rápida do que nas demais épocas. Esse fato pode ser explicado devido à queda de menor número de folhas, conforme observado por Araujo (2011) e Pizetta et al. (2012).

O início do déficit hídrico, que ocasionou a redução da transpiração relativa do cafeeiro, foi de 16, 7 e 4 dias para as épocas de avaliação 30, 60 e 90 dias, respectivamente. Esses valores demonstram que a transpiração relativa começou a ser reduzida, antes que os demais parâmetros avaliados reduzissem.

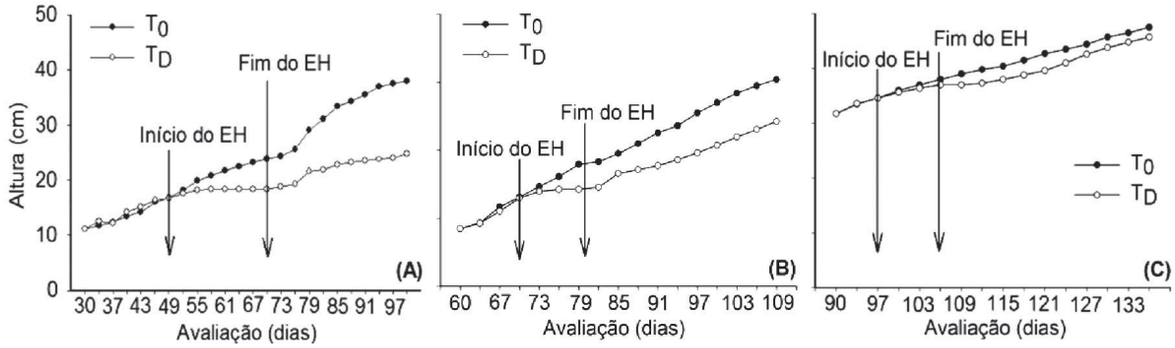


FIGURA 5 - Evolução da altura do cafeeiro conilon, cultivar Robusta tropical, antes, durante e após as três épocas de déficit hídrico ("A"- 30 dias após plantio; "B"- 60 dias após plantio e; "C"- 90 dias após plantio), para os tratamentos sem déficit (T_0) e com déficit hídrico (T_D), demonstrando o início e o fim do estresse hídrico (EH), pelo cafeeiro conilon.

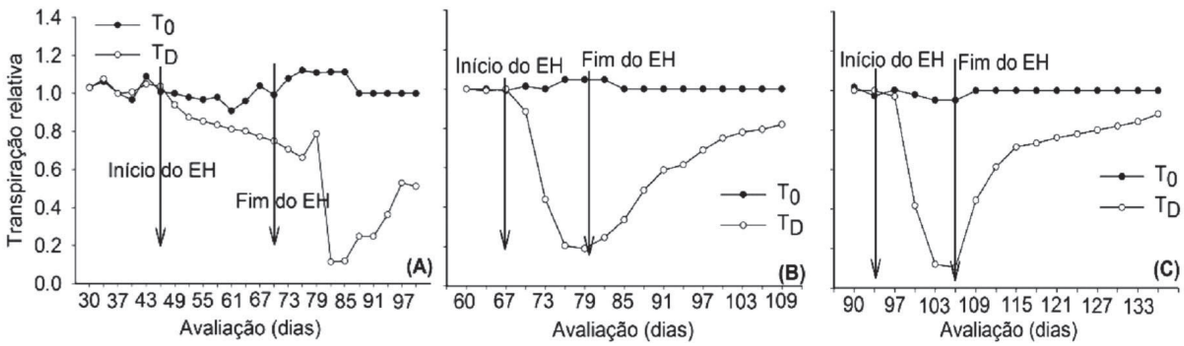


FIGURA 6 - Evolução da transpiração relativa do cafeeiro conilon, cultivar Robusta tropical, antes, durante e após as três épocas de déficit hídrico ("A"- 30 dias após plantio; "B"- 60 dias após plantio e; "C"- 90 dias após plantio), para os tratamentos sem déficit (T_0) e com déficit hídrico (T_D), demonstrando o início e o fim do estresse hídrico (EH), pelo cafeeiro conilon.

Independente da época de déficit hídrico, nenhuma das características avaliadas (área foliar média, número médio de folhas, altura média e diâmetro médio do caule, no tratamento com déficit, apresentou recuperação ao ponto de equivalência aos valores apresentados pelo tratamento sem déficit hídrico. Araujo et al. (2011b) e Pizetta et al. (2012) também observaram que o déficit hídrico, em plantas de café conilon, cultivar Robusta Tropical, foi prejudicial, não importando a época de aplicação.

4 CONCLUSÕES

A fração de água transpirável no solo, crítica para o desenvolvimento do cafeeiro conilon, é maior em plantas com déficit hídrico iniciado aos 30 dias após plantio, encontrando menores valores em plantas mais desenvolvidas (60 e 90 dias após plantio). No entanto, plantas submetidas ao déficit hídrico, com início aos 30 dias após plantio, são sensíveis à redução da fração de água transpirável do solo, tendo sua recuperação comprometida, quando comparadas às que tiveram déficit iniciado aos 60 e 90 dias, após plantio.

5 REFERÊNCIAS

ARAUJO, G. L. **Déficit hídrico no solo e sua influência sobre a transpiração, o crescimento e desenvolvimento do cafeeiro**. 2011. 71 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2011.

ARAUJO, G. L. et al. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17., 2011, Guarapari. **Resumos Expandidos...** Campinas: SBA, 2011a. 1 CD-ROM.

_____. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 115-124, 2011b.

BARROS, R. S. et al. Determinação de área de folhas do café (*Coffea arábica* L. cv. 'Bourbon Amarelo'). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, n. 107, p. 44-52, 1973.

BINDI, M. et al. Influence of water deficit stress on leaf area development and transpiration of Sangiovese Grapevines grown in pots. **American Journal of Enology and Viticulture**, Gainesville, v. 56, n. 3, p. 68-72, 2005.

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

DARDENGO, M. C. J. D.; REIS, E. F. dos; PASSOS, R. R. Influência da disponibilidade hídrica no crescimento inicial do cafeeiro conilon. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 6, p. 1-14, 2009.

FERRÃO, R. G. et al. **Café Conilon**. Vitória: INCAPER, 2007. 702 p.

LAGO, I. et al. Transpiração e crescimento foliar de clones de batata em resposta à fração de água transpirável no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campina Grande, v. 36, p. 745-754, 2012.

_____. Transpiração e crescimento foliar de plantas de mandioca em resposta ao deficit **hídrico no solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 11, p. 1415-1423, nov. 2011.

MARSETTI, M. M. S. et al. Déficit hídrico e fatores climáticos na uniformidade da florada do cafeeiro conilon irrigado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 7, n. 6, p. 371-380, 2013.

MARTINS, C. C. et al. Crescimento inicial do café conilon (*coffea canephora* pierre ex froehner) sob diferentes lâminas de irrigação. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 14, n. 3, p. 193-201, 2006.

MARTINS, F. B. et al. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campina Grande, v. 32, p. 1297-1306, 2008.

MUCHOW, R. C.; SINCLAIR, T. R. Water deficits effects on maize yields modeled under current and "greenhouse" climates. **Agronomic Journal**, Madison, v. 83, p. 1052-1059, 1991.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. et al. (Ed.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. p. 189-254.

OLIVEIRA, A. C. R.; PIZETTA, S. C.; REIS, E. F. dos. Análise do desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon Cultivar robusta tropical submetido a déficit hídrico. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 90-100, 2012.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Caracterização do atendimento hídrico para o café conilon no Estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: INCAPER, 2009. 1 CD-ROM.

PIZETTA, S. C. et al. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1090, 2012.

RAMOS, M. C.; MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J. A. Soil water variability and its influence on transpirable soil waterfraction with two grape varieties under different rainfall regime. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 185, p. 253-262, 2014.

RAY, J. D.; SINCLAIR, T. R. Stomatal condutance of maize hybrids in response to drying soil. **Crop Science**, Madison, v. 37, p. 803-807, 1997.

SINCLAIR, T. R.; HOLBROOK, N. M.; ZWIENIECKI, M. A. Daily transpiration rates of woody species on drying soil. **Tree Physiology**, Oxford, v. 25, p. 1469-1472, 2005.

SINCLAIR, T. R.; LUDLOW, M. M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. **Australian Journal Plant Physiology**, Collingwood, v. 13, p. 319-340, 1986.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

VARIABILIDADE ESPACIAL DA DOSE DE P_2O_5 E K_2O PARA ADUBAÇÃO DIFERENCIADA E CONVENCIONAL EM LAVOURA CAFEEIRA

Gabriel Araújo e Silva Ferraz[1], Fábio Moreira da Silva[2], Marcelo Silva de Oliveira[3], Rogner Carvalho Avelar[4], Ronan Souza Sales[5]

(Recebido: 17 de setembro 2014 ; aceito: 01 de dezembro de 2014)

RESUMO: Poucos estudos foram realizados acerca da variabilidade espacial de doses de insumos, principalmente realizando-se o comparativo entre o manejo convencional e o baseado em agricultura de precisão, em cafeicultura. Objetivou-se, no presente trabalho, caracterizar a estrutura e a magnitude da distribuição espacial de atributos químicos do solo, bem como da recomendação de aplicação de fertilizantes numa lavoura cafeeira, realizando o mapeamento destas variáveis, para visualizar sua distribuição espacial. Objetivou-se ainda comparar a recomendação de aplicação de fertilizantes baseados na amostragem convencional e na amostragem em malha quadrada, para cafeicultura de precisão, de forma a demonstrar as vantagens do uso desta forma de manejo da lavoura. Este trabalho foi conduzido na fazenda Brejão, no município de Três Pontas, Minas Gerais, utilizando-se os atributos químicos do solo, fósforo e potássio, amostrados de forma convencional e em malha amostral quadrada de 64 pontos, georreferenciados. As amostras de solo foram enviadas a um laboratório de análise de solo para que se pudessem obter os teores dos elementos químicos, possibilitando a realização da recomendação de aplicação de fertilizantes. A análise destes dados, por meio das técnicas geoestatísticas, possibilitou caracterizar a variabilidade espacial do fósforo e do potássio, bem como da dose de P_2O_5 e K_2O recomendada pela amostragem em malha quadrada, permitindo o mapeamento destas variáveis. Foi possível identificar as diferenças apresentadas pela dosagem de P_2O_5 e K_2O baseadas nas recomendações obtidas pela amostragem convencional e pela amostragem em malha quadrada, para cafeicultura de precisão.

Termos para indexação: Agricultura de precisão, geoestatística, fertilizantes, cafeeiro.

SPATIAL VARIABILITY OF THE DOSAGE OF P_2O_5 AND K_2O TO FERTILIZE IN A VARIABLE RATE AND IN A CONVENTIONAL WAY IN A COFFEE FIELD

ABSTRACT: *Fewer studies have been conducted on the spatial variability of inputs dosage in crop field, mainly when it has been performed the comparison between conventional management and precision agriculture management in coffee crop.The aim of this article was to characterize the structure and magnitude of the spatial distribution of soil chemical attributes, and the recommendation of fertilizer application on a coffee field, and map these variables in order to identify the spatial dependence of them. It was also aimed compare the recommendation of fertilize application based on conventional sampling method and based on grid sampling method to demonstrate the advantages of the use of this crop management.. This study was carried out at the Brejão farm in Três Pontas, Minas Gerais state, Brazil. As data base were used phosphorus and potassium sampled conventionally and sampled in a 64 point squared grid. The soil sampling was sent to a soil lab to proceed the analyses of the amount of chemical attributes present in the soil, that allowed to proceed the recommendation of fertilizer application. The analysis of these data by geostatistics tools allowed characterize the spatial variability of phosphorus and potassium, as well as, the dose of P_2O_5 and K_2O recommended by the grid sampling method which allowed creating maps of spatial distribution of these variables. It was possible to identify differences presented in the P_2O_5 and K_20 doses based on the recommendations obtained by the conventional sampling method and by the grid sampling method to precision coffee culture.*

Index terms: *Precision agriculture, geostatistics, fertilizers, coffee plant.*

1 INTRODUÇÃO

Uma das necessidades da agricultura moderna é a predição da variabilidade espacial dos atributos do solo, em escalas mais detalhadas para o gerenciamento sustentável e otimização das práticas de manejo (KORSAETH; RILEY, 2006). Segundo Corá et al. (2004) e Grego e Vieira (2005), o conhecimento da variabilidade das propriedades do solo e das culturas, no espaço e no tempo, é considerado como princípio básico para o manejo preciso das áreas agrícolas, qualquer que seja sua escala.

Amado et al. (2009) citam que a coleta de amostras de solo georreferenciadas permite espacializar os atributos químicos, com o auxilio das ferramentas de geoestatística, sendo frequentemente utilizada, visando identificar zonas com restrições químicas, que possam limitar o rendimento da cultura. Ao se identificarem

[1,2,5]Universidade Federal de Lavras/ULFA - Departamento de Engenharia/DEG - 37200-000 -Lavras - MG - gabriel.ferraz@ufla.br, famsilva@ufla.br, ronan_sales@hotmail.com
[3]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Ciências Exatas/DEX- 37200-000 Lavras - MG - marcelo.oliveira@dex.ufla.br
[4]Cooperativa dos Cafeicultores do Cerrado Monte Carmelo LTDA - Rodovia MG 190, Km 4 - 38500-000 - Monte Carmelo-MG avelarcafe@yahoo.com.br

estas restrições, passa-se para a etapa de correção destas distorções presentes na área. Assim, surge a aplicação de insumos à taxa variável, que segundo Yuan et al. (2010), é uma parte importante da agricultura de precisão, pois preconiza a aplicação de insumos, em níveis específicos, adequados à área de gestão. Bernardi et al. (2004) citam que a adubação a taxas variáveis tem potencial para otimizar o uso de fertilizantes, minimizar os impactos negativos da atividade agrícola no ambiente, uniformizar a produtividade de uma área e reduzir os custos com fertilizantes.

Oliveira et al. (2008), em seus estudos, constataram que a aplicação de corretivos e fertilizantes utilizando-se taxas variáveis, em regiões específicas no solo, possibilitou minimizar os custos de produção e melhorar a eficiência do uso dos insumos agrícolas em lavoura cafeeira. De acordo com Molin et al. (2010), uma área cafeeira que recebeu aplicações de fertilizantes fosfatados e potássicos à taxas variadas, apresentou um aumento na produtividade, quando comparados com uma área que recebeu adubação em taxas fixas, além de apresentarem redução de consumo de insumos. Ferraz et al. (2011) constataram que a aplicação de insumos à taxa variável pode contribuir para a redução de custos de produção em cafeicultura.

Muitos trabalhos encontrados na literatura enfocam no estudo da variabilidade espacial dos atributos do solo, da planta e infestações de pragas (ALVES et al., 2009; CARVALHO et al., 2013; FERRAZ et al., 2012a, 2012b, 2012c; MOLIN et al., 2010; SILVA, A. et al., 2010; SILVA, F. et al., 2007, 2008, 2010) em lavoura cafeeira. Alguns trabalhos estudam também a necessidade de aplicação de insumos, assim como os estudos de Barbieri, Marques Júnior e Pereira (2008) e Weirich Neto, Sverzut e Schimadeiro (2006). Porém, estes trabalhos foram feitos em culturas como cana-de-açúcar e milho. Poucos são os trabalhos que estudam a dosagem de insumos, principalmente quando se trata de cafeicultura, em que este número fica ainda mais reduzido, tendo apenas como estudo o trabalho de Oliveira et al. (2008), em área cultivada com café conilon e o trabalho de Molin et al. (2010).

A adoção da agricultura de precisão, mesmo já sendo uma realidade na cafeicultura, ainda se encontra em um estágio muito inicial. Os cafeicultores ainda necessitam de maiores fontes de informação e pesquisa para que possam migrar do sistema convencional de manejo, para o sistema baseado na agricultura de precisão. Sendo assim, a realização de trabalhos que façam um comparativo entre estas técnicas é de fundamental importância para a difusão da agricultura de precisão entre os produtores.

Objetivou-se, neste trabalho, utilizar a geoestatística para caracterizar a estrutura e a magnitude da distribuição espacial de atributos químicos do solo (fósforo e potássio), bem como da recomendação de aplicação de P_2O_5 e K_2O, em lavoura cafeeira e mapear estas variáveis de forma a visualizar sua distribuição espacial, permitindo a utilização dos dados para a realização de adubação à taxas variadas. Objetivou-se, também, realizar a comparação entre a recomendação de aplicação de fertilizantes baseados na amostragem convencional e na amostragem em malha quadrada, para cafeicultura de precisão, de forma a demonstrar a importância do uso desta técnica, para a cultura do cafeeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na fazenda Brejão, localizada no município de Três Pontas, sul de Minas Gerais, em uma área de 22 hectares de lavoura de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) da cultivar Topázio transplantada, em dezembro de 2005, no espaçamento de 3,8m entrelinhas e 0,8m entre plantas, totalizando 3289 plantas.ha^{-1}. As coordenadas geográficas do ponto central da área são de 21°25’58” de latitude sul e 45°24’51” de longitude oeste de Greenwich. Os pontos limites da área foram obtidos por meio do uso de GPS topográfico.

O clima do local é caracterizado como ameno, tropical de altitude, com temperaturas moderadas, verão quente e chuvoso, classificado por Köppen como Cwa. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico Argiloso.

Foram realizadas nesta área, em julho de 2011, duas formas de amostragem do solo: a convencional e a em malha amostral quadrada. Para ambos os tipos de amostragem, foram avaliados os seguintes atributos químicos do solo: disponibilidade de Fósforo (P) (Extrator Mehlich 1) e disponibilidade de Potássio (K) (Extrator Mehlich 1). As amostras de solo compostas foram enviadas para o laboratório de Análise de Solo do Departamento de Ciências dos Solos da Universidade Federal de Lavras, para se procederem às devidas análises dos atributos do solo.

Para amostragem convencional, a coleta de solo foi realizada com trado holandês, na profundidade de 0 – 20 cm, na projeção da saia da planta de cafeeiro, retirando-se 10 subamostras aleatórias para cada 11 ha, homogeneizando-as e obtendo apenas uma amostra composta. Assim, obtiveram-se duas amostras compostas para a área em estudo, o que fez com que esta fosse dividida ao meio, (Lado A e Lado B) (Figura 1).

Para a realização da amostragem em malha, demarcou-se, na área em estudo, uma malha amostral regular de, aproximadamente, 3 pontos por hectare. Isto foi realizado para que se conseguisse uma boa amostragem da área, além de se proceder a uma amostragem melhor da que é realizada na prática em cafeicultura. De acordo com Ferraz et al. (2012b), a malha amostral mais utilizada comercialmente na cafeicultura é a de um ponto, a cada hectare. Sendo assim, utilizou-se uma malha de 57 x 57 m, totalizando 64 pontos amostrais georreferenciados (2,9 pontos por hectare), que foi demarcada com a utilização do GPS topográfico, cujo erro médio era de 10 cm (Figura 2).

Cada ponto amostral corresponde a quatro plantas: duas plantas localizadas na rua de cafeeiros, onde o ponto foi georreferenciado e as outras duas plantas localizadas em cada rua lateral ao ponto de referência (Figura 2).

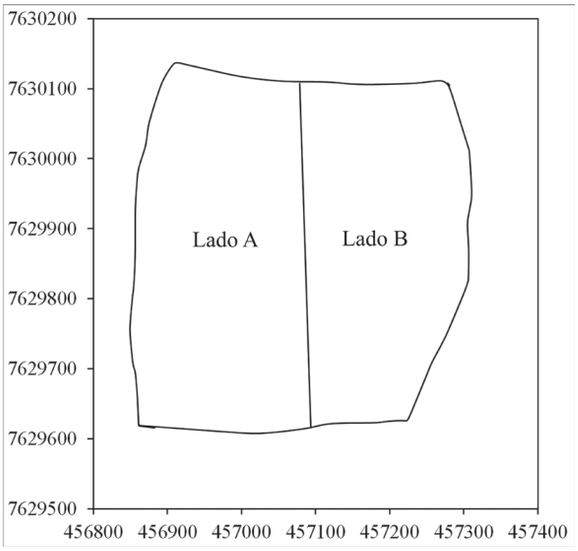


FIGURA 1 - Divisão da área para a amostragem convencional.

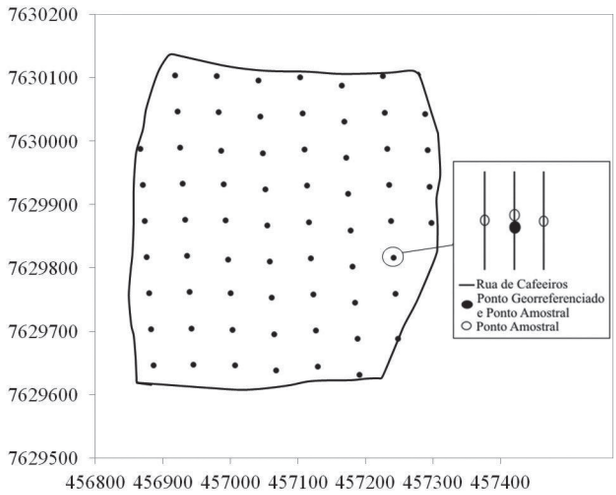


FIGURA 2 - Malha Amostral e detalhamento da amostragem.

A coleta dos atributos químicos do solo foi realizada por meio da retirada de subamostras na projeção da saia do cafeeiro de 0 a 20 cm de profundidade, com o uso de um trado holandês. Em cada ponto amostral foi retirada uma subamostra de cada uma das quatro plantas que compõem este ponto. As quatro subamostras, de cada ponto amostral, foram homogeneizadas para formar uma amostra composta para este ponto.

No intuito de caracterizar a estrutura e a magnitude da dependência espacial dos atributos do solo P e K e da recomendação de P_2O_5 e K_2O, foram realizados os ajustes de semivariograma, cuja semivariância é estimada pela equação 1:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} \left[Z(x_i) - Z(x_i + h) \right]^2 \qquad 1$$

em que N(h) é o número de pares experimentais de observações $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$ separados por uma distância h. Z é o atributo em estudo. x_i é a posição georreferenciada em que ocorreu a variável (atributo) Z. O semivariograma é representado pelo gráfico $\hat{\gamma}(h)$ versus h. Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de $\hat{\gamma}(h)$, são estimados os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma denominado de efeito pepita (C_0); patamar (C_0+C_1); e o alcance (a) (BACHMAIER; BACKERS, 2008).

Foi utilizado o método dos quadrados mínimos ordinários para este ajuste de um modelo matemático. De acordo com Bussab e Moretin (2002), este estimador é um dos mais utilizados em estudos estatísticos. Trata-se, também, de um método utilizado em diversos trabalhos na cultura do cafeeiro (FERRAZ et al., 2012a; SILVA et al., 2007, 2008).

Segundo Mello et al. (2005), o método dos quadrados mínimos ordinários consiste em obter os valores dos parâmetros de um modelo que minimizam a soma do quadrado da diferença entre os valores observados e os estimados. Ainda de acordo com estes autores, a estimativa dos parâmetros do semivariograma por este método pode ser obtida pela minimização da equação 2:

$$Q(\theta) = \sum_{i=1}^{K} [g(h_i) - \gamma(h_i; \theta)]^2 \qquad 2$$

onde, θ representa o vetor de parâmetros estimados que definem completamente o semivariograma (C_0, C_1, a), sendo cada estimativa denotada por $g(h_i)$, k é ao número de "lags" do semivariograma experimental.

A quantidade $\gamma(h_i;\theta)$ é a semivariância calculada pelo modelo e depende dos parâmetros estimados θ e após minimização, a função $g(h_i)$ se torna a estimativa de quadrados mínimos.

O modelo matemático para semivariogramas escolhido foi o esférico, para todos os atributos estudados. Este modelo é muito utilizado em trabalhos de estudo de variabilidade espacial em lavouras cafeeiras de atributos do solo, produtividade, desfolha, força de desprendimento de frutos e infestação de praga (ALVES et al., 2009; FERRAZ et al., 2012a, 2012b; MOLIN et al., 2010; SILVA, A. et al., 2010; SILVA, F. et al., 2007, 2008, 2010). Ferraz et al. (2012c), estudando diferentes métodos e modelos, constatou que o modelo esférico foi o que se ajustou à maioria dos atributos do solo e à produtividade do cafeeiro. Pode-se explicar sua ampla utilização,devido à sua capacidade, relativamente fácil, de ajuste a qualquer nuvem de pontos que tenha um patamar. O modelo esférico é dado como segue:

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0, & \text{se } h = 0 \\ C_O + C_1 \left[\frac{3}{2}\left(\frac{h}{a}\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{h}{a}\right)^3 \right], & \text{se } 0 < h \leq a \\ C_O + C_1 & \text{se } h > a \end{cases} \qquad 3$$

Após o ajuste dos semivariogramas foi realizada a interpolação dos dados por krigagem ordinária, de forma a possibilitar a visualização dos padrões de distribuição espacial das variáveis na lavoura.

A krigagem é o método de interpolação da Geoestatística, que utiliza a dependência espacial expressa no semivariograma entre amostras vizinhas, para estimar valores em qualquer posição dentro do campo, sem tendência e com variância mínima. Estas duas características fazem da krigagem um interpolador ótimo. A condição de não tendência significa que, em média, a diferença entre valores estimados e medidos seja nula, e a condição de variância mínima significa que, embora possam existir diferenças ponto por ponto entre o valor estimado e o medido, essas diferenças são mínimas (BURGESS; WEBSTER, 1980).

Segundo Vieira (2000), para a aplicação da krigagem, assume-se que sejam conhecidas as realizações $z(x_1)$, $z(x_2)$..., $z(x_n)$ da variável aleatória espacial Z(x), nos locais x_1, x_2,...,x_n, (amostra); que o semivariograma da variável já tenha sido determinado; e que o interesse seja estimar um valor $\hat{z}$ na posição x. O estimador $\hat{Z}(x)$ de $Z(x)$ é dado por:

$$\hat{Z}(x) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(x_i) \quad 4$$

em que n é o número de vizinhos, $Z(x_i)$, envolvidos na estimativa, e λ_i são os pesos associados a cada valor medido. Para atender às condições de interpolador ótimo (krigagem), requer-se:

$$E\left\{\hat{Z}(x_0) - Z(x)\right\} = 0$$

$$Var\left\{\hat{Z}(x) - Z(x)\right\} = E\left\{\left[\hat{Z}(x) - Z(x)\right]^2\right\} = mínima$$

Para que $\hat{Z}(x)$ seja um estimador não tendencioso de $Z(x)$, a soma dos pesos das amostras tem que se igualar a um.

$$\sum_{i=1}^{N} \lambda_i = 1$$

Para obter a variância mínima, introduz-se o multiplicador de Lagrange (μ), e o sistema de krigagem resultante é deduzido segundo a equação 5:

$$\sum_{i=1}^{N} \lambda_i \gamma(x_i, x_j) + \mu = \gamma(x_i, x); \text{ i= 1 a N} \quad 5$$

A solução deste sistema de equações simultâneas dá os pesos de krigagem λ_i.

Foram gerados também mapas de erro-padrão da predição. De acordo com Cunha et al. (2013), o mapa de erro-padrão da krigagem é referido como o desvio-padrão da predição para qualquer ponto individual. Estes mapas foram obtidos de modo que servissem de fonte de informação acerca da confiança dos valores interpolados na área em estudo.

Uma vez obtidos os resultados da análise do solo amostrados de forma convencional e em malha amostral quadrada, foi realizada a recomendação da dose de P_2O_5 a ser aplicada para suprir a necessidade de fósforo (P), para a cultura do cafeeiro. Além disto, calculou-se a recomendação da dose de K_2O a ser aplicada para suprir a necessidade de potássio (K) para esta cultura. A recomendação da dosagem a ser aplicada de P_2O_5 e K_2O, seguiu os conceitos propostos por Guimarães et al. (1999) para adubação de produção do cafeeiro, para as duas formas de amostragem. Para tal, foi desenvolvida uma planilha eletrônica para a realização dos cálculos necessários para a obtenção das dosagens requeridas para cada ponto amostral. Nesta planilha, foram inseridos os dados da análise de solo e os critérios estabelecidos por Guimarães et al. (1999), que é o padrão seguido no estado de Minas Gerais. De acordo com estes autores, a quantidade de fertilizantes é determinada em função da produtividade média da lavoura e dos teores de nutrientes no solo. Sendo assim, considerou-se como produtividade média da área em estudo, 38 sacas por hectare.

Para a análise geoestatística e para a confecção dos mapas, foi utilizado sistema computacional R Development Core Team (2011), por meio da biblioteca geoR (RIBEIRO JUNIOR; DIGGLE, 2001). Os mapas foram gerados na coordenada Universal Transversa de Mercator (UTM), na zona 23K, na qual está inserida a região de Três Pontas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises descritivas da disponibilidade do fósforo e do potássio, bem como da recomendação da dose de adubação de P_2O_5 e de K_2O, obtidos pela amostragem em malha quadrada e por amostragem convencional, podem ser observadas na Tabela 1. Ressalta-se que são observados valores em kg de P_2O_5 e o K_2O referentes à adubação em malha quadrada, em função da área de cada ponto amostral (0,34ha) e também por hectare. Quando se trata da amostragem convencional apresentaram-se os valores referentes à dosagem de cada lado que é referente à área de 11ha e à dosagem aplicada a cada lado, por hectare.

Pode-se perceber que os valores médios, encontrados pela amostragem em malha quadrada e os valores obtidos pela amostragem convencional, apresentam diferenças. Ao se observar a dosagem de P_2O_5, quando recomendado baseado na amostragem convencional, tem-se que a dose em kg/ha do Lado B equivale à maior dose da amostragem em malha quadrada. Já considerando-se a dosagem de K_2O, observou-se que o Lado B (amostragem convencional) apresentou uma dose igual ao valor mínimo da dosagem deste produto, quando amostrado em malha quadrada.

Ao se analisarem, também, os valores mínimos e máximos dos atributos do solo e da dosagem dos fertilizantes, quando baseados em amostragem em malha quadrada (Tabela 1), percebe-se que existe variação nos dados. Contudo, somente o conhecimento desta variação não é suficiente para identificar os locais onde se encontram os altos teores, e os locais onde se encontram os teores mais baixos de um determinado atributo do solo.

TABELA 1 - Estatística descritiva do teor de fósforo no solo (P), da dose recomendada de P_2O_5, do teor de Potássio no solo (K) e da dose recomendada de K_2O, para amostragem em malha quadrada e para amostragem convencional.

Amostragem em Malha Quadrada						
	P (mg/dm^3)	P_2O_5 (kg/pt)	P_2O_5 (kg/ha)	K (mg/dm^3)	K_2O (kg/pt)	K_2O (kg/ha)
Mínimo	1,71	8,25	24	42,12	51,56	150
Máximo	107,11	25,44	74	199,68	103,13	350
Média	9,33	17,62	51,27	103,37	72,91	212,11
DP	14,92	7,36	21,4	31,90	15,61	45,42
CV	159,83	41,74	41,74	30,86	21,42	21,42
Amostragem Convencional						
	P (mg/dm^3)	P_2O_5 (kg/pt)	P_2O_5 (kg/ha)	K (mg/dm^3)	K_2O (kg/pt)	K_2O (kg/ha)
Lado A	5,5	704	64	125	2475	225
Lado B	3,2	814	74	112	1650	150
Média	4,35	759	69	118,5	2062,5	187,5

Nesse caso, torna-se necessário utilizar a Geoestatística, para que se possa identificar a estrutura de variabilidade espacial dos dados, bem como para realizar a confecção de mapas, a fim de possibilitar o gerenciamento mais preciso das intervenções necessárias.

Baseando-se na metodologia de análise geoestatística, foi possível quantificar a magnitude e a estrutura de dependência espacial das variáveis teor de fósforo no solo (P) (mg/dm^3), da dose recomendada de P_2O_5 (kg/ha) do teor de Potássio no solo (K) (mg/dm^3), e da dose recomendada de K_2O (kg/ha) (Tabela 2 e Figura 3). As dosagens de P_2O_5 e de K_2O foram tomadas em kg/ha, por ser a unidade utilizada para a recomendação de adubação, segundo Guimarães et al. (1999).

O efeito pepita (C_0) é um importante parâmetro do semivariograma, e indica variabilidade não explicada, considerando-se a distância de amostragem utilizada. Como é impossível quantificar a contribuição individual desses erros, o efeito pepita pode ser expresso como porcentagem do patamar, facilitando assim, a comparação do grau de dependência espacial (GD) das variáveis em estudo (TRANGMAR; YOST; UEHARA, 1985) (Tabela 2). Pela classificação Cambardella et al. (1994), as variáveis P_2O_5, K e K_2O apresentaram GD forte, sendo que o P apresentou GD moderado.

Os valores dos alcances (a) relativos aos semivariogramas têm uma importância considerável na determinação do limite da dependência espacial, o que pode ser também um indicativo do intervalo entre unidades de mapeamento de solos (TRANGMAR; YOST; UEHARA, 1985) ou, também, dos atributos relacionados às plantas (FERRAZ et al., 2012b). Percebeu-se, neste trabalho, que os alcances encontrados não superaram 89 m.

Silva et al. (2008), estudando dois anos agrícolas de uma lavoura cafeeira (2002/2003 e 2003/2004), encontraram que a variável P apresentou efeito pepita de 0,09 e um alcance de 86,05m na primeira safra e 0,52 e 210,04 m, respectivamente, na segunda safra. Para o K, os valores da primeira safra foram 579 e 142,08 m, e na segunda safra "C_0" igual a 973 e "a" igual a 188,02m. Ferraz et al. (2012c), ao estudarem por três anos (2007, 2008 e 2009) uma lavoura cafeeira encontraram que a variável P apresentou efeito pepita igual a 0, em todos os três anos, e o alcance de dependência espacial igual a 133,31m (2007), 89,73m (2008) e 156,76m (2009). Ao estudarem o K, os autores encontraram efeito pepita 0, para os anos de 2007 e 2008 e 0,0018 em 2009, e alcance de dependência espacial igual a 165,25m (2007), 437,67m (2008) e 83,70m (2009). As diferenças entre este trabalho e os trabalhos dos autores citados podem se dar em função da malha amostral, da área em estudo, da idade do cafeeiro, das condições climáticas dos anos em estudo, dentre outros fatores.

Após o ajuste do semivariograma (Tabela 2 e Figura 3) para cada variável, foram estimados valores das variáveis de solo estudadas e da dose necessária de adubo, por meio da krigagem ordinária.

TABELA 2 - Parâmetros estimados para o semivariograma experimental das variáveis teor de fósforo no solo (P) (mg/dm^3), da dose recomendada de P_2O_5 (kg/ha) ,do teor de Potássio no solo (K) (mg/dm^3) e da dose recomendada de K_2O (kg/ha), para amostragem em malha quadrada.

Variável	C_0	$C_0 + C_1$	C_1	a	GD	
P	45,77	132,80	178,57	56,74	25,63	Moderado
P_2O_5	42,37	420,76	463,12	88,21	9,15	Forte
K	135,65	931,15	1066,80	80,67	12,72	Forte
K_2O	0	2043,80	2043,80	83,17	0.00	Forte

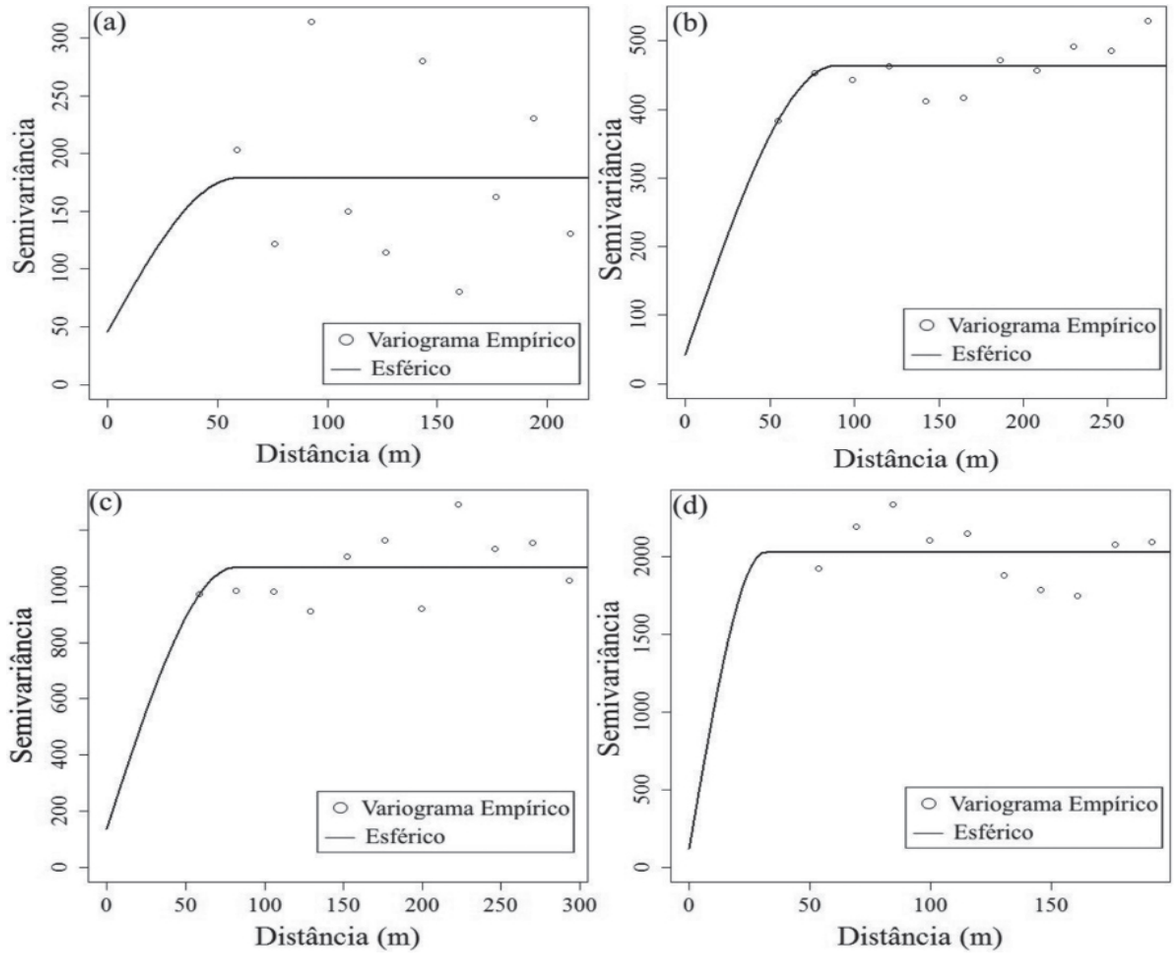


FIGURA 3 - Semivariograma da disponibilidade do Fósforo (P) (mg/dm^3) (a), Recomendação de Aplicação de Fósforo (Kg/ha) (b), disponibilidade do Potássio (K) (mg/dm^3) (c) e Recomendação de Aplicação de Potássio (Kg/ha) (d).

Desta maneira, foi possível construir mapas de distribuição espacial (isolinhas) para todas elas (Figura 4), que permitiram visualizar a variabilidade espacial do teor de P e K do solo da área, bem como a variabilidade espacial da dosagem de P_2O_5 e K_2O (em kg/ha), para suprir as necessidades destes nutrientes no solo.

Observa-se nos mapas de teor de atributos químicos P (Figura 4a) e K (Figura 4c) que as cores mais avermelhadas representam os baixos teores, enquanto que as cores mais esbranquiçadas representam os teores mais elevados. Nos mapas de recomendação de aplicação de P_20_5 (Figura 4b) e de K_2O (Figura 4d), as cores escuras representam as maiores doses, enquanto que as cores esbranquiçadas as menores dosagens.

Pela observação da Figura 4a, pode-se perceber que grande parte da área estava com cores avermelhadas, e em um ponto da área pode-se observar coloração mais amarelada para esbranquiçada. Isto se reflete no mapa de recomendação de aplicação de P_2O_5, onde se percebeu que, na maior parte da área, há a necessidade de se aplicar doses maiores (cores amareladas, alaranjadas e avermelhadas).

Pela análise da Figura 4c, percebe-se que grande parte da área apresenta valores intermediários (alaranjados), para valores superiores (esbranquiçados). Analisando-se as Figuras 4c e 4d, percebe-se uma relação direta onde pontos avermelhados na Figura 4c estão avermelhados na Figura 4d.

Mapas como os da Figura 4c e 4d têm uma grande importância para guiar a aplicação diferenciada de fertilizantes, indicando a quantidade a ser aplicada em cada localidade, corroborando para uma aplicação mais eficaz. Em cafeicultura, a adubação diferenciada, ou as taxas variáveis, podem ser realizadas por meio da adubação manual, conforme citada no trabalho de Ferraz et al. (2011) ou mesmo mecanizada, conforme descrita por Molin et al. (2010). Ressalta-se que estes mapas podem ser utilizados em qualquer uma destas formas de adubação, à taxa variada.

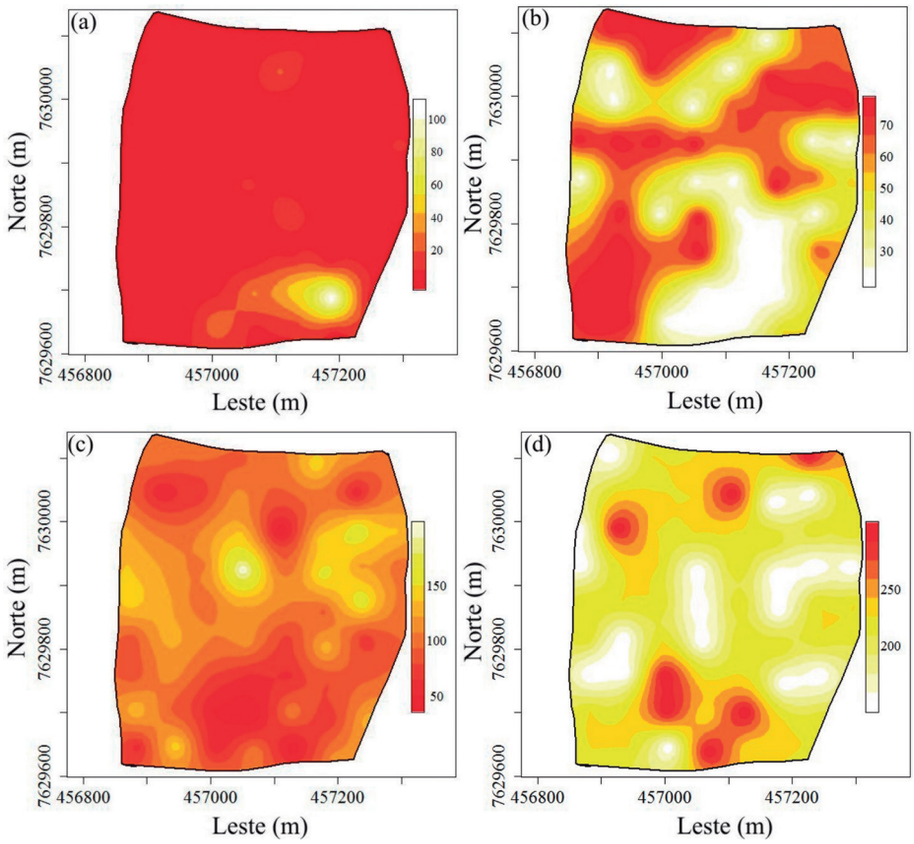


FIGURA 4 - Distribuição espacial da disponibilidade do Fósforo (P) (mg/dm^3) (a), Recomendação de Aplicação de Fósforo (kg/ha) (b), disponibilidade do Potássio (K) (mg/dm^3) (c) e Recomendação de Aplicação de Potássio (kg/ha) (d).

Pela análise da Figura 5, é possível observar os mapas de erro-padrão da predição, medem a confiança dos valores interpolados. Pode-se perceber que os maiores erros se encontram nas bordaduras da área e que nos locais mais próximos aos pontos amostrais, observam-se erros-padrão menores. Observam-se nos mapas da Figura 5, que as estimativas foram bem realizadas, pois os erros foram relativamente baixos com relação às variações apresentadas pelos atributos em estudo, já descritos na Tabela 1.

Ao se realizar um comparativo da dosagem recomendada para o P_2O_5, para os dois sistemas de amostragem de solo (convencional e em malha quadrada), pode-se perceber que a quantidade a ser aplicada deste elemento nos 22 ha, quando se realizou a recomendação baseada na amostragem convencional, seria da ordem de 1518 kg. Já, baseando-se nos resultados da análise de solo, vindos da amostragem em malha quadrada, para cafeicultura de precisão, a recomendação seria de 1128 kg para a área em estudo, o que representou 25,7% de redução, em relação à amostragem convencional.

Para o K_2O, ao se observarem os resultados da análise de solo, baseados na amostragem convencional, a recomendação seria aplicar 4125 kg na área toda (22 ha), enquanto que a recomendação baseada na amostragem em malha quadrada, recomendaria a aplicação 4666 Kg de K_2O, nos 22 ha em estudo. Neste caso, a amostragem em malha quadrada, para cafeicultura de precisão, recomendaria uma dosagem de K_2O 11,6% maior que a amostragem tradicional.

Desta maneira, podem-se observar as diferenças nas recomendações de aplicação de fertilizantes, proporcionadas pela , nem sempre há a redução da quantidade de um determinado produto (fertilizantes, corretivos, defensivos, etc) a ser aplicado em uma área quando se utilizam os princípios da cafeicultura de precisão, porém sua maior vantagem é identificar os locais e aplicar tais produtos dentro da necessidade especifica de cada região, fazendo com que assim a utilização destes seja mais eficiente e racional, tornando sua utilização vantajosa.

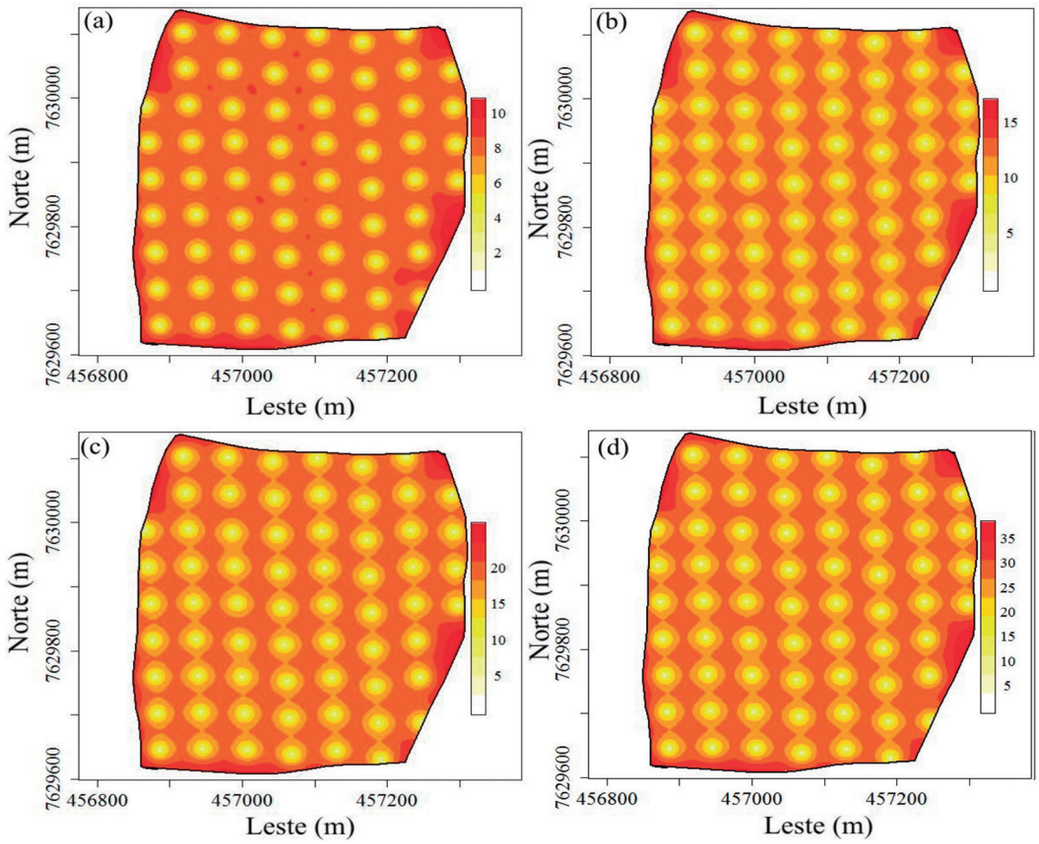


FIGURA 5 - Mapa de erros de krigagem da disponibilidade do Fósforo (P) (mg/dm3) (a), Recomendação de Aplicação de Fósforo (kg/ha) (b), disponibilidade do Potássio (K) (mg/dm3) (c) e Recomendação de Aplicação de Potássio (kg/ha) (d).

4 CONCLUSÕES

Foi possível caracterizar a magnitude e a estrutura de dependência espacial do teor de fósforo e potássio, bem como da dose a ser aplicada de P_2O_5 e K_2O, na lavoura cafeeira por meio de ajuste de semivariograma.

A distribuição espacial do teor de P e K no solo e da dose a ser aplicada de P_2O_5 e K_2O, pode ser analisada e visualizada por meio da análise dos mapas de isocores, obtidos por krigagem. Os mapas de erro-padrão demonstraram que a estimativa por krigagem ordinária apresentou maiores erros próximos do limite da área e os menores erros próximos aos pontos amostrais.

Foi possível identificar as diferenças existentes, entre a dosagem recomendada para aplicação de P_2O_5 e K_2O, obtidos pela amostragem convencional e pela amostragem em malha quadrada, para cafeicultura de precisão. Observou-se que, para o de P_2O_5, a amostragem em malha recomendou uma dose 25,7% menor que a amostragem convencional, e para K_2O, a amostragem em malha recomendou uma dose 11,6% maior que a amostragem convencional.

5 REFERÊNCIAS

ALVES, M. C. et al. Geostatistical analysis of the spatial variation of the berry borer and leaf miner in a coffee agroecosystem. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 10, n. 12, p. 1-14, Dec. 2009.

AMADO, T. J. C. et al. Atributos químicos e físicos de latossolos e sua relação com os rendimentos de milho e feijão irrigados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 831-843, ago. 2009.

BACHMAIER, M.; BACKERS, M. Variogram or semivariogram?: understanding the variances in a variogram. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 9, p. 173-175, Feb. 2008.

BARBIERI, D. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos químicos de um argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 645-653, out./dez. 2008.

BERNARDI, A. C. de C. et al. Aplicação de fertilizantes a taxas variáveis. In: MACHADO, P. L. O. de A.; BERNARDI, A. C. de C.; SILVA, C. A. (Ed.). **Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2004. p. 153-164.

BURGESS, T. M.; WEBSTER, R. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties: II., block kriging. **Journal of Soil Science**, Baltimore, v. 31, n. 2, p. 333-341, 1980.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2002. 526 p.

CAMBARDELLA, C. A. et al. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CARVALHO, L. C. C. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo e características agronômicas da cultura do café. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 265-275, jul./set. 2013.

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 do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1013-1021, nov./dez. 2004.

CUNHA, A. de M. et al. Espacialização da precipitação pluvial por meio de krigagem e cokrigagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 9, p. 1179-1191, set. 2013.

FERRAZ, G. A. S. et al. Agricultura de precisão no estudo de atributos químicos do solo e da produtividade de lavoura cafeeira. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 59-67, jan./abr. 2012a.

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. 2012b.

FERRAZ, G. A. 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, jan./fev. 2012c.

FERRAZ, G. A. S. et al. Viabilidade econômica do sistema de adubação diferenciado comparado ao sistema de adubação convencional em lavoura cafeeira: um estudo de caso. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 5, p. 906-915, set./out. 2011.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 169-177, mar./abr. 2005.

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.

KORSAETH, A.; RILEY, H. Estimation of economic and environmental potentials of variable rate versus uniform N fertilizer application to spring barley on morainic soils in se norway. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 7, n. 4, p. 265-279, 2006.

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

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

OLIVEIRA, R. B. et al. Comparação entre métodos de amostragem do solo para recomendação de calagem e adubação do cafeeiro conilon. **Engenharia Agrícola**, 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, 2011. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 13 mar. 2011.

RIBEIRO JUNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. GeoR: a package for geostatistical analysis. **R-News**, New York, v. 1, n. 2, p. 14-18, June 2001.

SILVA, A. F. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo cultivado com café arábica (C*offea arabica* L.) sob diferentes manejos. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 173-182, maio/ago. 2010.

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

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, mar./abr. 2007.

SILVA, F. M. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 231-241, jan./fev. 2008.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, New York, v. 38, n. 1, p. 45-94, 1985.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-54.

WEIRICH NETO, P. H.; SVERZUT, C. B.; SCHIMADEIRO, A. Necessidade de fertilizante e calcário em área sob sistema plantio direto considerando variabilidade espacial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 338-343, 2006.

YUAN, J. et al. Gaussian process based bivariate control parameters optimization of variable-rate granular fertilizer applicator. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 70, n. 1, p. 33-41, Jan. 2010.

INFLUÊNCIA DO MANEJO DAS PLANTAS ADVENTÍCIAS NA DIVERSIDADE DE ÁCAROS EM CAFEZAL ORGÂNICO

Marçal Pedro Neto[1], Paulo Rebelles Reis[2], Rogério Antônio Silva[3]
Mauricio Sergio Zacarias[4]

(Recebido: 24 de setembro 2014 ; aceito: 24 de novembro de 2014)

RESUMO: O controle de pragas, plantas adventícias e doenças são importantes entraves para a produção de alimentos em sistema orgânico. Trabalhos demonstram que o manejo correto de plantas adventícias em cafeeiro, diminui o número de insetos com potencial para se tornarem pragas, proporciona aumento de inimigos naturais e, consequentemente, mantém as pragas em níveis baixos, sem causar dano. Dos ácaros-praga, *Oligonychus ilicis* (McGregor), *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) e *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) são os que podem causar perdas significativas à cafeicultura. Objetivou-se avaliar o efeito do manejo das plantas adventícias, na diversidade de ácaros em cafeeiro (*Coffea arabica* L.), cultivado organicamente. O experimento consistiu em cinco tratamentos e cinco repetições, em delineamento de blocos casualizados. Foram realizados quatro tipos de manejo das plantas adventícias nas entrelinhas, roçada total, roçadas alternadas nas entrelinhas, capina manual total, capina manual alternada nas entrelinhas e testemunha sem manejo. Durante 24 meses, foram coletadas 25 folhas de café em cada repetição, acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório para a extração dos ácaros, pelo método da lavagem. O material resultante foi analisado com microscópio estereoscópico e os ácaros encontrados foram fixados em lâminas para identificação, sempre que possível, em nível de espécie. Em geral, o tipo manejo das plantas daninhas influenciou positivamente no número do ácaro predador *Euseius citrifolius* Denmark e Muma. Para os predadores *Euseius concordis* (Chant) e *Neoseiulus benjamini* (Schica), a ausência de manejo das plantas adventícias foi benéfica. O maior número de ácaros-praga foi observado no tratamento com baixa diversidade de plantas adventícias.

Termos para indexação: Acarologia Agrícola, *Coffea arabica*, plantas daninhas, manejo ecológico de pragas, ácaros predadores.

INFLUENCE OF THE WEEDS MANAGEMENT ON THE MITE DIVERSITY IN ORGANIC COFFEE CROP

ABSTRACT: *The control of pests, diseases and weeds become an obstacle to food production in an organic system. Studies demonstrate that the management of weeds in coffee decreases the number of insects with the potential to become pests and provides increased natural enemies, and consequently keeps the pests at low levels, without causing damage. Of pest mites, Oligonychus ilicis (McGregor), Brevipalpus phoenicis (Geijskes) and Polyphagotarsonemus latus (Banks) are those that can cause significant losses to coffee production. Aimed to evaluate the effect of management of adventitious plants in diversity of mites in coffee (Coffea arabica L.) grown organically. The experiment consisted of five treatments and five repetitions in a randomized block design. On the experiment was accomplished four types of management of weeds between the lines, total mowing, mowing alternating between the lines, total manual weeding, hand weeding alternating between the lines and control (treatment without management). During 24 months were collected 25 coffee leaves on each replicate, packed in plastic bags and taken to the laboratory for extraction of dust mites by washing method. The resulting material was analyzed with a stereoscopic microscope and mites found were fixed on slides for identification, where possible, to the species level. Therefore, in general, the type weeds management positively influenced the number of predatory mite Euseius citrifolius Denmark and Muma. For predators Euseius concordis (Chant) and Neoseiulus benjamini (Schica), the absence of management of weeds was beneficial. The largest number of pest mites was observed on treatment with low diversity of weeds.*

Index terms: *Agricultural acarology, Coffea arabica, weeds, ecological pest management, predatory mites.*

1 INTRODUÇÃO

Cerca de 130 países, em todo o mundo, produzem alimentos orgânicos certificados em proporções comerciais (KRYSTALLIS; CHRYSSOCHOIDIS, 2005). A produção orgânica consiste na ausência do uso de produtos sintéticos no controle de pragas, doenças e na fertilização do solo (YUSSEFI; WILLER, 2007). No Brasil, esse sistema de produção intensificou-se em meados da década de 1990. O consumo de café orgânico cresceu no mercado internacional nas últimas décadas, até 20% ao ano (LEWIN; GIOVANUCCI; VARANGIS, 2004), e em diversos países até 30% (KRYSTALLIS; CHRYSSOCHOIDIS, 2005).

Um dos desafios da cafeicultura orgânica é o controle ou o manejo adequado das plantas adventícias ou invasoras, consideradas aquelas que se desenvolvem entre as plantas ou nas entrelinhas da cultura do cafeeiro. Essas plantas competem por

[1,2,3]EPAMIG Sul de Minas/EcoCentro - Cx. P. 176 - 37.200-000 - Lavras - MG - pedronetom@yahoo.com.br, paulo.rebelles@epamig.ufla.br, rogeriosilva@epamig.ufla.br
[4]Embrapa Café/EPAMIG Sul de Minas/EcoCentro - Cx. P. 176 - 37200-000 Lavras - MG - zacarias@epamig.ufla.br

água, nutrientes e iluminação; podem ocasionar perdas de 60% a 80% da produção (BLANCO; OLIVEIRA; PUPO, 1982), apresentando elevado custo para seu controle. Contudo, se bem manejadas, podem propiciar benefícios às lavouras, como fornecimento de matéria orgânica, melhoria da disponibilidade de nutrientes para a cultura e equilíbrio faunístico de artrópodes no agroecossistema (ALCÂNTARA; FERREIRA, 2000); ainda podem proporcionar refúgio e alimento alternativo para os inimigos naturais das pragas da cultura (ALTIERI; NICHOLLS, 2004; ISAACS et al., 2009; TSITSILAS et al., 2011).

Dos ácaros-praga, o ácaro-vermelho *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) (Acari: Tetranychidae), o ácaro da mancha-anular *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) e o ácaro-branco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904) (Acari: Tarsonemidae), destacam-se pelas perdas que causam à cafeicultura (REIS et al., 2008; REIS; ZACARIAS, 2007; TEODORO; KLEIN; TSCHARNTKE, 2009).

Os ácaros predadores encontrados no agroecossistema cafeeiro demonstram capacidade de manter populações de ácaros fitófagos em níveis baixos (PEDRO NETO et al., 2010). A família Phytoseiidae de ácaros predadores destaca-se pela sua utilização no controle biológico, aplicado ou natural, mais estudado, tanto em cultivos protegidos, como em cultura conduzida a campo aberto (CHANT; MCMURTRY, 2013). Algumas espécies da família Phytoseiidae, como *Euseius concordis* (Chant, 1959), *Amblyseius herbicolus* (Chant, 1959), *Amblyseius compositus* Denmark e Muma 1973, *Iphiseiodes zuluagai* Denmark e Muma 1972, *Euseius citrifolius* Denmark e Muma 1970 e *Euseius alatus* DeLeon 1966, estão associados aos principais ácaros-praga da cultura cafeeira (MINEIRO; SATO, 2008; PALLINI FILHO; MORAES; BUENO, 1992; REIS; ZACARIAS, 2007).

Realizou-se, presente trabalho, com o objetivo de avaliar o efeito do manejo das plantas adventícias nas entrelinhas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) sobre os ácaros-praga e ácaros predadores, em cafezal cultivado no sistema orgânico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado na Fazenda Cachoeira (20º53’07.88” S, 44º57’06.47” O), no município de Santo Antônio do Amparo, MG, em um talhão de 1,0 hectare de *C. arabica* cv. Catucaí Amarelo com sete anos de idade, conduzido no sistema orgânico, no espaçamento de 3,60 x 0,75 m, em renque.

No controle de pragas, quando necessário, utilizou-se extrato de nim, produzido na própria fazenda. No controle da ferrugem foi empregado hidróxido-de-cobre e a correção da fertilidade do solo foi feita com casca de café, torta de mamona e restos de plantas adventícias, após a roçada nas entrelinhas. Foram efetuados quatro tipos de manejos das plantas adventícias, os mais utilizados na região nas entrelinhas do cafeeiro: RT = roçada total; RA = roçada em entre linhas alternadas; CM = capina manual total; CA = capina manual em entre linhas alternadas e SC = sem controle de plantas invasoras (testemunha). Nas linhas, os cafeeiros foram sempre mantidos no limpo, por meio de capina manual. Cada tratamento continha 5 repetições, em delineamento de blocos casualizados, com 19 plantas de cafeeiro por parcela, sendo 15 centrais considerados como parte útil. Para avaliação dos ácaros, pragas e predadores, coletaram-se 25 folhas, ao acaso em cada parcela, num total de 125 folhas, mensalmente, durante 24 meses, por tratamento.

As folhas de cafeeiro foram coletadas na parte interna e no terço médio das plantas, e acondicionadas em sacos plásticos de 5 litros. Após a coleta, foram transportadas para o Laboratório de Acarologia da EPAMIG Sul de Minas/EcoCentro, em Lavras, MG, onde foram mantidas em geladeira, a 10ºC, até a separação dos ácaros por meio do método da lavagem das folhas (SPONGOSKI; REIS; ZACARIAS, 2005).

Para a separação dos ácaros das folhas, cada amostra recebeu de 1 a 2 litros de água, e algumas gotas de detergente com a função de quebrar a tensão superficial e, em seguida, realizou-se uma agitação da amostra por 15 segundos, aproximadamente. O líquido resultante foi passado em peneira granulométrica de 325 *mesh*, retendo assim os ácaros que estavam presentes nas folhas. Um enxágue foi realizado somente com água, após a lavagem inicial, para a remoção de ácaros que, eventualmente, ficaram aderidos ao saco plástico ou, mesmo, às folhas. Por sua vez, o material retido na peneira foi transferido para frascos plásticos com capacidade 30 ml, com auxílio de pisseta com álcool 70%, a partir de jatos desse líquido. Em microscópio estereoscópico de 40X aumentos, os ácaros encontrados no líquido foram fixados em lâminas de microscopia, com meio de Hoyer modificado (MORAES; FLECHTMAN, 2008).

Posteriormente, os ácaros foram identificados, em microscópio equipado com contraste de fase no Laboratório de Acarologia da EPAMIG Sul de Minas/EcoCentro, em Lavras, MG, sempre que possível em nível de espécie.

Os dados obtidos foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$, buscando atender às pressuposições de normalidade e de variâncias homogêneas, e submetidos à análise de variância, seguida de teste de médias de Scott-Knott, a 5% de significância (FERREIRA, 2008).

A análise faunística foi realizada com uso do programa ANAFAU, desenvolvido pelo setor de Entomologia da ESALQ/USP.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas 25 coletas realizadas, ou 1.875 folhas, foi coletado um total de 1.418 espécimes de ácaros, sendo 23 espécies distribuídas em 7 famílias.

O manejo das plantas adventícias nas entrelinhas influenciou na presença de três ácaros predadores (Tabela 1): *E. citrifolius*, que apresentou médias maiores nos tratamentos RA, CM e RT, não diferindo entre si; já as médias dos tratamentos CA e SC foram inferiores e não houve diferença significativa entre elas. Os ácaros predadores *E. concordis* e *Neoseiulus benjamini* (Schica, 1981) (Acari: Phytoseiidae), mostraram médias superiores no tratamento SC, diferindo dos demais tratamentos. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Monteiro, Souza e Werner (2002), que observaram maior abundância do ácaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (Acari: Phytoseiidae), nas parcelas onde as plantas adventícias se desenvolveram sem controle, entre plantas de macieiras (*Malus domestica* L.). Neste caso, as plantas adventícias encontradas no tratamento sem controle foram fornecedoras principalmente de pólen ou mesmo reservatório de espécies de ácaros fitófagos e serviram de alimento para os ácaros predadores pertencentes à família Phytoseiidae. Os fitoseídeos podem se deslocar das plantas adventícias para o cafeeiro e vice-versa, uma vez que esses ácaros possuem mobilidade que permite o deslocamento por distâncias consideráveis (MONTEIRO; SOUZA; WERNER, 2002; MORAES; FLECHTMAN, 2008). As demais espécies de ácaros predadores não diferiram entre os tipos de manejos de plantas adventícias nas entrelinhas (Tabela 1).

Dos ácaros fitófagos de hábito alimentar não definido, encontrados na área experimental em baixo número, somente o ácaro micófago do gênero *Rhizoglyphus* (Acaridae) apresentou diferença entre os manejos adotados para as plantas adventícias, sendo observado somente no tratamento RA (Tabela 2).

Indiferente das espécies observadas, as médias de ácaros encontradas foram baixas, o que possivelmente, se deve ao sistema estudado encontrar-se em certo grau de equilíbrio faunístico. Isto pode ter ocorrido por vários fatores, desde a ausência de produtos químicos à maior diversidade de plantas. Assim, resultou em maior diversidade de alimento para os ácaros predadores e maior número de diferentes espécies de ácaros encontrados na área experimental (BENGTSSON; AHNSTROM; WEIBULL, 2005).

Diante desses resultados, pode-se inferir que o manejo adequado das plantas adventícias nas entrelinhas, ou nas bordas das culturas, é benéfico às espécies de ácaros predadores, funcionando essas plantas como reservatório e fonte de alimento.

Na observação de grupos de ácaros [(predadores e pragas) e a comunidade total], encontrados em função do tipo de manejo das plantas adventícias, observou-se que, no grupo dos ácaros-praga, o maior número encontrado foi no tratamento com ausência de plantas adventícias (CM), diferindo dos outros manejos. Segundo Altieri e Nicholls (2004) é comum ser encontrado número maior de espécimes pragas em sistemas com baixa diversidade ou ausência de plantas espontâneas, como foi observado neste trabalho. Nos demais tratamentos, os números foram menores, não diferindo entre si (Figura 1).

Para o grupo dos ácaros predadores encontrados em folhas de cafeeiro em diferentes tipos de manejo das plantas adventícias, ocorreram médias superiores nos tratamentos de roçada alternada (RA), seguida pelo tratamento sem controle (SC), capina manual (CM) e roçada total (RT), no entanto, não diferiram significativamente entre si. Já o tratamento com capina alternada (CA) apresentou menor média, diferindo significativamente dos demais, assim demonstrando, que este método de manejo é menos favorável aos ácaros predadores (Figura 2). Isaacs et al. (2009), explanam que a maior abundância e riqueza de predadores dependem da composição das plantas na cultura.

Na totalidade de ácaros encontrados (pragas + predadores + generalistas) os tratamentos RA e CM, apresentaram médias superiores e diferindo do tratamento CA com menor média. Os tratamentos RT e SC não diferenciaram dos demais tratamentos (Figura 3).

TABELA 1 - Médias (± erro padrão) do número de ácaros predadores encontrados em folhas de cafeeiros orgânicos (n = 1.875), em diferentes manejos de plantas adventícias, no período entre junho de 2006 e junho de 2008. Santo Antônio do Amparo, MG.

Manejo[1]	*Euseius citrifolius*	*Euseius concordis*	*Euseius alatus*	*Amblyseius herbicolus*	*Iphiseiodes zuluagai*	*Amblyseius compositus*	*Neoseiulus tunus*	*Neoseiulus benjamini*	*Typhlodromips mangleae*	*Phytoseius (Horridus)* sp.	*Proprioseiopsis mexicanus*	*Agistemus* sp.	*Pronematus* sp.
RA	0,51 (0,10) a	0,54 b (0,10) a	0,03 (0,02) a	0,02 (0,01) a	0,01 (0,01) a	0,02 (0,01) a	0,00 a	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,02 (0,01) a	0,01 (0,01) a
CM	0,50 (0,09) a	0,34 b (0,08) a	0,02 (0,01) a	0,00 (0,00) a	0,01 (0,01) a	0,01 (0,01) a	0,00 a	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,03 (0,02) a	0,11 (0,05) a
RT	0,50 (0,08) a	0,33 b (0,07) a	0,00 (0,00) a	0,01 (0,01) a	0,01 (0,01) a	0,01 (0,01) a	0,00 a	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,02 (0,01) a	0,11 (0,06) a
CA	0,10 (0,03) b	0,41 b (0,08) a	0,01 (0,01) a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 b	0,01 (0,01) a	0,01 (0,01) a	0,00 a	0,00 a	0,16 (0,05) a
SC	0,22 (0,07) b	0,86 a (0,20) a	0,01 (0,01) a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,01 (0,01) a	0,03 (0,02) a	0,01(0,01) a	0,00 a	0,01 (0,01) a	0,02 (0,01) a	0,07 (0,03) a
CV (%)	38,52	45,12	8,58	5,05	5,06	6,48	2,92	5,01	4,13	2,92	2,92	10,32	24,67

As médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.
[1] RA = Roçada Alternada nas entrelinhas; CM = Capina Manual total; RT = Roçada Total; CA = Capina Manual alternada nas entrelinhas; SC = Sem Controle de invasoras.

TABELA 2 - Médias (± erro padrão) do número de ácaros fitófagos (F) e hábito alimentar não definido (G) encontrados em folhas de cafeeiros orgânicos (n = 1.875) em diferentes manejos de plantas adventícias, no período entre junho de 2006 e junho de 2008. Santo Antônio do Amparo, MG.

Manejo[1]	*Oligonychus ilicis* (F)	*Brevipalpus phoenicis* (F)	*Tarsonemus confusus* (G)	*Brachytydeus* sp. (G)	*Fungitarsanemus* sp. (G)	*Brachytydeus formosa* (G)	*Rhizoglyphus* sp. (G)	*Daidalotasonemus* sp (G)	*Tarsonemus bilobatus* (G)	Winterschmidttiidae (G)
RA	0,36 (0,15) a	0,13 (0,04) a	0,20 (0,05) a	0,43 (0,08) a	0,00 a	0,02 (0,01) a	0,02 (0,01) a	0,00 a	0,00 a	0,06 (0,02) a
CM	0,82 (0,27) a	0,19 (0,04) a	0,16 (0,04) a	0,32 (0,06) a	0,04 (0,02) a	0,02 (0,02) a	0,00 b	0,01 (0,01) a	0,01 (0,01) a	0,03 (0,02) a
RT	0,41 (0,10) a	0,20 (0,05) a	0,16 (0,04) a	0,22 (0,06) a	0,00 a	0,01 (0,01) a	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,02 (0,01) a
CA	0,22 (0,07) a	0,31 (0,06) a	0,16 (0,05) a	0,23 (0,06) a	0,02 (0,02) a	0,02 (0,01) a	0,00 b	0,01 (0,01) a	0,00 a	0,08 (0,03) a
SC	0,42 (0,13) a	0,21 (0,05) a	0,18 (0,04) a	0,24 (0,05) a	0,05 (0,02) a	0,05 (0,05) a	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,14 (0,05) a
CV (%)	51,95	29,84	28,68	34,65	11,63	11,36	4,12	4,13	2,92	19,44

As médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.
(F) ácaros fitófagos; (G) generalistas
1 RA = Roçada Alternada nas entrelinhas; CM = Capina Manual total; RT = Roçada Total; CA = Capina Manual alternada nas entrelinhas; SC = Sem Controle de invasoras.

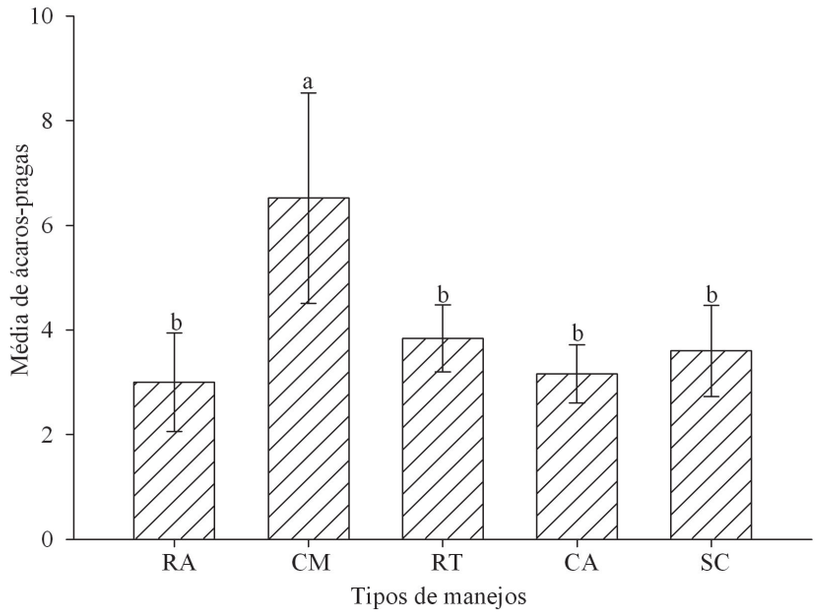


FIGURA 1 - Número de ácaros-praga encontrados em folhas de cafeeiros orgânicos em função do manejo de plantas adventícias nas entrelinhas, no período entre junho de 2006 e julho de 2008. Fazenda Cachoeira, Santo Antônio do Amparo, MG. RT = roçada total; RA = roçada alternada nas entrelinhas; CM = capina manual total; CA = capina manual alternada nas entrelinhas e SC = sem controle de plantas invasoras - testemunha. As médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

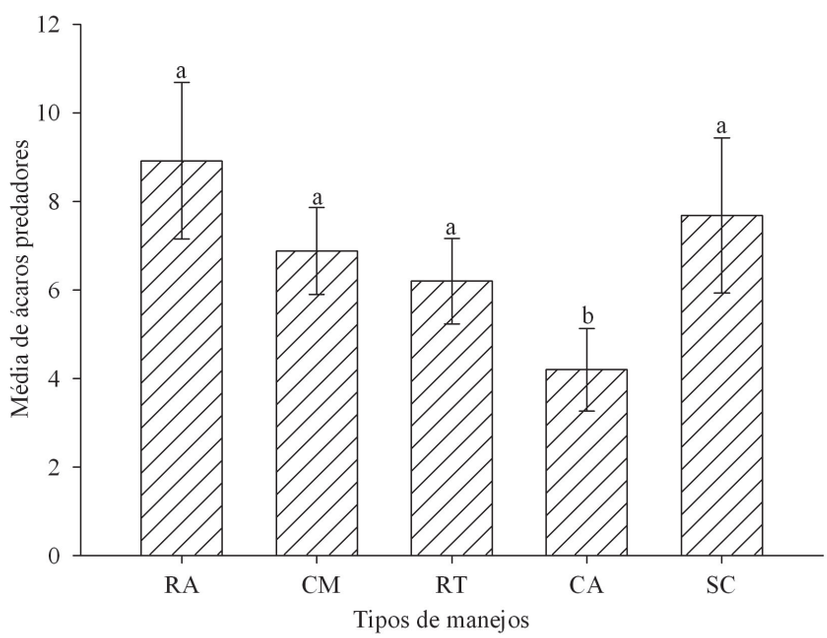


FIGURA 2 - Número de ácaros predadores em folhas de cafeeiros orgânicos em função do manejo de plantas adventícias nas entrelinhas, no período entre junho 2006 e julho 2008. Fazenda Cachoeira, Santo Antônio do Amparo, MG. RT = roçada total; RA = roçada alternada nas entrelinhas; CM = capina manual total; CA = capina manual alternada nas entrelinhas e SC = sem controle de plantas invasoras - testemunha. As médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

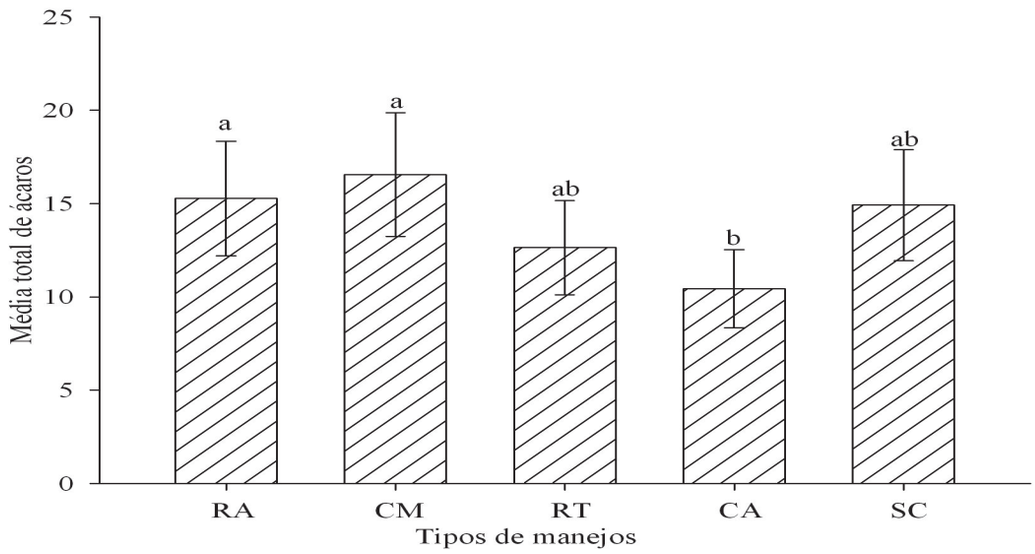


FIGURA 3 - Número de total de ácaros em folhas de cafeeiros orgânicos em função do manejo de plantas adventícias nas entrelinhas, no período entre junho de 2006 e julho de 2008. Fazenda Cachoeira, Santo Antônio do Amparo, MG. RT = roçada total; RA = roçada alternada nas entrelinhas; CM = capina manual total; CA = capina manual alternada nas entrelinhas e SC = sem controle de plantas invasoras - testemunha. As médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si, a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

O tratamento CM apresentou maior média de ácaros encontrados, esse resultado foi influenciado pela presença do maior número de ácaros-praga encontrados neste tratamento (Figura 1). Adicionalmente à baixa diversidade de plantas, os ácaros predadores tendem a permanecer nas plantas de cafeeiro. Ressaltando que os ácaros predadores encontram abrigo e alimento somente nas plantas de cafeeiro.

Análise faunística

Foram coletadas 13 espécies de ácaros predadores, duas de fitófagos e oito de hábitos alimentares desconhecidos (generalistas).

As espécies predadoras *E. concordis* e *E. citrifolius* foram as mais numerosas comparadas às demais espécies, com 316 e 230 espécimes, respectivamente. Classificadas como dominantes, muito abundantes, muito frequentes e constantes (Tabela 3). Outras espécies de ácaros predadores foram observadas, no entanto, com poucos espécimes: *Agistemus* sp. (Stigmaeidae) e *Euseius alatus* foram dominantes. Já os predadores *Amblyseius compositus*, *Neoseiulus benjamini*, *Iphiseiodes zuluagai*, *Amblyseius herbicolus*, *Neoseiulus tunus* (DeLeon, 1967), *Typhlodromips mangleae* DeLeon, 1967, *Proprioseiops mexicanus* (Garman, 1958) e *Phytoseius* (*Horridus*) sp., todos Phytoseiidae, foram não dominantes (Tabela 3).

As espécies de ácaros fitófagos de maior importância como praga para o cafeeiro, *O. ilicis* e *B. phoenicis*, foram dominantes (D), muito frequentes (MF), muito abundantes (Ma) e constantes (C). Dos generalistas, a espécie *Brachytydeus* sp. foi dominante (D), muito abundante (Ma) e muito frequente (MF) (Tabela 3).

Os resultados relativos aos ácaros-praga no cafeeiro orgânico se assemelham em quantidades aos obtidos por Teodoro, Klein e Tscharntke (2009) para *B. phoenicis* e *O. ilicis*, em cafeeiro cultivado em sistema agroforestal. Também por Spongoski, Reis e Zacarias (2005) para *B. phoenicis*, e por Franco et al. (2008) para *O. ilicis*, no entanto, esses trabalhos foram realizados em culturas conduzidas no sistema convencional.

TABELA 3 - Análise faunística dos ácaros encontrados em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica*) orgânico (n = 1.875), em diferentes manejos de plantas adventícias nas entrelinhas, no período entre junho de 2006 e junho de 2008. Fazenda Cachoeira, Santo Antônio do Amparo, MG.

Espécie[1]	Número de espécimes	Número de coletas	D[2]	A[3]	F[4]	C[5]
Euseius concordis (P)[1]	316	25	D	Ma	MF	W
Oligonychus ilicis (F)[1]	279	22	D	Ma	MF	W
Euseius citrifolius (P)[1]	230	25	D	Ma	MF	W
Brachytydeus sp. (G)[1]	181	25	D	Ma	MF	W
Brevipalpus phoenicis (F)[1]	130	25	D	Ma	MF	W
Tarsonemus confusus (G)[1] Ewing, 1939	108	21	D	A	MF	W
Pronematus sp. (P)[1]	58	13	D	C	F	Y
Winterschmidtiidae (G)[1] (Família)	41	12	D	C	F	Y
Brachytydeus formosa (G)[1] (Cooreman, 1958)	15	11	D	D	PF	Y
Fungitarsanemus sp. (G)[1]	14	6	D	D	PF	Y
Agistemus sp. (P)[1]	13	10	D	D	PF	Y
Euseius alatus (P)[1]	8	7	D	R	PF	Y
Amblyseius compositus (P)[1]	5	4	ND	R	PF	Z
Neoseiulus benjamini (P)[1]	3	3	ND	R	PF	Z
Iphiseiodes zuluagai (P)[1]	3	2	ND	R	PF	Z
Amblyseius herbicolus (P)[1]	3	2	ND	R	PF	Z
Rizhoglyphus sp. (G)[1]	2	2	ND	R	PF	Z
Neoseiulus tunus (P)[1]	2	2	ND	R	PF	Z
Daidalotarsonemus sp. (G)[1]	2	1	ND	R	PF	Z
Typhlodromips mangleae (P)[1]	2	2	ND	R	PF	Z
Tarsonemus bilobatus (G)[1]Suski, 1965	1	1	ND	R	PF	Z
Proprioseiopsis mexicanus (P)[1]	1	1	ND	R	PF	Z
Phytoseius (Horridus) sp (P)[1]	1	1	ND	R	PF	Z

[1]P = predador; F = fitófago; G = generalista
[2]Dominância: D – dominante, ND – não dominante. Método de Laroca e Meilke (LOFEGO; MORAES, 2006).
[3]Abundância: ma – muito abundante, a – abundante, c – comum, d – disperso, r - raro.
[4]Frequência: PF – pouco frequente, MF – muito frequente, F – frequente.
[5]Constância: W – constante, Y – acessória, Z – acidental.

4 CONCLUSÕES

Os diferentes manejos das plantas adventícias em cafezal orgânico influenciam na ocorrência das espécies de ácaros-praga *B. phoenicis* e *O. ilicis*, e dos ácaros predadores da família Phytoseiidae.

A cultura do café orgânico mantida na ausência de plantas adventícias propicia maior ocorrência dos ácaros-praga *B. phoenicis* e *O. ilicis*.

O método da roçada alternada nas entrelinhas e o não controle de invasora permite maior presença de ácaros predadores na lavoura cafeeira orgânica.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e desenvolvimento do Café – CBP&D/Café e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Café – INCT do CAFÉ/CNPq/FAPEMIG, pelo apoio financeiro e ao CNPq e FAPEMIG, pela concessão de bolsas. Aos proprietários da Fazenda Cachoeira em Santo Antônio do Amparo, MG, que permitiram a instalação dos experimentos em sua propriedade.

6 REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, E. N.; FERREIRA, M. M. Efeitos de métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 711-721, 2000.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. **Biodiversity and pest management in agroecosystems**. 2nd ed. New York: Food Products, 2004. 236 p.

BENGTSSON, J.; AHNSTROM, J.; WEIBULL, A. C. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 42, p. 261-269, 2005.

BLANCO, H. G.; OLIVEIRA, D. A.; PUPO, E. I. H. Período de competição de uma comunidade natural de mato em cultura de café em formação. **Biológico**, São Paulo, v. 48, n. 1, p. 9-20, 1982.

CHANT, D. A.; MCMURTRY, J. A. A review of the subfamilies Phytoseiinae and Typhlodrominae (acari: Phytoseiidae). **International Journal of Acarology**, London, v. 20, n. 4, p. 223-310, 2013.

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

FRANCO, R. A. et al. Dinâmica populacional de *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) em cafeeiro e de fitoseídeos associados a ele. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 38-46, 2008.

ISAACS, R. et al. Maximizing arthropod-mediated ecosystem services in agricultural landscapes: the role of native plants. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, v. 7, n. 4, p. 196-203, 2009.

KRYSTALLIS, A.; CHRYSSOCHOIDIS, G. Consumers' willingness to pay for organic food: factors that affect it and variation per organic product type. **British Food Journal**, London, v. 107, n. 5, p. 320-343, 2005.

LEWIN, B.; GIOVANNUCCI, D.; VARANGIS, P. **Coffee markets:** new paradigms in global supply and demand. Washington: The International Bank for Reconstruction and Development, Agriculture and Rural Development, 2004. 133 p. (Discussion Paper, 3).

LOFEGO, A. C.; MORAES, G. J. Ácaros (Acari) associados a mirtáceas (Myrtacea) em áreas de Cerrado no estado de São Paulo com análise faunística das famílias Phytoseiidae e Tarsonemidae. **Neotropical Entomology**, Itabuna, v. 35, n. 6, p. 731-746, 2006.

MINEIRO, J. L. C.; SATO, M. E. Ácaros plantícolas e edáficos em agroecossistema cafeeiro. **Biológico**, São Paulo, v. 70, n. 1, p. 25-28, 2008.

MONTEIRO, L. B.; SOUZA, de A.; WERNER, A. L. Efeito do manejo de plantas daninhas sobre *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) em pomar de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 680-682, 2002.

MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de acarologia:** acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos, 2008. 208 p.

PALLINI FILHO, A.; MORAES, G. J.; BUENO, V. H. P. Ácaros associados ao cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no Sul de Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 16, n. 3, p. 303-307, 1992.

PEDRO NETO, M. et al. Influência do regime pluviométrico na distribuição de ácaros em cafeeiros conduzidos em sistemas orgânico e convencional. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 67-74, 2010.

REIS, P. R. et al. Manejo de ácaros em cafeeiro. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; SOCIEDADE BRASILEIRA DE FITOPATOLOGIA. **Manejo fitossanitário da cultura do cafeeiro**. Brasília: SBF, 2008. p. 173-184.

REIS, P. R.; ZACARIAS, M. S. **Ácaros em cafeeiro**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 76 p. (Boletim Técnico, 81).

SPONGOSKI, S.; REIS, P. R.; ZACARIAS, M. S. Acarofauna da cafeicultura de cerrado em Patrocínio, Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 9-17, jan./fev. 2005.

TEODORO, A. V.; KLEIN, A. M.; TSCHARNTKE, T. Temporally mediated responses of the diversity of coffee mites to agroforestry management. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 133, p. 659-665, 2009.

TSITSILAS, A. et al. Impact of groundcover manipulations within windbreaks on mite pests and their natural enemies. **Australian Journal of Entomology**, Canberra, v. 50, p. 37-47, 2011.

YUSSEFI, M.; WILLER, H. Organic farming 2007: overview & main statistics. In: _____. **The world of organic agriculture:** statistics and emerging trends 2007. 9th ed. Bonn: IFOAM, 2007. p. 9-16.

EROSÃO HÍDRICA E COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM SISTEMAS CAFEEIROS CONSERVACIONISTAS E CONVENCIONAIS

Gabriel Pinto Guimarães[1], Klinger Chaves de Andrade[2], Eduardo de Sá Mendonça[3]

(Recebido: 06 de outubro 2014 ; aceito: 25 de novembro de 2014)

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, avaliar as perdas de solo, água, carbono (C) e nitrogênio (N) e os compartimentos da matéria orgânica do solo (MOS), em sistemas cafeeiros pertencentes ao bioma Mata Atlântica, do sul do Espírito Santo. Foram avaliados quatro agroecossistemas de café: conservacionista 1(Csv1), conservacionista 2 (Csv2), convencional 1 (Conv1), convencional 2 (Conv2) e uma área de Mata Atlântica (Mata). As avaliações das perdas pela erosão hídrica, sob condição de chuva natural, foram realizadas de julho a dezembro de 2012 e 2013. Amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm para avaliação dos teores de COT, NT e dos compartimentos da MOS. Os resultados mostraram que a precipitação de 540,8 mm, ocorrida durante os 6 meses de avaliação em 2012, promoveu perdas de água em1110, 2740, 6270 e 5930 mm ha^{-1} para o Csv1, Csv2, Conv1 e Conv2, respectivamente, já as perdas de solo para esses respectivos sistemas foram de 2,87; 2,85; 152,13 e 21,17 Kg ha^{-1}. Para precipitação de 669,4 mm, ocorrida durante julho a dezembro de 2013, as perdas totais de água foram de 203, 2900, 4750, 6270 e 8620 mm ha^{-1}para Mata, Csv1, Csv2, Conv1, Conv2, respectivamente. Sistemas convencionais apresentaram perda média total de 3363 g ha^{-1} de C e 282 g ha^{-1} de N, presente no solo erodido de 2012. Os sistemas conservacionistas apresentaram teores de C no compartimento biomassa microbiana 253 vezes superior, em relação aos sistemas convencionais na profundidade 0-10 cm.

Termos para indexação: Cafeicultura, matéria orgânica do solo, conservação do solo.

RAINFALL EROSION AND COMPARTMENTS SOIL ORGANIC MATTER IN COFFEE SYSTEMS CONSERVATIONIST AND CONVENTIONAL

ABSTRACT: *This study aimed to evaluate the losses of soil, water, carbon (C) and nitrogen (N) and the compartments of soil organic matter (SOM) in coffee systems belonging to the Atlantic Rainforest biome south of state of Espírito Santo. Four coffee agroecosystems were evaluated: conservationist 1 (Csv1), conservationist 2 (Csv2), conventional 1 (Conv1), conventional 2 (conv2) and field of Atlantic Forest (Mata). Evaluations of loss by water erosion under natural rainfall condition were carried from july to december 2012 and 2013. Soil samples were collected at 0-10 and 10-20 cm for evaluation of TOC, NT and compartments of SOM. The results showed that precipitation of 540,8 mm occurred during the 6 month of evaluation in 2012 promoted losses water in 1110, 2740, 6270 and 5930 mm ha^{-1} for Csv1, Csv2, Conv1 and Conv2, respectively, since soil losses for these respective systems were 2,87; 2,85; 152,13 and 21,17 kg ha^{-1}. For precipitation of 669,4 mm occurred during july to december 2013 the water total losses were 203, 2900, 4750, 6270 and 8620 mm ha^{-1} for Mata, Csv1, Csv2, Conv1, Conv2, respectively. Conventional systems showed total average loss of 3363 g C ha^{-1} and 282 g ha^{-1} of N in the soil eroded in 2012. Conservationists systems showed C levels of microbial biomass pool 253 times higher compared to conventional systems in the 0-10 cm depth.*

Index terms: *Coffee cultivation, soil organic matter, soil conservation.*

1 INTRODUÇÃO

O estado do Espírito Santo (ES), maior produtor de café conilon do Brasil, tem a cafeicultura como a principal atividade agrícola. No Território do Caparaó (TC), localizado ao sul do Estado, a cafeicultura é responsável por representar 70% da renda agrícola da microrregião, que possui 81,8 % dos estabelecimentos agrícolas constituídos por agricultores familiares (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2009).

Esta região pertence ao bioma Mata Atlântica, um dos ambientes de maior biodiversidade do Brasil, entretanto os desmatamentos indiscriminados fizeram com que, atualmente, tenha 12-14% do bioma original (RIBEIRO et al., 2009). Inserida neste bioma, a cafeicultura do TC está instalada em relevo forte ondulado a montanhoso, onde as perdas de solo e água por erosão hídrica são mais elevadas quando comparadas às perdas em relevos planos (PAULA et al., 2013; THOMAZINI; AZEVEDO; MENDONCA, 2012). Além da topografia do terreno, as perdas de solo e água também estão relacionadas às características e distribuição das precipitações, tipo de vegetação, tipo de solo e sistema de manejo (PALÁCIO et al., 2012).

A erosão é um fenômeno de superfície onde a cobertura do solo por restos culturais, os métodos de preparo e o manejo do solo desempenham papel primordial na resistência dos

[1,2,3]Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Departamento de Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias/CCA-UFES Alto Universitário s/n - 29500-000 - Alegre-ES - gabryelpg@yahoo.com.br, kingerchaves@hotmail.com, eduardo.mendonca@ufes.br

solos aos processos erosivos (VOLK et al., 2004). As perdas de água e solo via erosão diminuem a capacidade produtiva dos solos, pois remove sedimento rico em matéria orgânica (SOUZA; MADEIRA; FIGUEIREDO, 2014), nutrientes essenciais aos cultivos, partículas finas que são reativas no solo e causa assoreamento e poluição dos cursos d'água (BARROS et al., 2009).

Grupos de agricultores familiares do TC estão diversificando a produção de café, objetivando aumento da renda e a redução da erosão. Estes produtores também têm optado por manejos conservacionistas por priorizarem aporte de resíduos orgânicos, cobertura vegetal do solo e controle das espontâneas com roçadeira. Estas práticas de manejo têm-se destacado como estratégias eficazes quando se referem a menores perdas de solo e água em sistemas agrícolas nas regiões tropicais e subtropicais (AMARAL et al., 2008; BAGATINI et al., 2011).

Especificamente para o cafeeiro, algumas práticas são indicadas para reduzir a erosão. O menor espaçamento e o maior estádio de desenvolvimento estão relacionados com menores perdas erosivas (PROCHNOW et al., 2005; RANGEL et al., 2007, 2008). De forma semelhante, o manejo da vegetação espontânea com roçada, em substituição às capinas também tem proporcionado menores perdas de solo (CARVALHO et al., 2007; PAULA et al., 2013). Em lavoura com 52% de declive do TC, para uma precipitação de 377 mm de chuva natural, durante novembro de 2010 e março de 2011(estação chuvosa), a perda de solo no cafeeiro capinado foi de 7240 Kg ha^{-1}, enquanto que para a lavoura roçada, a perda de solo foi de 4650 Kg ha^{-1} (PAULA et al., 2013).

Outra forma de redução da erosão ocorre através da diversificação dos sistemas de produção de cafeeiro, a exemplo dos sistemas agroflorestais (SAFs), no qual há maior aporte de matéria orgânica e maior cobertura do solo (AGUIAR et al., 2010). Sob chuvas naturais (precipitação total de 1061 mm), ocorridas durante outubro de 2010 e março de 2011 (6 meses de avaliação),foram quantificadas perdas de 2710 kg ha^{-1} de solo em sistemas de manejo cafeeiro convencional e de 93kg ha^{-1} para cafeeiro conservacionista (AZEVEDO et al., 2011).

Na Zona da Mata de Minas Gerais, Franco et al. (2002) observaram perda média de solo de 217 kg ha^{-1} ano em 11SAFs com café, enquanto que, para 14 cafeeiros convencionais, a perda média foi de 2612kg ha^{-1} ano. Maiores perdas de solo, água e nutrientes em manejos cafeeiros convencionais foram diagnosticadas, quando comparadas a cafeeiros conservacionistas (TOMAZINI et al., 2012).

Além das perdas de solo, água e nutrientes há também forte impacto da erosão sobre as perdas de matéria orgânica do solo (MOS) (CARVALHO et al., 2007; THOMAZINI; AZEVEDO; MENDONCA, 2012). Assim, os sistemas agroflorestais, além de reduzirem a erosão, também favorecem o acúmulo de MOS e nutrientes no solo (FAVERO; LOVO; MENDONÇA, 2008).

Em regiões declivosas, como no TC, a quantificação das perdas de solo e água por erosão hídrica é fundamental, devido ao alto índice de erosão (FERREIRA et al., 2010). Diante do exposto, objetivou-se, neste trabalho, avaliar as perdas de solo, água, carbono (C) e nitrogênio (N) e os compartimentos da matéria orgânica do solo (MOS), em sistemas cafeeiros pertencentes ao bioma Mata Atlântica, no sul do Espírito Santo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização das áreas de estudo

O trabalho foi realizado em áreas de agricultura familiar da comunidade Feliz Lembrança, no Território Caparaó-ES, área de abrangência do bioma Mata Atlântica. Todas as áreas estão na mesma microbacia e próximas de uma área de Mata, que foi avaliada para servir de referência na discussão dos resultados. O local possui coordenadas geográficas de 20°47'56"S e 41°30'32"W com altitude 386 m. O clima regional é o tropical chuvoso no verão e seco no inverno, com pluviosidade anual média de 800 a 1200 mm e temperatura média anual de 22˚ C.

Os solos estudados foram classificados, segundo Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2006), como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa, cuja caracterização química na profundidade 0-10 e 10-20 cm encontra-se na Tabela1. Os sistemas cafeeiros avaliados estão no espaçamento de 2 a 2,5 metros entre- linhas e 1 a 1,5 metros entre plantas, com declividade variando de 33 a 37 %. Existem sistemas de manejo convencional (Conv1 e Conv2), onde ocorre o uso da capina e herbicidas no controle das plantas espontâneas e há sistemas conservacionistas (Csv1 e Csv2), em que se utiliza roçadeira costal para o manejo das plantas espontâneas (Tabela 2).

TABELA 1 - Caracterização química dos sistemas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm.

Sistemas	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V
		.....mg dm^{-3}.....			.....$cmol_c$ dm^{-3}.....							%
					0-10 cm							
Mata	7,13	25,87	395,0	6	5,57	2,16	0	0,74	8,77	8,77	9,51	92,2
Csv1	5,95	6,04	104,1	6	1,81	1,01	0	1,90	3,11	3,11	5,01	62,1
Csv2	5,76	26,91	86,0	9	2,24	0,64	0	4,95	3,13	3,18	8,13	38,5
Conv1	6,25	7,65	213,1	4	1,85	1,08	0	1,40	3,49	3,49	4,89	71,4
Conv2	5,65	6,04	238,2	5	1,12	0,59	0	4,04	2,34	2,34	6,38	36,7
					10-20 cm							
Mata	6,88	17,08	423,0	9	4,29	2,03	0	0,99	7,44	7,44	8,43	88,3
Csv1	5,49	5,96	72,0	8	1,05	0,67	0,05	2,56	1,94	1,99	4,55	42,6
Csv2	5,61	17,00	99,1	9	2,26	0,62	0,0	5,36	3,17	3,27	8,63	36,7
Conv1	5,48	3,38	110,2	4	1,16	0,71	0	2,64	2,17	2,17	4,81	45,1
Conv2	5,45	3,78	79,3	8	0,91	0,48	0,2	3,80	1,63	1,83	5,63	29,0

pH: relação solo-água (1:2,5), P disponível (Fósforo disponível, extrator Mehlich^{-1}), K (potássio, extrator Mehlich^{-1}), Na(sódio), Ca^{+2} (cálcio, extrator KCl 1 $molL^{-1}$), Mg^{+2} (magnésio, extrator KCl 1 $molL^{-1}$), Al (alumínio, extrator KCl 1 $molL^{-1}$)), H+Al(soma de hidrogênio e alumínio, extrator $Ca(Oac)_2$ 0,5 mol L^{-1}), SB (Soma de Bases); t (CTC efetiva), T (CTC potencial), V (Saturação por bases). Mata, Csv1(conservacionista 1), Csv2 (conservacionista 2), Conv1 (convencional 1), Conv2 (convencional 2).

TABELA 2 - Caracterização da Mata e dos sistemas de manejo de café estudados.

Sistemas	Composição anterior	Composição atual	TA[4]	Idade Cafeeiro	Adubação	CVC[7]	CE[10]	RO[13]	H[16]
Mata[1]	Espécies de Mata[1]	Espécies de Mata[1].	-	-	-	PRS[8]	-	-	-
Csv1	Café e Coco	Café, Coco, Laranja, Banana, VE[2], TRP[3].	7	13	NR[6]	PRS[8]	NR[12]	RM[14]	NA[17]
Csv2	Café e Acerola	Café, Acerola, Brachiaria, VE[2].	4	15	NR[6]	PRS[8]	NR[12]	RM[14]	NA[17]
Conv1	Café	Café, Banana, Laranja, Mamão.	5	14	2x/ano NPK[5]	AUS[9]	R[11]	NR[15]	2x/ano[18]
Conv2	Café	Café	7	7	2x/ano NPK[5]	AUS[9]	R[11]	NR[15]	2x/ano[18]

[1]Mata: Mata Atlântica; [2] VE: Vegetação espontânea; [3] TPR: Trapoeraba; [4] TA: Tempo de adoção do sistema atual; [5] Realiza 2 adubações anuais com NPK baseada na análise do solo; [6] NR: Não realiza adubação; [7] CVG: Cobertura Vegetal; [8] PRS: Presente; [9] AUS: Ausente; [10] CE: Capina com enxada; [11] R: Realiza capina; [12] NR: Não Realiza capina; [13]RO: Roçagem; [14] RM: Roçagem mecânica; [15] **Não realiza** roçagem mecânica [16] H: Herbicidas; [17] NA: Não aplica ; [18] número de vezes por ano que aplica-se herbicida.

2.2 Erosão hídrica e determinação dos teores de C e N no solo erodido

Determinações de perdas de água ocorreram no período de julho a dezembro de 2012 e 2013 e, de solo, no período de julho a dezembro de 2012. Foram utilizados coletores desenvolvidos por Franco et al. (2002). O coletor é composto por uma "mesa" de 0,20 m de largura, que é inserida no solo, acoplada a uma calha móvel que sustenta um saco plástico com capacidade de 5 litros. Os coletores foram instalados na primeira semana de julho de 2012. No terço médio dos diferentes sistemas foram demarcadas três parcelas experimentais (replicatas), com 10 m de comprimento e 5 m de largura.

As perdas de solo e água tomadas pelos coletores foram relacionadas à pluviosidade mensal. Para medir a pluviosidade mensal, foi instalado pluviômetro na área estudada. Após as chuvas, as sacolas eram coletadas e substituídas por outras. O material proveniente do escorrimento superficial presente nas sacolas foi pesado, transferido para baldes plásticos e, após 24 horas sedimentando, teve a separação da água e do solo por sifonação. Quando havia solo nas sacolas, este foi separado, seco ao ar, e em seguida, pesado em balança analítica. O volume de água coletado foi obtido por diferença entre o peso total da sacola (solo + água), menos o peso do solo.

Os valores de perdas de solo e água foram obtidos em Kg ha^{-1} e mm ha^{-1}, respectivamente. As perdas foram calculadas pela seguinte equação: P= (AQ/p)*LS, em que P = perdas de solo ou água; A = fator de conversão, obtido pela relação entre a largura da parcela (5 m) e a largura do coletor (0,2 m); Q = quantidade de solo (kg) ou água (L) coletada em cada coletor; p = área útil de cada coletor (ha), obtida pelo comprimento da parcela (10 m) multiplicado pela largura (5 m) e dividido por 10.000 m^2 (1 ha); LS = fator de combinação entre o grau de declividade e o comprimento de rampa (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

As determinações do carbono (C) e nitrogênio (N) presentes no solo erodido, no período avaliado em 2012, foram feitas segundo a metodologia proposta por Tedesco (1995) e Yeomans e Bremmer (1988).

2.3 Teores de COT e NT e compartimentos da MOS

A coleta de solo ocorreu em setembro de 2013. Nas parcelas onde estavam os coletores, 10 amostras simples de solo foram coletadas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Após as coletas, as amostras de solo foram homogeneizadas, formando-se uma amostra composta. As amostras foram destorroadas, secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm de malha, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA).As amostras foram moídas em grau de porcelana e o material foi passado em peneira de 0,212 mm de malha (70 mesh), para posterior análise dos teores de COT e NT, pelo método descrito em Tedesco (1995) e Yeomans e Bremmer (1988).

Para os compartimentos da MOS foram avaliados o carbono da biomassa microbiana (CBM), determinado pelo método irradiação-extração,adotando-se fator de conversão (K_c) de 0,33 (ISLAM; WEIL, 1998). Nas amostras não irradiadas desta análise foram obtidos o carbono extraível em sulfato de potássio (pH=6,8). Como o pH da água é próximo ao pH da solução de sulfato de potássio (sal fraco), os valores do carbono extraível em água são similares aos valores do carbono extraível em solução de sulfato de potássio. O compartimento matéria orgânica leve (MOL) foi determinado por densimetria em água, segundo Anderson e Ingram (1989). O carbono associado à matéria orgânica leve (Cmol) foi obtido via oxidação úmida em meio ácido com dicromato de potássio, segundo Yeomans e Bremmer (1988). O compartimento sustâncias húmicas (SH) foi obtida pela equação: SH= COT-Cmol- CBM.

2.4 Análise estatística

As comparações envolvendo os sistemas cafeeiros e área de mata foram realizadas através da estatística descritiva. Foram utilizadas três replicatas para cada sistema de manejo. Para a obtenção das médias e desvio padrão, utilizou-se o programa Sisvar (FERREIRA, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Perdas de solo e água via erosão hídrica

A Figura 1A mostra a precipitação média mensal de julho a dezembro, do período de 1940 a 2002 obtida na estação meteorológica localizada na região dos sistemas avaliados. Os dados de precipitação de julho a dezembro de 2012 e 2013 são apresentados na Figura 1B.A precipitação mensal de dezembro de 2012 e novembro de 2013foram inferiores e a de novembro 2012 e dezembro de 2013 foram superiores, em relação às médias históricas de 1940 a 2002 (Figura 1). Em outubro, novembro e dezembro de 2012, foram

registradas precipitações 144,2 mm a menos, em relação às médias históricas, o que causou redução na produção da cafeicultura regional. Além da redução da quantidade de chuva, observou-se também distribuição irregular dessas chuvas, com maior concentração no mês de novembro (Figura 1).

Este comportamento da precipitação impacta de forma direta nas perdas de solo e água via erosão hídrica em sistemas manejados. Como a Mata Atlântica é um sistema diversificado e com grande quantidade de cobertura vegetal sobre o solo, não foi detectado nos coletores a presença de solo e água nos meses avaliados, no ano de 2012 (Figura 2).

Em julho de 2012 (precipitação = 8,8 mm), agosto de 2012 (precipitação = 60,6 mm), julho de 2013 (precipitação = 3,8 mm) e agosto de 2013 (precipitação = 14,6 mm) não houve perdas de solo e água, em nenhum dos sistemas estudados (Figura 2). Tal fato está associado às baixas pluviosidades ocorridas nestes meses que acarretaram baixa umidade do solo, proporcionando condições para rápida infiltração da água.

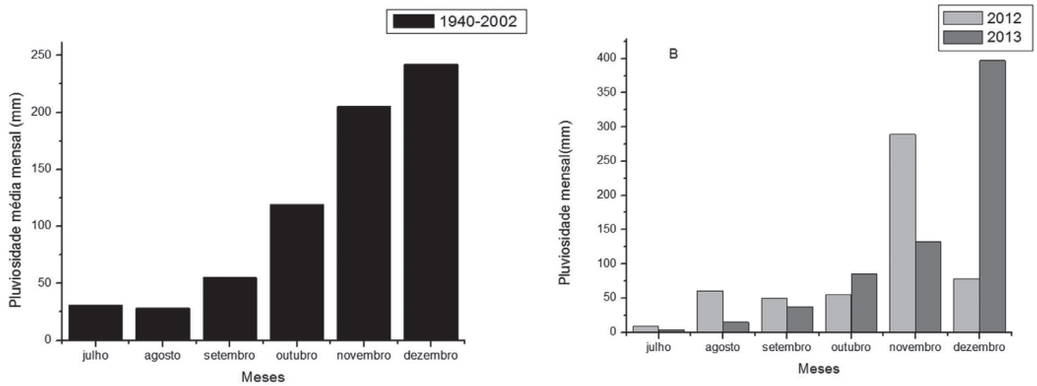


FIGURA 1 - Pluviosidade média mensal entre 1940-2002 (A) e pluviosidade mensal, nos anos 2012 e 2013 (B).

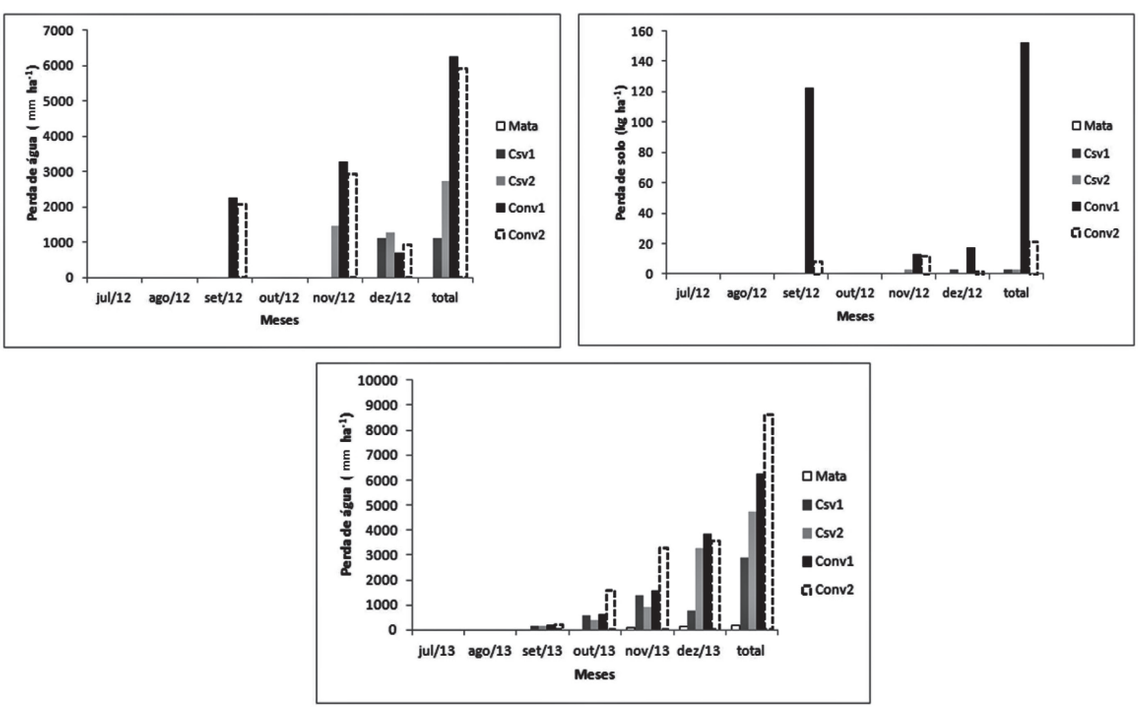


FIGURA 2 - Perdas de água, no período de julho a dezembro de 2012 e 2013, e perdas de solo, no período de julho a dezembro de 2012,em sistemas de manejo cafeeiro.

Em agosto de 2012, a boa distribuição temporal das chuvas (14 dos 31dias ocorreram chuvas), de baixa intensidade durante todo o mês, não promoveu escoamento superficial. A distribuição temporal e a intensidade da chuva (relação da duração com a quantidade) são fatores que determinam as maiores taxas de perdas de solo e água via erosão hídrica (VOLK et al., 2004).

No mês de setembro de 2012 (precipitação= 49,4 mm), ocorreu a maior perda de solo em Conv1 e perda de água em Conv1 e Conv2. Essas perdas foram devido às concentrações das chuvas de alta intensidade no final do mês (a precipitação dos dias 21/09/12 e 27/09/12 representaram 60% da precipitação mensal), aliadas à falta de cobertura do solo, que resultou no impacto direto das gotas de chuva que desagrega o solo e arrasta com maior facilidade as partículas individualizadas (FRANCO et al., 2002). Os autores salientam que o controle da erosão hídrica, proporcionado por espécies arbóreas, é devido aos efeitos de redução no impacto direto das gotas de chuva no solo, ao aumento da infiltração de água, à manutenção do teor adequado de matéria orgânica e seu efeito agregador nas partículas do solo. Além disso, a vegetação e os resíduos vegetais funcionam como obstáculos ao escoamento de excedentes hídricos, reduzindo-se o volume e a velocidade da enxurrada.

No mês de setembro, nos cafeeiros conservacionistas, não se verificaram perdas de solo e água, confirmando a importância da diversificação, da cobertura vegetal e do manejo com roçadeira sobre a redução da erosão hídrica, por não haver desestruturação do solo, como ocorre com o uso de enxadas (THOMAZINI; AZEVEDO; MENDONCA, 2012).

Em outubro de 2012 (precipitação= 54,6 mm), as chuvas estiveram bem distribuídas no tempo. Dessa forma, não ocorreram perdas de solo e água nos sistemas de manejo estudados. Novembro (precipitação = 289 mm) foi o mês do ano de 2012 que apresentou grandes perdas de solo e água, sendo maiores nos sistemas convencionais, em relação aos sistemas conservacionistas. No mês de dezembro 2012 (precipitação = 78,4 mm) maiores perdas de solo foram verificadas no Conv1.

De julho a dezembro de 2012 (precipitação total = 540,8 mm), as perdas totais de água foram de 0, 1110, 2740, 6270 e 5930 mm ha^{-1} e totais de solo de 0; 2,87; 2,85; 152,13 e 21,17 Kg ha^{-1} para a Mata, Csv1, Csv2, Conv1 e Conv2, respectivamente. De julho a dezembro de 2013 (precipitação total =669,4 mm), as perdas de água foram de 203, 2900, 4750, 6270 e 8620 L ha^{-1} para Mata, Csv1,Csv2, Conv1, Conv2, respectivamente.

Corroborando com os dados da presente pesquisa Carvalho et al. (2007), em Latossolo Vermelho, localizado em Lavras-MG, diagnosticaram perda total de solo de 16,1 e 96,5 kg ha^{-1}, durante julho a dezembro de 2003, para cafeeiro orgânico roçado e cafeeiro convencional capinado, respectivamente. Maiores perdas de solo em manejos cafeeiros convencionais (519,53 $kgha^{-1}$), sob Latossolo Vermelho-Amarelo também foram observadas por Thomazini, Azevedo e Mendonca (2012), durante o período de dezembro de 2009 a abril de 2010. Estas pesquisas demonstram a importância de manejos conservacionista na prevenção da degradação do solo.

Um agroecossistema conservacionista pode apresentar menor perda de C e N, devido à menor quantidade de solo erodido. Essas perdas de C e N no solo erodido, em 2012 estão presentes na Tabela 3.

Apenas nos meses de novembro para o Csv2 e dezembro para o Csv1, ocorreu perda de sedimento. Para o Csv1e Csv2, a perda média total foi de 163,5 g ha^{-1} de C e 11,8 g ha^{-1} de N. Para os sistemas convencionais (Conv1 e Conv2) ocorreram perdas de sedimento nos meses de setembro, novembro e dezembro que, na média, foram de 3363 g ha^{-1} de C e 282 g ha^{-1} de N. Essas perdas podem comprometer a capacidade produtiva e o meio ambiente, com consequente transporte de nutrientes de plantas e de C orgânico, os quais poderão contaminar águas em mananciais de superfície, entre outros ambientes (BERTOL et al., 2011).

Thomazini, Azevedo e Mendonca (2012) documentaram perdas médias de 448,1 g ha^{-1} de C, para dois sistemas cafeeiros convencionais e de 9,7 g ha^{-1} de C, para dois sistemas cafeeiros conservacionistas, durante o período de dezembro de 2009 a abril de 2010. As menores perdas de água, solo, C e N nos sistemas de manejo conservacionistas mostram o grande potencial desses sistemas para conservação do solo e, consequentemente, para garantir a maior sustentabilidade aos agricultores. Esses sistemas proporcionam maior cobertura do solo, e propiciam contínuo aporte de matéria orgânica.

3.2 Teores de COT e NT e compartimentos da MOS

O teor de COT variou de 11,15 a 22,24g kg^{-1} e de 9,88 a 31,81 g kg^{-1} para as profundidades 0-10 e 10-20 cm, respectivamente (Figura 3). Os sistemas conservacionistas e convencionais apresentaram, em relação à Mata, reduções nos teores de COT em 33,3 e 42,0 % na profundidade 0-10 cm, respectivamente.Os teores de COT, do presente estudo, foram inferiores, quando comparados a outros trabalhos com cafeeiros, no bioma Mata Atlântica do sudeste brasileiro (BENITES et al., 2010; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2008; RANGEL et al., 2008).

Apesar das perdas de COT nos manejos em relação à mata, a adoção dos manejos conservacionistas está propiciando recuperação e, ou minimização das perdas de COT, em relação aos convencionais. O aumento médio nos teores de COT dos sistemas conservacionistas, em relação aos convencionais foi de 15 e 7 % nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, respectivamente.

Para o NT, os teores variaram de 1,02 a 2,25 g kg^{-1} na profundidade 0-10 cm e de 0,84 a 1,60 g kg^{-1} profundidade 10-20 cm (Figura 3). O menor valor de NT no Conv2 está relacionado à ausência de resíduos vegetais sobre solo e menor quantidade de matéria orgânica. Como mais de 90 % do N do solo está presente na matéria orgânica (SILVA; MENDONÇA, 2007), a ausência de consórcio com frutíferas e o manejo das plantas espontâneas com enxada e herbicida realizado no Conv2, proporciona menor quantidade de N no solo.

Esse quadro é comum em lavouras cafeeiras do TC e proporciona grande dependência de insumos externos (adubos e herbicidas), o que tem aumentando o custo de produção. Mesmo realizando duas aplicações anuais do formulado NPK no sistema Conv2, o teor de NT, na profundidade 0-10 cm, foi 25 % inferior em relação aos manejos conservacionistas, que possuem maior quantidade e diversidade de plantas que aportam N via matéria orgânica.

Os resultados dos compartimentos da matéria orgânica do solo indicaram que o teor de CE variou de 0,04 a 0,99 g kg^{-1}, na profundidade 0-10 cm e 0,06 a 0,11g kg^{-1}, na profundidade 10-20 cm (Tabela 4). Já o CBM na Mata foi 46 % superior, em relação aos sistemas cafeeiros, corroborando com os resultados obtidos por Glaeser et al. (2010) e Nunes et al. (2009). O bioma Mata Atlântica possui alto aporte orgânico e ciclagem de nutrientes constantes, proporcionando grande biomassa microbiana. A microbiota do solo utiliza o C, presente nos resíduos orgânicos, como fonte de energia para sua multiplicação. Com a decomposição e mineralização do material orgânico há liberação de nutrientes para o solo.

Os sistemas conservacionistas apresentaram teores de CBM 253% superiores, em relação aos convencionais na profundidade 0-10 cm, indicando que nesses sistemas, devido ao aporte de resíduos orgânicos, há incremento da microbiota do solo. Além do aporte orgânico, a biomassa microbiana é influenciada por fatores ambientais como temperatura e umidade (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Como a coleta de solo ocorreu em época seca (setembro de 2013), este fato pode ter colaborado com baixo valor do CBM, uma vez que este deve representar de 1 a 3% da MOS (SILVA; MENDONÇA, 2007). As umidades dos solos,na profundidade 0-10 cm, na época das análises foram: Mata (16,72%), Csv1 (12,94%), Csv2 (12,01%), Conv1 (10,69%), Conv2 (9,35%). Baixos teores de água no solo diminuem a atividade dos microrganismos (GLAESER et al., 2010; NUNES et al., 2009). Além disto, a redução da atividade dos microrganismos também está relacionada com a baixa oferta de resíduos orgânicos, uma vez que as quantidades de MOL dos manejos cafeeiros foram baixas.

A MOL fornece indicativos sobre o aporte de resíduos orgânicos. Assim, os teores de C associado a esta fração (Cmol) deve representar de 10 a 30% da COT (SILVA; MENDONÇA, 2007). Em todos os manejos conservacionistas e convencionais, os valores de Cmol representaram menos de 10% do COT (Tabela 4).Esses dados mostram que os agricultores familiares da região devem rever o manejo adotado de forma a, não somente disponibilizar maior quantidade de resíduos orgânicos, mas também manter maior taxa de cobertura do solo, uma vez que, em regiões com relevo forte ondulado a montanhoso, os índices de erosão são altos (FERREIRA et al., 2010).

Os baixos teores de COT, associados ao CBM e MOL nas áreas sob manejo, demonstram a importância das substâncias húmicas (SH) em preservar a matéria orgânica do solo. As SH devem representar de 70 a 90% do COT (SILVA; MENDONÇA, 2007) e somente na profundidade de 0-10 cm do sistema Mata, os teores de C associados à SH foram inferiores a 90 %, indicando baixa taxa de ciclagem de C nos demais sistemas. Diferente desta pesquisa, Perez et al. (2004) relataram na profundidade 5-15 cm que 68 e 60 % do COT estavam presentes nas SH do sistema cafeeiro agroflorestal e cafeeiro convencional, respectivamente, demonstrando melhor distribuição do C nos compartimentos da matéria orgânica.

Os altos teores de C associados às SH demonstram a importância desse compartimento na preservação da MOS, nessa região. Essa preservação deve-se à sua associação com a fração mineral do solo e, consequentemente, à maior resistência aos processos erosivos (SILVA; MENDONÇA, 2007).

TABELA 3 - Perdas de Carbono (C) e Nitrogênio (N) no solo erodido, sob diferentes sistemas de cultivo de café, no ano de 2012.

Perdas de C no solo erodido (g ha^{-1})							
Meses	jul/12	ago/12	set/12	out/12	nov/12	dez/12	Total
Csv1	-	-	-	-	-	158,6 (5,52)	158,6
Csv2	-	-	-	-	168,3 (5,90)	-	168,3
Conv1	-	-	3947 (3,23)	-	466,6 (3,65)	967,9 (5,63)	5381,5
Conv2	-	-	499,3 (6,25)	-	755,2 (6,39)	88,9 (6,49)	1343,4
Perdas de N no solo erodido (g ha^{-1})							
Csv1	-	-	-	-	-	11,8 (0,41)	11,8
Csv2	-	-	-	-	11,7 (0,41)	-	11,7
Conv1	-	-	282,2 (0,23)	-	44,9 (0,35)	99,2 (0,58)	426,3
Conv2	-	-	50,9 (0,64)	-	77,8 (0,66)	8,9 (0,65)	137,6

Csv1(conservacionista 1), Csv2 (conservacionista 2), Conv1 (convencional 1), Conv2 (convencional 2).Valores entre parênteses correspondem aos teores em dag kg^{-1}.

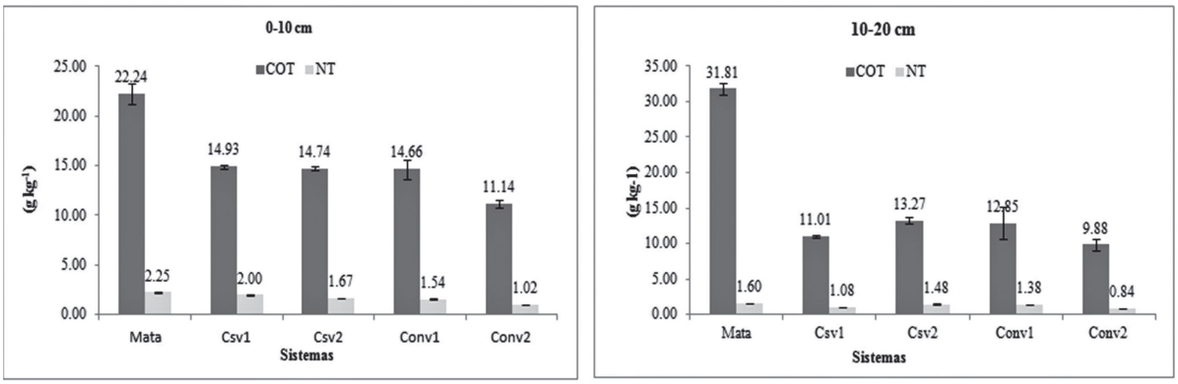


FIGURA 3 - Teores de Carbono Orgânico Total (COT) e Nitrogênio total (NT) na profundidade 0-10 e 10-20 cm para os diferentes manejos avaliados. Mata, Csv1(conservacionista 1), Csv2 (conservacionista 2), Conv1 (convencional 1), Conv2 (convencional 2). A barra em cada teor médio refere-se ao desvio padrão.

TABELA 4 - Carbono extraível (CE), Carbono da biomassa microbiana (CBM), Matéria orgânica leve (MOL), Carbono da matéria orgânica leve (Cmol), Carbono associado à matéria orgânica leve do solo (Cmolsolo-1) e substâncias húmicas (SH) na profundidade 0-10 e 10-20 cm, nos diferentes sistemas.

Compartimentos/ Sistemas	CE g kg^{-1}	CBM g kg^{-1}	MOL g kg^{-1}	Cmol g kg^{-1}	Cmol solo^{-1} g kg^{-1}	SH g kg^{-1}
0-10 cm						
Mata	0,99 (0,40)	0,31 (1,39)	9,98	315,03	3,15 (14,17)	18,70 (84,0)
Csv1	0,08 (0,52)	0,22 (1,44)	4,20	210,04	0,89 (5,91)	13,75 (92,1)
Csv2	0,04 (0,28)	0,26 (1,75)	1,36	247,21	0,33 (2,28)	14,11 (95,7)
Conv1	0,07 (0,55)	0,09 (0,60)	1,30	284,07	0,37 (2,51)	14,12 (96,4)
Conv2	0,09 (0,78)	0,10 (0,89)	2,84	271,44	0,77 (6,92)	10,19 (91,4)
10-20 cm						
Mata	0,06 (0,19)	0,25 (0,80)	3,68	365,13	1,38 (4,35)	31,12 (94,67)
Csv1	0,10 (0,85)	0,18 (1,61)	2,28	252,60	0,59 (5,37)	10,15 (92,16)
Csv2	0,09 (0,65)	0,12 (0,90)	0,89	316,11	0,27 (2,07)	12,79 (96,38)
Conv1	0,11 (0,83)	0,08 (0,61)	0,46	238,12	0,11 (0,86)	12,56 (97,70)
Conv2	0,09 (0,83)	0,15 (1,56)	1,36	231,09	0,31 (3,11)	9,33 (94,50)

Mata,Csv1(conservacionista 1), Csv2 (conservacionista 2), Conv1 (convencional 1), Conv2 (convencional 2).Valores entre parênteses correspondem à porcentagem da variável analisada, em relação ao carbono orgânico total (COT).

4 CONCLUSÕES

O manejo conservacionista promove perdas inferiores de água, solo, C e N em relação ao manejo convencional, devido à maior presença de cobertura vegetal sobre o solo.

Perdas de solo e água via erosão hídrica, em regiões de relevo forte ondulado a montanhoso, no bioma Mata Atlântica, estão relacionadas com a distribuição temporal e a quantidade de chuva.

Os sistemas conservacionistas e convencionais apresentaram, em relação à Mata, reduções médias nos teores de COT em 33,3 e 42,0 %, na profundidade 0-10 cm, respectivamente. Nesta mesma profundidade, para o NT, as reduções médias, em relação à Mata foram de 18,4% para os sistemas conservacionistas e 43,1% para os convencionais.

5 AGRADECIMENTOS

Aos agricultores familiares do Território do Caparaó, pela participação no trabalho e à Fapes (Fundação de Amparo a Pesquisa do Espírito Santo), pelo apoio financeiro. Aos colegas André Thomazini e Humberto Carlos Almeida de Azevedo, pela ajuda na seleção das áreas estudadas.

6 REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. I. de et al. Sediment, nutrient and water losses by water erosion under agroforestry systems in the semi-arid region in northeastern Brazil. **Agroforest Systems**, São Paulo, v. 79, p. 277-289, 2010.

AMARAL, A. J. et al. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um Cambissolo Húmico da região do planalto Sul-Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2145-2155, 2008.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility:** a hand book of methods. Wallingford: CAB International, 1989. 171 p.

AZEVEDO, H. C. et al. Perdas de solo, água e nutrientes sob diferentes sistemas de cultivo no sul capixaba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Resumos Expandidos...** Viçosa, MG: SBCS, 2011. v. 1, p. 12-16.

BAGATINI, T. et al. Perdas de solo e água por erosão hídrica após mudança no tipo de uso da terra,em dois métodos de preparo do solo e dois tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 999-1011, 2011.

BARROS, L. S. et al. Perdas de solo e água em plantio de *Acaciamangium*wild e savana em Roraima, norte da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 447-454, 2009.

BENITES, V. M. et al. Análise discriminante de solos sob diferentes usos em área de mata atlântica a partir de atributos da matéria orgânica. Revista Árvore, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 685-690, 2010.

BERTOL, I. et al. Erosão hídrica em campo nativo sob diversos manejos: perdas de água e solo e de fósforo, potássio e amônio na água de enxurrada. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 35, p. 1421-1430, 2011.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355 p.

CARVALHO, R. et al. Erosão hídrica em Latossolo Vermelho sob diversos sistemas de manejo do cafeeiro no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1679-1687, nov./dez. 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FAVERO, C.; LOVO, I. C.; MENDONÇA, E. S. Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 861-868, 2008.

FERREIRA, A. O. et al. Influência da declividade e de níveis de cobertura do solo no processo de erosão com chuva simulada. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 5, p. 182-190, 2010.

FERREIRA, D. F. **SISVAR software**. Versão 4.6. Lavras: UFLA/DEX, 2007. Software.

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, 2002.

GLAESER, D. F. et al. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrária e da Saúde**, Valinhos, v. 14, n. 2, p. 103-114, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006:** agricultura familiar: primeiros resultados. Rio de Janeiro, 2009. 267 p. 1 CD-ROM.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microware irradiation of soil for rotine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility Soils**, Vienna, v. 27, p. 408-416, 1998.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 135 p.

NUNES, L. A. P. L. et al. Impacto do monocultivo de café sobre os indicadores biológicos do solo na zona da mata mineira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2467-2474, 2009.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. C. et al. Indicadores químicos de qualidade da matéria orgânica de solo da sub-bacia do rio das mortes sob manejos diferenciais de cafeeiros. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 7, p. 1733-1737, 2008.

PALÁCIO, H. A. Q. et al. Uso da terra e resposta hidrossedimentológica de microbacia no semiárido. **Revista Agro@mbiente On-Line**, Boa Vista, v. 6, n. 3, p. 187-194, 2012.

PAULA, M. et al. Desgaste superficial do solo em cafeicultura capixaba de montanha em função do manejo da vegetação espontânea. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 2, p. 90-104, 2013.

PEREZ, A. M. et al. Impactos da implementação de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. **Agropecuária Técnica**, João Pessoa, v. 25, n. 1, p. 25-36, 2004.

PROCHNOW, D. et al. Razão de perdas de terra e fator c da cultura do cafeeiro em cinco espaçamentos, em Pindorama (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 91-98, 2005.

RANGEL, O. J. P. et al. Estoque e frações da matéria orgânica de Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1341-1353, 2007.

_____. Frações oxidáveis do carbono orgânico do Latossolo cultivado com cafeeiro em diferentes espaçamentos de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, p. 429-437, 2008.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed?: implications for conservation. **Biological Conservation**, Essex, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

SOUZA, R. F. de; MADEIRA, N. R.; FIGUEIREDO, C. C. de. Perdas de solo, água e nutrientes em área cultivada com hortaliças sob sistema de plantio direto. **Revista Científica**, Jaboticabal, v. 1, p. 38-50, 2014.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.

THOMAZINI, A.; AZEVEDO, H. C.; MENDONCA, E. S. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas conservacionistas e convencionais de café no sul do estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 7, p. 150-159, 2012.

VOLK, L. B. S. et al. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 28, p. 763-774, 2004.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

DESEMPENHO DE HÍBRIDOS F1 DE CAFÉ ARÁBICA COM RESISTÊNCIA SIMULTÂNEA A FERRUGEM, MANCHA AUREOLADA E BICHO MINEIRO

Elder Andreazi[1], Gustavo Hiroshi Sera[2], Ricardo Tadeu de Faria[3], Tumoru Sera[4], Luciana Harumi Shigueoka[5], Filipe Gimenez Carvalho[6], Fernando César Carducci[7], Daniel Chamlet[8]

(Recebido: 06 de outubro 2014 ; aceito: 05 de fevereiro de 2015)

RESUMO: O objetivo deste estudo foi selecionar híbridos F1 com alta produtividade, elevado vigor vegetativo e com resistência simultânea à ferrugem, mancha aureolada e ao bicho-mineiro. Os experimentos foram instalados em três diferentes municípios do estado do Paraná: Londrina, na estação experimental do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR); Congonhinhas e Itaguajé. Foram avaliadas as características produtividade e vigor vegetativo, além da resistência à ferrugem, mancha aureolada e bicho mineiro, em 13 híbridos e em quatro cultivares comerciais do tipo linhagem, usadas como controle. Produtividade relativa, em relação à média da melhor testemunha foi estimada para todos os híbridos. Os híbridos 7, 11 e 12 apresentaram produtividade média significativamente maior do que as testemunhas em todos os locais. Os híbridos 6 e 9 foram simultaneamente resistentes à ferrugem, mancha aureolada e ao bicho- mineiro. O híbrido 12 foi resistente à ferrugem e à mancha aureolada. Os híbridos 6, 7, 9, 11 e 12 têm potencial para se tornarem cultivares de café.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, *Leucoptera coffeella*, *Hemileia vastatrix*, *Pseudomonas syringae*, clonagem.

PERFORMANCE OF F1 HYBRIDS OF ARABICA COFFEE WITH SIMULTANEOUS RESISTANCE TO LEAF RUST, BACTERIAL BLIGHT AND LEAF MINER

ABSTRACT: *The aim of this study was to select F1 hybrids with high yield, high vegetative vigor and simultaneous resistance to coffee leaf rust, bacterial blight and leaf miner. The experiments were set up in three different Paraná State municipalities: Londrina, at the experimental station of the Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR); Congonhinhas and Itaguajé. Yield and plant growth traits were assessed, as well as resistance to coffee leaf rust, bacterial blight and leaf miner in 13 F1 hybrids and four commercial cultivars type pure lines used as control. Relative yield in relation to the mean value of the best line was estimated for all the hybrids. In all locations, hybrids 7, 11 and 12 had average yield significantly higher than the controls. Hybrids 6 and 9 were simultaneous resistant to leaf rust, bacterial blight and leaf miner. Hybrid 12 was resistant to leaf rust and bacterial blight. The hybrids 6, 7, 9, 11 and 12 have potential to become coffee cultivars.*

Index terms: *Coffea arabica, Leucoptera coffeella, Hemileia vastatrix, Pseudomonas syringae, cloning.*

1 INTRODUÇÃO

O melhoramento genético de café arábica está mais direcionado para a obtenção de cultivares do tipo linhagem com características homogêneas (geneticamente estáveis), onde esses cafeeiros são avançados até gerações como F5, F6 ou mais (MEDINA FILHO; BORDIGNON; CARVALHO, 2008). A multiplicação desses cafeeiros é feita via sementes, uma vez que a espécie *Coffea arabica* L. multiplica-se, predominantemente, por autopolinização na natureza e, assim, com baixo custo de produção das sementes.

Após sucessivas gerações de autofecundações ou retrocruzamentos, ocorre a perda do vigor híbrido, expressando genes deletérios, os quais provocam diminuição na produtividade (BORÉM; MIRANDA, 2009). Existem muitos relatos da exploração de heterose em híbridos de *C. arabica*, com aumentos de produtividade significativos, quando comparados com a média dos parentais e do melhor parental (BERTRAND et al., 2005, 2011; FONTES et al., 1999; SRINIVASAN; VISHVESHWARA, 1978; VOSSEN; WALYARO, 1981).

Além da heterose, outra vantagem da utilização de híbridos é a resistência simultânea ou múltipla para pragas e doenças. É possível obter, já na geração F1, plantas com resistência simultânea à ferrugem, bicho- mineiro, nematoides e mancha aureolada através da hibridação entre genótipos, complementares para essas características (ITO et al., 2004; SERA et al., 2005b). Além disso, o uso de híbridos seria uma estratégia para se obterem

[1,3,5,6] Universidade Estadual de Londrina - UEL - Departamento de Agronomia - Cx. P. 10.011 - 86.057-970 - Londrina - PR elderfsp@gmail.com, faria@uel.br, lucianashigueoka@yahoo.com.br, filipegcarvalho@hotmail.com
[2,4,7,8] Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR - Área de Melhoramento Genético - Rodovia Celso Garcia Cid, km 375 Três Marcos - 86047-902 - Londrina - PR - gustavosera@iapar.br, tsera@uol.com.br, fernando.carducci@hotmail.com, danielchamlet@gmail.com

cultivares com resistência durável à ferrugem, pois facilmente é possível a combinação de diferentes genes de resistência (SERA et al., 2005a), buscando sustentabilidade e preservação ambiental com redução do uso de agrotóxicos. Além disso, a obtenção de uma cultivar do tipo linhagem pode consumir cerca de 30 anos de pesquisa. O uso de cultivares híbridas F1 possibilitaria a diminuição no tempo de obtenção de cultivares de *C. arabica,* para cerca de 10 anos (CAIXETA et al., 2008).

A exploração de cultivares híbridas de *C. arabica* pressupõe o domínio de uma metodologia de multiplicação clonal em alta escala, que possa ser viabilizada comercialmente. Nos últimos anos, com o desenvolvimento de processos de clonagem via embriogênese somática, está se tornando possível a multiplicação de híbridos dessa espécie (CAIXETA et al., 2008; ETIENNE; BERTRAND, 2001).

Objetivou-se, no presente trabalho, identificar híbridos de café arábica com elevado potencial produtivo, de alto vigor vegetativo e com resistência simultânea de ferrugem, mancha aureolada e ao bicho-mineiro.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram avaliados três experimentos com 13 híbridos F1 (Tabela 1) e quatro cultivares controle do tipo linhagem pura, sendo elas IAPAR 59, Tupi IAC 1669-33, Catuaí Vermelho IAC 99 e Mundo Novo IAC 376-4, todas provenientes de estaquia. O primeiro foi instalado na estação experimental do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) em Londrina, em maio de 2006, no espaçamento de 2,5 x 1,0 m, delineamento estatístico de blocos ao acaso, com três repetições e três plantas por parcela. O segundo experimento foi instalado em Congonhinhas, em março de 2006, no espaçamento de 2,5 x 1,0 m, delineamento estatístico de blocos ao acaso com três repetições e uma planta por parcela. E o terceiro instalado em Itaguajé, em março de 2006 no espaçamento de 3,0 x 1,0 m, no delineamento estatístico de blocos ao acaso, com três repetições e uma planta por parcela.

Em Londrina (latitude 23°22'S / longitude 51°10'W), a altitude local é de 585 m e a média histórica de temperatura é de 20,8 °C. Em Congonhinhas (latitude 23°33'S / longitude 50°33'W), a altitude é de 753 m e a média de temperatura é de 20 °C. Em Itaguajé (latitude 22°37'S / longitude 51°57'W), a altitude é de 349 m e a temperatura média é de 23 °C. A umidade relativa do ar está entre 75 a 80% em Londrina e Congonhinhas, enquanto que, em Itaguajé ,varia de 65 a 70%. As médias anuais de precipitação variam de 1400 a 1600 mm/ano, em Londrina e Congonhinhas, enquanto que em Itaguajé variam de 1200 a 1400 mm/ano.

Todas as avaliações foram efetuadas em plantas individuais. As características de produção e vigor vegetativo foram avaliadas em quatro safras, no quadriênio 2008 a 2011. As avaliações de resistência à ferrugem, mancha aureolada e bicho-mineiro foram realizadas apenas nos anos de elevada intensidade das doenças e infestação de insetos. Resistência à ferrugem foi avaliada, em 2011 em Londrina e Itaguajé e, em 2008 em Congonhinhas. Resistência à mancha aureolada foi avaliada em 2008 e resistência ao bicho-mineiro em 2009, ambas em Congonhinhas. O controle químico contra pragas e doenças foi realizado normalmente, exceto nos anos em que foram avaliadas resistência à ferrugem e bicho- mineiro.

A produtividade foi avaliada com base no volume, em litros, de "café da roça" por planta. Esses dados foram convertidos para saco de 60 kg de café beneficiado, por hectare, (sc/ha), com base no espaçamento entre plantas, utilizando-se a seguinte fórmula: P = VN / 500, em que "P" representa a produtividade em sc/ha, "V" o volume médio de "café da roça" por planta (litros) e "N" o número de plantas por hectare, calculado com base no espaçamento entre plantas. Nesta fórmula, é utilizado o fator 500, pois de acordo com Bartholo et al. (1989) 450 a 500 litros de café cereja representam uma saca de 60Kg de café beneficiado. A produção em sacas de café beneficiado foi convertida em quilogramas de café beneficiado. Foi estimada a produção ,comparando os híbridos, com a melhor cultivar padrão de cada experimento, utilizando a seguinte fórmula PR = (PH/PL)*100, onde PR, PH e PL representam, respectivamente, produção relativa, produção dos híbridos e produção da melhor cultivar padrão de cada experimento.

Para a avaliação do vigor vegetativo dos cafeeiros foram atribuídas notas de 1 a 10, das mais depauperadas para as plantas com melhor desenvolvimento, respectivamente. Essas notas são baseadas no aspecto vegetativo geral das plantas utilizando critérios como altura da planta e diâmetro dos ramos e copa, enfolhamento, ramificações plagiotrópicas secundárias e terciárias, coloração e espessura das folhas.

TABELA 1 - Genealogia dos híbridos F1 avaliados no estado do Paraná, Brasil. 2008 a 2011.

Nº Híbrido	Genitor Feminino[1]	Genitor Masculino[2]
1	(‘PR 0604-1’ x Etiópia 1-3)	‘Sarchimor 77028 C3P2’
2	(‘PR 0604-2’ x Etiópia 1-3)	‘Sarchimor 77028 C1P2’
3	‘IAPAR 59’	[(*C. arabica* x *C. racemosa*) x ‘Tupi IAC 1669-33’]
4	‘Icatu vermelho p 116’	‘Sarchimor 9702-3-1-9’
5	(‘PR 0604-6’ x Etiópia 1-1)	‘Sarchimor 77028 C3P2’
6	‘Tupi IAC 1669-33’	[(*C. arabica* x *C. racemosa*) x ‘Tupi IAC 1669-33’][3]
7	‘PR 0604-8’	‘Sarchimor 88480-8’
8	‘IAPAR 59’	[(*C. arabica* x *C. racemosa*) x ‘Tupi IAC 1669-33’]
9	‘Tupi IAC 1669-33’	[(*C. arabica* x *C. racemosa*) x ‘Tupi IAC 1669-33’][4]
10	‘Mundo Novo IAC 376-4’	‘F3 de IAPAR 59 x Mundo Novo IAC 376-4’
11	(‘PR 0604-12’ x Etiópia 1-1)	‘Sarchimor 88480-8 L3-C3’
12	(‘PR 0604-13’ x Etiópia 1-1)	‘Sarchimor 9702-3-1-9’
13	‘PR 0604-14’	‘Sarchimor 88480-8’

[1] Etiópia: *Coffea arabica* da Etiópia
[2] *C. = Coffea*
[3] E0008/6-1-16-1
[4] E0008/6-1-20-1

Plantas com notas de 1 a 3 são plantas pequenas, raquíticas, com pouco enfolhamento e pouca ramificação plagiotrópica, ramos plagiotrópicos muito finos e folhas com coloração amarelada. Notas de 4 a 6 são plantas de porte menor que o normal, pouco enfolhamento e pouca ramificação plagiotrópica, e folhas com coloração amareladas a verde-amarelada. Notas 7 a 8 são cafeeiros de porte normal, com intensidade média de enfolhamento e ramificação plagiotrópica e coloração das folhas verde-amarelada a verde-clara. Notas 9 a 10 são atribuídas para os cafeeiros mais vigorosos que apresentam tamanho maior do que o normal, com intensidade alta de enfolhamento e ramificação plagiotrópica, além de apresentarem folhas espessas e de coloração verde-escura (SHIGUEOKA et al., 2014).

A avaliação da resistência à ferrugem, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk et. Br, foi feita através de escala de notas variando de 1 a 5, baseadas na severidade, para o qual: nota 1 = plantas sem lesões cloróticas nas folhas; 2 = plantas com lesões que variam de “flecks” a cloroses na área infectada, mas sem a formação de uredosporos; nota 3 = pústulas uredospóricas em pequenas quantidades (1-25% das folhas), geralmente no terço inferior, com menor severidade no terço médio; nota 4 = pústulas uredospóricas em 26 - 50% das folhas, geralmente no terço inferior e médio, com início de queda de folhas; nota 5 = pústulas uredospóricas em mais de 50% das folhas, desde o terço inferior até o terço superior, com elevada intensidade de queda de folhas (SHIGUEOKA et al., 2014). ‘IAPAR 59’ foi utilizado como controle resistente à ferrugem, enquanto que, ‘Catuaí Vermelho IAC 99’ e ‘Mundo Novo IAC 376-4’ foram utilizados como controles suscetíveis.

Para avaliação da resistência à mancha aureolada, causada pela bactéria *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*, foi adotada uma escala de notas variando de 1 a 5, sendo 1 = ausência de lesões necróticas com halo amarelado; 2 = 1 a 10% de folhas com lesões; 3 = 11 a 25% de folhas com lesões; 4 = 26 a 40% de folhas com lesões e 5 = mais de 40% de folhas com lesões e apresentando seca de ponteiros (ITO et al., 2008). ‘Catuaí Vermelho IAC 99’ e ‘Mundo Novo IAC 376-4’ foram usados como controles suscetíveis à mancha aureolada.

Na avaliação da resistência ao bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*), as lesões foram classificadas em pequenas (de 0,3 a 0,6 centímetros de diâmetro); médias (cerca de 0,6 a 1,2 cm de diâmetro) e grandes (acima de 1,2 cm de diâmetro), sendo adotada a escala de 1 a 5, para o qual: 1 = plantas com menos de 1% de folhas com lesões pequenas.

As plantas mais resistentes, com pequenas lesões, como pontos; 2 = plantas com 2% a 4% de folhas com lesões. Normalmente, a maioria das lesões são pequenas e médias. Algumas lesões grandes podem ser encontradas nas folhas mais velhas; 3 = plantas com 5% a 19% de folhas com lesões (pequenas, médias e grandes); 4 = plantas com 20% a 35% de folhas com lesões (pequenas, médias e grandes); e 5 = plantas com 36% a 100% das folhas com lesões (pequenas, médias e grandes). Todas as cultivares de linhagem pura foram usadas como controle suscetível ao bicho-mineiro (SERA et al., 2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de agrupamento de médias de Scott Knott, ao nível de significância de 0,05, através do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em Londrina, apenas os híbridos 1, 10 e 13 apresentaram produção significativamente inferior às cultivares padrões Tupi IAC 1669-33, IAPAR 59, Mundo Novo IAC 376-4 e Catuaí Vermelho IAC 99. Em Congonhinhas, a exceção foi para os híbridos 1, 2 e 5. Já em Itaguajé nove (1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10 e 13) dos 13 híbridos, não superaram estatisticamente as cultivares controle, comparativas (Tabela 2). Somente os híbridos 7, 11 e 12 apresentaram produção estatisticamente superior às testemunhas, em todos os locais.

A produção relativa dos híbridos, em relação à cultivar linhagem pura mais produtiva variou de 113,19 à 184,05%, em Londrina. Em Congonhinhas, essa variação foi de 50,80 à 181,15%, sendo inferiores a 100% os híbridos 1, 2 e 5. Em Itaguajé, a variação foi de 79,15 à 158,30%, sendo que os híbridos 1, 4, 6, 10 e 13 apresentaram menos que 110% de produção relativa (Tabela 2).

Neste estudo, a produção relativa dos híbridos, estimada com base na cultivar linhagem mais produtiva, foi desde valores inferiores a 50,80% até 184,05%, dependendo do local. Em Londrina, todos os híbridos apresentaram médias de produção superiores aos da melhor cultivar padrão. Em Congonhinhas, apenas três deles tiveram médias inferiores e em Itaguajé, dois híbridos apresentaram menores médias que a melhor cultivar padrão (Tabela 2).

Na América Central (Costa Rica, El Salvador e Honduras), foi observado que híbridos F1 de *C. arabica* propagados via embriogênese somática e testados em ensaios de campo foram mais produtivos que cultivares do tipo linhagem, tanto em sistema agroflorestal, quanto a pleno sol. A superioridade na produtividade dos híbridos em relação às linhagens variou de 8 a 127%. Em altitudes entre 750 a 880 m, as diferenças não foram uniformes, com extremos variando de 16 a 127% e média de 52%, para um grupo de quatro ensaios. Em altitudes de 1,000 a 1,340 m, onde predomina a maioria das áreas de café na América Central, a superioridade média dos híbridos foi substancial, variando de 11 a 121%, com média de 48%. Já em altitudes acima de 1,400 m, as diferenças na produtividade variaram de 8 a 95%, com média de 33%. Os híbridos foram significativamente mais produtivos em 14 dos 15 experimentos realizados. O melhor híbrido F1 (cultivar Centroamerica) produziu de 14 a 243% a mais do que a melhor linhagem, dependendo do experimento de campo (BERTRAND et al., 2011).

Considerando que Catuaí é, ainda, uma das cultivares mais produtivas não só a nível nacional, mas, mundial e que as outras cultivares usadas como padrão em nosso estudo foram, de maneira geral, equivalentes ou superiores a ela, os resultados obtidos para híbridos avaliados podem ser considerados altamente satisfatórios. Os melhores híbridos conseguiram superar em até 84, 81 e 58% as melhores testemunhas em Londrina, Congonhinhas e Itaguajé, respectivamente.

No estado de Minas Gerais (Brasil), híbridos derivados do cruzamento entre linhagens de Catuaí e Híbrido de Timor apresentaram produção relativa superior à cultivar linhagem padrão Catuaí, e heterose em relação a médias dos parentais, chegando a 377% (FONTES et al., 1999).

Em um estudo de heterose realizado no Quênia foi observado que híbridos de *C. arabica* foram cerca de 15% mais produtivos do que o melhor parental (VOSSEN; WALYARO, 1981).

Já na Costa Rica, foram identificados híbridos de café arábica com produtividade média 22 a 47% superiores à média dos parentais (BERTRAND et al., 2005).

Esses resultados corroboram com os encontrados nesse estudo, mostrando que o ambiente interfere de forma considerável no desempenho dos híbridos. Já a diferença entre os híbridos pode ser um efeito não apenas ambiental, mas também de uma melhor combinação entre os parentais.

TABELA 2 - Produtividade media em sacas/ha (P), produção relativa (PR) e vigor (V) de híbridos e linhagens puras avaliados em Londrina, Congonhinhas e Itaguajé (Paraná, Brasil).

Nº [1]	Londrina			Congonhinhas			Itaguajé		
	P[2]	PR[3]	V[2]	P[2]	PR [3]	V[2]	P[2]	PR [3]	V[2]
11	48.0 a	184,05	7,55 a	40.3 a	115,86	8,33 b	57.2 a	158,30	9,38 b
12	42.7 a	163,80	8,28 a	41.2 a	118,39	9,00 a	54.7 a	151,48	8,92 c
7	41.8 a	160,12	8,03 a	63.0 a	181,15	8,79 a	50.3 a	139,11	9,29 b
9	40.8 a	156,44	8,33 a	49.0 a	140,69	9,17 a	43.1 b	119,19	9,50 b
4	39.0 a	149,69	7,92 a	48.0 a	137,93	9,09 a	38.1 b	105,35	9,25 b
5	37.8 a	145,09	7,79 a	31.7 b	91,03	8,01 b	45.3 a	125,28	8,96 c
6	37.8 a	145,09	8,36 a	47.0 a	134,94	9,54 a	36.1 b	100,00	9,92 a
8	36.2 a	138,65	8,08 a	42.0 a	120,69	9,25 a	40.7 b	112,73	9,25 b
2	34.7 a	133,13	7,78 a	24.8 b	71,26	7,00 c	42.5 b	117,71	9,17 b
3	33.9 a	130,06	7,53 a	52.0 a	149,43	8,92 a	40.6 b	112,36	9,29 b
1	30.4 b	116,56	7,08 b	17.7 b	50,80	6,08 d	28.6 b	79,15	8,00 e
13	29.8 b	114,42	7,19 b	49.4 a	142,07	8,08 b	29.2 b	80,81	8,54 d
10	29.5 b	113,19	6,99 b	45.2 a	129,89	8,04 b	37.3 b	103,14	8,54 d
Tupi	26.1 b	100,00	7,00 b	17.6 b	50,57	6,01 d	36.1 b	100,00	8,59 d
IAPAR 59	25.5 b	97,85	6,61 b	25.4 b	72,87	7,15 c	31.5 b	87,08	8,50 d
M. Novo	23.1 b	88,65	6,58 b	28.6 b	82,30	6,88 c	32.8 b	90,77	7,59 f
Catuaí	22.7 b	87,12	6,67 b	34.8 b	100,00	7,84 b	32.4 b	89,67	8,23 d
CV%	19,65		6,20	28,82		5,63	16,68		2,06

[1] Híbridos ordenados decrescentemente pela maior produtividade em Londrina, Paraná, Brasil. Tupi = 'Tupi IAC 1669-33'; Catuaí = 'Catuaí Vermelho IAC 99'; M. Novo = 'Mundo Novo IAC 376-4'.
[2] Dados obtidos pela média dos anos de 2008, 2009, 2010 e 2011. O vigor foi avaliado segundo escala de notas variando de 1 (baixo vigor) a 10 (alto vigor).
[3] PR = PH/ PL*100, onde PR, PH e PL representam, respectivamente, produção relativa, produção dos híbridos e produção da melhor cultivar padrão do tipo linhagem pura.

Em resumo, pode-se dizer que o desempenho dos híbridos está relacionado à capacidade de combinação dos parentais para características de interesse, sendo a principal a produtividade, e sua melhor adaptação a diferentes condições ambientais.

Quanto ao vigor, em todos os locais, a maioria dos híbridos foram estatisticamente superiores às testemunhas (Tabela 2).

A severidade da ferrugem nos híbridos 2, 3 e 12 não diferiu estatisticamente do controle resistente 'IAPAR 59', em nenhum dos locais. Esses híbridos apresentaram resistência completa à ferrrugem (plantas sem esporulação, notas 1 e 2), com nota média inferior a 2,00 (Tabela 3).

Neste estudo, as fontes de resistência à ferrugem para os híbridos foram IAPAR 59, Tupi IAC 1669-33 e outros genótipos "Sarchimor". No Brasil, várias cultivares de café do germoplasma Sarchimor têm mostrado resistência completa à ferrugem, como é o caso das cultivares IAPAR 59, IPR 98, IPR 104 e Tupi IAC 1669-33 (DEL GROSSI et al., 2013; SERA et al., 2007, 2010a; SHIGUEOKA et al., 2014).

Os polinizadores dos híbridos 4 e 7 foram genótipos "Sarchimor". Esses híbridos foram resistentes à ferrugem em Congonhinhas e Itaguajé, porém, suscetíveis em Londrina (Tabela 3), indicando que é possível existirem raças de ferrugem com mais genes de virulência em Londrina que estejam quebrando a resistência completa. Em outros estudos, a quebra de resistência em genótipos derivados de "Sarchimor" (SERA et al., 2007, 2010a, 2010b) e "Catimor" (COSTA et al., 2007; VÁRZEA; MARQUES, 2005) tem sido observada.

TABELA 3 - Notas médias de severidade de ferrugem, mancha aureolada e bicho- mineiro em Londrina, Congonhinhas e Itaguajé (Paraná, Brasil).

Nº [1]	Londrina	Congonhinhas			Itaguajé
	F[2]	F[3]	MA[3]	BM[4]	F[2]
3	1,78 b	1,00 b	3,33 a	2,00 c	1,00 d
Tupi	1,78 b	1,00 b	3,67 a	5,00 a	1,67 c
1	1,89 b	1,00 b	3,00 a	5,00 a	2,00 c
2	1,89 b	1,00 b	3,67 a	5,00 a	1,00 d
12	1,89 b	1,00 b	1,00 b	5,00 a	1,00 d
IAPAR 59	1,92 b	1,00 b	3,33 a	5,00 a	1,17 d
11	2,06 b	1,00 b	3,33 a	5,00 a	2,00 c
8	2,11 b	1,00 b	3,33 a	2,00 c	1,00 d
9	2,33 b	1,00 b	1,00 b	2,00 c	1,00 d
5	2,44 b	1,00 b	3,33 a	5,00 a	1,00 d
6	2,44 b	1,00 b	1,00 b	2,00 c	1,00 d
13	2,55 b	1,00 b	4,00 a	5,00 a	1,00 d
10	2,66 b	4,00 a	3,67 a	5,00 a	2,67 b
7	3,00 a	1,00 b	3,33 a	4,33 b	1,67 c
4	3,22 a	1,00 b	3,67 a	5,00 a	1,00 d
Catuaí	3,52 a	4,17 a	3,83 a	4,17 b	4,50 a
Mundo Novo	3,78 a	4,00 a	4,67 a	5,00 a	5,00 a
CV%	25,01	10,44	15,02	3,57	20,06

[1] Híbridos ordenados pelas menores notas de ferrugem em Londrina, Paraná, Brasil. Tupi = 'Tupi IAC 1669-33'; Catuaí = 'Catuaí Vermelho IAC 99'; Mundo Novo = 'Mundo Novo IAC 376-4'.
[2] F=Ferrugem: causada pelo fungo *Hemileia vastatrix*. Dados obtidos em 2011.
[3] MA=Mancha aureolada: causada por *Pseudomonas syringae* pv. *garcae*. Dados obtidos em 2008.
[4] BM=Bicho Mineiro (*Leucoptera coffeella*). Dados obtidos em 2009.

As avaliações feitas em Congonhinhas para mancha aureolada (Tabela 3) indicaram que os híbridos 6, 9 e 12 apresentaram resistência completa e diferiram estatisticamente dos demais genótipos de café. A resistência à mancha aureolada do híbrido 12, provavelmente, tem origem de *C. arabica* da Etiópia. Em outros estudos, acessos de *Coffea arabica* da Etiópia, portadores do gene *SH1,* foram resistentes à esta bacteriose (MORAES et al., 1975). A resistência dos híbridos 6 e 9, provavelmente, originou-se do híbrido interespecífico entre *C. arabica* e *C. racemosa* Ruiz&Pav., uma vez que, 'Tupi IAC 1669-33' exibiu suscetibilidade. No entanto, são necessários mais estudos para verificar se a resistência é originaria de *C. arabica* ou de *C. racemosa*.

De maneira geral, todas as cultivares, variedades botânicas ou introduções da espécie *C. arabica* são suscetíveis ao dano provocado pelo bicho-mineiro, enquanto que *C. racemosa* é resistente (GUERREIRO FILHO; MEDINA FILHO; CARVALHO, 1991). Pela avaliação da resistência ao bicho-mineiro, realizada em Congonhinhas (Tabela 3), foi possível observar que os híbridos 3, 6, 8 e 9 foram resistentes, sendo a fonte de resistência desses cafeeiros, a espécie *C. racemosa*.

O alto desempenho já alcançado no processo de propagação *in vitro* por embriogênese somática oferece a possibilidade de propagação em massa de híbridos superiores de café (BERTRAND et al., 2005; CARVALHO et al., 2011, 2013; MENÉNDEZ-YUFFÁ et al., 2010). No entanto, o custo da muda varia de duas a três vezes o valor da muda convencional produzida via semente (CARVALHO et al., 2013).

Por isso, um híbrido comercial deve ser altamente produtivo, quando comparado às cultivares tradicionais do tipo linhagem, além de possuir resistência a, pelo menos, uma das principais pragas ou doenças do cafeeiro, para justificar sua utilização.

Dessa forma, podemos destacar neste estudo, os híbridos 7, 11 e 12 que apresentam produtividade e vigor vegetativo superiores às testemunhas linhagens, em todos os locais estudados (Tabela 2). O híbrido 12 também apresentou resistência completa à ferrugem nos três locais (Tabela 3) e resistência completa à mancha aureolada. Os híbridos 6 e 9 foram, estatisticamente, mais produtivos em Londrina e Congonhinhas e não diferiram, estatisticamente, da testemunha padrão em Itaguajé. Esses dois híbridos apresentaram maior vigor vegetativo nos três locais avaliados e apresentaram resistência simultânea à mancha aureolada e bicho-mineiro, entretanto, foram parcialmente resistentes à ferrugem, em Londrina (Tabela 3).

Os híbridos 6, 7, 9, 11 e 12 têm potencial para se tornarem cultivares propagadas via embriogênese somática e serem disponibilizados aos produtores, uma vez que a alta produtividade e/ou a resistência simultânea às doenças e pragas aumentaria a renda e diminuiria perdas e custos no processo produtivo, compensando o alto valor das mudas desenvolvidas por micropropagação.

4 CONCLUSÕES

Os híbridos 7, 11 e 12 são estatisticamente mais produtivos do que a melhor testemunha em todos os locais, sendo o híbrido 12 simultaneamente resistente à ferrugem e à mancha aureolada. Da mesma forma, esses híbridos foram mais vigorosos que as cultivares linhagens usadas como padrão em todos os locais, com exceção do híbrido 11 em Congonhinhas, que foi similar à melhor testemunha.

Os híbridos 6 e 9 são mais produtivos em Londrina e Congonhinhas e similares à melhor testemunha em Itaguajé, além de apresentarem, simultâneamente, resistência parcial à ferrugem e resistência completa à mancha aureolada e bicho-mineiro. Foram também mais vigorosos em todos os locais.

O desempenho geral dos híbridos 6, 7, 9, 11 e 12 foi notadamente superior a quatro das principais cultivares linhagem, plantadas no Brasil.

5 AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Consórcio Pesquisa Café / Embrapa Café e Universidade Estadual de Londrina.

6 REFERÊNCIAS

BARTHOLO, G. F. et al. Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 162, p. 33-44, 1989.

BERTRAND, B. et al. *Coffea arabica* hybrid performance for yield, fertility and bean weight. **Euphytica**, Dordrecht, v. 141, n. 3, p. 255-262, Jan. 2005.

_____. Performance of *Coffea arabica* F1 hybrids in agroforestry and full-sun cropping systems in comparison with American pure line cultivars. **Euphytica**, Dordrecht, v. 181, n. 2, p. 147-158, Sept. 2011.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. Endogamia e heterose. In: _____. **Melhoramento de plantas**. Viçosa, MG: UFV, 2013. p. 344-366.

CAIXETA, E. T. et al. Biotecnologia aplicada ao melhoramento genético do cafeeiro. In: CARVALHO, C. H. S. de. (Ed.). **Cultivares de café:** origem, características e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. v. 1, p. 101-125.

CARVALHO, C. H. S. et al. Características agronômicas e morfológicas de cafeeiro Catuaí Vermelho propagado por embriogênese somática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 4, p. 378-383, abr. 2011.

_____. **Custo de produção de mudas clonais de café arábica produzidas por embriogênese somática**. Brasília: EMBRAPA Café, 2013. 10 p. (Circular Técnica, 3).

COSTA, M. J. N. et al. Resistência de progênies de café Catimor à ferrugem. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 121-130, mar./abr. 2007.

DEL GROSSI, L. et al. Rust resistance in Arabic Coffee cultivars in northern Paraná. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 56, n. 1, p. 27-33, Feb. 2013.

ETIENNE, H.; BERTRAND, B. Trueness to type and agronomic characteristics of *Coffea arabica* trees micropropagated by the embryogenic cell suspension technique. **Tree Physiology**, Victoria, v. 21, n. 14, p. 1031-1038, Sept. 2001.

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

FONTES, J. R. M. et al. Study of combining ability and heterosis in coffee. In: SERA, T. et al. (Ed.). **Coffee biotechnology and quality**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1999. p. 113-121.

GUERREIRO FILHO, O.; MEDINA FILHO, H. P.; CARVALHO, A. Fontes de resistência ao bicho mineiro, *Perileucoptera coffeella* em *Coffea* spp.. **Bragantia**, Campinas, v. 50, n. 1, p. 45-55, 1991.

ITO, D. S. et al. Identificação de cafeeiros resistentes à mancha aureolada em genótipos portadores de genes de *Coffea racemosa* e *SH1*. **SBPN - Scientific Journal**, São Paulo, v. 8, p. 19, 2004.

_____. Resistance to Bacterial Blight in Arabica coffee cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 8, n. 2, p. 99-103, 2008.

MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R.; CARVALHO, C. H. S. de. Desenvolvimento de novas cultivares de café arábica. In: CARVALHO, C. H. S. de. (Ed.). **Cultivares de café:** origem características e recomendações. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. v. 1, p. 79-101.

MENÉNDEZ-YUFFÁ, A. et al. A comparative analysis of the development and quality of nursery plants derived from somatic embryogenesis and from seedlings for large-scale propagation of coffee (*Coffea arabica* L.). **Plant Cell Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v. 102, n. 3, p. 297-307, 2010.

MORAES, S. A. et al. Resistência de cafeeiros a *Pseudomonas garcae*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 105-110, 1975.

SERA, G. H. et al. Coffee breeding for durable resistance to leaf rust disease at Instituto Agronômico do Paraná. In: ZAMBOLIN, L.; ZAMBOLIN, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Ed.). **Durable resistance to coffee leaf rust**. Viçosa, MG: UFV, 2005a. p. 187-214.

_____. Heterose de clones F1 de café arábica com resistência ao bicho mineiro, ferrugem, bacteriose e calor/seca em Londrina-Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 5., 2009, Guarapari. **Anais...** Vitória: INCAPER, 2009. 1 CD-ROM.

_____. Identificação de híbridos de café arábica com resistência múltipla à ferrugem, bicho mineiro e nematoides. **SBPN - Scientific Journal**, São Paulo, v. 9, p. 27, 2005b.

_____. Resistência à ferrugem alaranjada em cultivares de café. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 59-66, jan./abr. 2010a.

_____. Seleção para a resistência à ferrugem em progênies das cultivares de café IPR 99 e IPR 107. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 547-554, jul. 2010b.

_____. Selection for durable resistance to leaf rust using test-crosses on IAPAR-59 and Tupi IAC 1669-33 cultivars of *Coffea arabica.* **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 50, n. 4, p. 565-570, July 2007.

SHIGUEOKA, L. H. et al. Selection of Arabic coffee progenies with rust resistance. Crop Breeding and Applied Biotechnology, Viçosa, v. 14, p. 88-93, June 2014.

SRINIVASAN, C. S.; VISHVESHWARA, S. Heterosis and stability for yield in arabica coffee. Indian Journal of Genetics & Plant Breeding, New Delhi, v. 38, n. 3, p. 416-420, 1978.

VÁRZEA, V. M. P.; MARQUES, D. V. Population variability of *Hemileia vastatrix* vs. coffee durable resistance. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Ed.). **Durable resistance to coffee leaf rust**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 53-74.

VOSSEN, H. A. M. van der; WALYARO, D. J. The coffee breeding programme in Kenya: a review of progress made since 1971 and plan of action for the coming years. Kenya Coffee, Nairobi, v. 46, p. 113-120, Jan. 1981.

SUBSTITUIÇÃO DE FERTILIZANTES POR FITOMASSA DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM LAVOURA CAFEEIRA

Heloísa Misae Tavares de Oliveira[1], Maria Inês Nogueira Alvarenga[2], Rogério Melloni[3], Juliana Garcia Cespedes[4], Rodrigo Luz da Cunha[5]

(Recebido: 30 de outubro 2014 ; aceito: 05 de janeiro de 2015)

RESUMO: O uso de fitomassa de leguminosas arbóreas na lavoura cafeeira surge como alternativa para melhorar a qualidade química do solo e reduzir os custos de produção do café. Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar o efeito da adição superficial de fitomassa de quatro espécies arbóreas de leguminosas (*Cajanus cajan*, *Mimosa scabrella*, *Leucaena leucocephala* e *Acacia mangium)* na qualidade química do solo, enfatizando o seu potencial de substituição de fertilizantes químicos à base de NPK, em monocultivo cafeeiro sob esse manejo. O estudo foi conduzido em lavoura cafeeira situada em área experimental da EPAMIG, em São Sebastião do Paraíso, MG. A fitomassa de todas as leguminosas promoveu melhoria na qualidade química do solo, com destaque para a leucena, que apresentou potencial para reduzir custos de fertilizantes NPK na lavoura cafeeira.

Termos para indexação: *Coffea arabica* L., qualidade química do solo, arborização, adubação orgânica.

POTENTIAL OF SUBSTITUTION OF FERTILIZERS BY ARBOREAL LEGUME PHYTOMASS IN COFFEE TREE CROP

ABSTRACT: *The use of arboreal legume phytomass in coffee cropping appears as an alternative way to improve the soil chemical properties and also to reduce production cost. The present paper aims to evaluate the effect of surface application of four arboreal legume phytomass (Cajanus cajan, Mimosa scabrella, Leucaena leucocephala and Acacia mangium) on soil chemical quality and verify the potential to substitute the use of chemical fertilizers (NPK) in coffee cropping under this management. This study was carried out at EPAMIG, in São Sebastião do Paraíso, MG, a Southern Brazilian experiment coffee cropping station. The phytomass of all legumes improved the soil chemical quality, especially Leucaena leucocephala, which also showed potential to reduce costs of NPK fertilizers on coffee cropping.*

Index terms: *Coffea arabica L., soil chemical quality, arborization, organic adubation.*

1 INTRODUÇÃO

Os gastos com fertilizantes, principalmente à base de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), por pequenos produtores e de base familiar podem representar de 18 até 25 % do custo total de produção do cafeeiro (CONSELHO NACIONAL DO CAFÉ - CNC, 2013). Aliado a isso, a superexploração do solo e demais recursos ambientais têm causado graves consequências ambientais, com crescente empobrecimento do solo e consequente aumento da necessidade de intervenção química. Assim, buscando manter a qualidade do solo em níveis adequados à produtividade sem, contudo, perder de vista o equilíbrio ambiental, as bases tecnológicas das atividades agrícolas vêm se alterando para sistemas menos impactantes, conservacionistas, fundamentados nos serviços naturais de ciclagem de nutrientes e manutenção da microbiota do solo (SILVEIRA; FREITAS, 2007).

O estabelecimento de rotas alternativas de produção, com enfoque na redução do uso de insumos externos e alcance de viabilidade econômica e ecológica do uso de fitomassa de leguminosas em agroecossistemas, é um mecanismo promissor para reduzir os efeitos negativos do monocultivo contínuo do solo, o qual ainda é presente, apesar de muitas espécies se apresentarem tolerantes a níveis de sombreamento e se adaptarem bem a sistemas de cultivo mistos (ILANY et al., 2010).

Nesse sentido, os sistemas agroflorestais (SAFs) surgem como uma opção de cultivo mais sustentável ao combinarem, simultaneamente ou sequencialmente, cultivos agrícolas com espécies florestais e/ou animais, utilizando a mesma área e outras técnicas de manejo compatíveis (MÜLLER et al., 2004). O sistema de cultivo em aleias ou "alley cropping" é um tipo de SAF simultâneo que consiste na associação de árvores e, ou, arbustos, geralmente associados a organismos fixadores de nitrogênio, intercalados em faixas com culturas anuais. As árvores ou arbustos são podados periodicamente para utilização da biomassa como

[1,2,3]Universidade Federal de Itajubá/UNIFEI - Instituto de Recursos Naturais/IRN - Av. BPS, 1303 - Bairro Pinheirinho - 37500-903 Itajubá - MG - misae_heloisa@yahoo.com.br,minesalvarenga@gmail.com, rogerio.melloni@gmail.com
[4]Universidade Federal de São Paulo - Campus São José dos Campos - Rua Talim, 330 - Vila Nair - 12231-280 - São José dos Campos - SP cespedes.juliana@gmail.com
[5]Epamig - Centro Tecnológico do Sul de Minas - 37200-000 - Lavras - MG - rodrigocunha@epamig.bremail@instituição.br

adubação verde, cujo objetivo principal é melhorar a fertilidade do solo e, ou, como forragem de alta qualidade para complementar a alimentação do gado (AGUIAR et al., 2009).

O uso de fitomassa de leguminosas arbóreas em solos agrícolas representa uma importante ferramenta para a adoção de manejos agrícolas equilibrados que favorecem a fertilidade do solo, controlam a erosão e reduzem a necessidade de aplicação de adubos solúveis (WEBER; MIELNICZUK, 2009). As leguminosas de porte lenhoso, quando comparadas às arbustivas, possuem o diferencial de produzirem grandes quantidades de fitomassa por área e apresentarem concentrações elevadas de nutrientes na parte aérea, consequência do seu sistema radicular mais desenvolvido e capaz de assimilar os nutrientes lixiviados para as camadas mais profundas do solo (NASCIMENTO et al., 2005).

Estudos relatam, principalmente, os efeitos da adição de fitomassa de leguminosas sobre a matéria orgânica do solo, cuja função integra aspectos químicos, físicos e microbiológicos do solo (CONCEIÇÃO et al., 2005). A decomposição da matéria orgânica do solo promove liberação de ácidos orgânicos, importantes devido à sua ação complexante de íons indesejáveis, como Al^{3+} e H^{+}, aumentando a saturação da CTC do solo pelos íons Ca^{2+}, Mg^{2+} e K^{+}. Quando adicionados continuadamente, a decomposição de materiais orgânicos e a liberação de ácidos orgânicos de baixa massa molecular convergem para um efeito prolongado na fertilidade do solo (PAVINATO; ROSOLEM, 2008). Giacomini et al. (2003) e Pavinato e Rosalem (2008) ressaltam que, além da decomposição do material vegetal, os ácidos orgânicos também se originam da lavagem direta da palha dos resíduos vegetais pela chuva, evidenciando mais uma vantagem da aplicação superficial de fitomassa de leguminosas. Porém, apesar de promissora, a eficiência desse manejo depara-se com questões técnicas e econômicas, como a seleção da espécie mais adequada para prover fitomassa e liberação de nutrientes mediante decomposição (QUEIROZ et al., 2007).

Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar o efeito da adição superficial de quatro espécies arbóreas de leguminosas na qualidade química do solo, enfatizando o seu potencial de substituição de fertilizantes químicos à base de NPK, em monocultivo cafeeiro sob esse manejo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no ano de 2000, na área experimental de cafeeiros da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em São Sebastião do Paraíso, MG. Utilizou-se ensaio fatorial, com delineamento em blocos ao acaso, com quatro espécies de leguminosas e um controle, e quatro anos de amostragem, com três repetições por tratamento. O café foi cultivado com espaçamento adensado na linha com uma população de 5.882 plantas ha^{-1} em área de Latossolo Vermelho Distroférrico, textura muito argilosa. As parcelas foram implantadas em cinco áreas equivalentes, sendo quatro áreas com aleias de leguminosas e uma para comparação (controle), sem influência de leguminosa (Figura 1). As leguminosas utilizadas no experimento foram o guandu [*Cajanus cajan* (L.) Hut.], a bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), leucena [*Leucoena leucocephala* (Lam.) de Wit] e acácia (*Acacia mangium* Willd.). Cada parcela foi composta por cinco linhas de café com 30 plantas cada, sendo a parcela útil dada pelo conjunto das dez plantas centrais da linha central e o restante considerado bordadura.

As aleias possuem 5,0 m de largura por 90,0 m de comprimento, totalizando uma área de 450 m^2 para cada aleia de leguminosa, plantadas simultaneamente ao café. As áreas com bracatinga e acácia foram cultivadas cada uma em três linhas, com espaçamento de 3,0 m entre plantas e 1,5 m entrelinhas, de modo desencontrado. O guandu foi plantado em quatro linhas com espaçamento de 1,20 m entrelinhas e com densidade de cinco sementes, por metro linear. A leucena foi plantada em três linhas no espaçamento de 1,5 m entrelinhas e 0,50 m entre plantas.

As leguminosas foram cortadas e manejadas na mesma época, no final da estação chuvosa, período de maior acúmulo de matéria seca, uma vez ao ano, por um período de quatro anos (2001, 2002, 2003 e 2005). Em 2004, em virtude do ataque de formigas, a produção de fitomassa de leguminosas ficou comprometida, motivo pelo qual optou-se por não aplicá-las. Após poda, a fitomassa ficou depositada por 30 dias sob as leguminosas até completo murchamento, sendo coletada juntamente com a serapilheira e adicionadas superficialmente nas linhas do café. As leguminosas foram adubadas no plantio com 200 g de superfosfato simples por planta, não sendo realizada adubação de manutenção e inoculação de microrganismos.

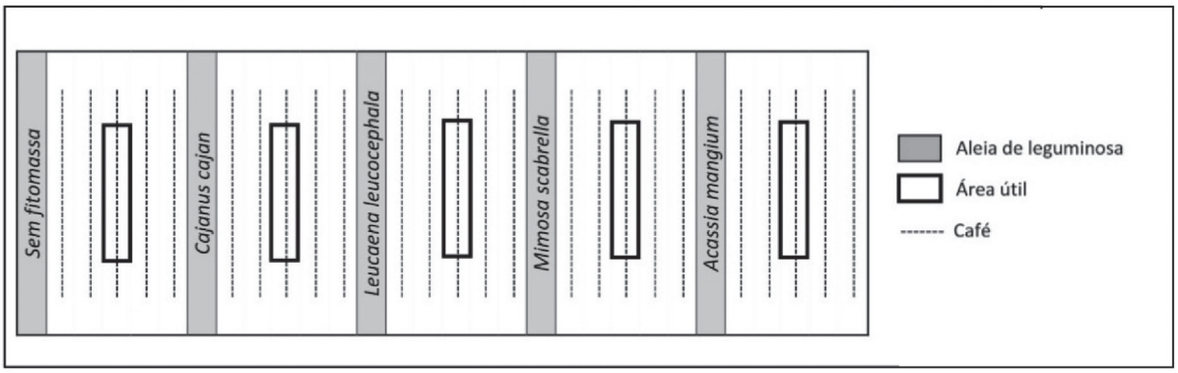


FIGURA 1 - Croqui do experimento no campo.

Para a análise estatística, considerou-se ano como uma variável discreta, tomando parcelas subdivididas no tempo, e ordenando a variável resposta na parcela experimental. Segundo Ferreira (2012), nessas condições, pode-se utilizar a análise de variâncias com parcelas subdividas no tempo. As pressuposições do modelo matemático foram verificadas e as transformações necessárias foram realizadas.

Para avaliação do aporte potencial de nutrientes via decomposição da fitomassa das leguminosas foram avaliadas a produção de massa seca e a qualidade química das leguminosas em dois anos consecutivos, 2002 e 2003, por meio da amostragem com um quadrado de metal com área de 0,25 m^2, lançado sobre o material da poda depositado no solo, de forma aleatória, em cinco pontos de cada aleia de produção de leguminosa.

As amostras de fitomassa foram inicialmente pesadas (matéria fresca) e, encaminhadas para secagem em estufa, com circulação de ar forçada até peso constante (matéria seca). Para análise química da fitomassa, os extratos foram preparados segundo Hunter (1975), determinando-se, em seguida, o teor de nitrogênio pelo método Kjeldahl modificado; fósforo por colorimetria (azul de molibdênio) e potássio por fotometria de chama. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Duncan, ao nível de 5 % de significância, e interpretados conforme as recomendações para uso de fertilizantes em cafeeiros da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG (1999).

Para análise química do solo foram retiradas, com trado holandês, amostras da camada superficial do solo (0-10 cm de profundidade), em cinco pontos sob a projeção da copa do café da área útil, perfazendo um total de 30 amostras/ano. Nesse caso, foram obtidos dados de quatro anos (2003 a 2006). As amostras foram homogeneizadas, acondicionadas em saco plástico e submetidas à análise de fertilidade (macro, micronutrientes e matéria orgânica), conforme metodologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1997).

Os atributos químicos do solo foram analisados por meio da análise de componentes principais (ACP) via matriz de correlação, utilizando o *software* PC-ORD. Para isso, foram considerados os atributos da fertilidade do solo que indicaram diferenças estatísticas significativas na ANOVA (significância a 0,001), considerando o valor médio das três repetições de cada parcela, em todas as épocas amostradas (2003 a 2006). Os resultados, apresentados na forma de escores, foram transformados em índices da qualidade química do solo, após incorporação das fitomassas de leguminosas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de produção e qualidade química da fitomassa indicou haver significativa variação entre as leguminosas e também entre anos avaliados (Tabelas 1 e 2). Esse comportamento pode ser relacionado a fatores de ordem climática (BOER et al., 2007; TORRES; PEREIRA; FABIAN, 2008) e fisiológica, como taxa de crescimento e demanda nutricional, desenvolvimento do sistema radicular e taxa de retranslocação de nutrientes (KIMARO et al., 2007).

Na variação temporal, o guandu, a leucena e a bracatinga apresentaram significativa queda na produção de fitomassa, em 2003 e 2005, em relação aos anos iniciais, 2001 e 2002 (Tabela 1). Em termos percentuais, essas quedas foram de 82, 72 e 44 %, respectivamente.

TABELA 1 - Produção anual de fitomassa seca de leguminosas arbóreas.

	Produção de fitomassa seca (t ha^{-1})				
Ano	Bracatinga	Guandu	Leucena	Acácia	Média
2001	13,48 aB	22,32 aA	19,57 aA	7,12 bC	15,62 a
2002	11,58 aB	16,23 bA	18,80 aA	18,33 aA	16,23 a
2003	6,58 bA	3,16 cB	4,90 bAB	4,94 bAB	4,89 b
2005	7,57 bA	3,88 cB	5,96 bAB	5,34 bAB	5,69 b
Média	9,80 ab	11,40 ab	12,31 a	8,94 b	10,61

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem pelo teste Duncan, ao nível de 5 % de significância. CV = 13,72 %.

TABELA 2 - Composição química da fitomassa seca das leguminosas arbóreas, em 2002 e 2003.

Nutriente	Unidade	Bracatinga	Guandu	Leucena	Acácia	Média
			2002			
N		17,96 a	19,20 a	21,12 a	22,08 a	20,90
P	g kg^{-1}	0,92 b	0,55 c	1,05 b	1,85 a	1,09
K		3,17 c	5,10 b	6,86 a	5,98 ab	5,28
			2003			
N		17,08 b	17,20 b	23,12 a	17,00 b	18,23
P	g kg^{-1}	0,94 b	1,14 ab	1,35 a	0,59 c	1,05
K		3,53 b	4,24 b	6,36 a	6,01 a	5,04
			Diferença entre 2003 e 2002			
N		- 5	- 10	9	- 23	- 7
P	%	2	107	29	- 68	- 8
K		11	- 17	-7	1	- 5

Para cada ano, médias seguidas de letras iguais na linha não diferem pelo teste Duncan, ao nível de 5% de significância.

A área com acácia apresentou menor variação, tendo ocorrido um pico de produção de fitomassa, em 2002 (18,33 t ha^{-1}), retornando à produção inicial nos anos seguintes, cuja média foi de 5,80 t ha^{-1}. Considerando-se a variação apenas entre 2002 e 2003, a produção de fitomassa passou de 16,23 para 3,16 t ha^{-1} para o guandu; 18,80 para 4,90 t ha-1 para a leucena; 11,58 para 6,58 t ha^{-1} para a bracatinga e de 18,33 para 4,94 t ha^{-1} para a acácia.

A queda na produção de fitomassa seca após dois anos de cultivo das leguminosas pode ter sido consequência do manejo adotado das espécies, tanto no que diz respeito à adubação (BALIEIRO et al., 2004), quanto em relação à forma e frequência das podas (SILVA et al., 2002), que podem ter ocasionado um enfraquecimento das leguminosas, reduzindo sua capacidade de rebrota (FARIA; SOARES; LEÃO, 2004).

Em experimento instalado no município de Seropédica/RJ, Balieiro et al. (2004) observaram uma produção de fitomassa seca da acácia (folhas, galhos e serapilheira) igual a 37,8 t ha^{-1}, enquanto que, no presente estudo, a produção de fitomassa da acácia alcançou apenas 4,34 t ha^{-1} e 18,33 t ha^{-1} em 2002 e 2003, respectivamente. Enquanto no presente estudo as leguminosas foram adubadas com somente 200 g de superfosfato simples, sem inoculação de microrganismos, o plantio da acácia, pelos autores supracitados, foi feito com 100 g de fosfato de rocha, 10 g de FTE (BR - 12) como fonte de micronutrientes, além das sementes terem sido inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus clarum* Nicol. & Smith e *Gigaspora margarita* Becker & Hall), evidenciando a variação do manejo da acácia e a possível causa da baixa produtividade no presente estudo.

Com relação ao conteúdo químico foliar das leguminosas, foram observadas diferenças significativas (Tabela 2), exceto para N em 2002, em que a média de todas as leguminosas foi de 20,90 g kg^{-1}. Ainda em 2002, merece destaque o maior conteúdo de P na acácia (1,85 g kg^{-1}) e menor no guandu (0,55 g kg^{-1}), apesar dessas leguminosas não terem apresentado diferença significativa na produção de fitomassa (respectivamente, 18,33 ha^{-1} e 16,23 t ha^{-1}), discordando do obtido por Costa et al. (2004), que constataram que o aporte de nutrientes pela serapilheira possuía forte e positiva correlação com a produção de fitomassa.

Em 2002, a maior concentração de K foi encontrada na leucena (6,86 g kg^{-1}) e acácia (5,98 g kg^{-1}), e menor na bracatinga (3,17 g kg^{-1}). Esse resultado reflete-se no conteúdo de potássio do solo, conforme discutido por Giacomini et al. (2003). Em 2003, é possível verificar maiores concentrações de nutrientes na fitomassa da leucena e menores na acácia, onde os teores de P e K foram os menores, quando comparados às demais leguminosas (Tabela 2).

Dos nutrientes considerados no presente trabalho, é possível observar uma diferença no conteúdo químico foliar no guandu e na acácia de 2002 para 2003. Enquanto o guandu apresentou, em 2003, um aumento de 102 % de P foliar, em relação a 2002, para a acácia o comportamento foi oposto, tendo apresentado uma redução de 68 % da concentração de P foliar (Tabela 2). Essa variação de liberação de nutrientes por diferentes leguminosas também foi observada por Espíndola et al. (20006) e Torres, Pereira e Fabian (2008), comportamento esse associado à composição química dos resíduos e às condições climáticas.

Da análise da produção de fitomassa seca é possível observar que ambas as leguminosas (guandu e acácia) apresentaram queda na produção de fitomassa entre os anos, sendo de 81 %, no caso do guandu e 73 %, no caso da acácia (Tabela 1). Assim, pode-se inferir que o guandu apresentou maior capacidade de absorção de P que a acácia.

Pela análise de componentes principais aplicados para as variáveis relacionadas à fertilidade do solo, observou-se contribuição de 71,28 % da variância total na primeira e de 18,86 % na segunda componente, somando-se 90,14 % da variância total dos dados. Em função desse elevado valor, somente os escores dessas componentes foram apresentados. De acordo com Mingoti (2007), a primeira componente principal pode ser considerada como um índice de desempenho global padronizado da química do solo. Como, nessa componente, somente os atributos relacionados ao teor de Al^{3+} e saturação de Al^{3+} na CTC (m) possuem pesos negativos (-0,35 e -0,38, respectivamente), os escores das áreas de estudo que apresentaram valores menores e mais negativos indicam solos com elevada acidez trocável e saturação por alumínio, atributos desfavoráveis para a fertilidade do solo. Contrariamente, áreas com escores positivos indicam solos com atributos químicos mais favoráveis ao cultivo, ou seja, com melhor qualidade química.

Os escores construídos por meio dos atributos químicos do solo, após a adição das fitomassas, estão apresentados na Figura 2.

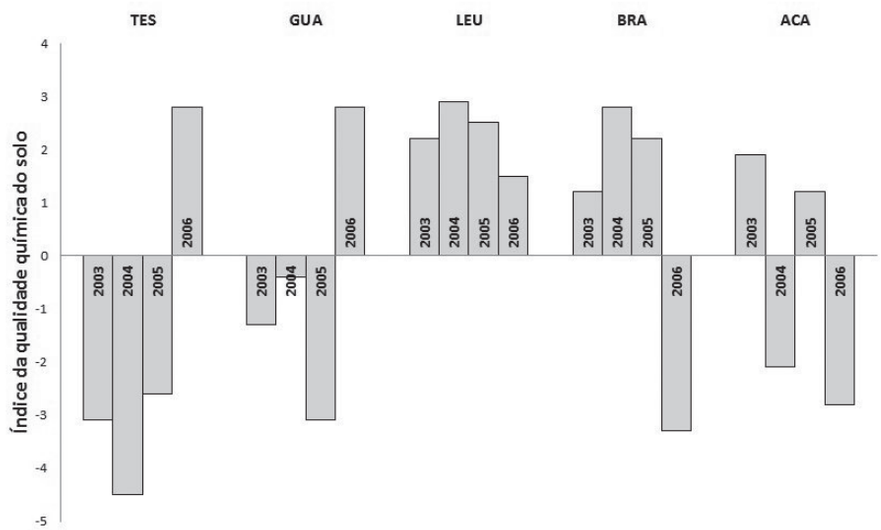


FIGURA 2 - Índice da qualidade química do solo (escores) de cada tratamento (TES – testemunha, GUA – guandu, LEU – leucena, BRA – bracatinga e ACA – acácia).

Considerando, então, a média dos atributos químicos de todos os blocos, em todos os anos de amostragem (2003 a 2006), observa-se que as áreas testemunhas e aquelas que receberam fitomassa de guandu apresentaram os menores escores, com média igual a - 1,87 e - 0,58, respectivamente. Áreas que receberam o tratamento com leucena, ao contrário, apresentaram, em todos os anos de análise, escores mais altos e positivos, indicando grande potencial dessa leguminosa em melhorar a qualidade química do solo. Tal fato pode estar relacionado, não somente à maior produção de fitomassa (Tabela 1), mas também à sua melhor qualidade química (Tabela 2).

Esse resultado concorda com o obtido por outros autores que atribuem a melhoria na qualidade química do solo ao aumento no teor de matéria orgânica do solo, uma vez que esse atributo integra a qualidade química, física e microbiológica do solo (CONCEIÇÃO, 2005). No presente trabalho, pode-se afirmar que as melhorias na qualidade química ocorreram em virtude da adição de nutrientes via decomposição das fitomassas estudadas. O aporte potencial de nutrientes por tal via, pode ser visto na Tabela 3, para os anos 2002 e 2003. As espécies leguminosas estudadas promoveram reciclagem e incorporação de quantidades significativas de nutrientes ao solo, principalmente em relação ao N em 2002, em que todos os tratamentos teriam potencial de suprir completamente a demanda do cafeeiro por esse nutriente.

De posse dos dados referentes à qualidade da fitomassa em termos de NPK e das necessidades da cultura do cafeeiro (CFSEMG, 1999), calculou-se o potencial de substituição de fertilizantes pelas respectivas fitomassas, cujo resultado encontra-se na Tabela 4.

Considerando a média do conteúdo de P do solo nos quatro anos de análise (2003 a 2006), o tratamento com leucena proporcionou uma concentração suficiente de P, não sendo necessária a adubação de produção para essas áreas. Assim, é possível concluir que a fitomassa da leucena, além de possuir elevados teores de P (Tabela 4), é facilmente decomposta, liberando os nutrientes e melhorando a qualidade química do solo.

Contrariamente, apesar das maiores quantidades de P reciclados e presentes na fitomassa seca da acácia, com potencial de substituição igual a 85 % em 2002, as áreas tratadas com esse material apresentaram, em todos os anos amostrados, deficiência desse nutriente, estando sempre dentro da classe "muito baixo", isto é, abaixo de 12 mg de P kg^{-1} de solo (CFSEMG, 1999). Tal resultado pode ser consequência da baixa taxa de decomposição da fitomassa dessa leguminosa, diminuindo o aporte de nutrientes para o solo (GIACOMINI et al., 2003), conforme também observado em estudo conduzido por Balieiro et al. (2004) e Moura et al. (2010). Após 5 anos de plantio de acácia, a elevada quantidade de serapilheira acumulada sobre o solo (12,7 t ha^{-1}) confirmou a baixa velocidade de decomposição desse resíduo, dificultando a liberação dos nutrientes contidos em sua fitomassa.

Para o K, mesmo tendo sido observadas diferenças significativas no conteúdo químico foliar, em 2002 e 2003 (Tabela 3), todos os tratamentos apresentaram mesma média de K no solo (Tabela 4), e também mesma classe de fertilidade (médio), conforme CFSEMG (1999).

TABELA 3 - Aporte potencial de nutrientes, via fitomassa das leguminosas arbóreas, em 2002 e 2003.

	Unidade	Bracatinga	Guandu	Leucena	Acássia
			2002		
N		207,56 c	310,90 b	381,60 a	399,67 a
P	kg ha^{-1}	10,70 c	8,93 c	19,67 b	33,91 a
K		36,68 c	82,84 b	129,04 a	109,68 a
			2003		
N		83,98 b	112,39 a	54,35 c	113,29 a
P	kg ha^{-1}	2,91b	6,21 a	3,61 b	6,63 a
K		29,68 ab	23,24 b	13,41 c	31,15 a

Para cada ano, médias seguidas de letras iguais na linha não diferem pelo teste Duncan, ao nível de 5% de significância.

TABELA 4 - Potencial de substituição da adubação NPK pela adição de fitomassa das leguminosas.

Nutriente	Leguminosas arbóreas			
N	Guandu	Leucena	Bracatinga	Acácia
Teor foliar (g kg^{-1})[1]	29,19ab	29,17ab	28,44b	28,72ab
Classe[2]	Adequado	Adequado	Adequado	Adequado
Dose recomendada (kg ha ano^{-1})[3]	175	175	175	175
Potencial de substituição: 2002	178 %	218 %	119 %	228 %
2003	64 %	31 %	48 %	65 %
P	Guandu	Leucena	Bracatinga	Acácia
Média no solo[4] (mg kg^{-1})[3]	25,48b	36,75a	17,69c	7,8d
Classe[2]	Médio	Bom	Baixo	Muito baixo
Dose recomendada (kg ha ano^{-1})[3]	20	0	30	40
Potencial de substituição: 2002	45 %	100 %	36 %	85 %
2003	31 %	100 %	10 %	17 %
K	Guandu	Leucena	Bracatinga	Acácia
Média no solo[4] (mg kg^{-1})[3]	84,83ab	92,42a	91,17ab	86,58ab
Classe[2]	Médio	Médio	Médio	Médio
Dose recomendada (kg ha ano^{-1}) [3]	190	190	190	190
Potencial de substituição: 2002	44 %	68 %	19 %	58 %
2003	12 %	7 %	16 %	16 %

[1] Médias obtidas da análise química foliar do cafeeiro, em 2005. Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem pelo teste Duncan ao nível de 5% de significância.

[2] Classe de fertilidade para a cultura do café, conforme recomendações da CFSEMG (1999).

[3] Doses recomendadas em função da produtividade esperada, entre 20 e 30 sc. ben. ha^{-1} (CFSEMG, 1999).

[4] Média dos anos das análises química do solo. Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem pelo teste Duncan, ao nível de 5% de significância.

O uso de fitomassa de leguminosas traria, portanto, economias na adubação, com destaque para as áreas manejadas com leucena, que apresentaram maior potencial de substituição de fertilizantes, tanto em 2002,quanto em 2003.

Esse resultado é de grande valia para a adoção do manejo de fitomassa de leguminosas, uma vez que, para compensar a perda de área produtiva, decorrente do plantio das aleias de leguminosas (ALVES et al., 2004), a substituição parcial ou total da adubação NPK é um dos principais atrativos para o produtor que deseja alterar seu sistema de manejo.

4 CONCLUSÕES

1. As fitomassas das leguminosas *Cajanus cajan*, *Mimosa scabrella*, *Leucaena leucocephala* e A*cacia mangium* promovem melhorias na qualidade química do solo, destacando-se a contribuição da *L. leucocephala*.

2. A utilização de fitomassa das leguminosas arbóreas avaliadas, principalmente de *Leucaena leucocephala*, apresenta potencial para redução dos custos com fertilizantes NPK, podendo substituir a demanda por esses nutrientes na cultura do cafeeiro.

5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig), pelo apoio.

6 REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. C. F. et al. Environmental and agricultural benefits of a management system designed for sandy loam soils of the humid tropics. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1473-1480, 2009.

ALVES, S. M. C. et al. Balanço do nitrogênio e fósforo em solo com cultivo orgânico de hortaliças após a incorporação de biomassa de guandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1111-1117, nov. 2004.

BALIEIRO, F. C. et al. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serrapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Willd. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 9-65, 2004.

BOER, C. A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, set. 2007.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:** 5ª aproximação. Viçosa, MG: UFV, 1999. 359 p.

CONCEICÃO, P. C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 777-788, 2005.

CONSELHO NACIONAL DO CAFÉ. **Análises econômicas:** custos de produção. Disponível em: <http://www.cncafe.com.br/site/conteudo.asp?id=21>. Acesso em: 22 maio 2013.

COSTA, G. S. et al. O aporte de nutrientes pela serrapilheira mostrou-se fortemente associado com a produção de fitomassa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 919-927, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

ESPINDOLA, J. A. A. et al. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 321-328, 2006.

FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEAO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 641-648, 2004.

FERREIRA, W. L. **Análise de dados com medidas repetidas em experimentos com ingestão de café**. 2012. 108 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

GIACOMINI, S. J. et al. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1097-1104, set. 2003.

HUNTER, A. H. **Laboratory analysis of vegetal tissue samples**. Raleigh: International Soil Fertility Evaluation and Improvement Program, 1975. 5 p.

ILANY, T. et al. Using agroforestry to improve soil fertility: effects of intercropping on *Ilex paraguariensis* (yerba mate) plantations with *Araucaria angustifolia*. **Agroforest Systems**, Wageningen, v. 80, n. 3, p. 399-409, 2010.

KIMARO, A. A. et al. Nutrient use efficiency and biomass production of tree species for rotational woodlot systems in semi-arid Morogoro, Tanzania. **Agroforestry Systems**, Wageningen, v. 71, n. 3, p. 175-184, 2007.

MINGOTI, S. A. Análise de componentes principais. In: _____. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada:** uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: UFMG, 2007. p. 59-95.

MOURA, E. G. et al. Nutrient use efficiency in alley cropping systems in the Amazonian periphery. **Plant and Soil**, The Hague, v. 335, n. 1, p. 363-371, 2010.

MÜLLER, M. W. et al. **Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos**. Ilhéus: Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais; Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2004. 292 p.

NASCIMENTO, J. T. et al. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 825-831, 2005.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

QUEIROZ, L. R. et al. Avaliação da produtividade de fitomassa e acúmulo de N, P e K em leguminosas arbóreas no sistema de aleias, em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 383-390, 2007.

SILVA, J. A. A. et al. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranjeira-'Pêra'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 225-230, 2002.

SILVEIRA, A. P. D. da; FREITAS, S. S. (Ed.). **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007. 312 p.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 421-428, mar. 2008.

WEBER, M. A.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 429-437, 2009.

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE PROGÊNIES DE CAFEEIRO EM ÁREA INFESTADA POR *Meloidogyne paranaensis*

Allan Teixeira Pasqualotto[1], Sônia M. L. Salgado[2], César Elias Botelho[3], Antônio Nazareno Guimarães Mendes[4], Ramiro Machado Rezende[5], Simone Ribeiro de Souza[6]

(Recebido: 21 de janeiro 2015 ; aceito: 09 de março de 2015)

RESUMO: O uso de material genético de *Coffea* sp. com resistencia a *M. paranaensis* aliado ao bom desempenho agronômico possibilita a manutenção da atividade cafeeira em áreas infestadas. Objetivou-se, com este trabalho, caracterizar o desempenho agronômico de progênies de cafeeiro e a reação ao *M. paranaensis*. O experimento foi instalado na Fazenda Guaiçara, em fevereiro de 2012, situada no Município de Piumhi-MG. Foram avaliadas 21 progênies, em geração F5, resultantes do cruzamento entre material do grupo Catuaí Vermelho X Amphillo MR, Amphillo MR X Híbrido Natural e Catuaí Vermelho X Híbrido de Timor e três cultivares comerciais utilizadas como testemunhas (Catuaí IAC 62, Mundo Novo 379-19 e IPR 100). O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, totalizando 96 parcelas, sendo cada parcela constituída por 8 plantas, no espaçamento de 3,0 x 0,5 m. As características nematológicas referentes ao comportamento genético das progênies ao *M. paranaensis*, foram avaliadas na estação de seca (julho) e chuvosa (novembro) de 2014. A produtividade (sacas. ha^{-1}), rendimento, porcentagem de frutos chochos (%), classificação do café por peneira (%) foram avaliados na safra de 2013/2014. Efetuou-se a análise de correlação de Pearson entre as variáveis PGR, NR, NA e Produtividade. Foi realizada a análise de variância e detectando diferenças significativas, as médias foram agrupadas pelo teste de Skott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. Há possibilidade de avaliar as plantas de café baseando-se na caracterização sintomatológica do sistema radicular, para screening, em experimentos de grandes volumes de materiais genéticos. As progênies MG 0179-1-R1-1051 e MG 0176-2-R2-943 apresentaram boas características agronômicas, em área infestada por *M. paranaensis*.

Termos para indexação: Café, amphillo MR, nematoide das galhas, melhoramento genético.

AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF COFFEE PROGENIES GROWN IN AREA INFESTED BY *Meloidogyne paranaensis*

ABSTRACT: *The use of genetic materials Coffea sp. resistance to M. paranaensis with good agronomic performance can able to maintain coffee production activities in infested areas. The aim of this research was characterize the agronomic performance of coffee progenies and the reaction to M. paranaensis. The trial was carried out at Guaiçara farm located in the city of Piumhi-MG in February 2012. 21 progenies of* F_5 *generation derived from the crossing of Catuaí Vermelho X Amphilo MR and three commercial cultivars used as control (Catuaí IAC 62, Mundo Novo 379-19 and IPR 100) were evaluated in randomized complete block design with four replicates with the plot size of 3.0 x 0.5 m where each plot comprises 8 plants. The response of genotypes in relation to M. paranaensis was evaluated during the dry (July) and rainy season (November) of 2014. Productivity (bags* ha^{-1}*), yield, percentage of empty locules, sieve grading percentage (%) were evaluated in the cropping season of 2013/2014. Pearson correlation coefficient was estimated among the variables PGR, NR, NA and productivity. The analysis of variance and mean separation test of Skott-Knott at 5% probability was done to detect the significance difference among the genotypes. There is the possibility of using this parameter to screen the coffee seedlings when a large amount of genetic materials were evaluated. Progenies MG 0179-1-R1-1051 and MG0176-2-R2-943 presented good agronomic characteristics in areas infested with M. paranaensis.*

Index terms: *Coffee, amphillo MR, nematode galls, coffee breeding.*

1 INTRODUÇÃO

Nematoides do gênero *Meloidogyne* destacam-se como fator limitante para regiões produtoras de café (SALGADO; REZENDE; NUNES, 2014). Estima-se que a ocorrência destes microrganismos possa reduzir em até 15% da produção mundial e 20% da produção brasileira (ITO et al., 2008).

No Brasil, as principais espécies prejudiciais ao cafeeiro são *Meloidogyne exigua* Göldi1887, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood 1949 e *Meloidogyne paranaensis* Carneiro et al.1996 (CAMPOS; VILLAIN, 2005). O *M. paranaensis* se destaca das demais espécies pela sua agressividade e forte dano ao sistema radicular do cafeeiro, com elevado grau de depauperamento das plantas (CARNEIRO et al., 2008). As raízes parasitadas por *M. paranaensis* apresentam descascamento e rachaduras, com alguns pontos de engrossamento que se mostram lesões do tipo "cancro" e descorticação (CASTRO et al., 2008).

[1,4,5]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037- 37.2000-000 Lavras - MG pasqualotto.allan@gmail.com, nazareno.ufla@hotmail.com, ramiromr@globo.com
[2,3,6]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG – Unidade Regional Sul de Minas/URESM - Cx. P. 176 37200-000 - Lavras - MG - soniaepamig@gmail.com, cesar@epamig.ufla.br, simonemonasimone@gmail.com

A principal estratégia de manejo é a prevenção, ou seja, evitar a entrada e disseminação do nematóide na área, por meio de mudas infestadas, solo infestado aderido às máquinas e implementos, além da água, principalmente de enxurradas provenientes de talhões ou áreas já infestadas (SALGADO; REZENDE, 2010).

O manejo cultural, biológico e químico tem sido utilizado como estratégia para redução da população de nematoides (GOLÇALVES et al., 1996). Entretanto, todas essas estratégias apresentam baixa eficiência quando comparadas ao controle genético, que se tem mostrado mais eficiente e viável economicamente (ITO et al., 2008; TOMAZINI et al., 2005).

As fontes de resistência de maior interesse estão presentes em algumas espécies do gênero *Coffea,* como *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner (GONÇALVES et al., 1996; RIBEIRO et al., 2005)*, Coffea congensis* A. Froehner (SERA et al., 2005, 2007) *e Coffea dewevrei* De Wild. & T. Durand (KANAYAMA et al., 2009; SERA et al., 2005, 2006). O germoplasma Amphillo possui grande potencial para resistência à *M. paranaensis* quanto à seca, uma vez que apresenta um sistema radicular bem desenvolvido. Gonçalves et al. (1996) observaram resistência parcial da variedade Amphillo à raça 2 de *M. exigua*. Para *M. paranaensis,* estes genótipos apresentaram um bom comportamento vegetativo inicial em área infestada (SALGADO; REZENDE; NUNES, 2014).

Os estudos sobre o comportamento de genótipos de cafeeiro à *Meloidogyne spp*. em sua grande maioria têm sido conduzidos sob condições de casa de vegetação. Entretanto, poucos trabalhos foram realizados em condições de campo para seleção de materiais *Coffea* sp. (REZENDE et al., 2013). Os trabalhos de seleção realizados em campo, mesmo que demandem maior tempo, são necessários e de extrema importância para os programas de melhoramento genético, uma vez que os dados se tornam mais confiáveis sobre o desempenho de progênies de café (OLIVEIRA et al., 2011).

Diante do exposto objetivou-se, com o presente trabalho, caracterizar o desempenho agronômico de progênies de cafeeiro e a reação ao *M. paranaensis* e verificar a viabilidade de avaliação de cafeeiros por meio da caracterização sintomatológica do sistema radicular, para screening, em experimentos com grande número de materiais genéticos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Guaiçara em fevereiro de 2012, situada no Município de Piumhi, estado de Minas Gerais, Brasil, a uma altitude de 812 m, latitude 20° 25' 28,7" S e longitude 46° 1' 10,5" W. A temperatura média anual é 20,7°C, com precipitação média anual de 1426,3 mm. O solo foi caracterizado com textura argilosa e relevo plano. A área experimental selecionada apresenta infestação de *Meloidogyne paranaensis*, espécie identificada por meio da técnica de eletroforese (CARNEIRO; ALMEIDA, 2001), com população média de 250 juvenis de segundo estádio (J2) 100.cm^{-3} de solo.

Foram avaliadas 21 progênies em geração F_5 (Tabela 1), sendo 18 progênies resultantes do cruzamento entre cafeeiros do grupo Catuaí Vermelho X Amphillo MR, 2 progênies resultantes do cruzamento entre Amphillo MR X Híbrido Natural, 1 progênie resultante do cruzamento cafeeiros do grupo Catuaí Vermelho X Híbrido de Timor e três cultivares comerciais, sendo Catuaí IAC 62 e Mundo Novo IAC 379/19 utilizadas como testemunhas suscetíveis, e a cultivar IPR 100, utilizada como padrão de resistência.

As progênies utilizadas foram selecionadas no programa de melhoramento genético do cafeeiro conduzido em Minas Gerais, coordenado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). O experimento foi instalado em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 96 parcelas de oito plantas. O espaçamento utilizado foi de 3,0 x 0,5 m, correspondendo a uma área total de 1.152 m$^{2.}$ A implantação e a condução das plantas seguiram as recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro na região. O controle químico do nematoide na área não foi realizado, visando à identificação e seleção de progênies resistentes a este patógeno.

O aspecto da parte aérea das plantas foi caracterizado nos meses de Abril e Novembro de 2014, a partir da escala de notas proposta por Carneiro (1995). Os materiais que receberam nota 0, apresentavam plantas extremamente depauperadas ou mortas, e aqueles que receberam nota 5, apresentavam plantas com excelente vigor vegetativo. As raízes foram coletadas logo após a primeira colheita, no mês de julho (período seco) e no mês de novembro (período chuvoso). As amostras de aproximadamente 20 gramas de raízes foram retiradas na rizosfera das plantas submetidas à avaliação visual seguindo a escala de notas proposta por Carneiro (1995), na qual as raízes que receberam nota 0, exibiam ausência de sintomas, e aquelas que receberam nota 5 exibiam sintomas severos de infestação pelo patógeno.

TABELA 1 - Relação e genealogia das progênies em geração F_5 avaliadas no município de Piumhi- MG, em área naturalmente infestada por *Meloidogyne paranaensis.*

Nº	Progênies	Origem
1	MG 0185-2-R2-847	C. V. X Amphillo MR 2474
2	MG 0179-1-R1-776	C. V. X Amphillo MR 2161
3	MG 0185-2-R2-849	C. V. X Amphillo MR 2474
4	MG 0185-2-R2-138	C. V. X Amphillo MR 2474
5	MG 0179-3-R1-151	C. V. X Amphillo MR 2161
6	MG 0185-2-R2-1182	C. V. X Amphillo MR 2474
7	MG 0179-1-R1-91	C. V. X Amphillo MR 2161
8	MG 0185-2-R2-850	C. V. X Amphillo MR 2474
9	MG 0179-1-R1-90	C. V. X Amphillo MR 2161
10	MG 0185-2-R2-132	C. V. X Amphillo MR 2474
11	MG 0176-2-R2-1232	Amphillo MR X H. N. MR 36/349
12	MG 0185-2-R2-139	C. V. X Amphillo MR 2474
13	MG 0179-1-R1-1052	C. V. X Amphillo MR 2161
14	MG 0179-1-R1-89	C. V. X Amphillo MR 2161
15	MG 0179-1-R1-1004	C. V. X Amphillo MR 2161
16	MG 0185-2-R2-137	C. V. X Amphillo MR 2474
17	MG 0185-2-R2-1176	C. V. X Amphillo MR 2474
18	MG 0179-1-R1-775	C. V. X Amphillo MR 2161
19	MG 0179-1-R1-1051	C. V. X Amphillo MR 2161
20	MG 0294-1-R1-342	C.V. X H. T. UFV 408-01
21	MG 0176-2-R2-943	Amphillo MR X H. N. MR 36/349
22	Mundo Novo IAC 379/19*	-
23	Catuaí Amarelo IAC 62*	-
24	IPR 100*	-

*: Cultivares utilizadas como testemunhas. C.V.: Catuaí Vermelho; H. N: Híbrido Natural; H. T.: Híbrido de Timor.

Após a avaliação visual, as raízes foram submetidas à extração, empregando-se a técnica de Hussey e Barker (1973) e a população de *M. paranaensis* por grama de raízes foi quantificada em câmara de contagem, sob microscópio de objetiva invertida.

Ainda no mês de julho de 2014, para a confirmação da presença de *M. paranaensis*, foram coletadas amostras de solo na rizosfera dos cafeeiros dentro de cada parcela experimental, para instalação do bioteste, com plantas de tomateiro (bioindicadoras). Em casa de vegetação, as amostras de solo foram distribuídas em copos de 200 ml de capacidade, onde foram plantadas mudas de tomateiro cultivar Santa Clara, para o teste de indicador biológico da população de *M. paranaensis*. A avaliação do bioteste foi realizada por meio da quantificação da população de *M. paranaensis* nas raízes dos tomateiros aos 50 dias do plantio.

A produção dos cafeeiros foi medida pelo volume de frutos de café, imediatamente após a colheita. Posteriormente, foi realizada a conversão para sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare, por meio do rendimento de uma amostra de quatro litros de café, coletada por ocasião da colheita, conforme proposto por Moraes (2013).

A porcentagem de frutos chochos (%) foi avaliada utilizando-se a metodologia proposta por Antunes Filho e Carvalho (1954), em que 100 frutos maduros são colocados em água e se consideram chochos aqueles que permanecem na superfície.

Para classificação dos grãos, passou-se uma amostra de 300 gramas por um conjunto de peneiras intercaladas (16/64 a 19/64). A massa dos grãos retidos em cada peneira foi quantificada e transformada em porcentagem (BRASIL, 2003).

A partir dos dados da população por grama de raiz (PGR), notas do aspecto da parte aérea (NA) e raiz (NR) e produtividade de cada parcela, efetuou-se a análise de correlação de Pearson, com significância, a 1% de probabilidade, pelo teste t, utilizando-se o programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

Para a análise de variância da produtividade (sacas de café beneficiado.ha^{-1}) e das características agronômicas, adotou-se significância de 1 % de probabilidade para o teste F. Detectando-se diferenças significativas, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As análises foram feitas, utilizando-se o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2008).

Com relação às variáveis nematológicas (PGR, NA, NR e PGRB), utilizou-se a transformação de dados ($\sqrt{(X+1)}$). Posteriormente, as mesmas foram submetidas à análise de variância no esquema de parcelas subdividas no tempo (STEEL; TORRIE, 1980), sendo as parcelas representadas pelas progênies e, as subparcelas, pelas épocas de avaliação. As análises estatísticas foram realizadas, utilizando-se o programa computacional SISVAR, desenvolvido por Ferreira (2008). Foi verificada a significância, a 1% de probabilidade, pelo teste F e, detectando-se diferenças entre os tratamentos, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de correlação de Pearson, determinado para as características nematológicas e de produtividade, mostrou que a produtividade de café foi positivamente correlacionada com escala de notas do aspecto da parte aérea (r= 0,4), evidenciando que o aspecto vegetativo das plantas interferiu positivamente na produtividade do cafeeiro (Tabela 2). Os resultados encontrados corroboram com Teixeira et al. (2012) que, ao analisarem os efeitos diretos e indiretos de alguns caracteres morfológicos sobre a produtividade de cafeeiros, constataram que o vigor vegetativo é um bom critério para avaliação do potencial produtivo de cafeeiros. De acordo com Rezende et al. (2013), em experimentos agrícolas é de extrema importância verificar se existem relações entre duas ou mais variáveis.

Verifica-se correlação significativa e positiva entre as variáveis população por grama de raiz (PGR) e a caracterização (escala de notas) do sistema radicular (NR), frente à reação dos genótipos ao parasitismo de nematoides, nas duas épocas de avaliação (Tabela 2). Esse resultado valida aplicação da tabela de classificação proposta por Carneiro (1995) e indica a possibilidade de avaliar as plantas de café, baseando-se na caracterização sintomatológica do sistema radicular para screening, em experimentos de grande volume de materiais genéticos.

Estimativas de correlações positivas entre caracteres morfológicos e produtividade, em cafeeiro, têm sido encontradas em diversos trabalhos (CARVALHO et al., 2010; MARTINEZ et al., 2007). Foram detectadas diferenças significativas para todas as características (Tabelas 3 e 4), indicando desempenho distinto das progênies nas condições deste ensaio. O bioteste, realizado aos 30 meses após o plantio, dos cafeeiros na área infestada, indicou diferença estatística da população (ovos + juvenil do 2°estádio-J2) de *M. paranaensis,* por grama de raízes de tomateiros cultivados em solo retirados da rizosfera das progênies no campo (Tabela 3). Essa diferença da população do patógeno indica que os cafeeiros permitiram ou não a multiplicação destes em suas raízes,durante o desenvolvimento das plantas no campo, fato esse verificado no solo coletado da cultivar resistente (IPR 100),que apresentou ausência de nematoides nas raízes do tomateiro (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por Salgado, Rezende e Antunes (2014), os quais verificaram redução da população de *M. paranaensis,* no solo cultivado com IPR 100.

A população de nematoides por grama de raiz nos cafeeiros (PGR) apresentou interação significativa entre as progênies, os materiais genéticos e as épocas de avaliação (Tabela 3). O nível populacional de *M. paranaensis,* nas raízes dos cafeeiros da progênie MG 0294-1-R1342 e das testemunhas suscetíveis (Mundo Novo e Catuaí) foi maior no período seco (Julho). Esse resultado confirma a maior população desse nematoide nas raízes de tomateiro (PGRB), crescidas em solo retirado das parcelas dessa progênie e das testemunhas no campo, Tabela 3. Para a espécie *M. exigua,* Rezende et al. (2013) detectaram que os níveis populacionais nas raízes dos cafeeiros e o comportamento das progênies mantiveram-se constantes na estação chuvosa e seca.

TABELA 2 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis população de *Meloydogine paranaensis* por grama de raiz (PGR), notas do aspecto da parte aérea (NA) e raiz (NR) e produtividade (Prod.) em sacas.ha^{-1}, avaliadas em área naturalmente infestada por *M. paranaensis*, no município de Piumhi – MG.

	NA(1)	PGR(1)	NR(1)	NA(2)	PGR(2)	NR(2)
PGR(1)	-0,13					
NR(1)	-0,01	0,58**				
NA(2)	0,04	-0,11	0,02			
PGR(2)	-0,08	0,71**	0,54**	-0,2		
NR(2)	-0,08	0,55**	0,49**	-0,15	0,64**	
Prod.	0,40**	-0,10	-0,11	0,18	0,00	-0,13

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de t.

(1) Primeira época de avaliação (Julho de 2014);

(2) Segunda época de avaliação (Novembro de 2014);

Entretanto, Souza, Volpato e Viana (2008) encontraram um aumento populacional de *M. exigua* nas raízes na estação seca e uma redução na estação chuvosa, fato semelhante ocorrido com *M. paranaensis,* neste trabalho.

Ao analisar as progênies no primeiro mês de avaliação (julho), percebe-se que houve diferença entre os materiais estudados, onde vinte progênies apresentaram população semelhante estatisticamente à cultivar IPR 100. Vale ressaltar que dentre as progênies, somente a progênie MG 0294-1-R1-342 apresentou uma elevada população por grama de raiz (651,63 pop.g^{-1}).

Na segunda avaliação (novembro) da população de *M. paranaensis*, não foi detectada diferença significativa entre os materiais estudados (Tabela 4). Souza, Volpato e Viana (2008) também encontraram considerável redução na densidade de nematóides, durante o período chuvoso, sugerindo que o aumento da densidade de nematoides por unidade de raiz durante os meses secos está, possivelmente, relacionado com a redução do sistema radicular, quando comparado ao período chuvoso.

As produtividades apresentadas variaram de 22,53 sc. ha^{-1} (MG 0185-2-R2-139) a 71,02 sc. ha^{-1} (IPR 100), e, aproximadamente 40% ,das progênies apresentaram desempenho superior à média geral (Tabela 4). Assim como Salgado, Rezende e Antunes (2014), verifica-se, no presente trabalho, a elevada capacidade produtiva da cultivar IPR 100, na região de Piumhi - MG. O fato das progênies apresentarem produtividades médias satisfatórias, nas condições experimentais, indica possível resistência/tolerância a essa espécie de nematoide. Neste contexto, as progênies MG 0179-1-R1-775, MG 0179-1-R1-1051 e MG 0176-2-R2-943 apresentaram produtividade 32% superior às cultivares testemunhas suscetíveis Mundo Novo 379-19 e Catuaí Amarelo IAC 62.

Diferenças significativas não foram detectadas entre as épocas de avaliação das notas do aspecto do sistema radicular e de parte aérea. No que se refere às notas de caracterização da parte aérea das plantas (Tabela 4) frente à ação dos nematoides e à produtividade, 14 progênies apresentaram notas semelhantes à cultivar IPR 100, e superiores à cultivar Mundo Novo 379/19, que segundo Botelho et al. (2010b), apresenta médio a alto vigor vegetativo. Para as notas de caracterização do sistema radicular, 16 progênies apresentaram poucas raízes finas parasitadas ou ausência de sintomas de *M. paranaensis.* Segundo a escala de notas proposta por Carneiro (1995), esses materiais são considerados como resistentes, pois aliaram uma baixa população de *M. paranaensis*, por grama de raiz, com bom aspecto vegetativo e boa produtividade.

Para a característica rendimento, verificou-se a formação de dois grupos (Tabela 5). No grupo com os melhores rendimentos foi detectada variação de 463,99 a 566,95 litros de café da roça, para cada saca de 60 kg de café beneficiado. Neste grupo, quinze progênies e as três testemunhas estudadas apresentaram rendimentos semelhantes estatisticamente, o que demonstra o potencial dessas progênies para essa característica. Segundo Carvalho et al. (2013) e Paiva et al. (2010), esse fator deve ser levado em consideração como um adicional na seleção de cafeeiros, uma vez que essa característica é influenciada por fatores ambientais.

TABELA 3 - População (ovos+juvenis do segundo estádio- J2) de *Meloidogyne paranaensis*, por grama de raiz de tomateiro bioindicador (PGRB) e de cafeeiro (PGR), com respectivo desdobramento da interação das progênies, em cada época. Piumhi-MG.

Progênies	PGRB**	PGR / Mês	
		Julho	Novembro
MG 0185-2-R2-847	266,66 b	165,44 aA	17,01 aA
MG 0179-1-R1-776	0,92 a	25,38 aA	13,80 aA
MG 0185-2-R2-849	1,12 a	2,14 aA	14,77 aA
MG 0185-2-R2-138	15,12 a	106,70 aA	8,13 aA
MG 0179-3-R1-151	2,37 a	152,85 aA	11,07 aA
MG 0185-2-R2-1182	1,93 a	6,83 aA	1,33 aA
MG 0179-1-R1-91	91,23 a	222,46 aA	15,51 aA
MG 0185-2-R2-850	4,18 a	181,07 aA	4,45 aA
MG 0179-1-R1-90	0,23 a	20,65 aA	5,45 aA
MG 0185-2-R2-132	131,55 b	129,17 aA	8,13 aA
MG 0176-2-R2-1232	71,18 a	197,31 aA	32,48 aA
MG 0185-2-R2-139	35,92 a	56,87 aA	6,42 aA
MG 0179-1-R1-1052	62,80 a	363,67 aA	26,98 aA
MG 0179-1-R1-89	2,46 a	2,13 aA	2,03 aA
MG 0179-1-R1-1004	17,51 a	193,78 aA	22,09 aA
MG 0185-2-R2-137	187,92 b	116,80 aA	31,31 aA
MG 0185-2-R2-1176	278,94 b	343,45 aA	54,99 aA
MG 0179-1-R1-775	2,25 a	100,62 aA	4,00 aA
MG 0179-1-R1-1051	2,37 a	4,74 aA	13,24 aA
MG 0294-1-R1-342	304,89 b	651,63 bB	53,33 aA
MG 0176-2-R2-943	5,09 a	78,30 aA	28,84 aA
Mundo Novo IAC 379/19*	169,71 b	1093, 99 cB	90,93 aA
Catuaí Amarelo IAC 62*	155,90 b	1411,06 cB	79,67 aA
IPR 100*	0,00 a	55,80 aA	4,85 aA

**:Bioteste; *: Cultivares utilizadas como testemunhas. Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

TABELA 4 - Produtividade média (Prod.) em sacas.ha^{-1}, valores médios de notas da caracterização da parte aérea (NA) e de raízes (NR) de genótipos/progênies de cafeeiro, em área infestada por *Meloidogyne paranaensis.* Piumhi-MG.

Progênies	Prod.	NA	NR
MG 0185-2-R2-847	34,95 c	2,53 b	1,62 a
MG 0179-1-R1-776	37,25 c	2,08 b	1,25 a
MG 0185-2-R2-849	38,33 c	2,91 a	1,37 a
MG 0185-2-R2-138	35,16 c	3,11 a	1,37 a
MG 0179-3-R1-151	41,15 c	3,16 a	2,00 b
MG 0185-2-R2-1182	38,84 c	2,73 a	1,00 a
MG 0179-1-R1-91	42,71 c	2,44 b	1,50 a
MG 0185-2-R2-850	37,25 c	2,64 a	2,12 b
MG 0179-1-R1-90	33,18 d	3,08 a	0,62 a
MG 0185-2-R2-132	40,57 c	2,81 a	1,25 a
MG 0176-2-R2-1232	42,97 c	2,11 b	1,37 a
MG 0185-2-R2-139	22,53 d	2,02 b	0,75 a
MG 0179-1-R1-1052	32,85 d	2,08 b	2,50 b
MG 0179-1-R1-89	28,87 d	1,48 b	0,87 a
MG 0179-1-R1-1004	28,37 d	2,60 a	1,37 a
MG 0185-2-R2-137	31,38 d	2,79 a	2,50 b
MG 0185-2-R2-1176	26,00 d	3,36 a	2,12 b
MG 0179-1-R1-775	50,40 b	2,88 a	0,75 a
MG 0179-1-R1-1051	54,99 b	2,56 a	1,00 a
MG 0294-1-R1-342	32,42 d	2,42 b	1,75 a
MG 0176-2-R2-943	48,48 b	3,06 a	1,62 a
Mundo Novo IAC 379/19*	40,87 c	2,27 b	3,12 c
Catuaí Amarelo IAC 62*	37,01 c	2,57 a	4,12 c
IPR 100*	72,01 a	3,77 a	0,62 a
Média	38,68	2,65	1,60
CV(%)	28,6	13,96	18,81

*: Cultivares utilizadas como testemunhas. Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para porcentagem de frutos chochos nota-se ampla variabilidade fenotípica das progênies, com formação de quatro grupos distintos (Tabela 5). As progênies MG 0176-2-R2-943 e MG 0185-2-R2-1176 apresentaram maior porcentagem de frutos granados, com porcentagem de 95,5 e 97%, respectivamente. Estes valores estão dentro da faixa ideal para essa característica, pois de acordo com Carvalho et al. (2006) em programas de melhoramento genético do cafeeiro, admitem-se como satisfatórios os valores superiores a 90%. Durante o ano agrícola (2013/2014), houve uma redução de, aproximadamente, 500 mm na precipitação, em relação à média histórica (1426 mm), o que provavelmente influenciou de maneira negativa o desempenho das demais progênies para essa característica. Nesse contexto, pode-se ressaltar a capacidade das progênies MG 0176-2-R2-943 e MG 0185-2-R2-1176 em suportar o déficit hídrico.

A classificação por peneiras é indicada por ser uma característica relacionada aos padrões de qualidade do produto (BOTELHO et al., 2010a). Com relação aos grãos retidos na peneira 16 e

TABELA 5 - Rendimento (Rend.), (litros de café da roça por saca de 60 Kg de café beneficiado por hectare), porcentagem de frutos chochos (Chocho) e porcentagem de grãos com peneira 16 e acima (Peneira), avaliadas na safra 2013/2014, no município de Piumhi-MG.

Progênies	Rend.	Chocho	Peneira
MG 0185-2-R2-847	592,45 b	12,75 b	51,00 b
MG 0179-1-R1-776	552,86 a	24,00 d	66,50 a
MG 0185-2-R2-849	547,71 a	10,25 b	61,00 a
MG 0185-2-R2-138	547,58 a	16,75 c	48,50 b
MG 0179-3-R1-151	691,78 b	22,75 d	60,00 a
MG 0185-2-R2-1182	545,65 a	25,25 d	49,00 b
MG 0179-1-R1-91	509,56 a	21,00 d	62,50 a
MG 0185-2-R2-850	527,47 a	14,00 b	49,50 b
MG 0179-1-R1-90	526,37 a	17,50 c	64,00 a
MG 0185-2-R2-132	593,93 b	10,00 b	48,00 b
MG 0176-2-R2-1232	566,95 a	17,50 c	61,50 a
MG 0185-2-R2-139	603,20 b	11,25 b	47,00 b
MG 0179-1-R1-1052	474,48 a	11,50 b	48,25 b
MG 0179-1-R1-89	534,85 a	11,50 b	60,50 a
MG 0179-1-R1-1004	547,18 a	14,75 c	51,50 b
MG 0185-2-R2-137	591,67 b	17,25 c	51,00 b
MG 0185-2-R2-1176	543,63 a	3,00 a	61,00 a
MG 0179-1-R1-775	573,03 a	20,50 d	53,00 b
MG 0179-1-R1-1051	551,11 a	15,50 c	53,50 b
MG 0294-1-R1342	606,34 b	15,75 c	52,50 b
MG 0176-2-R2-943	535,62 a	4,50 a	57,00 b
Mundo Novo IAC 379/19*	484,01 a	8,00 b	67,50 a
Catuaí Amarelo IAC 62*	559,26 a	22,25 d	61,00 a
IPR 100*	463,99 a	9,00 b	59,50 a
Média	552,94	14,85	56,03
CV(%)	10,62	25,32	15,77

*: Cultivares utilizadas como testemunhas. Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

acima, observa-se a formação de dois grupos. No grupo superior, estão inseridos oito progênies e as três testemunhas estudadas (Tabela 5), com uma amplitude de variação de 57,00% a 67,50%. Os valores encontrados são normais e semelhantes aos encontrados por Carvalho et al. (2012) e Rezende et al. (2014), que observaram porcentagem de grãos peneira 16 e acima,variando de 51,0% a 68,7%.

4 CONCLUSÕES

As progênies MG 0179-1-R1-1051 e MG 0176-2-R2-943 apresentaram boas características agronômicas em área infestada por *M. paranaensis*.

As progênies MG 0179-1-R1-1051 e MG 0176-2-R2-943 apresentam potencial para resistência ao *M. paranaensis*.

5 REFERÊNCIAS

ANTUNES FILHO, H.; CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro: ocorrência de lojas vazias em frutos de café "Mundo Novo". **Bragantia**, Campinas, v. 13, p. 165-179, 1954.

BOTELHO, C. E. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de café arábica em Minas Gerais. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12, p. 1404-1411, dez. 2010a.

_____. Seleção de progênies F4 de cafeeiros obtidas pelo cruzamento de Icatu com Catimor. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 3, p. 274-281, 2010b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8**, de 11 de junho de 2003. Aprova o regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. Brasília, 2003. Disponível em: <http://www.abic.com.br/publique/media/ NMQ_LEGISLAcaO_IN8.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2014.

CAMPOS, V. P.; VILLAIN, L. Nematode parasites of coffee and cocoa. In: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (Ed.). **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. Wallingford: CAB International, 2005. p. 529-579.

CARNEIRO, R. G. Reação de progênies de café 'Icatu' a *Meloidogyne incognita* raça 2, em condições de campo. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 53-59, 1995.

CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para identificação de espécies. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 35-44, 2001.

CARNEIRO, R. M. D. G. et al. Pathogenicity of *Meloidogyne spp.* (Tylenchida: Meloidogynidae) from Brazil and Central America on two genotypes of *Coffea arabica.* **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 309-312, July/Aug. 2008.

CARVALHO, A. M. de et al. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, p. 269-275, 2010.

_____. Desempenho agronômico de cultivares de café resistentes à ferrugem no Estado de Minas Gerais, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p. 481-487, 2012.

CARVALHO, G. R. et al. Comportamento de progênies F4 de cafeeiros arábica, antes e após a poda tipo esqueletamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, p. 33-42, jan./mar. 2013.

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

CASTRO, J. M. C. et al. Levantamento de fitonematóides em cafezais do sul de Minas Gerais. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, p. 56-64, 2008.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

GOLÇALVES, W. et al. Reações de cafeeiros às raças 1,2 e 3 de *Meloidogyne incognita*. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 22, n. 2, p. 172-177, 1996.

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 57, p. 1025-1028, 1973.

ITO, D. S. et al. Progênies de café com resistência aos nematóides *Meloidogyne paranaensis* e raça 2 de *Meloidogyne incognita*. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, p. 156-163, 2008.

KANAYAMA, F. S. et al. Progênies de *Coffea arabica* cv. IPR 100 com resistência ao nematoide *Meloidogyne incognita* raça 1. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1321-1326, 2009.

MARTINEZ, H. E. P. et al. Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, p. 481-489, 2007.

MORAES, B. F. X. **Tamanho de parcela e de amostra na avaliação da produtividade de grãos de café arábica**. 2013. 98 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

OLIVEIRA, A. C. B. et al. Prediction of genetic gains from selection in Arabica coffee progenies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 11, n. 2, p. 106-113, June 2011.

PAIVA, R. N. et al. Comportamento agronômico de progenies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Varginha, MG. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 49-58, 2010.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2011. Disponível em: <http://www.R-project>. Acesso em: 6 jan. 2015.

REZENDE, R. M. et al. Agronomic traits of coffee tree progenies from Timor Hybrid x Catuaí crossing. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 5, p. 775-780, 2014.

_____. Resistência de progênies de *Coffea arabica* em área infestada por *Meloidogyne exigua*. **Nematropica**, Piracicaba, v. 43, p. 233-240, 2013.

RIBEIRO, R. C. F. et al. Resistência de progênies de híbridos interespecíficos de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* a *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 11-16, 2005.

SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C. **Café Arábica do plantio a colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010. v. 1, 794 p.

SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C.; NUNES, J. A. R. Selection of coffee progenies for resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis* in infested area. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 14, p. 94-101, 2014.

SERA, G. H. et al. Porta-enxertos de café robusta resistentes aos nematóides *Meloidogyne paranaensis*e *M. incognita* raças 1 e 2. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, p. 171-184, 2006.

_____. Progênies de *Coffea Arabica* cv IPR-100 resistentes ao nematóide *Meloidogyne paranaensis.* **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 43-49, 2007.

SERA, T. et al. Seleção de cafeeiros resistentes ao nematóide *Meloidogyne paranaenses* e *M. incognita* raças 2 e 1 em populações de " Icatu " (*Coffea arabica*). **SBPN Scientific Journal**, São Paulo, 2005. 1 CD-ROM.

SOUZA, R. M.; VOLPATO, A. R.; VIANA, A. P. Epidemiology of *Meloidogyne exigua* in an upland coffee plantation in Brazil. **Nematologia Mediterranea**, Bari, v. 36, n. 1, p. 13-17, 2008.

STEEL, R. G.; TORRIE, J. K. **Principles and procedures of statistics:** a biometrical approach. 2nd ed. Tokyo: McGraw-Hill, 1980. 633 p.

TEIXEIRA, A. L. et al. Seleção precoce para produção de grãos em café arábica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 8, p. 1110-1117, ago. 2012.

TOMAZINI, M. D. et al. Resistência de genótipos de cafeeiros a *Pratylenchus coffeae* e *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 193-198, 2005.

ANÁLISE ECONÔMICA DA COLHEITA MECANIZADA DO CAFÉ UTILIZANDO REPETIDAS OPERAÇÕES DA COLHEDORA

Felipe Santinato[1], Renato Adriane Alves Ruas[2], Rouverson Pereira da Silva[3], Alino Pereira Duarte[4], Roberto Santinato[5]

(Recebido: 27 de janeiro 2015; aceito: 12 de fevereiro de 2015)

RESUMO: Apesar da colheita mecanizada do café ser mais econômica que a colheita manual, em geral, ela não é capaz de substituir totalmente a mão de obra. Uma das maneiras de se reduzir o custo de produção da cafeicultura é encontrar meios de viabilizar a mecanização total da colheita, sendo a utilização de repetidas operações da colhedora uma forma de se obter eficiência de colheita suficiente para que se dispense a necessidade de repasse manual. Portanto, objetivou-se, com este trabalho, realizar uma análise econômica da colheita mecanizada do café utilizando repetidas operações da colhedora, sendo ela própria ou alugada, na região do Cerrado Mineiro. Analisou-se o custo das colheitas mecanizadas com uma a seis operações da colhedora e a colheita manual, utilizando colhedora própria e alugada, em lavoura de carga alta e intermediária, na região do Cerrado Mineiro. Utilizou-se delineamento de blocos ao acaso e quatro repetições. Verificou-se que, em lavoura de carga elevada (121,54 sacas de café ben. ha^{-1}) , a utilização de três operações da colhedora, sendo ela própria ou alugada é a opção de colheita mais indicada (R$ 3.975,36 e 4.775,03 ha^{-1}, respectivamente). Em lavoura de carga intermediária (50,78 sacas de café ben. ha^{-1}), recomenda-se a utilização de três operações da colhedora, quando ela é própria e de duas passadas, quando ela é alugada (R$ 2.543,97 e 2.783,60 ha^{-1}, respectivamente).

Termos para indexação: Cafeicultura, custo operacional, mecanização.

ECONOMIC ANALYSIS OF HARVESTING COFFEE USING REPEAT OPERATIONS

ABSTRACT: *Despite the mechanized harvest of coffee is more economical than manual harvesting in general, it is not able to fully replace the workforce, especially in high crop load. One of the ways to reduce the cost of production of coffee is to find ways of enabling the full mechanization of the harvest. Therefore, the aim with this study was to perform economic analysis of mechanized harvest of coffee using repeated operation of the harvester own or ment, in the Cerrado Mineiro region. We analyzed the cost of mechanized harvesting with a combine six operations and manual harvesting, using own and rented harvester farming in high-load and intermediate in the Cerrado Mineiro, Minas Gerais, Brazil. We used a randomized block design with four replications. It was found that in high load crops (121,54 bags of coffee benefited* ha^{-1}*), the use of three operations eithen harvester, own or ment or is the most suitable choice of harvest (R$ 3.975,36 and 4.775,03* ha^{-1}*, respectively). In farming intermediate load (50,78 bags of coffee benefited* ha^{-1}*), the use of three operations of the combine when it is proper and two pass when it is rented is recommended (R$ 2.543,97 and 2.783,60* ha^{-1}*, respectively).*

Index terms: *Coffee crop, operating cost, mechanization.*

1 INTRODUÇÃO

Apesar dos avanços nos processos mecanizados na cultura do café, ainda verifica-se considerável dependência da mão de obra, sobretudo durante a colheita. Isso ocorre pelo fato da colheita mecanizada, de modo geral, não ser capaz de derriçar toda a carga presente nas plantas, acarretando necessidade de repasse manual. Além disso, o café caído após a operação da colhedora comumente é recolhido de forma manual, sendo esta operação denominada varrição manual. A dependência de mão de obra, que de modo geral, é escassa e onerosa, avilta o custo de produção final da cafeicultura, comprometendo os lucros da atividade (LANNA; REIS, 2012).

Uma das maneiras de se reduzir esse custo é encontrar meios de viabilizar a mecanização total da colheita. Dentre outras vantagens, isso elevaria o rendimento da operação, pois, uma colhedora de café colhe em média, 60 sacas de café ben. h^{-1}, dependendo de quantas horas trabalha por dia, é capaz de substituir um contingente de até 100 trabalhadores (ORTEGA; JESUS; MOURO, 2009). Com isso, a colheita seria finalizada mais cedo e atenderia à demanda de colheita de cada talhão no tempo adequado, possibilitando o gerenciamento objetivo da operação (SILVA et al., 2013).

A substituição do repasse manual pode ser realizada com a utilização da repetição de operações da colhedora. Para tanto, irá depender

[1,2,4]Universidade Federal de Viçosa/UFV - Campus Rio Paranaíba - Rodovia MG 230 - Km 7 - Cx. P. 22 - 38.810.000 Rio Paranaíba - MG - fpsantinato@hotmail.com, renatoruas@ufv.br, alino.duarte@gmail.com
[3]Univ. Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho /UNESP - Campus de Jaboticabal - Departamento de Máquinas e Mecanização Agrícola - Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane - s/n - 14884-900 - Jaboticabal - SP - rouverson@gmail.com
[5]Santinato & Santinato Cafés Ltda - Rua Violeta 133 - apt.4 - Bairro Universitário - 38.810.000 - Rio Paranaíba - MG rsantinatocafeicultura@hotmail.com

da carga de café nas plantas (SANTINATO et al., 2014), do estádio de maturação dos frutos (SILVA et al., 2010), e da disponibilidade de maquinário na propriedade. A disponibilidade de maquinário pode limitar a utilização da repetição de operações da colhedora, no entanto, a possibilidade de utilização de colhedoras terceirizadas pode suprir essa limitação (ORTEGA; JESUS; MOURO, 2009).

Outro ponto positivo da utilização de repetidas operações é a possibilidade de iniciar a colheita antes do período padrão, o que corresponde ao momento em que a planta apresenta até 15% de frutos verdes (MATIELLO et al., 2010). Dessa forma, evitará parte das perdas naturais que se darão pelo café que passa para o estádio seco rapidamente, principalmente, aqueles localizados no terço superior das plantas e os presentes em ramos desfolhados que apresentam exposição direta ao sol, que se desprendem dos ramos com maior facilidade (MATIELLO et al., 2010; SILVA et al., 2010). Colher o café com repetidas operações da colhedora também possibilita que, em cada operação,se façam ajustes na colhedora, quanto à sua regulagem (velocidade operacional e vibração das hastes) e ao número e posicionamento de varetas. Essa operação denomina-se colheita seletiva e possibilita maior obtenção de frutos no estádio cereja, agregando valor à produção (SILVA et al., 2013).

A mecanização da colheita é alternativa que reduz o custo do processo produtivo, sendo entorno de 50% mais econômica que a colheita manual (OLIVEIRA et al., 2007; SILVA et al., 2003). As reduções nos custos do sistema de colheita mecanizado, frente ao manual, podem ser de 41 a 50% para lavouras com produtividade de, aproximadamente, 30 a 35 sacas de café beneficiado ha^{-1}, utilizando duas operações da colhedora (SILVA et al., 2000, 2004). Realizar a colheita com repetidas operações da colhedora, pode substituir o repasse manual, dispensando-o, e, consequentemente, reduzir o custo da operação. A redução de custo pode ser ainda maior em lavouras de carga alta, que por apresentarem maior quantidade de frutos nas plantas, demandam maior contingente de mão de obra para a realização do repasse manual.

Portanto, objetivou-se, com este trabalho, realizar análise econômica da colheita mecanizada do café utilizando repetidas operações da colhedora, sendo ela própria ou alugada, na região do Cerrado Mineiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nas Fazendas São João Grande e Dona Neném, no município de Patos de Minas, MG, localizadas nas coordenadas geodésicas 18º33’18” latitude Sul e 46º20’01” longitude Oeste, na região do Cerrado mineiro, com altitude média de 1.100 m e clima Cwa, de acordo com a classificação de Köeppen (1948).

A lavoura da Fazenda São João Grande possui plantio comercial de cafeeiros irrigados sob pivô central, com linhas de, aproximadamente, 250 m de comprimento. A área possui aproximadamente 54,0 há,com declividade média de 3,8%. A cultivar transplantada na área foi a Catuaí Vermelho IAC 144, no ano de 2003 no espaçamento de 4,0 metros entrelinhas e 0,5 m entre plantas, com densidade populacional de 5.000 plantas ha^{-1}.

Na Fazenda Dona Neném, a lavoura de café é irrigada por gotejamento e cultivada em renque mecanizado, com linhas de 200 m de comprimento. Possui, aproximadamente, 30,0 ha e o talhão apresenta em média 2% de declividade onde foram transplantados em 2007, com espaçamento de 4,0 m entrelinhas e 0,5 m entre plantas com densidade populacional de 5.000 plantas ha^{-1}, da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144.

As colheitas foram realizadas entre os dias 12/6/2013 e 12/8/2013. Compararam-se duas situações: lavoura com carga intermediária (Fazenda São João Grande) e lavoura com carga alta (Fazenda Dona Neném), com aproximadamente 50,0 e 120,0 sacas de café ben. ha^{-1}, respectivamente. Vale ressaltar que a nível de Brasil, para o cafeeiro *Coffea arabica* L., ambas produtividades são consideradas elevadas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014; FERNANDES et al., 2012).

A colheita mecanizada nas duas fazendas foi realizada, utilizando-se colhedora tracionada da marca Jacto, modelo KTR, fabricada em 2003, tendo, aproximadamente, 5.800 horas trabalhadas. Em todas as operações, utilizou-se vibração das hastes de 850 rpm e velocidade operacional de 1,05 km h^{-1}. O conjunto demandou 2,5 h ha^{-1}, acrescido em 20%, referente ao tempo gasto com manobras nos carreadores e interrupções (SILVA et al., 2003), totalizando 3,0 h ha^{-1}. A colhedora foi tracionada por trator, 4 x 2 TDA, com potência nominal de 64,9 cv a 2.160 rpm, cujo acionamento se dá por meio da TDP, a 540 rpm, operando sempre no mesmo sentido de deslocamento. O café colhido foi transferido para uma carreta modelo Cargo 5.000, dotada de dois eixos, com capacidade de armazenamento de 5,18 m^3, tracionada por um trator idêntico ao que tracionou a colhedora.

O trabalho consistiu de sete tratamentos, cada um deles correspondente a um número de operações da colhedora, ou seja: T1 = uma operação, T2 = duas operações, T3 = três operações, T4 = quatro operações, T5 = cinco operações, T6 = seis operações, além de um tratamento colhido manualmente. Os tratamentos foram delineados em blocos casualizados e cada um deles foi realizado em um período, distante em doze dias entre eles. Realizaram-se quatro repetições, totalizando 28 parcelas, em cada uma das fazendas.

Para cada tratamento, foram avaliadas dez plantas em cada parcela em duas linhas dos cafeeiros, uma ao lado da outra. Em uma das linhas, foi realizada a avaliação de produtividade manualmente (cinco plantas). Na outra linha, deslocou-se a colhedora de café de acordo com o número de vezes correspondentes ao tratamento para proceder às demais avaliações (cinco plantas).

A determinação da produtividade, também denominada de carga inicial, foi estimada pela derriça manual de toda a carga pendente das cinco plantas em cada parcela, previamente à passagem da colhedora. Para isso, colocaram-se panos de "derriça" de, aproximadamente, 3,0 m x 2,0 m,sob a copa das plantas dos dois lados da linha dos cafeeiros, de forma que um sobrepusesse o outro. Após isso, os frutos foram derriçados das plantas. O volume de café colhido foi quantificado individualmente através de recipiente graduado, para o cálculo da produtividade média (L planta^{-1}) e, em seguida, o volume foi convertido para sacas de café ben. ha^{-1} om base na taxa de conversão entre café da "roça" e café beneficiado. Para tanto, coletou-se uma amostra de 2,0 L de café de cada parcela para proceder a pesagem. Em seguida colocou-se a amostra para seca no terreiro até obter 11% de umidade, para posterior beneficiamento e pesagem. A relação entre a massa do café da roça e a massa do café beneficiado é a taxa de conversão requerida.

Nas outras cinco plantas foram colocados panos de derriça sob a copa. Em seguida, operou-se a colhedora e após sua passagem, o café que caíra nos panos foi coletado e teve seu volume determinado. Este café foi denominado Café caído. Após a limpeza dos panos, eles foram novamente posicionados sob as plantas e os frutos que ainda estavam nos ramos foram derriçados e também medidos, conforme descrito anteriormente. Este café foi denominado Café remanescente. De posse dos dados, determinou-se a quantidade de café colhido (Equação 01).

$$CC = C_{Ini} - C_{Cai} - C_{Rem} \qquad \text{Equação 01}$$

Em que;

CC = café colhido (Sacas de café ben. ha-1)
Cini = quantidade de café inicial (Sacas de café ben. ha-1)
CCaído = quantidade de café caído (Sacas de café ben. ha-1)
CRem = quantidade de café remanescente (Sacas de café ben. ha-1)

O custo operacional total da colheita mecanizada foi analisado separadamente para cada máquina envolvida no processo de colheita, ou seja: colhedora tracionada, carreta e dos dois tratores. Os valores foram expressos em reais, por hora efetiva de trabalho (R$ h-1). O custo horário foi obtido pela soma dos custos fixos e variáveis, detalhados a seguir. Os custos fixos foram:

Custo de depreciação (Dp)

O custo de depreciação foi calculado, utilizando-se o método da depreciação linear (Equação 02).

$$Dp = \frac{Vi - Vr}{Vu} \qquad \text{Equação 02}$$

Em que,

Dp = depreciação linear da máquina (R$ h-1)
Vi = valor inicial da máquina (R$)
Vr = valor residual (R$)
Vu = vida útil (h)

Utilizou-se para a colhedora o valor de aquisição de R$ 400.000,00, e valor residual, após 10.000 h de uso igual a R$ 150.000,00, ambos com base nos valores médios das revendas da região. Para os dois tratores, utilizou-se R$ 90.000,00 cada um, e para a carreta, R$ 12.000,00. Ambos com valor residual de 10% do valor inicial (MIALHE, 1974).

Custo dos juros sobre o capital empatado (J).

O custo dos juros sobre o capital empatado corresponde ao custo de oportunidade e representa o valor que o produtor deixa de ganhar por investir na cafeicultura, ao invés de investir em outra fonte de renda. Foi calculado com base na taxa de juros de 5% fornecida pelas fazendas (Equação 03).

$$J = \frac{\left(\frac{Vi + Vr}{2}\right)}{T} xi \qquad \text{Equação 03}$$

Em que,

J = custo com juros (R^{-1})
Vi = valor inicial da máquina (R$)
Vr = valor residual (R$)
T = vida útil (h)
i = taxa de juros (%)

Custo de taxa de seguros e abrigo (SA)

Neste trabalho, utilizou-se taxa de seguros e abrigo de 3% empregada pelo Banco Rural e pelas principais seguradoras do estado de Minas Gerais (Equação 04).

$$SA = \frac{Vi}{T} xTsa \qquad \text{Equação 04}$$

Em que,
SA = custo do seguro e abrigo (R^{-1})
Vi = valor inicial (R$)
T = tempo de vida útil (h)
Tsa = taxa sobre abrigo (%)

Os custos variáveis foram:

Custo com combustível (CC)

O custo com combustível, em geral, é mais empregado no cômputo de custos operacionais. Foi calculado de acordo com a tomada de potência do trator (AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERIG - ASAE, 1998) (Equação 05).

$$CC = 0{,}151 xPtdpxVc \qquad \text{Equação 05}$$

Em que;

Cc = custo de combustível (R$ h^{-1})

$Ptdp$ = potência máxima disponível na tomada de potência (cv)

Vc = valor do combustível (R$ L^{-1})

O valor de combustível Diesel, utilizado foi o praticado nos postos de combustível da região, à época de realização do trabalho, ou seja R$ 2,55 L^{-1}.

Custo de lubrificantes e graxas (CLG)

O custo referente ao consumo de óleo lubrificante foi determinado de acordo com a ASAE (1998) (Equação 06).

$$Ci = (4{,}3x10^{-4})(P + 0{,}02169) \qquad \text{Equação 06}$$

Em que,
Ci = custo com lubrificantes (R$ h1)
P = Potência no nominal do motor, (cv)

O custo da graxa foi estimado considerando-se consumo de 0,5 kg de graxa a cada dez horas de trabalho para cada máquina, ou seja 0,05 kg de graxa h-1, no valor de R$ 12,50 kg-1.

Custo do óleo hidráulico (COH)

O custo com o óleo hidráulico foi determinado de acordo com o consumo e valor do filtro (Equação 07).

$$COH = Vx\frac{CT}{Tto} + \frac{Cf}{Ttf} \qquad \text{Equação 07}$$

Em que,
COH = custo com óleo hidráulico (R$ h^{-1})
V = valor do óleo hidráulico (R$ L^{-1})
CT = capacidade do depósito (L)
Tto = tempo de troca do óleo (h)
Cf = valor do filtro (R$)
Ttf = Tempo de troca do filtro (h)

Segundo pesquisa de mercado os valores do óleo hidráulico, filtro da colhedora e filtro do trator são de R$ 9,00 L^{-1}, R$ 150,00 e R$ 70,00, respectivamente. As capacidades de depósito da colhedora e do trator são, respectivamente, de 250,0 L e 40,0 L. O tempo necessário para efetuar as trocas de óleo e de filtro de ambas as máquinas é de 1.200 h.

Custo com manutenção (CM)

O custo de manutenção inclui manutenção preventiva e corretiva, além da mão de obra necessária para realizá-la (ASAE, 1998) (Equação 08).

$$CM = \frac{TM}{T} xVi \qquad \text{Equação 08}$$

Em que,
CM = custo de manutenção (R$ h^{-1})
TM = taxa de manutenção (%)
T = tempo de vida útil (h)
Vi = valor inicial (R$)

A taxa de manutenção varia de 10 a 30% para implementos e de 70 a 100% para máquinas (MIALHE, 1974).

Custo de pessoal operacional (COM)

Para a determinação dos custos de pessoal operacional, analisaram-se gastos com salários diretos mais os custos de benefícios e encargos sociais. O salário do operador foi de R$ 1.427,76 somado a 53,93% de encargos e demais gastos (DIEESE, 2014), totalizando R$ 2.197,75.

Foram considerados 25 dias trabalhados e 8,0 h de trabalho para cada dia. Portanto, o custo por hora trabalhada foi de R$ 10,98 h^{-1}.

Além do custo horário, calcularam-se os custos de varrição e repasses manuais de cada tratamento colhido mecanicamente. O custo da varrição foi obtido multiplicando-se o número de medidas correspondentes ao café caído, pelo valor pago nessa operação (R$ 10,00 $medida^{-1}$ mais 53,93% de encargos). O custo do repasse manual foi obtido multiplicando-se o número de medidas correspondentes ao café remanescente, pelo valor de R$ 7,00 mais 53,93% de encargos. Dessa forma, obteve-se o custo total da colheita mecanizada para a opção de aquisição de todo o maquinário.

Calculou-se também o custo da colheita mecanizada, quando se opta pelo aluguel da colhedora e aquisição dos tratores e da carreta. Para tanto, substituiu-se o valor do custo hora, pelo valor de R$ 170,00 $hora^{-1}$ (preço de aluguel tomado junto à empresas terceirizadas), somando ao valor referente o combustível gasto na operação e os custos fixos e variáveis dos tratores e da carreta.

Em comparação com o custo da colheita mecanizada, calculou-se o custo da colheita manual, sendo o produto a multiplicação da quantidade de café inicial, pelo preço pago por medida de café, mais impostos. Utilizou-se o valor de R$ 6,00 e de R$ 7,00, por medida nas lavouras de carga alta e intermediária, respectivamente (preço pago na região). Adotou-se esse critério, pois o preço pago nessa operação é variável conforme a produtividade da lavoura.

As análises dos dados obtidos foram realizadas separadamente nas duas fazendas, procedendo-se, inicialmente, à análise de variância. Em cada tratamento colhido mecanicamente, fez se a comparação das médias de café colhido, caído, remanescente e dos custos de varrição e repasse manual, utilizando-se o teste de Tukey, à 5% de probabilidade. Os custos totais dos tratamentos colhidos mecanicamente e manual, tanto para a opção de colhedora própria, como alugada, foram analisados pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade. Os custos totais das opções mecanizadas de colhedora própria e alugada foram comparados pelo teste t, à 5% de probabilidade. Para todas as análises, utilizou-se o programa estatístico SISVAR versão 5.3 (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que o custo horário para a opção de colheita com colhedora própria foi de R$ 191,94 h^{-1}. Como o tempo de colheita por hectare, em cada operação, foi de 3,0 h, o custo foi de R$ 575,82 ha^{-1}. No caso da opção de aluguel da colhedora, o custo horário foi de R$ 280,73 h^{-1}, sendo R$ 170,00 h^{-1} correspondente ao valor do aluguel e R$ 110,73 h^{-1} correspondente aos demais componentes do custo operacional (Tabela 01). Dessa forma, a opção de aluguel custou R$ 842,19 ha^{-1}, valor 31,62% superior que a opção de colhedora própria (Tabela 01).

A colheita com três operações da colhedora proporcionou maior quantidade de café colhido que as colheitas com uma e duas operações, obtendo 31,94 e 4,97 sacas de café ben. ha^{-1}, respectivamente. Além disso, foi capaz de dispensar a utilização de repasse manual (Tabela 2).

Analisando a composição do custo da colheita mecanizada, verifica-se que a colheita com uma operação proporcionou menor custo de varrição manual, sendo 23,57% do custo total (Tabela 2). Isso ocorre porque a quantidade de café caído foi menor, em relação aos demais tratamentos, que apresentaram o mesmo valor entre si, exigindo o mesmo contingente de mão de obra para o recolhimento posterior. O custo da varrição manual compôs grande parte do custo total da colheita, notadamente nos tratamentos com repetidas operações da colhedora, variando de 38,35 a 55,82%. Isto, pois o recolhimento manual (varrição) apresenta baixo rendimento e elevado custo (Tabela 2).

Ainda com relação ao café caído, notou-se que, a partir da segunda operação da colhedora não houve acréscimo na quantidade de café caído, ou seja toda a carga passível de se desprender e cair no solo já havia sido derriçada com apenas duas operações. Nas operações seguintes, a pequena quantidade de café pendente, quando derriçada, foi colhida pela colhedora. Isto justifica a repetição dos valores obtidos (17,46 sacas de café ben. ha^{-1}) nos tratamentos T3 a T6.

Caso se faça a substituição da varrição manual pela mecanizada pode ocorrer redução do custo. Fato este, observado por Silva et al. (2003) que, trabalhando com colheita mecanizada somente na planta e colheita mecanizada na planta e no chão (varrição mecanizada), obtiveram reduções de custos de 46 e 67%, em relação à colheita manual, respectivamente.

TABELA 1 - Composição do custo operacional da colheita mecanizada do café.

Item	Colhedora	Trator	Carreta	Custo total
	----------R$ h $^{-1}$----------			
Depreciação (Dp)	25,00	8,10	1,08	42,28
Jurus sobre o capital (J)	1,37	0,25	0,03	1,90
Taxa de seguros e abrigo (SA)	1,20	0,27	0,04	1,77
Total (CF)	27,57	8,62	1,12	45,93
Custo de combustível (CC)	-	25,03	-	50,05
Custo de lubrificantes e graxas (CLG)	0,65	0,65	-	1,96
Custo do óleo hidráulico (COH)	2,00	0,35	-	2,70
Custo com manutenção (CM)	40,00	9,00	0,36	58,36
Custo de pessoal operacional (COM)	10,98	10,98	-	32,94
Total (CV)	53,63	46,01	0,36	146,01
Custo total (R$ h^{-1})	81,20	54,63*	1,48	191,94

* = O custo horário do trator é multiplicado por dois pois foram utilizados dois tratores na operação.

TABELA 2 - Quantidade de café colhido, caído e remanescente e custos do repasse e varrição manuais e custo horário, referentes à colhedora própria e alugada, com repetidas operações, em safra de carga alta (121,54 sacas de café ben. ha^{-1}), na região de Patos de Minas, MG.

Número de operações da colhedora	Café colhido	Café caído	Custo da varrição manual	Café remanescente	Custo do repasse manual	Custo horário da colhedora própria	Custo horário da colhedora alugada
	Sacas de café ben ha^{-1}		R$ ha^{-1}	Sacas de café ben ha^{-1}	----------R$ ha^{-1}----------		
1	69,12 c	10,51 a	1.293,99 a	42,01 c	3.619,58 c	575,82	842,19
2	96,09 b	17,46 b	2.149,67 b	6,38 b	549,70 b	1.151,64	1.684,38
3	101,06 a	17,46 b	2.149,67 b	1,14 a	98,22 a	1.727,46	2.527,14
4	102,80 a	17,46 b	2.149,67 b	0,53 a	45,55 a	2.303,28	3.368,76
5	103,20 a	17,46 b	2.149,67 b	0,00 a	0,00 a	2.879,10	4.210,95
6	103,20 a	17,46 b	2.149,67 b	0,00 a	0,00 a	3.454,92	5.053,14
CV (%)	11,99	4,26	4,25	22,75	22,74	-	-

*Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

O custo do repasse manual foi maior quando se colheu com apenas uma operação da colhedora, devido à maior quantidade de café remanescente, correspondendo a 65,94% do custo total desse tratamento. À medida que se aumentou o número de operações da colhedora, reduziu-se a quantidade de café remanescente. A partir de três operações da colhedora não houve café remanescente nas plantas, reduzindo-se o custo do repasse manual das colheitas, com repetidas operações da colhedora (Tabela 2).

Da mesma forma, a medida que aumentou-se o número de operações da colhedora, aumentou-se o valor gasto com o custo operacional, referente à própria colhedora, elevando a participação nos custos totais, que variaram de 10,49%, para a

colheita com uma operação e chegando a 61,64%, para a colheita com seis operações. Essa proporção é maior, quando opta-se pela colheita mecanizada, utilizando colhedora alugada, pois o custo horário é R$ 266,37 ha^{-1} mais elevado, para cada operação (Tabela 2).

Na soma total dos custos, nota-se que todos os tratamentos mecanizados apresentaram menor valor que a colheita manual, com reduções de custo de até 57,36% (Tabela 3). A colheita mecanizada com uma operação da colhedora apresentou valor aproximado à colheita com seis operações, sendo esses os tratamentos mecanizados mais onerosos. Isso mostra que a elevada quantidade de café remanescente, decorrente da baixa eficiência de colheita, que acarretou em elevada demanda de repasse manual, foi fator preponderante para a elevação do custo.

As colheitas com duas operações da colhedora, em que o repasse manual foi menos intenso e com três operações, onde não houve repasse manual, foram os tratamentos que proporcionaram os menores valores. As colheitas com quatro e cinco operações, embora não demandassem repasse manual, promoveram custo elevado devido à elevação na demanda de horas/máquina, no entanto podem ser dispensadas, já que três operações da colhedora foram suficientes para colher todo o café pendente (Tabela 3).

Para a opção de aluguel da colhedora, todos os tratamentos mecanizados também foram menos onerosos que a colheita manual, com reduções de custo de até 51,47%. As colheitas com duas e três operações foram os tratamentos mais viáveis economicamente. A colheita com quatro operações equiparou-se à colheita com apenas uma operação da colhedora e a colheita com seis operações foi o tratamento mais oneroso. Essas alterações em relação à colheita, utilizando colhedora própria, são decorrentes do maior custo horário desse tipo de colheita, aumentando o custo operacional à medida que se aumenta o número de operações.

O custo da colheita utilizando colhedora alugada foi de 12,15 a 22,18% maior que a colhedora própria, a partir de duas operações da colhedora. Com uma operação da colhedora, os custos foram semelhantes (Tabela 3).

Para a lavoura de carga intermediária, a colheita mecanizada com uma operação da colhedora demandou o menor custo de varrição e o maior de repasse manual, correspondendo a 28,81% (R$ 630,37 ha^{-1}) e 44,86% (R$ 981,36 ha-1) de seu custo total, respectivamente (Tabela 4).

Diferentemente da lavoura de carga alta, a partir de duas operações da colhedora, o fator de custo que mais influenciou o custo total das operações foi o custo horário, pois as quantidades de café caído e remanescente foram inferiores, acarretando menores gastos com varrição e repasse manual.

TABELA 3 - Custo operacional da colheita mecanizada, utilizando colhedora de café própria e alugada com repetidas operações, em comparação com a colheita manual, em lavoura de carga alta (121,54 sacas de café ben. ha^{-1}), na Região de Patos de Minas-MG.

Número de operações da colhedora	Custo operacional total da colheita (R ha^{-1}$)	
	Própria	Alugada
1	5.489,39 Ad	5.755,76 Ab
2	3.851,02 Aa	4.383,75 Ba
3	3.975,36 Aa	4.775,03 Ba
4	4.498,62 Ab	5.563.98 Bb
5	5.028,77 Ac	6.360,62 Bc
6	5.604,59 Ad	7.202,81 Bd
Colheita manual	9.032,85 Ae	9.032,85 Ae
CV (%)	4,07	4,56

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

TABELA 4 - Quantidade de café colhido, caído e remanescente e custos do repasse e varrição e custo horário, referentes à colhedora própria e alugada, com repetidas operações, em safra de carga intermediária (50,78 sacas de café ben. ha^{-1}), na região de Patos de Minas, MG.

Número de operações da colhedora	Café colhido	Café caído	Custo da varrição manual	Café remanescente	Custo do repasse manual	Custo horário da colhedora própria	Custo horário da colhedora alugada
	Sacas de café ben. ha^{-1}		R$ ha^{-1}	Sacas de café ben. ha^{-1}	----------R$ ha^{-1}----------		
1	34,30 c	5,12 a	630,37 a	11,39 c	981,36 c	575,82	842,19
2	40,12 b	5,80 b	714,09 b	4,47 b	385,13 b	1.151,64	1.684,38
3	43,44 a	5,96 b	733,79 b	0,96 ab	82,71 ab	1.727,46	2.527,14
4	43,97 a	5,96 b	733,79 b	0,00 a	0,00 a	2.303,28	3.368,76
5	43,97 a	5,96 b	733,79 b	0,00 a	0,00 a	2.879,10	4.210,95
6	43,97 a	5,96 b	733,79 b	0,00 a	0,00 a	3.454,92	5.053,14
CV (%)	10,74	3,06	3,07	37,15	37,15	-	-

*Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade.

O custo horário compôs 51,16 a 82,46% dos custos totais das colheitas com duas a seis operações. No entanto, a partir de três operações da colhedora, a quantidade de café remanescente foi próxima à 0,0 saca ben. ha-1, de forma que as colheitas com quatro a seis operações, nas condições do presente estudo, acabaram por ser desnecessárias, visando o estudo da eficiência de colheita (Tabela 4). Tal fato explica a repetição nos valores da quantidade de café colhido nos tratamentos T4 a T6, já que não houve incremento na quantidade de café colhido.

De maneira similar à lavoura de carga alta, a colheita com três operações foi a que obteve maior quantidade de café colhido (43,44 sacas de café ben. ha-1), colhendo: 9,14 e 3,32 sacas de café ben ha-1 a mais que as colheitas com uma e duas operações (Tabela 4).

Na soma total dos custos, com exceção da colheita com seis operações, todos os tipos de colheita foram menos onerosos que a colheita manual, apresentando redução de custo de até 50%.

Valor semelhante foi encontrado por Lanna e Reis (2012). Verifica-se que as colheitas com uma, duas e três operações foram as mais viáveis economicamente (Tabela 5).

A opção de aluguel da colhedora gerou acréscimo de 10,85 a 27,62% nos custos em relação à colheita com colhedora própria. Nesse tipo de colheita, devido ao encarecimento do custo horário, apenas as colheitas com uma, duas e três operações da colhedora demandaram menor custo que a colheita manual, com reduções de até 43,91%. As colheitas com uma e duas operações foram as mais viáveis economicamente. A colheita com quatro operações obteve custo semelhante à manual e as colheitas com cinco e seis operações ultrapassaram esse valor em 11,52 e 24,39% (Tabela 5). Em uma lavoura de, aproximadamente, 35,0 sacas de café ben. ha^{-1} Silva et al. (2003) obtiveram redução de custo de 46,0 e 32,8%, em relação à colheita manual, utilizando duas e três operações da colhedora, respectivamente. Portanto, em lavouras de cargas intermediárias ou menores, a utilização de duas operações da colhedora é o tipo de colheita mais indicado.

TABELA 5 - Custo operacional da colheita mecanizada, utilizando colhedora de café própria e alugada com repetidas operações, em comparação com a colheita manual, em lavoura de carga intermediária (50,78 sacas de café ben. ha^{-1}), na Região de Patos de Minas-MG.

Número de operações da colhedora	Custo operacional total da colheita (R$ ha^{-1})	
	Própria	Alugada
1	2.187,56 Aa	2.453,92 Ba
2	2.250,87 Aa	2.783,60 Ba
3	2.543,97 Aa	3.343,64 Bb
4	3.037,07 Ab	4.102,55 Bc
5	3.612,89 Ac	4.944,74 Bd
6	4.188,70 Ad	5.786,93 Be
Colheita manual	4.375,20 Ad	4.375,20 Ac
CV (%)	5,18	4,14

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

4 CONCLUSÕES

Pode-se substituir o repasse manual pela repetição de operações da colhedora para que se reduzam os custos operacionais do processo de colheita.

Em lavoura de carga elevada (121,54 sacas de café ben. ha^{-1}), a utilização de três operações da colhedora, sendo ela própria ou alugada é a opção de colheita mais indicada, sobre a ótica do custo operacional.

Em lavoura de carga intermediária (50,78 sacas de café ben. ha^{-1}), recomenda-se a utilização de três operações da colhedora ,quando ela é própria e de duas operações, quando ela é alugada, visando à redução de custo operacional.

5 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERIG. **ASAE standards:** agricultural management data ASAE D497.4. Saint Joseph, 1998. 367 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Indicadores agropecuários**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 10 mar. 2014.

DIEESE. Encargos sociais no Brasil. **Pesquisa Dieese**, Brasília, n. 12, p. 1-36, 2014.

FERNANDES, A. L. T. et al. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.

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

KÖEPPEN, W. Climatologia: con um estúdio de los climas de la Tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

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

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do Café no Brasil:** manual de recomendações. Rio de Janeiro; Varginha: Fundação Prócafé, 2010. 542 p.

MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 297 p.

OLIVEIRA, E. et al. Custos operacionais da colheita mecanizada do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 827-831, jun. 2007.

ORTEGA, A. C.; JESUS, C. M.; MOURO, M. C. Mecanização e emprego na cafeicultura do cerrado mineiro. **Revista ABET**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 58-82, 2009.

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

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.

SILVA, F. C. et al. 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. da. Colheita mecanizada e seletiva do café: cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 75 p.

SILVA, F. M. da et al. Avaliação da colheita do café totalmente mecanizada. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 309-315, 2003.

SILVA, F. M. da et al. Custo da colheita mecanizada de café com colhedoras automotrizes no Sul de Minas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 54-60, 2000.