ISSN 1809-6875

COFFEE SCIENCE

Volume 12, Número 4, 2017

INFLUENCE OF SPRAY VOLUMES, NOZZLE TYPES AND ADJUVANTS ON THE CONTROL OF PHOMA COFFEE RUST

Felipe Santinato[1], Renato Adriane Alves Ruas[2], Tiago de Oliveira Tavares[3], Rouverson Pereira da Silva[4], Mateus Altarugio Godoy[5]

(Recebido: 05 de setembro de 2016; aceito: 08 de março de 2017)

ABSTRACT: Pesticides are often applied under incorrect conditions such as inappropriate nozzles types and high spray volumes. Such errors result in spray drift and run off, causing inefficiency on the control of pests and diseases, beyond environmental contamination. Here we evaluate the influence of spray volumes, nozzle types and adjuvants on the control of phoma and coffee rust. The objective in this work was to evaluate the feasibility of reducing the volume of syrup in the absence and presence of adjuvant, using three spray nozzle types, analyzing the uniformity of the spray distribution to thirds of the plant and its penetration and effectiveness of phytosanitary products. The treatments were t arranged in a factorial 3 x 2 x 2 + 1, outlined in a randomized block design with three replications in a split plot. Treatments were three-pointed on type empty cone (ATR Amarela; JA Preto e Disc-Core AD2AC23), two spray volumes (300 and 500 L ha^{-1}), on absence and presence of adjuvant (TRUMP), and a control (experiment without disease control). It was concluded that the volume of spray liquid can be reduced to 300 L ha^{-1}, without harming the quality of spraying and disease control. The adjuvant has not brought any benefits for the application, and the most suitable spray nozzle is the ATR Amarela.

Index terms: Pesticide application technology, crop protection products, coverage of droplets, spraying quality.

INFLUÊNCIA DOS VOLUMES DE PULVERIZAÇÃO, TIPOS DE PONTA E ADJUVANTES SOBRE O CONTROLE DA PHOMA DE CAFÉ

RESUMO: *O controle fitossanitário do cafeeiro muitas vezes é realizado em condições incorretas como utilização de pontas inadequadas no pulverizador e volume de calda excessivo. Tais erros resultam em deriva, escorrimento superficial provocando a ineficiência do controle de pragas e doenças, além de contaminação ambiental. Objetivou-se por meio deste trabalho avaliar a viabilidade de se reduzir o volume de calda, na ausência e presença de adjuvante, utilizando três pontas de pulverização, analisando a uniformidade de distribuição da calda nos terços da planta, bem como sua penetração e a eficácia de produtos fitossanitários. Os tratamentos foram dispostos no esquema fatorial 3 x 2 x 2 + 1, delineados em blocos casualizados, com três repetições, em parcelas subsubdivididas. Os tratamentos foram três pontas do tipo cone vazio (ATR Amarela; JA Preto e Disc e Core AD2AC23), dois volumes de calda (300 e 500 L* ha^{-1}*), e ausência e presença de adjuvante (TRUMP), além de uma testemunha sem controle de doenças. Concluiu-se que o volume de calda pode ser reduzido para 300 L* ha^{-1}*, sem prejudicar a qualidade de pulverização e o controle de doenças. O adjuvante não trouxe benefícios à aplicação. A ponta mais indicada é a ATR Amarela.*

Termos para indexação: *Tecnologia de aplicação de defensivos, defensivos, área de cobertura, qualidade da aplicação.*

1 INTRODUCTION

After the mechanical process of harvest, coffee plants are more susceptible to contracting diseases such as blight (*Hemileia vastatrix*), phoma / ascochyta (*Phoma* sp.), gray leaf spot (*Cescospora coffeicola*), among others (MATIELLO et al., 2010). Mainly because this, there is a long period without treatment with pesticides and also damages caused by harvest operations (SANTINATO et al., 2014). Furthermore, the period of post-harvest may be favorable to the occurrence of diseases due natural increases of moisture during this period. In addition, this period coincides with the pre-bloom period, and the common concern of producers is to protect what will eventually be its production (FERNANDES; FERREIRA; OLIVEIRA, 2010; MATIELLO et al., 2010).

Although pesticides provides proved control for major diseases, unsatisfactory results on coffee crops occurs due to the pesticide application method used. Another point is the waste of pesticides which can vary 15-70% (COSTA et al., 2008). The growers adopt high spray volumes that promote waste of pesticides by spray drift (ALVES; CUNHA, 2014) and run off through the leaves.

Some factors that affect the quality of the application can be defined before the application, such as droplet size and application volume (DI

[1,3,4,5]Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"/UNESP - Campus de Jaboticabal - Departamento de Engenharia Rural - Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14884-900 - Jaboticabal - MG - fpsantinato@hotmail.com, tiagoolitavares@hotmail.com, rouverson@gmail.com, mateus_godoy@hotmail.com
[2]Universidade Federal de Viçosa/UFV - Campus de Rio Paranaíba - Departamento de Máquinas e Mecanização Agrícola - Cx.P. 22 - 38.810-000 - Rio Paranaíba - MG - renatoruas@ufv.br

OLIVEIRA; FERREIRA; ROMÁN, 2010). The droplet size is determined through the use of different types of nozzles, the operating pressure and the formulation of products which may or may not have the addition of adjuvants. Therefore, the selection of nozzles is very important, justifying performing studies in order to define appropriate nozzles for different and specific application conditions (BUENO; CUNHA; ROMAN, 2013).

The application quality may be substantially enhanced with the use of specific adjuvants (IOST; RAETANO, 2010). Adjuvants should be used specifically for each type of pesticide to be applied appropriately to modify the surface properties of the liquid such as surface tension and vapor pressure (MONTÓRIO et al., 2005).

Here we evaluate the influence of spray volumes, nozzle types and adjuvants on the control of phoma and coffee rust.

2 MATERIAL AND METHODS

The study was conducted at Fazenda Toca da Raposa, in the county of Carmo do Paranaíba, MG, Brazil. The experimental area corresponds to 4.0 ha, with an average gradient of 5%. The crop was planted in 1997 using Catuaí Vermelho IAC 144 with the spacing of 4.0 m between lines and 0.5 m between plants (5,000 plants ha^{-1}). The plants had an average height of about 4.0m and 70% leafiness.

The experimental design was randomized blocks in factorial 3 x 2 x 2 + 1 (13 treatments), and split plots. Treatments were three-pointed cone empty type (ATR yellow; JA Black e Disc-Core AD2AC23), two spray volumes (300 and 500 L ha^{-1}), changed according to the operating speed of the tractor, and the absence and presence of siliconized adjuvant (TRUMP). Such nozzles are frequently used in the cerrado region of Minas Gerais State. Also was used a treatment control with pesticide application aimed to verify the incidence of pests and diseases (rust, gray leaf spot and *phoma* / *ascochyta* complex).

The split plot and sub split plot design were the thirds of the plant (top and bottom) and the depth of collection (external and internal). There were three replicates, totaling 39 plots, each with 50 plants. For each treatment were used three lines of coffee about 200 m, and the central useful for evaluations and the adjacent, for borders.

The sprayer used was Arbus 2,000, Jacto company, trailed, hydropneumatic, arched, with capacity tank to 2,000 L. The machine was equipped with 24 hydraulic nozzles, twelve on each side, with the nozzles of the upper and lower ends 0.6 and 1.8 m high from the ground. Working pressures was alternated between 5,0 and 7,0 bar. The sprayer was pulled by a tractor Massey Ferguson model MF 265, 4 x 2 TDA, with nominal power of 47.8 kW (65 hp) operating at variable speeds as the treatments under study.

The applications (October to December 2013) had used the fungicide Boscalid (Cantus) at a dose of 180 g ha^{-1}, Pyraclostrobina (Comet) at a dose of 400 ml ha^{-1} and Epoxyconazole + Pyraclostrobina (Opera) at a dose of 1.0 L ha^{-1}. According to each pesticide labels.

Before spraying the treatments evaluation of diseases incidence was held. The presence is recorded from symptoms of diseases in 50 sheets of each plot in the first and second pairs (phoma / ascochyta) and third and fourth pairs (other diseases). The values were transformed in percentage and had an incidence of 3.0; 6.5 and 1.0% for rust, gray leaf spot and *phoma / ascochyta* respectively. Such an assessment was repeated 60 days after each of the two applications in order to verify the effectiveness of the products according to the study treatments.

The evaluation of the implementation of quality was consisted in parameters of density and coverage of droplets. Twelve water sensitive papers (26 x 76 mm) were used on three plants per plot, four out of the plant. The water sensitive papers were arranged in the upper and lower third of canopy plants, internally and externally (position). Was adopted the upper third and lower as the height equivalent to 70% of plant and 30, respectively. Was adopted external and internal position as been the 4th pair of sheets (outside to inside) and the trunk of the plant, respectively.

After the treatments, the water sensitive papers were removed (using gloves to preserve the coverage data and kept on dry case). At lab it was analyzed by scanning each paper using CIR1.5 software with resolution of 600 DPI. The data were submitted to variance analysis and when appropriate Tukey's test, both at 5% probability.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The spray volume of 300 L ha^{-1}without adjuvant, using ATR nozzles types, shown highest density of droplets (Table 1). In the presence of adjuvant, the ATR nozzles and Disc and Core AD2AC23 had obtained the highest densities.

TABLE 1 - Density droplets (droplets per cm^{-2}) in the edge function, spray volume, and absence or presence of adjuvant.

Nozzles	Spray volume (L ha^{-1})			
	300		500	
	Adjuvant			
	Presence	Absence	Presence	Absence
ATR Yellow	402,6 aA1	473,8 aA2	305,6 bB1	399,2 aB2
JA Black	269,8 bA1	381,9 bA2	306,2 bA1	415,3 aA2
Disc-Core AD2AC23	400,3 aA2	330,9 bB1	420,5 aA1	452,6 aA1
CV (%)	33,73			

* Lower case letters compare each nozzle in volume of spray liquid and adjuvant. Capital letters compare each volume within nozzle and adjuvant. The numbers compared the adjuvant within the edge and the volume. Mean followed by the same lowercase, in columns and uppercase letters, in the rows, or letters do not differ by the Tukey test at 5% probability.

In the higher spray volume without adjuvant, there was no difference between nozzles. Using adjuvant, Disc and Core nozzles had the highest density droplets, among those tested, without however differ from the absence of product. That is, the addition of adjuvant was beneficial to Disc and Core nozzles, in particular situation, and not positively influenced the density drops for ATR and JA nozzles. Thus, using adjuvant can be an interesting strategy to increase the density drops for some nozzles.

When comparing spray volumes with each nozzle, was noted that ATR nozzles obtained higher density drops when used 300 L ha^{-1}, by using or not adjuvant. Then, it is mean that spray volume can change the density of droplets for ATR nozzles. Related with others nozzles, there was no differences between both spray volumes tested independently of adjuvant use. Thus, reducing spray volume from 500 to 300 L ha^{-1}does not decrease the density of droplets. Those results are positive mainly because droplets provide by higher density generally has lower drift (SILVA; CUNHA; NOMELINI, 2014).

And this is positive because, drops of higher density generally have lower drift (SILVA; CUNHA; NOMELINI, 2014).

Using small spray volumes, independently of mixture adjuvant in the spray solution, ATR nozzle got greater coverage area (Table 2). For higher spray volume, also independently of mixture adjuvant, there was no difference between nozzles. But when added to the product, the JA nozzle showed high coverage. The use of adjuvant did not reflect differences for ATR nozzle, on the highest and lowest spray volumes. The JA nozzle was better without adjuvant than with, in the lower volume. Also, no difference between the absence and the presence of the product on the higher tested volume. There was no difference between the use of adjuvant for Disc and Core in both volumes tested. Thus, it confirms the previous discussion, relating to the droplet density, that the addition of an adjuvant may be beneficial for some types of nozzles.

There was no difference in coverage between tested spray volumes using ATR nozzle in the presence of adjuvant. In the absence of adjuvant, area coverage was better with 300 than 500 L ha^{-1}.

For JA nozzles using adjuvant, was higher thecoverage on the higher spray volume. Such nozzle, in the absence of adjuvant, did not differ between 300 and 500 L ha^{-1}. The nozzle Disc and Core regardless of the adjuvant and the spray volume also displayed no difference in the coverage area. Despite the increase in Spray coverage in plants to be directly proportional to the increase in application volume (FERREIRA; LEITE; LASMAR, 2013), this work demonstrates the feasibility of reducing spray volume for the three tested nozzles, with no loss in coverage. Using smaller spray volume may contribute to reducing drift (RAMOS et al., 2004).

Both the upper third as the lower, the ATR nozzle achieved the highest densities droplets for 300 L h^{-1} (Table 3). The application reached two-thirds of the plant without suffering density changes, even with a large distance between the thirds, because it is plant 4.0 m tall. This was also observed for the others nozzles.

TABLE 2 - Coverage area (%) at peak function, spray volume, and absence or presence of adjuvant.

Nozzles	Spray volume (L ha^{-1})			
	300		500	
	Adjuvant			
	Presence	Absence	Presence	Absence
ATR Yellow	14,6 aA1	16,8 aA1	12,9 abA1	12,5 aB1
JA Black	8,0 bB1	14,3 abA2	13,5 aA1	13,9 aA1
Disc-Core AD2AC23	11,3 abA1	13,3 bA1	10,1 bA1	12,4 aA1
CV (%)	46,54			

* Lower case letters compare each nozzle in volume of spray liquid and adjuvant. Capital letters compare each volume within nozzle and adjuvant. The numbers compared the adjuvant within the edge and the volume. Mean followed by the same lowercase, in columns and uppercase letters, in the rows, or letters do not differ by the Tukey test at 5% probability.

TABLE 3 - Density of drops (drops cm^{-2}) in function of the nozzle, volume of spray liquid at the upper and lower thirds of the plant.

Nozzles	Spray volumes (L ha^{-1})			
	300		500	
	Thirds of the plant			
	Upper	Lower	Upper	Lower
ATR Yellow	409,2 aA1	467,2 aA1	346,6 aB1	358,2 bB1
JA Black	312,1 bA1	339,8 bA1	351,7 aA1	369,8 bA1
Disc-Core AD2AC23	370,2 abA1	361,1 bB1	414,6 aA1	458,6 aA1
CV (%)	34,39			

* Lower case letters compare each nozzle in volume of spray liquid and adjuvant. Capital letters compare each volume within nozzle and adjuvant. The numbers compared the adjuvant within the edge and the volume. Mean followed by the same lowercase, in columns and uppercase letters, in the rows, or letters do not differ by the Tukey test at 5% probability.

On two-thirds evaluated, there was obtained the higher coverage using ATR nozzles with 300 L ha^{-1}, comparing with other nozzles (table 4). On the highest volume, there was no difference between nozzles in the lower third. Nevertheless the upper third, using JA nozzle high coverage was found. Increased coverage of droplets on top of coffee plants was also observed by Miranda et al. (2012). Theses authors also evaluated high spray volumes. Thus, it can understand that higher volumes may result in uneven distribution of application.

The ATR nozzles had the highest density of droplets on the outside and inside of the coffee plants, using 300 L ha^{-1} than the others nozzles (Table 5). The nozzle Disc-Corespraying 500 L ha^{-1} had the highest density on the inside, while on the outside there was no difference between the nozzles.

Inside the plant, the JA nozzles showed off highest density with 500 than 300 L ha^{-1}. On the outside, the JA and also Disc-Core did not differ between both spray volumes tested. However, the ATR nozzles results higher densities with the low spray volume, both externally and internally. There was no difference between the outer and inner depth in any of the situations. Except using Disc-Core with 500 L ha^{-1} when density was higher in the inner depth.

The ATR nozzles got the most coverage with 300 L ha^{-1} at both depths, than the others nozzles (Table 6). In the higher spray volume there was no difference between nozzles on the outside depth. With this volume the JA nozzle, had the highest coverage in the inner depth of the plants.

The volume of 300 L ha^{-1} was sufficient to promote adequate penetration of the droplets for all nozzles, with no difference between the two depths. In the higher spray volume. Disc Core nozzles got more coverage on the inner depth than the outside depth.

TABLE 4 - Coverage area (%) due nozzles, spray volumes at upper and lower thirds of the coffee plants.

Nozzles	Spray volume (L ha^{-1})			
	300		500	
	Thirds of the plant			
	Upper	Upper	Upper	Upper
ATR Yellow	15,2 aA1	16,1 aA1	11,7 bB1	13,8 aA1
JA Black	11,5 bB1	10,8 bB1	15,5 aA1	13,9 aA1
Disc-Core AD2AC23	12,7 abA1	11,9 bA1	11,4 bA1	11,1 aA1
CV (%)	47,41			

* Lower case letters compare each nozzle in volume of spray liquid and adjuvant. Capital letters compare each volume within nozzle and adjuvant. The numbers compared the adjuvant within the edge and the volume. Mean followed by the same lowercase, in columns and uppercase letters, in the rows, or letters do not differ by the Tukey test at 5% probability.

TABLE 5 - Density droplets (droplets per cm^{-2}) due nozzles, spray volumes at the upper and lower thirds of the coffee plant

Nozzles	Spray volume (L ha^{-1})			
	300		500	
	Depth			
	Inner	Outer	Inner	Outer
ATR Yellow	433,4 aA1	442,9 aA1	362,8 bB1	341,9 aB1
JA Black	318,6 bB1	333,2 bA1	349,1 bA1	372,3 aA1
Disc-Core AD2AC23	349,6 bA1	381,6 abA1	498,8 aA2	374,4 aA1
CV (%)	34,38			

* Lower case letters compare each nozzle in volume of spray liquid and adjuvant. Capital letters compare each volume within nozzle and adjuvant. Numbers compared adjuvant inside edge and volume. Average followed by the same lowercase, uppercase or letters do not differ by Tukey test at 5% probability.

TABLE 6 - Coverage area (%) in function of the nozzles, spray volumes at the upper and lower thirds of the plant.

Nozzles	Volume os syrup (L ha^{-1})			
	500		300	
	Depth			
	Inner	Outer	Inner	Outer
ATR Yellow	16,11 aA1	15,2 aA1	13,4 aA1	12,1 bB1
JA Black	10,7 bA1	11,6 bB1	13,4 aA1	16,1 aA1
Disc-Core AD2AC23	12,3 bA1	12,3 abA1	12,6 aA2	9,8 bA1
CV(%)	47,33			

* Lower case letters compare each nozzle in volume of spray liquid and adjuvant. Capital letters compare each volume within nozzle and adjuvant. The numbers compared the adjuvant within the edge and the volume. Mean followed by the same lowercase, in columns and uppercase letters, in the rows, or letters do not differ by the Tukey test at 5% probability.

In general, applications had good penetration of droplets, showed by equal coverage in external and internal depths. This occurred with all the nozzles tested.

Hence, hollow cone nozzles were more suitable for pesticide applications aimed to crops when great penetration of droplets are needed (DECARO JÚNIOR et al., 2014; MIRANDA et al., 2012), as coffee plants. This shows the importance of selecting appropriate nozzles (MADALOSSO et al., 2010) because they are directly related to the quality of the operation, influencing the droplet size, the distribution of sprayed liquid and uniform pattern distribution of droplets (SASAKI et al., 2013).

Regardless to nozzle types, spray volumes, and absence or presence of adjuvant, was noted the effectiveness of the product boscalid, Epoxyconazole Pyraclostrobina was high, getting incidence values lower than the control (Figure 1). This fact enables the reduction of spray volume for 300 L ha^{-1}, for using less water in the tank, raises the capacity over all work of the operation, in addition to saving this natural resource. As in the experiment was obtained average of 12.97% coverage area, this proves efficient for the control of diseases, using the tested products.

4 CONCLUSIONS

Based on the results found in this study, using spray volume of 300 L ha^{-1} and hollow cones (better results for ATR nozzles) ensures a good control of phoma and coffee rust, and the use of adjuvants in the spray mixture may be indifferent to spraying process.

Syrup volume in pesticide applications in the coffee can be reduced to 300 L ha^{-1} and does not impair the control of diseases.

The nozzle most appropriate among those studied for applications in the coffee is the ATR Yellow.

The use of adjuvants does not alter the density drops and application coverage area.

5 REFERENCES

ALVES, G.S.; CUNHA, J.P.A.R. Field data and prediction models of pesticide spray drift on coffee crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 8, p. 622-629, ago. 2014.

BUENO, M.R.; CUNHA, J.P.A.R.; ROMAN, R.A.A. Tamanho de gotas de pontas de pulverização em diferentes condições operacionais por meio da técnica de difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**,Jaboticabal, v. 33, n. 5, p. 976-985, 2013.

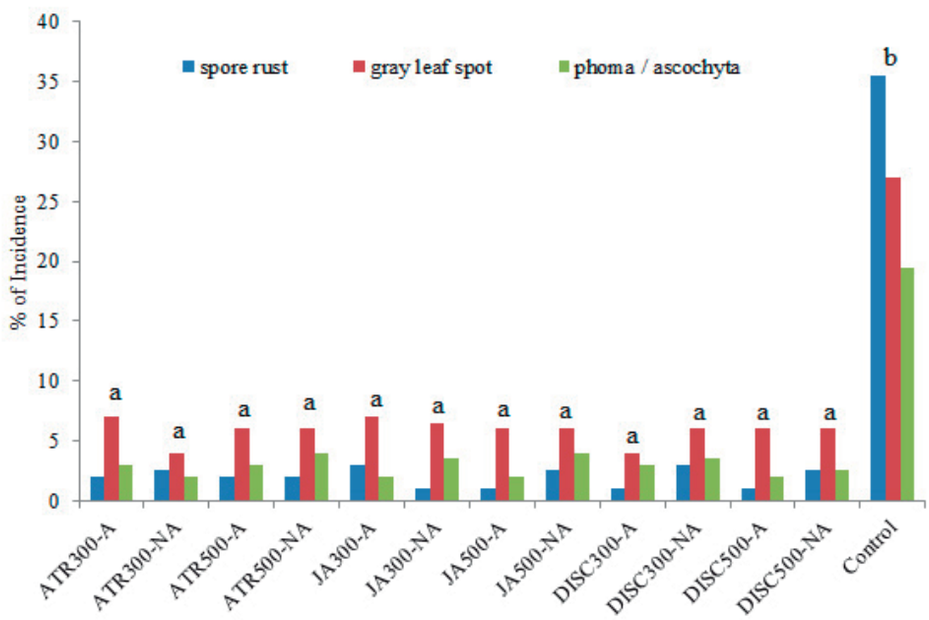


FIGURE 1 - Incidence of spore rust, gray leaf spot and phoma / ascochyta in coffee, 60 days after the last application, in function of nozzles, spray liquid volume and absence and presence of adjuvant. A- With adjuvant, NA-No adjuvant, Control-No chemical control.

COSTA, N.V.et al.Efeito de pontas de pulverização na deposição e na dessecação em plantas de *Brachiaria brizantha*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 923-933, 2008.

DECARO JUNIOR, S.T. et al.Relationship among variables of sprays applied at reduced volumes in a coffee plantation. **Aspects of Applied Biology**, Warwickshire, v. 122, p. 415-422, 2014.

DI OLIVEIRA, J.R.G.; FERREIRA, M.C.; ROMÁN, R.A.A. Diferentes diâmetros de gotas e equipamentos para aplicação de inseticida no controle de *Pseudoplusia includens*. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 92-99, 2010.

FERNANDES, A.P.; FERREIRA, M.C.; OLIVEIRA, C.A.L. Eficiência de diferentes ramais de pulverização e volumes de calda no controle de *Brevipalpus phoenicis* na cultura do café. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 54, n.1, p. 130-135, 2010.

FERREIRA, M.C.; LEITE, G.J.; LASMAR, O. Cobertura e depósito de calda fitossanitária em plantas de café pulverizadas com equipamento original e adaptado para plantas altas. **Bioscience Jornal**, Uberlândia, v.29, n.1, p.1539-1548, 2013.

IOST, C.A.R.; RAETANO, C.G. Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfactantes em superfícies artificias e naturais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4,p. 670-680, 2010.

MADALOSSO, M.G.et al. Cultivares, espaçamento entrelinhas e programas de aplicação de fungicidas no controle de *Phakopsora pachyrhizi* Sidow em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.11, p.2256-2261, 2010.

MATIELLO, J.B. et al.**Cultura do café no Brasil, manual de recomendações**. Rio de Janeiro; Varginha: Fundação Procafé, 2010. 542p.

MIRANDA, G.R.B.et al. Avaliação dos depósitos da pulverização em frutos de cafeeiro utilizando dois equipamentos associados a diferentes volumes de calda. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 4, n. 1, p. 15-20, 2012.

MONTÓRIO, G.A.et al. Eficiência dos surfactantes de uso agrícola na redução da tensão superficial. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 4, n. 2, p. 8-22, 2005.

RAMOS, H.et al. **Manual de tecnologia de aplicação**. Campinas: Lineacreativa, 2004. 43p.

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.

SASAKI, R.S. et al. Deposição e uniformidade de distribuição da calda de aplicação em plantas de café utilizando a pulverização eletrostática.**Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 9, p. 1605-1609, 2013.

SILVA, J.E.R.; CUNHA, J.P.A.R.; NOMELINI, Q.S.S. Deposição de calda em folhas de cafeeiro e perdas para o solo com diferentes taxas de aplicação e pontas de pulverização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n. 12, p. 1302-1306, 2014.

USO DE BIOFERTILIZANTE ASSOCIADO A DIFERENTES FORMAS DE PLANTIO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO CAFEEIRO ARÁBICA

Lucas Henrique Figueiredo[1], Gustavo Rabelo Botrel Miranda[2], Paulo Márcio Faria Vilella[3]

(Recebido: 27 de setembro de 2016; aceito: 08 de março de 2017)

RESUMO Objetivou-se avaliar o desenvolvimento vegetativo, a produtividade e o rendimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) ao decorrer das safras 2014/2015 e 2015/2016 implantado nos sistemas de plantio em cova, cultivo mínimo e convencional, bem como avaliar a bienalidade de produtividade do cafeeiro no decorrer dos dois anos. Tais sistemas de plantio foram associados ao uso ou não, de adubação biológica líquida via foliar e,como parâmetro avaliou-se altura de plantas, diâmetro de caule, diâmetro de copa, número de ramos plagiotrópicos como desenvolvimento vegetativo; produtividade das safras, rendimento de produção e bienalidade.Como resultados, não houve diferença estatística para rendimento entre os tipos de plantio e a aplicação de adubo biológico via foliar, para a safra de 2014/2015 e 2015/2016. Houve diferença estatística para o tipo de plantio, sendo que o de covas sobressaiu aos demais. Para a bienalidade de produtividade do cafeeiro o plantio que mais se adequou foi o de sulcos.

Termos para indexação: *Coffea arabica* L., Microgeo®, Implantação, Bienalidade.

BIOFERTILIZER USE ASSOCIATED WITH DIFFERENT FORMS OF PLANTING IN THE DEVELOPMENT OF THE INITIAL COFFEE ARABIC

ABSTRACT:*The objective was to evaluate the vegetative development, productivity and income of the coffee the course of the seasons 2014/2015 and 2015/2016 deployed in cropping systems in the pit, planting in no-till and conventional tillage and evaluate the coffee yield of the biennial during the two years, planting systems have been associated with the use or not of liquid organic foliar fertilizer, and, as a parameter we evaluated plant height, stem diameter, crown diameter, number of reproductive branches as vegetative development; crop yields, production and biennial performance, and as a resulted there was no statistical difference in performance between the types of planting and the application of biological fertilizer foliar, for the harvest of 2014/2015 and 2015/2016; was no statistical difference for the type of planting which the pits excelled the other; for coffee yield of biennial planting that best suited was the grooves.*

Index terms: *CoffeaarabicaL., Microgeo®, Implantation, Biannuality.*

1 INTRODUÇÃO

A produção brasileira de café da safra 2015 foi estimada em 42,14 milhões de sacas de 60 quilos do produto beneficiado, sendo a produção de Minas Gerais estimada em 21,86 milhões de sacas, destacando o Sul de Minas com produção em torno de 10,25 milhões de sacas. Entretanto esta região cafeeira detém uma quantidade muito alta de agricultores familiares, onde em muitas propriedades impossibilitam implantar o recurso da mecanização agrícola, por isso, essa atividade torna-se responsável por empregar milhões de brasileiros (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB, 2015).

Ao utilizar os implementos agrícolas no preparo do solo para plantio de cafeeiro ocorrem diversas alterações, nas suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Cada implemento agrícola trabalha o solo de maneira própria, alterando de maneira diferenciada estas propriedades.

Os sistemas de preparo do solo causam modificação em sua estrutura física quando o solo é exposto ao preparo intensivo (CARVALHO et al., 2011), podendo ocasionar aumento na densidade e, como consequência, alterações em outros atributos físicos, tais como: porosidade, retenção de água, aeração e a resistência do solo à penetração de raízes (MONTANARI et al., 2012). Tais alterações promovem perdas na taxa de crescimento e na expansão de área foliar, devido às condições adversas de formação do sistema radicular (BERGAMASCHI et al., 2010).

No plantio convencional, o revolvimento do solo permite o rompimento dos agregados, além de promover maior contato entre os resíduos vegetais e o solo. Esses fatores estimulam, temporariamente, a microbiota a degradar a matéria orgânica do solo (LISBOA et al., 2012).

Por outro lado, no plantio direto não há o preparo prévio do solo na área de cultivo, sendo o plantio feito sobre a palha deixada pelas

[1,2,3]Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - Campus Muzambinho/IFSULDEMINAS - Estrada de Muzambinho, Km 35 - Bairro Morro Preto - Cx. Postal 02 - 37.890-000- Muzambinho - MG - lucaslhf64@gmail.com, grbmiranda@gmail.com, paulomarcio94@hotmail.com

culturas anteriores e pelas ervas daninhas, com essa característica, as perdas por evaporação são menores em comparação com solos sem cobertura vegetal, promovendo um ambiente mais adequado ao estabelecimento da cultura (PERES; SOUZA; LAVORENTI, 2010). Pode-se definir plantio direto como a semeadura que deposita a semente e o fertilizante diretamente ao solo, permanecendo o restante da superfície sem mobilização, em contraste com outros sistemas em que a mobilização é feita parcialmente ou em toda a área. No entanto este termo "plantio direto" não é muito usual para o cafeeiro, sendo mais apropriado o termo "plantio em covas".

No entanto, o cultivo mínimo é um sistema de cultivo que está situado entre o sistema de cultivo convencional e o sistema de plantio em covas. Este tipo de preparo do solo propicia a manutenção mínima, porém necessária dos resíduos na superfície da área preparada. Desta forma, o equipamento em uso realiza as operações de corte dos resíduos, sulcamento, adubação e plantio em uma mínima superfície possível.

Em qualquer tipo de implantação de cafeeiro, o uso dos biofertilizantes contribui para melhoria física e promove a produção de substâncias húmicas que exercem expressiva importância na fertilidade do solo com reflexos positivos na produção (GALBIATTI et al., 1996) ou sobre aspectos relacionados à fertilidade do solo e nutrição de plantas.

De acordo com Bellini, Schmidt Filho e Moreski (2013) estudando a influência da aplicação de um fertilizante biológico (Microgeo®) na cultura do arroz via solo, melhorou atributos físicos e químicos e percebeu-se a influencia na manutenção do pH.

Diante do exposto, o objetivo neste trabalho foi avaliar o desenvolvimento vegetativo através de medições fitométricas, a produção de primeira e de segunda safra, a bienalidade da produtividade das safras do cafeeiro e o rendimento de café submetidas à diferentes sistemas de implantação associados ao uso de adubação biológica líquida foliar.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho, situado à latitude de 21º20'54,19"S, longitude de 46º31'36,22"W e altitude de 1014 metros. O clima da região segundo Thornthwaite (1948) é B4rB'2a, e em relação a Köppen a classificação climática é Cwb "tropical de altitude" (SÁ JÚNIOR et al., 2012) com temperaturas médias anuais variando em torno de 20ºC e precipitação média anual de 1605 milímetros (APARECIDO; SOUZA, 2015).

O experimento foi conduzido no delineamento de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial com parcelas subdivididas no tempo em três (3) faixas de plantio como tratamentos (covas, convencional e cultivo mínimo) com dois (2) tipos de adubação (adubação convencional e adubação convencional + adubação biológica) distribuídos em quatro (4) blocos, sendo as parcelas constituídas de três (3) linhas de nove (9) plantas cada, perfazendo um total de vinte e sete (27) plantas por parcela, sendo vinte e duas (22) plantas de bordadura e cinco (5) plantas na área útil. O experimento tem um total de 648 plantas.

O plantio foi efetuado 17 de dezembro de 2011, com mudas da cv. Catucaí Amarelo 2 SL compradas em viveiro do município, as quais apresentavam 6 pares de folhas verdadeiras. O espaçamento da lavoura ficou com 2,5 metros entre linhas de cultivo e 1 metro entre plantas, totalizando 4000 pl.ha^{-1}. A adubação e correção foram baseadas em resultados da análise de solo (0-20 e 20-40cm).

O adubo biológico Microgeo® foi preparado, posteriormente aplicado conforme a recomendação do fabricante, onde foi adicionado a uma solução contendo 5% de Microgeo®, 15% de esterco bovino fresco e completado a solução com água. A aplicação foi realizada nas plantas durante o plantio no mesmo dia, com calda equivalente a 300 L ha^{-1}, sendo repetida a aplicação foliar anualmente, considerando a mesma concentração.

O manejo de condução foi realizado rigorosamente seguindo as recomendações da cultura segundo Guimarães etal. (1999). Para o manejo químico de adubação e correção do solo foi realizada a recomendação conforme as análises de solo ao longo dos anos de 2014 e 2015. Para o manejo preventivo de doenças foi usado hidróxido de cobre em solução. Foram realizadas roçadas ecológicas e capina manual ao longo da linha e as plantas foram desbrotadas para condução monocaule (ortotrópico) do cafeeiro.

As avaliações do desenvolvimento vegetativo do cafeeiro foram realizadas trimestralmente nos últimos dois anos, verificando-se as características: Altura das plantas e Diâmetro de copa com avaliações fitométricas com uso de régua, Diâmetro de caule com paquímetro e contagem do Número de ramos plagiotrópicos.

As colheitas foram realizadas nos dias 19 de junho de 2014 e 18 de julho de 2015, em 5 plantas úteis de cada parcela e retirada amostras de 5 litros do volume colhido por parcela. Posteriormente, realizou-se a secagem do café até atingir umidade 12% onde,foi realizado o beneficiamento e atribuído o rendimento de peso e volume das amostras. Também foi quantificado o volume total das amostras, para descobrir por estimativa a produtividade por hectare de café.Para análise produtiva do cafeeiro analisou-se a estimativa de produtividade de cada safra separadamente e da média dos dois anos.

Os valores obtidos referentes aos dados vegetativos, a estimativa de produtividade, o rendimento e a bienalidade do cafeeiro foram submetidas à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade realizada pelo programa SISVAR 4.3 (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dados Fitométricos
Altura de Plantas

Os resultados de altura de plantas para os diferentes sistemas de implantação do cafeeiro associados à adubação biológica estão apresentados na Tabela 1.

Para a variável altura de plantas, as maiores médias observadas foram para o plantio em cova e o plantio em sulcos, se diferindo do plantio convencional na maior partes das datas avaliadas.

Ao observar a Tabela 1, verifica-se que a partir de 2013 a altura das plantas submetidas ao plantio em sulco se iguala ao sistema de implantação em covas. Sendo que as plantas implantadas em sistema convencional, na maioria das datas avaliadas, foram menores que os outros dois sistemas de implantação.

Para o tratamento com aplicação de adubo biológico observa-se que ocorreram variações de superioridade de um dos tratamentos e igualdade entre eles. Sendo que quando ocorreram diferenças, o tratamento sem adubação biológica foi superior.

Dentre os valores para interação do tipo de plantio e aplicação de adubo biológico via foliar observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Número de Ramos Plagiotrópicos

Os resultados de número de ramos plagiotrópicos para os diferentes sistemas de implantação do cafeeiro associados à adubação biológica estão apresentados na Tabela 2.

Para a variável número de ramos plagiotrópicos as maiores médias observadas foram para o plantio em cova e o plantio em sulcos, se diferindo do plantio convencional a partir de dezembro de 2014.

Ao observar a Tabela 2, verifica-se que a partir de 2013 o número de ramos plagiotrópicos submetidas ao plantio em sulco se iguala ao sistema de implantação em covas e ao sistema de plantio convencional. Sendo que as plantas implantadas em sistema convencional foram sempre menores que os outros dois sistemas de implantação a partir de dezembro de 2014.

Para a aplicação de adubo biológico observa-se que não há diferença significativa entre os tratamentos.

Dentre os valores para interação do tipo de plantio e aplicação de adubo biológico via foliar observa-se que também não houve diferença significativa entre os tratamentos.

As variáveis diâmetro de copa e diâmetro de caule não foram significativas usando o teste F durante o período avaliado.

Produtividade

Os resultados de produtividade para as safras 2014/2015 estão apresentados na Tabela 3.

Verifica-se que a maior produtividade foi obtida no plantio realizado em covas na safra 2014/2015. Ao realizar o desdobramento da adubação biológica, observou-se que não houve diferença significativa neste desdobramento. E nem entre os tratamentos com e sem a adubação biológica (Tabela 3).

O emprego de biofertilizantes orgânicos na forma líquida via solo proporciona maior deslocamento dos nutrientes necessários para as plantas (SOUZA; RESENDE, 2003) por possuir na sua composição nutrientes mais facilmente disponíveis, quando comparados a outros adubos orgânicos, podendo promover melhoria das propriedades químicas, isso porque o fornecimento de biofertilizante eleva os teores de P, Ca e Mg.

O fato da aplicação de adubo biológico não ter influenciado os resultados, pode ser devido à técnica de aplicação utilizada para o adubo biológico, que neste caso, foi foliar 3 vezes entre os meses de outubro a fevereiro, onde poderia ser efetuado no solo anualmente (SOUZA; APARECIDO; MIRANDA, 2013), ou o solo pode ter conseguido suprir a demanda de nutrientes com base nas recomendações da 5° aproximação.

TABELA 1 - Altura de plantas (m) de café em experimento de implantação de lavoura com adubação biológica. Muzambinho, MG. Safra 2014/2015 e 2015/2016.

Tipo de plantio	Set./13	Dez./13	Mar./14	Jun./14	Set./14	Dez./14	Mar./15
Cova	97,75a	1,08a	1,22a	1,32a	1,35a	1,45b	1,57a
Sulco	92,5ab	1,03a	1,21a	1,31a	1,43a	1,48a	1,59a
Convencional	89,75b	1,00b	1,15b	1,25b	1,29a	1,41c	1,51b
Teste F	0,0102*	0,0003*	0,0003*	0,0073*	0,16^{NS}	0,0005*	0,0059*
C.V.(%)	3,75	1,72	1,3	2,2	8,98	1,22	1,88
Adubo Biológico							
Com	90,58b	1,02b	1,18b	1,28a	1,37a	1,44b	1,54 a
Sem	96,08a	1,05a	1,21a	1,31a	1,34a	1,46a	1,57a
Teste F	0,0104*	0,0107*	0,0088*	0,17^{NS}	0,48^{NS}	0,46^{NS}	0,078^{NS}
C.V.(%)	2,82	1,24	1	3	8,32	4,02	1,69
Tipo de Plantio x Adubo Biológico							
Teste F	0,54 ^{NS}	0,74 ^{NS}	0,62^{NS}	0,54 ^{NS}	0,56 ^{NS}	0,91 ^{NS}	0,67 ^{NS}
C.V.(%)	8,84	9,03	6,9	6,12	13,71	5,25	5,71
DMS	1,42	0,16	0,14	0,13	0,32	0,16	0,15

Resultados expressos por Teste F e médias por Tukey. Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si (P<0,05).

*Representa diferença significativa ao nível de 5% pelo Teste F.

TABELA 2 - Número de ramos plagiotrópicos de café em experimento de implantação de lavoura com adubação biológica. Muzambinho, MG. Safra 2014/2015 e 2015/2016.

Tipo de plantio	Set./13	Dez./13	Mar./14	Jun./14	Set./14	Dez./14	Mar./15
Cova	36,75a	47,16a	55,34a	59,31a	60,60a	68,15a	75,56a
Sulco	37,50a	46,70a	55,45a	59,97a	62,36a	67,47ab	75,35ab
Convencional	38,50a	47,16a	52,95a	56,72b	62,70a	64,62b	72,70b
Teste F	0,36 ^{NS}	0,12^{NS}	0,041*	0,0156*	0,17^{NS}	0,030*	0,034*
C.V.(%)	6,05	2,79	3,08	2,76	3,34	3,09	2,43
Adubo Biológico							
Com	38,08a	46,15a	54,38a	58,43a	62,43a	66,50a	74,01a
Sem	37,08a	46,82a	54,77a	58,91a	61,34a	67,00a	75,05a
Teste F	0,17^{NS}	0,26^{NS}	0,47^{NS}	0,68^{NS}	0,23^{NS}	0,73^{NS}	0,30^{NS}
C.V.(%)	3,66	2,63	2,16	4,43	2,9	3,09	2,75
Tipo de Plantio x Adubo Biológico							
Teste F	0,053^{NS}	0,77^{NS}	0,56^{NS}	0,31^{NS}	0,67^{NS}	0,97^{NS}	0,47^{NS}
C.V.(%)	8,15	5,23	4,99	6,02	5,55	5,21	3,83
DMS	5,3	4,2	4,71	6,11	7,44	7,53	6,19

Resultados expressos por Teste F e médias por Tukey. Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si (P<0,05).

*Representa diferença significativa ao nível de 5% pelo Teste F.

TABELA 3 - Produtividade (kg ha^{-1}) de café colhido em experimento de implantação de lavoura com adubação biológica. Muzambinho, MG. Safra 2014/2015.

Adub. Biol.	Plantio			Média
	Cova	Sulco	Convencional	
Com Adub. Biol.	3320 A	2308 A	1813 A	2480,33 A
Sem Adub. Biol.	2973 A	2798 A	2254 A	2675,00 A
Média	3146,5 a	2553 ab	2033,50 b	2577,67
CVs (%)	18,57	16,0	16,96	

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

Os resultados de produtividade para as safras 2015/2016 estão apresentados nas Tabelas 4.

Observa-se na Tabela 4que não há diferença significativa entre as produtividades para o tipo de plantio na safra 2015/2016, nem entre os tratamentos com e sem a adubação biológica, e, nem ao realizar o desdobramento da adubação biológica.

O fato de não haver diferença significativa entre as produtividades para o tipo de plantio pode ser devido a estabilização da área com a terceira safra. (Tabelas 4).

Ao observar a Tabela 5, verifica-se que ao somar os valores dos dois anos agrícola, os resultados tornam-se iguais para produtividade independente do tipo de implantação do cafeeiro e do tipo de adubação utilizada.

É importante destacar que hoje, dentre muitos fatores, busca-se a redução da variação de bienalidade produtiva nas lavouras de café no decorrer das safras. Na evolução dos dados, otipo de plantio que evidência este acontecimento é o de sulcos, o qual se manteve produtivo nos dois anos com os valores de produtividades sempre mais próximos à média, como pode ser observado na Figura 1.

Ao observar a Figura 1 e as Tabelas 3, 4 e 5 verifica-se que os valores de produtividade, embora não significativos em alguns casos, não são irrelevantes para o produtor, pois na safra 2015/2016 a produção de covas comparados com o plantio convencional alcançou uma diferença de 11,35 sc/ha a favor do convencional, quando a produtividade média deste trabalho foi de 45,45 sc/ha. Isto mostra uma redução de 12,12% de produtividade em relação à média e 24,97% de diferença entre o sistema de implantação mais produtivo e o menos produtivo naquela safra.Por isso, os resultados são favoráveis ao plantio em sulco que sempre esteve próximo à produção média.

Também é importante citar que a produção estimada em sacas de café ao final de 2 anos foi de 33,89sc para plantio convencional, 42,53 sc para plantio em sulco e 52,44 sc para plantio em cova. Embora não tenha sido observada diferença significativa para produção (2014/2015) é importante mencionar que para o produtor a diferença de sc entre o tipo de implantação significa lucratividade livre de impostos para o produtor quando se trata somente do sistema de implantação.

Para Silva e Reis (2013) a bienalidade ou ciclo bienal da produção é uma característica inata do cafeeiro, que se refere à alternância anual de frutificação alta e baixa.

Ainda segundo Silva e Reis (2013) o ciclo bienal é explicado pela ocorrência simultânea em um mesmo ramo da planta das funções vegetativas e reprodutivas, de forma intercalada, o cafeeiro cresce em um ano e dá frutos no outro.

Crescimento radicular do cafeeiro e micorrizas promovem o crescimento radicular.

Na safra 2014/2015, o acúmulo de nutrientes trazidos do tipo de plantio em covas, devido ao fato de sua disponibilidade na rizosfera mostra que juntamente ao desenvolvimento vegetativo responde a sua produtividade maior. Posteriormente há uma tendência de queda e inversão de produtividade para o tipo de plantio convencional na safra 2015/2016, o que pode ser devido ao seu acúmulo de fotoassimilados durante o ano anterior em que este sistema de implantação foi menos produtivo. O que explica uma produtividade média onde se alcançou uma tendência de menor queda de produtividade nos dois anos, conhecida como bienalidade do cafeeiro.

Rendimento

Os resultados de rendimento do café colhido/beneficiado (v/p) estão apresentados nas tabelas 6 e 7.

TABELA 4 - Produtividade (kg ha^{-1}) de café colhido em experimento de implantação de lavoura com adubação biológica. Muzambinho, MG. Safra 2015/2016.

Adub. Biol.	Plantio			Média
	Cova	Sulco	Convencional	
Com Adub. Biol.	2507 A	2860 A	2734 A	2700,30 A
Sem Adub. Biol.	2248 A	2630 A	3383 A	2753,66 A
Média	2377,50 a	2745 a	3058,50 a	2727
CVs (%)	26,94	11,57	31,82	

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

TABELA 5 - Média de produtividades (kg ha^{-1}) de café colhido em experimento de implantação de lavoura com adubação biológica. Muzambinho, MG. Média das safras 2014/2015 e 2015/2016.

Adub. Biol.	Plantio			Média
	Cova	Sulco	Convencional	
Com Adub. Biol.	2913,50 A	2584 A	2273,50 A	2590,33 A
Sem Adub. Biol.	2610 A	2714 A	2818 A	2714,33 A
Média	2762 a	2649 a	2546 a	2652,33
CVs (%)	19,81	11,19	16,66	

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

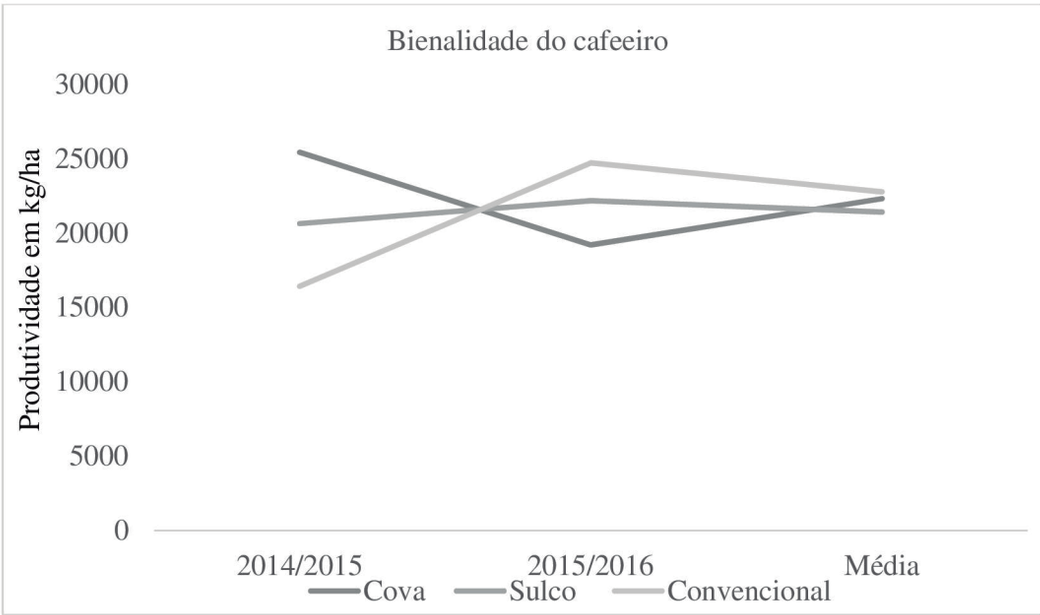


FIGURA 1 - Bienalidade para as produtividades do cafeeiro. Safras 2014/2015 e 2015/2016. Muzambinho, MG.

TABELA 6 - Rendimento (v/p) de café colhido/ beneficiado em experimento de implantação de lavoura com adubação biológica. Muzambinho, MG. Safra 2014/2015.

Adub. Biol.	Plantio			Média
	Cova	Sulco	Convencional	
Com Adub. Biol.	8,50 A	8,75 A	8,75 A	8,66 A
Sem Adub. Biol.	8,75 A	8,75 A	9,25 A	8,91 A
Média	8,625 a	8,75 a	9,00 a	8,79
CV (%)	12,06	6,97	11,13	

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

TABELA 7 - Rendimento (v/p) de café colhido/ beneficiado em experimento de implantação de lavoura com adubação biológica. Muzambinho, MG. Safra 2015/2016.

Adub. Biol.	Plantio			Média
	Cova	Sulco	Convencional	
Com Adub. Biol.	9,27 A	8,79 A	9,25 A	9,10 A
Sem Adub. Biol.	9,36 A	9,24 A	8,96 A	9,18 A
Média	9,32 a	9,01 a	9,10 a	9,14
CV (%)	5,77	1,37	4,82	

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

Para a variável rendimento observou-se que não houve diferença significativa entre as médias entre os tipos de plantio e entre os tipos de adubação ao longo das safras 2014/2015 e 2015/2016 respectivamente (Tabelas 6 e 7), porém mostrando superioridade de rendimento como apresentado no trabalho de Silva, Teodoro e Melo (2008) que foi uma média geral de 7,95 medidas de 60 litros de café da roça para umasaca de café beneficiada.

Para Huet al. (2007) e Siri-Prieto, Reveese Raper (2007) a qualidade do solo com a maior quantidade de carbono orgânico associado a melhor agregação de partículas, diminuia densidade e aumentando a infiltração de agua. Estes fatores associados ao não revolvimento do solo, como no caso, do cultivo mínimo ou plantio em covas influem em boas produtividades, ao vigor e à sanidade das plantas. Porém não influenciaram para o rendimento do café sob o sistema de implantação e a aplicação do adubo biológico.

Quando se analisa os valores relacionados aos dados fitométricos do cafeeiro juntamente com os resultados de produtividade, pode-se observar que para as plantas cultivadas sobre o tratamento de plantios em covas e sulcos proporcionam maiores médias sobre o tipo de plantio convencional nas safras de 2014/2015 e 2015/2016.

Mesquita et al. (2014), estudando a utilização de biofertilizante na produção de duas cultivares de melão conclui que o uso do produto Microgeo®, aplicado via solo, não trouxe benefícios em termos produtivos e qualitativos.

Este estudo converge com este trabalho, pois não foi observada diferença significativa entre os resultados de produção do cafeeiro nos dois anos avaliados.

Para a aplicação do adubo biológico pode-se destacar que houve algumas diferenças significativas para os dados fitométricos com o tratamento sem aplicação do produto, isso pode ser devido a técnica de aplicação que foi foliar três vezes ao ano, ao invés de aplicação no solo. Porém, a aplicação via líquida na parte aérea não afetou significativamente nos dados de produção dos dois anos e na bienalidade do cafeeiro.

Para o desdobramento de aplicação de adubo biológico dentro de cada plantio pode-se observar que houve poucas diferenças significativas nas análises fitométricas e, isto não influenciou nas interações das produtividades e bienalidade.

4 CONCLUSÕES

A adubação biológica via foliar para café é indiferente para produtividade e rendimento;

O sistema de implantação para café em covas resulta em aumento de produtividade na primeira safra de produção;

O sistema de implantação de café em sulco proporciona menor variação bienal nos primeiros anos de produção;

O tipo de plantio e a aplicação de adubo biológico não influenciam no rendimento do café.

5 REFERÊNCIAS

APARECIDO, L. E. O.; SOUZA, P. S. **Boletim climático n° 30**.Muzambinho: IF Sul de Minas,2015. Disponível em:<http://www.muz.ifsuldeminas.edu.br/images/stories/PDF/2015/10/Boletim_Clima_Setembro_2015PRONTO.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2015.

BELLINI, G.; SCHMIDT FILHO, E.;MORESKI, H. M. Influência da aplicação de um fertilizante biológico sobre alguns atributos físicos e químicos de solo de uma área cultivada com arroz (Oriza sativa). **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá,v.6, n.2, p. 325-336, maio/ago. 2013.

BERGAMASCHI, H. et al. Intercepted solar radiation by maize crops subjected to different tillage systems and water availability levels.**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, p. 13311341, 2010.

CARVALHO, J.F. et al. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina.**Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 256-263, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira café safra 2015:** terceira estimativa, setembro/2015. Brasília, 2015.

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

GALBIATTI, J.A. et al.Efeitos de diferentes dose e época de aplicação de efluente de biodigestor e da adubação mineral em feijoeiro-comum (*Phaseolusvulgaris*L.) submetido a duas lâminas de água por meio de irrigação por sulco.**Científica**,Jaboticabal, v.24, n.1, p.63-74, 1996.

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

HU, Z.et al.Influence of Conservation Tillage on soil aggregates features in North China plain. **Agricultural Sciences in China**, Beijing, v.6, n.9, p.1099-1106, 2007.

LISBOA, B. B.et al.Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 33-43, 2012.

MESQUITA, A.C.et al. Utilização de biofertilizante na produção de duas cultivares de melão.**Revista SODEBRAS**,Guaratinguetá, v.9,n.107,p. 52-55, nov. 2014.

MONTANARI, R.et al. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho correlacionados linear e espacialmente com a consorciação de guandu com milheto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.1, p. 125-135, 2012.

PERES, J. G.; SOUZA, C.F.; LAVORENTI, N.A. Avaliação dos efeitos da cobertura de palha de cana de açúcar na umidade e na perda de água no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal,v. 30, n. 5, p. 875-886, 2010.

SÁ JUNIOR, A.et al.Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **TheoreticalandAppliedClimatology**,Vienna,v.108, p.1-7, 2012.

SILVA, B.A. de O.; REIS, E.A. dos. A bienalidade da cafeicultura e o resultado econômico da estocagem. **Custos e @gronegócioOn line**, Uberlândia, v. 9, n. 3,p. 2-26, jul./set. 2013.

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

SIRI-PRIETO, G.; REVEES, D.W.; RAPER, R.L. Tillage systems for a cotton-peanut rotation with winter-annual grazing: Impacts on soil carbon, nitrogen and physical properties. **Soil&TillageResearch**, Amsterdam, v. 96, p. 260-268, 2007.

SOUZA, I.T.; APARECIDO, L.E.; MIRANDA, G.R.B. Efeito da adubação biológica sobre a produtividade do cafeeiro em diferentes tipos de preparo do solo. In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 5.;SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS, 2., 2013, Inconfidentes. **Anais...** Inconfidentes, 2013.1 CD-ROM.

SOUZA, J.L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003.

THORNTWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate.**Geographical Review**, New York, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

USO DE BIOFERTILIZANTE ASSOCIADO A DIFERENTES FORMAS DE PLANTIO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO CAFEEIRO ARÁBICA

Lucas Henrique Figueiredo[1], Gustavo Rabelo Botrel Miranda[2], Paulo Márcio Faria Vilella[3]

(Recebido: 27 de setembro de 2016; aceito: 08 de março de 2017)

RESUMO Objetivou-se avaliar o desenvolvimento vegetativo, a produtividade e o rendimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) ao decorrer das safras 2014/2015 e 2015/2016 implantado nos sistemas de plantio em cova, cultivo mínimo e convencional, bem como avaliar a bienalidade de produtividade do cafeeiro no decorrer dos dois anos. Tais sistemas de plantio foram associados ao uso ou não, de adubação biológica líquida via foliar e,como parâmetro avaliou-se altura de plantas, diâmetro de caule, diâmetro de copa, número de ramos plagiotrópicos como desenvolvimento vegetativo; produtividade das safras, rendimento de produção e bienalidade.Como resultados, não houve diferença estatística para rendimento entre os tipos de plantio e a aplicação de adubo biológico via foliar, para a safra de 2014/2015 e 2015/2016. Houve diferença estatística para o tipo de plantio, sendo que o de covas sobressaiu aos demais. Para a bienalidade de produtividade do cafeeiro o plantio que mais se adequou foi o de sulcos.

Termos para indexação: *Coffea arabica* L., Microgeo®, Implantação, Bienalidade.

BIOFERTILIZER USE ASSOCIATED WITH DIFFERENT FORMS OF PLANTING IN THE DEVELOPMENT OF THE INITIAL COFFEE ARABIC

ABSTRACT:*The objective was to evaluate the vegetative development, productivity and income of the coffee the course of the seasons 2014/2015 and 2015/2016 deployed in cropping systems in the pit, planting in no-till and conventional tillage and evaluate the coffee yield of the biennial during the two years, planting systems have been associated with the use or not of liquid organic foliar fertilizer, and, as a parameter we evaluated plant height, stem diameter, crown diameter, number of reproductive branches as vegetative development; crop yields, production and biennial performance, and as a resulted there was no statistical difference in performance between the types of planting and the application of biological fertilizer foliar, for the harvest of 2014/2015 and 2015/2016; was no statistical difference for the type of planting which the pits excelled the other; for coffee yield of biennial planting that best suited was the grooves.*

Index terms: *CoffeaarabicaL., Microgeo®, Implantation, Biannuality.*

1 INTRODUÇÃO

A produção brasileira de café da safra 2015 foi estimada em 42,14 milhões de sacas de 60 quilos do produto beneficiado, sendo a produção de Minas Gerais estimada em 21,86 milhões de sacas, destacando o Sul de Minas com produção em torno de 10,25 milhões de sacas. Entretanto esta região cafeeira detém uma quantidade muito alta de agricultores familiares, onde em muitas propriedades impossibilitam implantar o recurso da mecanização agrícola, por isso, essa atividade torna-se responsável por empregar milhões de brasileiros (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB, 2015).

Ao utilizar os implementos agrícolas no preparo do solo para plantio de cafeeiro ocorrem diversas alterações, nas suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Cada implemento agrícola trabalha o solo de maneira própria, alterando de maneira diferenciada estas propriedades.

Os sistemas de preparo do solo causam modificação em sua estrutura física quando o solo é exposto ao preparo intensivo (CARVALHO et al., 2011), podendo ocasionar aumento na densidade e, como consequência, alterações em outros atributos físicos, tais como: porosidade, retenção de água, aeração e a resistência do solo à penetração de raízes (MONTANARI et al., 2012). Tais alterações promovem perdas na taxa de crescimento e na expansão de área foliar, devido às condições adversas de formação do sistema radicular (BERGAMASCHI et al., 2010).

No plantio convencional, o revolvimento do solo permite o rompimento dos agregados, além de promover maior contato entre os resíduos vegetais e o solo. Esses fatores estimulam, temporariamente, a microbiota a degradar a matéria orgânica do solo (LISBOA et al., 2012).

Por outro lado, no plantio direto não há o preparo prévio do solo na área de cultivo, sendo o plantio feito sobre a palha deixada pelas

[1,2,3]Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - Campus Muzambinho/IFSULDEMINAS - Estrada de Muzambinho, Km 35 - Bairro Morro Preto - Cx. Postal 02 - 37.890-000- Muzambinho - MG - lucaslhf64@gmail.com, grbmiranda@gmail.com, paulomarcio94@hotmail.com

culturas anteriores e pelas ervas daninhas, com essa característica, as perdas por evaporação são menores em comparação com solos sem cobertura vegetal, promovendo um ambiente mais adequado ao estabelecimento da cultura (PERES; SOUZA; LAVORENTI, 2010). Pode-se definir plantio direto como a semeadura que deposita a semente e o fertilizante diretamente ao solo, permanecendo o restante da superfície sem mobilização, em contraste com outros sistemas em que a mobilização é feita parcialmente ou em toda a área. No entanto este termo "plantio direto" não é muito usual para o cafeeiro, sendo mais apropriado o termo "plantio em covas".

No entanto, o cultivo mínimo é um sistema de cultivo que está situado entre o sistema de cultivo convencional e o sistema de plantio em covas. Este tipo de preparo do solo propicia a manutenção mínima, porém necessária dos resíduos na superfície da área preparada. Desta forma, o equipamento em uso realiza as operações de corte dos resíduos, sulcamento, adubação e plantio em uma mínima superfície possível.

Em qualquer tipo de implantação de cafeeiro, o uso dos biofertilizantes contribui para melhoria física e promove a produção de substâncias húmicas que exercem expressiva importância na fertilidade do solo com reflexos positivos na produção (GALBIATTI et al., 1996) ou sobre aspectos relacionados à fertilidade do solo e nutrição de plantas.

De acordo com Bellini, Schmidt Filho e Moreski (2013) estudando a influência da aplicação de um fertilizante biológico (Microgeo®) na cultura do arroz via solo, melhorou atributos físicos e químicos e percebeu-se a influencia na manutenção do pH.

Diante do exposto, o objetivo neste trabalho foi avaliar o desenvolvimento vegetativo através de medições fitométricas, a produção de primeira e de segunda safra, a bienalidade da produtividade das safras do cafeeiro e o rendimento de café submetidas à diferentes sistemas de implantação associados ao uso de adubação biológica líquida foliar.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho, situado à latitude de 21º20'54,19"S, longitude de 46º31'36,22"W e altitude de 1014 metros. O clima da região segundo Thornthwaite (1948) é B4rB'2a, e em relação a Köppen a classificação climática é Cwb "tropical de altitude" (SÁ JÚNIOR et al., 2012) com temperaturas médias anuais variando em torno de 20ºC e precipitação média anual de 1605 milímetros (APARECIDO; SOUZA, 2015).

O experimento foi conduzido no delineamento de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial com parcelas subdivididas no tempo em três (3) faixas de plantio como tratamentos (covas, convencional e cultivo mínimo) com dois (2) tipos de adubação (adubação convencional e adubação convencional + adubação biológica) distribuídos em quatro (4) blocos, sendo as parcelas constituídas de três (3) linhas de nove (9) plantas cada, perfazendo um total de vinte e sete (27) plantas por parcela, sendo vinte e duas (22) plantas de bordadura e cinco (5) plantas na área útil. O experimento tem um total de 648 plantas.

O plantio foi efetuado 17 de dezembro de 2011, com mudas da cv. Catucaí Amarelo 2 SL compradas em viveiro do município, as quais apresentavam 6 pares de folhas verdadeiras. O espaçamento da lavoura ficou com 2,5 metros entre linhas de cultivo e 1 metro entre plantas, totalizando 4000 pl.ha^{-1}. A adubação e correção foram baseadas em resultados da análise de solo (0-20 e 20-40cm).

O adubo biológico Microgeo® foi preparado, posteriormente aplicado conforme a recomendação do fabricante, onde foi adicionado a uma solução contendo 5% de Microgeo®, 15% de esterco bovino fresco e completado a solução com água. A aplicação foi realizada nas plantas durante o plantio no mesmo dia, com calda equivalente a 300 L ha^{-1}, sendo repetida a aplicação foliar anualmente, considerando a mesma concentração.

O manejo de condução foi realizado rigorosamente seguindo as recomendações da cultura segundo Guimarães etal. (1999). Para o manejo químico de adubação e correção do solo foi realizada a recomendação conforme as análises de solo ao longo dos anos de 2014 e 2015. Para o manejo preventivo de doenças foi usado hidróxido de cobre em solução. Foram realizadas roçadas ecológicas e capina manual ao longo da linha e as plantas foram desbrotadas para condução monocaule (ortotrópico) do cafeeiro.

As avaliações do desenvolvimento vegetativo do cafeeiro foram realizadas trimestralmente nos últimos dois anos, verificando-se as características: Altura das plantas e Diâmetro de copa com avaliações fitométricas com uso de régua, Diâmetro de caule com paquímetro e contagem do Número de ramos plagiotrópicos.

As colheitas foram realizadas nos dias 19 de junho de 2014 e 18 de julho de 2015, em 5 plantas úteis de cada parcela e retirada amostras de 5 litros do volume colhido por parcela. Posteriormente, realizou-se a secagem do café até atingir umidade 12% onde,foi realizado o beneficiamento e atribuído o rendimento de peso e volume das amostras. Também foi quantificado o volume total das amostras, para descobrir por estimativa a produtividade por hectare de café.Para análise produtiva do cafeeiro analisou-se a estimativa de produtividade de cada safra separadamente e da média dos dois anos.

Os valores obtidos referentes aos dados vegetativos, a estimativa de produtividade, o rendimento e a bienalidade do cafeeiro foram submetidas à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade realizada pelo programa SISVAR 4.3 (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dados Fitométricos
Altura de Plantas

Os resultados de altura de plantas para os diferentes sistemas de implantação do cafeeiro associados à adubação biológica estão apresentados na Tabela 1.

Para a variável altura de plantas, as maiores médias observadas foram para o plantio em cova e o plantio em sulcos, se diferindo do plantio convencional na maior partes das datas avaliadas.

Ao observar a Tabela 1, verifica-se que a partir de 2013 a altura das plantas submetidas ao plantio em sulco se iguala ao sistema de implantação em covas. Sendo que as plantas implantadas em sistema convencional, na maioria das datas avaliadas, foram menores que os outros dois sistemas de implantação.

Para o tratamento com aplicação de adubo biológico observa-se que ocorreram variações de superioridade de um dos tratamentos e igualdade entre eles. Sendo que quando ocorreram diferenças, o tratamento sem adubação biológica foi superior.

Dentre os valores para interação do tipo de plantio e aplicação de adubo biológico via foliar observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Número de Ramos Plagiotrópicos

Os resultados de número de ramos plagiotrópicos para os diferentes sistemas de implantação do cafeeiro associados à adubação biológica estão apresentados na Tabela 2.

Para a variável número de ramos plagiotrópicos as maiores médias observadas foram para o plantio em cova e o plantio em sulcos, se diferindo do plantio convencional a partir de dezembro de 2014.

Ao observar a Tabela 2, verifica-se que a partir de 2013 o número de ramos plagiotrópicos submetidas ao plantio em sulco se iguala ao sistema de implantação em covas e ao sistema de plantio convencional. Sendo que as plantas implantadas em sistema convencional foram sempre menores que os outros dois sistemas de implantação a partir de dezembro de 2014.

Para a aplicação de adubo biológico observa-se que não há diferença significativa entre os tratamentos.

Dentre os valores para interação do tipo de plantio e aplicação de adubo biológico via foliar observa-se que também não houve diferença significativa entre os tratamentos.

As variáveis diâmetro de copa e diâmetro de caule não foram significativas usando o teste F durante o período avaliado.

Produtividade

Os resultados de produtividade para as safras 2014/2015 estão apresentados na Tabela 3.

Verifica-se que a maior produtividade foi obtida no plantio realizado em covas na safra 2014/2015. Ao realizar o desdobramento da adubação biológica, observou-se que não houve diferença significativa neste desdobramento. E nem entre os tratamentos com e sem a adubação biológica (Tabela 3).

O emprego de biofertilizantes orgânicos na forma líquida via solo proporciona maior deslocamento dos nutrientes necessários para as plantas (SOUZA; RESENDE, 2003) por possuir na sua composição nutrientes mais facilmente disponíveis, quando comparados a outros adubos orgânicos, podendo promover melhoria das propriedades químicas, isso porque o fornecimento de biofertilizante eleva os teores de P, Ca e Mg.

O fato da aplicação de adubo biológico não ter influenciado os resultados, pode ser devido à técnica de aplicação utilizada para o adubo biológico, que neste caso, foi foliar 3 vezes entre os meses de outubro a fevereiro, onde poderia ser efetuado no solo anualmente (SOUZA; APARECIDO; MIRANDA, 2013), ou o solo pode ter conseguido suprir a demanda de nutrientes com base nas recomendações da 5° aproximação.

TABELA 1 - Altura de plantas (m) de café em experimento de implantação de lavoura com adubação biológica. Muzambinho, MG. Safra 2014/2015 e 2015/2016.

Tipo de plantio	Set./13	Dez./13	Mar./14	Jun./14	Set./14	Dez./14	Mar./15
Cova	97,75a	1,08a	1,22a	1,32a	1,35a	1,45b	1,57a
Sulco	92,5ab	1,03a	1,21a	1,31a	1,43a	1,48a	1,59a
Convencional	89,75b	1,00b	1,15b	1,25b	1,29a	1,41c	1,51b
Teste F	0,0102*	0,0003*	0,0003*	0,0073*	0,16^{NS}	0,0005*	0,0059*
C.V.(%)	3,75	1,72	1,3	2,2	8,98	1,22	1,88
Adubo Biológico							
Com	90,58b	1,02b	1,18b	1,28a	1,37a	1,44b	1,54 a
Sem	96,08a	1,05a	1,21a	1,31a	1,34a	1,46a	1,57a
Teste F	0,0104*	0,0107*	0,0088*	0,17^{NS}	0,48^{NS}	0,46^{NS}	0,078^{NS}
C.V.(%)	2,82	1,24	1	3	8,32	4,02	1,69
Tipo de Plantio x Adubo Biológico							
Teste F	0,54 ^{NS}	0,74 ^{NS}	0,62^{NS}	0,54 ^{NS}	0,56 ^{NS}	0,91 ^{NS}	0,67 ^{NS}
C.V.(%)	8,84	9,03	6,9	6,12	13,71	5,25	5,71
DMS	1,42	0,16	0,14	0,13	0,32	0,16	0,15

Resultados expressos por Teste F e médias por Tukey. Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si (P<0,05).

*Representa diferença significativa ao nível de 5% pelo Teste F.

TABELA 2 - Número de ramos plagiotrópicos de café em experimento de implantação de lavoura com adubação biológica. Muzambinho, MG. Safra 2014/2015 e 2015/2016.

Tipo de plantio	Set./13	Dez./13	Mar./14	Jun./14	Set./14	Dez./14	Mar./15
Cova	36,75a	47,16a	55,34a	59,31a	60,60a	68,15a	75,56a
Sulco	37,50a	46,70a	55,45a	59,97a	62,36a	67,47ab	75,35ab
Convencional	38,50a	47,16a	52,95a	56,72b	62,70a	64,62b	72,70b
Teste F	0,36 ^{NS}	0,12^{NS}	0,041*	0,0156*	0,17^{NS}	0,030*	0,034*
C.V.(%)	6,05	2,79	3,08	2,76	3,34	3,09	2,43
Adubo Biológico							
Com	38,08a	46,15a	54,38a	58,43a	62,43a	66,50a	74,01a
Sem	37,08a	46,82a	54,77a	58,91a	61,34a	67,00a	75,05a
Teste F	0,17^{NS}	0,26^{NS}	0,47^{NS}	0,68^{NS}	0,23^{NS}	0,73^{NS}	0,30^{NS}
C.V.(%)	3,66	2,63	2,16	4,43	2,9	3,09	2,75
Tipo de Plantio x Adubo Biológico							
Teste F	0,053^{NS}	0,77^{NS}	0,56^{NS}	0,31^{NS}	0,67^{NS}	0,97^{NS}	0,47^{NS}
C.V.(%)	8,15	5,23	4,99	6,02	5,55	5,21	3,83
DMS	5,3	4,2	4,71	6,11	7,44	7,53	6,19

Resultados expressos por Teste F e médias por Tukey. Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si (P<0,05).

*Representa diferença significativa ao nível de 5% pelo Teste F.

TABELA 3 - Produtividade (kg ha^{-1}) de café colhido em experimento de implantação de lavoura com adubação biológica. Muzambinho, MG. Safra 2014/2015.

Adub. Biol.	Plantio			Média
	Cova	Sulco	Convencional	
Com Adub. Biol.	3320 A	2308 A	1813 A	2480,33 A
Sem Adub. Biol.	2973 A	2798 A	2254 A	2675,00 A
Média	3146,5 a	2553 ab	2033,50 b	2577,67
CVs (%)	18,57	16,0	16,96	

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

Os resultados de produtividade para as safras 2015/2016 estão apresentados nas Tabelas 4.

Observa-se na Tabela 4que não há diferença significativa entre as produtividades para o tipo de plantio na safra 2015/2016, nem entre os tratamentos com e sem a adubação biológica, e, nem ao realizar o desdobramento da adubação biológica.

O fato de não haver diferença significativa entre as produtividades para o tipo de plantio pode ser devido a estabilização da área com a terceira safra. (Tabelas 4).

Ao observar a Tabela 5, verifica-se que ao somar os valores dos dois anos agrícola, os resultados tornam-se iguais para produtividade independente do tipo de implantação do cafeeiro e do tipo de adubação utilizada.

É importante destacar que hoje, dentre muitos fatores, busca-se a redução da variação de bienalidade produtiva nas lavouras de café no decorrer das safras. Na evolução dos dados, otipo de plantio que evidência este acontecimento é o de sulcos, o qual se manteve produtivo nos dois anos com os valores de produtividades sempre mais próximos à média, como pode ser observado na Figura 1.

Ao observar a Figura 1 e as Tabelas 3, 4 e 5 verifica-se que os valores de produtividade, embora não significativos em alguns casos, não são irrelevantes para o produtor, pois na safra 2015/2016 a produção de covas comparados com o plantio convencional alcançou uma diferença de 11,35 sc/ha a favor do convencional, quando a produtividade média deste trabalho foi de 45,45 sc/ha. Isto mostra uma redução de 12,12% de produtividade em relação à média e 24,97% de diferença entre o sistema de implantação mais produtivo e o menos produtivo naquela safra.Por isso, os resultados são favoráveis ao plantio em sulco que sempre esteve próximo à produção média.

Também é importante citar que a produção estimada em sacas de café ao final de 2 anos foi de 33,89sc para plantio convencional, 42,53 sc para plantio em sulco e 52,44 sc para plantio em cova. Embora não tenha sido observada diferença significativa para produção (2014/2015) é importante mencionar que para o produtor a diferença de sc entre o tipo de implantação significa lucratividade livre de impostos para o produtor quando se trata somente do sistema de implantação.

Para Silva e Reis (2013) a bienalidade ou ciclo bienal da produção é uma característica inata do cafeeiro, que se refere à alternância anual de frutificação alta e baixa.

Ainda segundo Silva e Reis (2013) o ciclo bienal é explicado pela ocorrência simultânea em um mesmo ramo da planta das funções vegetativas e reprodutivas, de forma intercalada, o cafeeiro cresce em um ano e dá frutos no outro.

Crescimento radicular do cafeeiro e micorrizas promovem o crescimento radicular.

Na safra 2014/2015, o acúmulo de nutrientes trazidos do tipo de plantio em covas, devido ao fato de sua disponibilidade na rizosfera mostra que juntamente ao desenvolvimento vegetativo responde a sua produtividade maior. Posteriormente há uma tendência de queda e inversão de produtividade para o tipo de plantio convencional na safra 2015/2016, o que pode ser devido ao seu acúmulo de fotoassimilados durante o ano anterior em que este sistema de implantação foi menos produtivo. O que explica uma produtividade média onde se alcançou uma tendência de menor queda de produtividade nos dois anos, conhecida como bienalidade do cafeeiro.

Rendimento

Os resultados de rendimento do café colhido/beneficiado (v/p) estão apresentados nas tabelas 6 e 7.

TABELA 4 - Produtividade (kg ha^{-1}) de café colhido em experimento de implantação de lavoura com adubação biológica. Muzambinho, MG. Safra 2015/2016.

Adub. Biol.	Plantio			Média
	Cova	Sulco	Convencional	
Com Adub. Biol.	2507 A	2860 A	2734 A	2700,30 A
Sem Adub. Biol.	2248 A	2630 A	3383 A	2753,66 A
Média	2377,50 a	2745 a	3058,50 a	2727
CVs (%)	26,94	11,57	31,82	

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

TABELA 5 - Média de produtividades (kg ha^{-1}) de café colhido em experimento de implantação de lavoura com adubação biológica. Muzambinho, MG. Média das safras 2014/2015 e 2015/2016.

Adub. Biol.	Plantio			Média
	Cova	Sulco	Convencional	
Com Adub. Biol.	2913,50 A	2584 A	2273,50 A	2590,33 A
Sem Adub. Biol.	2610 A	2714 A	2818 A	2714,33 A
Média	2762 a	2649 a	2546 a	2652,33
CVs (%)	19,81	11,19	16,66	

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

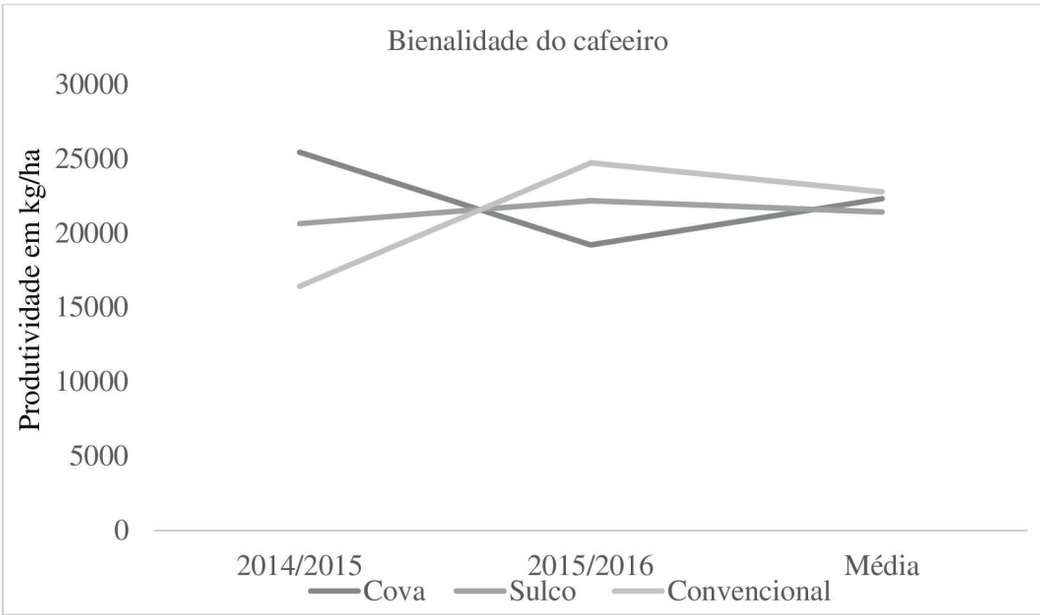


FIGURA 1 - Bienalidade para as produtividades do cafeeiro. Safras 2014/2015 e 2015/2016. Muzambinho, MG.

TABELA 6 - Rendimento (v/p) de café colhido/ beneficiado em experimento de implantação de lavoura com adubação biológica. Muzambinho, MG. Safra 2014/2015.

Adub. Biol.	Plantio			Média
	Cova	Sulco	Convencional	
Com Adub. Biol.	8,50 A	8,75 A	8,75 A	8,66 A
Sem Adub. Biol.	8,75 A	8,75 A	9,25 A	8,91 A
Média	8,625 a	8,75 a	9,00 a	8,79
CV (%)	12,06	6,97	11,13	

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

TABELA 7 - Rendimento (v/p) de café colhido/ beneficiado em experimento de implantação de lavoura com adubação biológica. Muzambinho, MG. Safra 2015/2016.

Adub. Biol.	Plantio			Média
	Cova	Sulco	Convencional	
Com Adub. Biol.	9,27 A	8,79 A	9,25 A	9,10 A
Sem Adub. Biol.	9,36 A	9,24 A	8,96 A	9,18 A
Média	9,32 a	9,01 a	9,10 a	9,14
CV (%)	5,77	1,37	4,82	

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

Para a variável rendimento observou-se que não houve diferença significativa entre as médias entre os tipos de plantio e entre os tipos de adubação ao longo das safras 2014/2015 e 2015/2016 respectivamente (Tabelas 6 e 7), porém mostrando superioridade de rendimento como apresentado no trabalho de Silva, Teodoro e Melo (2008) que foi uma média geral de 7,95 medidas de 60 litros de café da roça para umasaca de café beneficiada.

Para Huet al. (2007) e Siri-Prieto, Reveese Raper (2007) a qualidade do solo com a maior quantidade de carbono orgânico associado a melhor agregação de partículas, diminuia densidade e aumentando a infiltração de agua. Estes fatores associados ao não revolvimento do solo, como no caso, do cultivo mínimo ou plantio em covas influem em boas produtividades, ao vigor e à sanidade das plantas. Porém não influenciaram para o rendimento do café sob o sistema de implantação e a aplicação do adubo biológico.

Quando se analisa os valores relacionados aos dados fitométricos do cafeeiro juntamente com os resultados de produtividade, pode-se observar que para as plantas cultivadas sobre o tratamento de plantios em covas e sulcos proporcionam maiores médias sobre o tipo de plantio convencional nas safras de 2014/2015 e 2015/2016.

Mesquita et al. (2014), estudando a utilização de biofertilizante na produção de duas cultivares de melão conclui que o uso do produto Microgeo®, aplicado via solo, não trouxe benefícios em termos produtivos e qualitativos.

Este estudo converge com este trabalho, pois não foi observada diferença significativa entre os resultados de produção do cafeeiro nos dois anos avaliados.

Para a aplicação do adubo biológico pode-se destacar que houve algumas diferenças significativas para os dados fitométricos com o tratamento sem aplicação do produto, isso pode ser devido a técnica de aplicação que foi foliar três vezes ao ano, ao invés de aplicação no solo. Porém, a aplicação via líquida na parte aérea não afetou significativamente nos dados de produção dos dois anos e na bienalidade do cafeeiro.

Para o desdobramento de aplicação de adubo biológico dentro de cada plantio pode-se observar que houve poucas diferenças significativas nas análises fitométricas e, isto não influenciou nas interações das produtividades e bienalidade.

4 CONCLUSÕES

A adubação biológica via foliar para café é indiferente para produtividade e rendimento;

O sistema de implantação para café em covas resulta em aumento de produtividade na primeira safra de produção;

O sistema de implantação de café em sulco proporciona menor variação bienal nos primeiros anos de produção;

O tipo de plantio e a aplicação de adubo biológico não influenciam no rendimento do café.

5 REFERÊNCIAS

APARECIDO, L. E. O.; SOUZA, P. S. **Boletim climático n° 30**.Muzambinho: IF Sul de Minas,2015. Disponível em:<http://www.muz.ifsuldeminas.edu.br/images/stories/PDF/2015/10/Boletim_Clima_Setembro_2015PRONTO.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2015.

BELLINI, G.; SCHMIDT FILHO, E.;MORESKI, H. M. Influência da aplicação de um fertilizante biológico sobre alguns atributos físicos e químicos de solo de uma área cultivada com arroz (Oriza sativa). **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá,v.6, n.2, p. 325-336, maio/ago. 2013.

BERGAMASCHI, H. et al. Intercepted solar radiation by maize crops subjected to different tillage systems and water availability levels.**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, p. 13311341, 2010.

CARVALHO, J.F. et al. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina.**Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 256-263, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira café safra 2015:** terceira estimativa, setembro/2015. Brasília, 2015.

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

GALBIATTI, J.A. et al.Efeitos de diferentes dose e época de aplicação de efluente de biodigestor e da adubação mineral em feijoeiro-comum (*Phaseolusvulgaris*L.) submetido a duas lâminas de água por meio de irrigação por sulco.**Científica**,Jaboticabal, v.24, n.1, p.63-74, 1996.

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

HU, Z.et al.Influence of Conservation Tillage on soil aggregates features in North China plain. **Agricultural Sciences in China**, Beijing, v.6, n.9, p.1099-1106, 2007.

LISBOA, B. B.et al.Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 33-43, 2012.

MESQUITA, A.C.et al. Utilização de biofertilizante na produção de duas cultivares de melão.**Revista SODEBRAS**,Guaratinguetá, v.9,n.107,p. 52-55, nov. 2014.

MONTANARI, R.et al. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho correlacionados linear e espacialmente com a consorciação de guandu com milheto. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.1, p. 125-135, 2012.

PERES, J. G.; SOUZA, C.F.; LAVORENTI, N.A. Avaliação dos efeitos da cobertura de palha de cana de açúcar na umidade e na perda de água no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal,v. 30, n. 5, p. 875-886, 2010.

SÁ JUNIOR, A.et al.Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **TheoreticalandAppliedClimatology**,Vienna,v.108, p.1-7, 2012.

SILVA, B.A. de O.; REIS, E.A. dos. A bienalidade da cafeicultura e o resultado econômico da estocagem. **Custos e @gronegócioOn line**, Uberlândia, v. 9, n. 3,p. 2-26, jul./set. 2013.

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

SIRI-PRIETO, G.; REVEES, D.W.; RAPER, R.L. Tillage systems for a cotton-peanut rotation with winter-annual grazing: Impacts on soil carbon, nitrogen and physical properties. **Soil&TillageResearch**, Amsterdam, v. 96, p. 260-268, 2007.

SOUZA, I.T.; APARECIDO, L.E.; MIRANDA, G.R.B. Efeito da adubação biológica sobre a produtividade do cafeeiro em diferentes tipos de preparo do solo. In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 5.;SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS, 2., 2013, Inconfidentes. **Anais...** Inconfidentes, 2013.1 CD-ROM.

SOUZA, J.L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003.

THORNTWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate.**Geographical Review**, New York, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

USO DA GEOESTATÍSTICA NO MANEJO SUSTENTÁVEL DE NEMATOIDES DE GALHAS DO CAFEEIRO

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

(Recebido: 04 de outubro de 2016; aceito: 31 de janeiro de 2017)

RESUMO: Os fitonematoides são uma das principais causas de perdas na cafeicultura. Este trabalho teve por objetivo usar a geoestatística como ferramenta de mapeamento espacial dos fitonematoides, buscando assim o manejo sustentável destes nas propriedades. O experimento foi realizado na fazenda Brasil que possui 65 ha de cafeeiro arábica (*Coffea arábica* L.), localizada no município de Araguari-MG, cujas coordenadas geográficas da sede são: 18°32'55.99"S, 48°24'10.46"O. Foi utilizada uma malha aleatória estratificada de um ponto por hectare, totalizando 65 pontos. A espécie de fitonematoide identificada foi a *Meloidoigyne exigua*, que foi avaliada quanto à probabilidade de infestação na área e quanto ao seu linear de dano econômico, por meio de *krigagem* indicadora. Constatou-se que os modelos geoestatísticos foram apropriados para descrever o comportamento espacial dos fitonematoides. Foi possível, ainda, visualizar os maiores riscos de infestações e as áreas livres de infestação, possibilitando assim o planejamento das atividades da propriedade a fim de evitar o aumento da infestação na área e também direcionar a aplicação de insumos (químicos ou biológicos) nas áreas onde seria necessário o controle.

Termos para indexação: Planejamento controle de nematoides, mapeamento de nematoides, cafeicultura sustentável, *Meloidoigyne exigua.*

USE OF GEOSTATISTICS SUSTAINABLE MANAGEMENT OF GALLS NEMATOIDES OF COFFEE TREE

ABSTRACT: *Phytonematoids are one of the main causes of losses in coffee cultivation. This work aimed to use geostatistics as a tool for spatial mapping of phytonematoids, thus seeking the sustainable management of these in the properties. The experiment was carried out at farm Brasil, which has 65 ha of arabica coffee (Coffea arabica L.), located in the municipality of Araguari-MG, whose geographical coordinates of the headquarters are: 18 ° 32'55.99 "S, 48 ° 24'10.46" W. A non-systematic mesh of one point per hectare was used, totaling 65 points. The species of phytonematoids identified was Meloidoigyne exigua, which were evaluated for the probability of infestation in the area and its linear economic damage, through indicator kriging. It was verified that the geostatistical models were appropriate to describe the spatial behavior of the phytonematoids. It was also possible to visualize the greater risks of infestations and infestation-free areas, thus allowing the planning of the activities of the property in order to avoid the increase of infestation in the area and also to direct the application of inputs (chemical or biological) Areas where control would be required.*

Index terms: *Planning control nematodes, mapping nematodes, sustainable coffee growing, Meloidoigyne exigua.*

1 INTRODUÇÃO

A importância da cafeicultura no contexto econômico e ambiental brasileiro está na sua magnitude, pois ocupa uma área de mais de 2,2 milhões de hectares cultivados no país, sendo que destes, 78,5% são de cafeeiro arábica. O Brasil no ano de 2015 movimentou com aexportação de café mais de US$ 5.555 milhões, sendo que o café foi o terceiro produto agrícola nos valores de exportação, ficando atrás apenas da carne de frango e do complexo-soja (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2016). Para destacar a importância da cafeicultura no contexto ambiental, a sua área é maior que todo o território do estado Sergipe, que possui 2.1 milhões de hectares, por exemplo.

Segundo Silva et al. (2007) os fitonematoides estão em destaque entre as piores pragas do cafeeiro no país. As espécies mais disseminadas pertencem aos gêneros *Meloidogyne* spp. (nematoide das galhas) e *Pratylenchus* spp. (nematoide das lesões). O nematoide *Meloidogyne exigua*, representa um sério problema para a cafeicultura, pois constitui um fator limitante para a obtenção de alta produtividade em cafeeiros do tipo arábica (BARBOSA et al., 2004; CAMPOS; VILLAIN, 2005). Esta espécie pode causar perdas na produtividade da ordem de 45 % em cafezais, conforme descrito por Barbosa et al. (2004) em estudo no noroeste do estado do Rio de Janeiro. Os autores ainda relatam que é necessário considerar as perdas indiretas causadas pelo parasitismo dos fitonematoides como a menor tolerância ao frio e à

[1]Universidade Federal de Uberlândia/UFU - Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG/UFU)- Rua Manoel Camargo da Cruz, 78 -103 A - 38.408-084 - Uberlândia -MG- almeidalean26@gmail.com
[2]Universidade Federal de Uberlândia/UFU- Faculdade de Matemática (FAMAT/UFU) - Campus Santa Mônica - Bloco 1F, Sala 1F120 - Av. João Naves de Ávila, 2121- 38.408-100 - Uberlândia - MG- ecg@ufu.br

seca e a perda parcial na eficiência de utilização de alguns insumos, principalmente os fertilizantes.

Castro et al. (2008) realizaram o levantamento de fitonematoides em cafezais do sul de Minas Gerais, e relataram que o *M. exígua* está presente em 95 % do municípios amostrados. Silva et al. (2006) relatam que embora o *M. exigua,* não seja a espécie mais agressiva entre as espécies de nematoides das galhas, ela é a que causa maior dano, devido à sua grande disseminação no território nacional.

A geoestatística é uma ferramenta muito útil na elaboração de estratégias de controle dos fitonematoides permitindo subsidiar de maneira muito precisa todo o processo de planejamento e tomada de decisões na gestão técnica e ambiental das propriedades contribuindo para a conservação e ou recuperação do meio ambiente (LONG et al., 2014). A geoestatística tem sido utilizada, ainda, como importante ferramenta de análise dos dados, a fim de modelar e estudar a estrutura de dependência espacial dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, por meio do ajuste de semivariogramas experimentais (ALMEIDA; GUIMARÃES, 2016; MANZIONE; ZIMBACK, 2011).

Assim, o objetivo do estudo foi verificar e estabelecer modelos geoestatísticos que proporcionam o eficiente manejo de fitonematoides com intuído de auxiliar na preservação dos recursos naturais, contribuindo para uma cafeicultura sustentável.

2 MATERIAL E MÉTODOS

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

A propriedade possui 65 hectares cultivados com cafeeiro da espécie arábica (*Coffeea arabica* L.*),*da variedade Mundo Novo, plantados em 1989. Na área, segundo o produtor, já há mais de 10 anos, estão presentes os fitonematoides, isto baseado em resultados positivos de análises conduzidas por empresas fornecedoras de insumos. Foi estabelecida uma malha aleatória estratificada (YAMAMOTO; LANDIM, 2013), de um ponto por hectare, dentro da qual foram coletadas 65 amostras compostas de solo com raízes, georreferenciadas para a avaliação dos fitonematoides.

A coleta de amostras de solo e raízes (0 - 0,2m) para avaliar a população de fitonematoides foi realizada no mês de fevereiro de 2015, ou seja, no final do período chuvoso, para coincidir com o período de maior nível populacional na área (AVELINO et al., 2009). Nesse ano de 2015, na região o volume de chuvas no mês de janeiro, foi inferior a um terço do esperado para o mês (FIGURA 1).

Para as análises, a amostra composta (raízes e solo) foi constituída de nove amostras simples, coletadas distanciadas em média em 20 metros do ponto georreferenciado da malha. Cada amostra simples foi coletada em ambos os lados da linha de plantio do cafeeiro na projeção do dossel do mesmo.

Os fitonematoides foram analisados no Laboratório de Nematologia do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, a população de fitonematoides do solo foi determinada pelo método de peneiramento com flotação e centrifugação em solução de sacarose (JENKINS, 1964). Para a extração dos nematoides das raízes, usou-se o método do liquidificador, peneiramento e flutuação centrifuga em solução de sacarose (COOLEN; D’HERDE, 1972). Identificação de espécies de nematoide foi pela configuração perineal. Utilizou-se metodologia descrita por Tihohod (1993). Galhas com fêmeas maduras foram selecionadas e, sob microscópio estereoscópico, as fêmeas, foram removidas com o auxílio de estilete para placas de Petri contendo 2 a 3 gotas de ácido lático 45%. Terminada a extração, foram colocadas sobre uma lâmina de vidro com uma gota de ácido lático 45%. A região anterior do corpo foi cortada e o conteúdo do nematoide, removido através de leve pressão. A partir daí foram preparados os cortes perineais de cada amostra coletada, os quais foram dispostos em lâmina de microscopia contendo uma gota de glicerina. Com o auxílio de um estilete, posicionaram-se os cortes perineais no fundo da gota, pressionando-os levemente e enfileirando-os para facilitar a observação ao microscópio ótico. Foram colocados os cortes em cada lâmina. Após a preparação das lâminas, foi realizada a identificação, de acordo com Taylor e Sasser (1983).

Com os resultados das análises foi gerado o banco de dados georreferenciado. Para o estudo dos fitonematoides os resultados da análise foram transformados em variáveis discretas em relação a dois valores de referência, utilizando a seguinte forma (EQUAÇÃO 1) indicada por Yamamoto e Landim (2013).

$$I(x, zc)\{0, se\ z(x) > zc;\ ou\ 1, se\ z(x) < zc$$

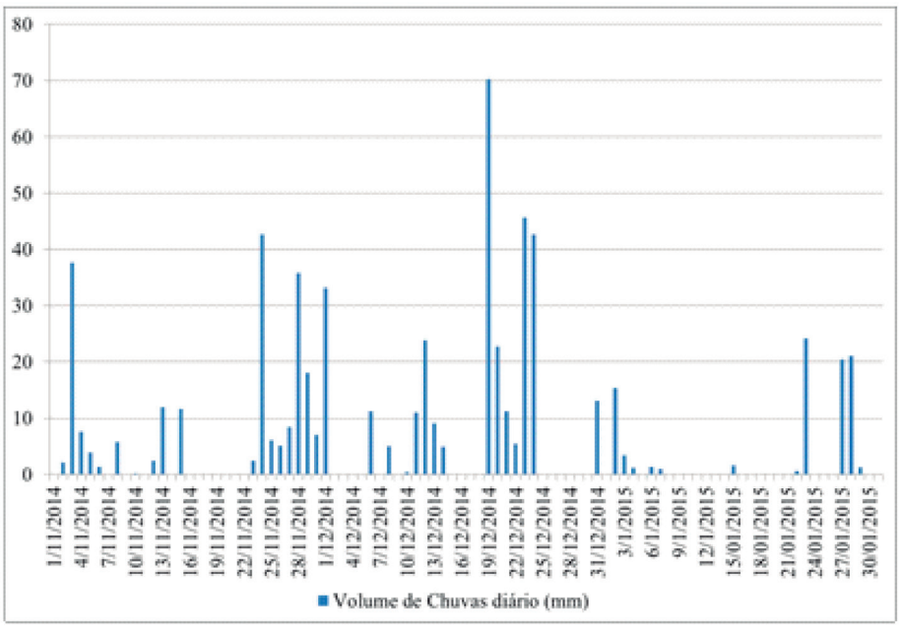


FIGURA 1 - Distribuição da precipitação média para a região de Araguari–MG, segundo dados do INMET nos meses de novembro de 2014 a janeiro de 2015.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET,2015).

Onde I é o valor transformado; x é o valor observado do atributo e zc é o valor de referência.

Assim os dois valores de referencia utilizados foram: 1º) a presença e ausência de fitonematoides, ou seja, acima de 1 (um) atribuiu-se a variável discreta 0 (zero) e abaixo de 1 (um) atribuiu se a variável discreta 1 (um). O segundo critério foi o linear de dano econômico (necessidade ou não de controle). O linear econômico adotado para o *M. exígua* foi de 1(um) fitonematoide por cm³ de solo mais um grama de raízes (BARBOSA et al., 2004). No mesmo sentido que para a ausência e presença de fitonematoides, quando presentes no solo ou na raiz, atribuiu-se a variável discreta zero e quando ausente atribuiu-se a variável discreta um.

As análises dos resultados foram procedidas com o auxílio do programa R versão 3.2.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015). Aplicou-se a *krigagem* indicadora para a interpolação (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

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

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A espécie de fitonematoides encontrada na área foi a *M. exígua* (nematoides de galhas). Observa nos gráficos de histogramas que os fitonematoides de galhas estão presentes em mais de 20 % das amostras (FIGURA 2a) e em 15% das amostras, os fitonematoides estão acima do nível de dano econômico (FIGURA 2b).

Conforme evidenciado em 20% das amostras os nematoides estão presentes e em 15% estão em nível populacional que causam danos econômicos ao produtor (FIGURA 2a e 2b). Importante deixar claro que mesmo realizando a amostragem dos fitonematoides no final mês de fevereiro 2015, para estar mais próximo do fim do período chuvoso momento no qual se esperava atingir o pico populacional, o mês de janeiro de 2015 na região foi atípico, o volume de chuvas foi inferior a um terço do esperado para o referido mês (FIGURA 1), o que provavelmente comprometeu a multiplicação dos fitonematoides. Segundo Freire et al. (2007) o ambiente não favorável prejudica a reprodução e o desenvolvimentos dos nematoides, com a menor umidade a população de nematoides tende a diminuir.

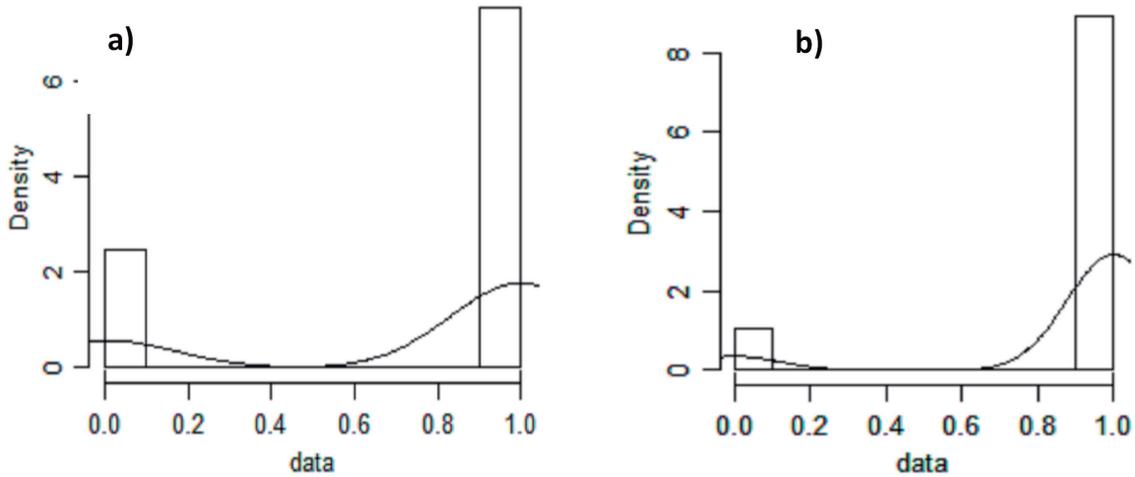


FIGURA 2 - Histogramas dos fitonematoides (M. exigua) na área. 2a) representa a frequências da presença destes na área; 2b) a frequência do linear de dano econômico destes no solo.

Além do tempo atípico, o manejo da propriedade também contribui para a redução da população de nematoides, pois nas seis safras que antecederam a safra da amostragem, o produtor aplicou os ingredientes ativos Tiametoxan + Ciproconazol (inseticida/fungicida) no mês de novembro e Tiametoxan (inseticida) no mês de março. Esses agrotóxicos não possuem a finalidade e/ou eficiência no controle de nematoides, mas acredita-se que podem contribuir para o controle destes, já que são agrotóxicos classificados como muito perigosos ao meio ambiente.

Foram ajustados, para as variáveis dicotômicas criadas a partir da contagem dos nematoides, os semivariogramas (FIGURA 3) sendo que estes modelos foram ajustados a sentimento e escolhidos os que apresentaram melhores parâmetros (TABELA 1) quando submetidos ao teste de validação cruzada (YAMAMATO; LANDIM, 2013).

Os dois semivariogramas ajustados para os nematoides são classificados como moderados quanto ao grau de dependência espacial (CAMBARDELLA et al.,1994). Resultados semelhantes foram encontrados por Dinardo-Miranda e Fracasso (2010), avaliando a dependência espacial de fitonematoides em cana, e também por outros pesquisadores que buscaram verificar a dependência espacial na agricultura para agentes biológicos de danos às plantas como nas pesquisas de Grego, Vieira e Lourencao (2006), Ribeiro Júnior et al. (2009) e Vieira et al. (2014), utilizando as culturas do triticale, cebola e citros, respectivamente.

Os mapas temáticos (FIGURAS 4a e 4b), gerados por *krigagem* indicadora, representam a probabilidade de não infestação e de ausência de danos econômicos dos nematoides (*M. exigua*) na área.

A região mais centralizada da área em estudo tanto para o risco de não infestação (FIGURA 4a) quanto para o linear de danos econômicos (FIGURA 4b) oscilam em até 50 %. Observando-se uma faixa um pouco menor (mais estreita) para o risco de dano econômico na região central do mapa temático (Figura 4b).

Os mapas temáticos (FIGURA 4a, 4b), retratam apopulação de nematoides no dia em que foi realizado o monitoramento, com os efeitos das condições ambientais citadas, adverte-se, que o desenvolvimento dos fitonematoides é muito rápido, se fosse um ano com regime hídrico normal os resultados poderiam ser diferentes, pois Di Vito, Crozzoli e Vovlas (2000) avaliando o desenvolvimento de *M. exigua,* em mudas de cafeeiro conduzido em vaso em condições controladas, observaram grande capacidade de desenvolvimento destes, na cultura, pois onde inicialmente a densidade populacional era de 0,125 juvenis de segundo estádio (J2) por cm³ de solo dentro de quatro meses aumentou 422,4 %, alcançando 52,8 J2 por cm³ (somatório dos fitonematoides extraídos da solo e raiz) o que comprovou o elevado fator de reprodução fitonematoides.

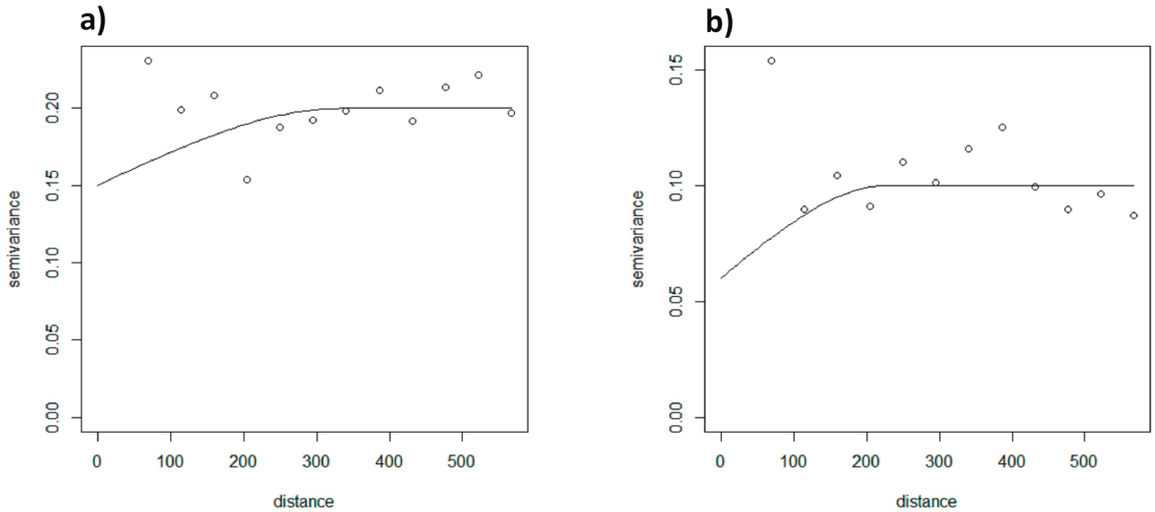


FIGURA 3 - Semivariogramas ajustados. 3a) modelo ajustado para a presença de nematoides na área. 3b) modelo ajustado para o linear de dano econômico de nematoides.

TABELA 1 - Modelos, parâmetros, relação Co/Co+C e grau da dependência espacial dos semivariogramas ajustados para os nematoides.

Nematoides	Modelo	C	C_0	Alcance Prático	C_o/C_o+C[1]	GD[2]
Ausência/presença	Esférico	0,05	0,15	337,3	0,74	Moderado
Linear de dano	Esférico	0,04	0,06	229,9	0,60	Moderado

[1] Co = efeito pepita; C = contribuição; Co +C = patamar; ;[1] método de Cambardella et al. (1994) [2]GD= Grau de dependência.

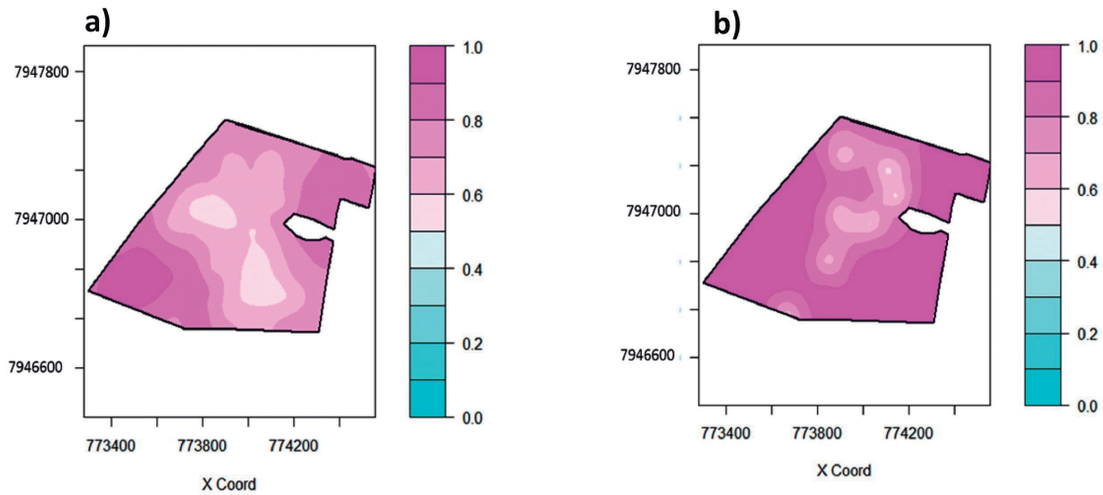


FIGURA 4 - a) Mapa temático da distribuição de nematoides na Fazenda Brasil -2015; b) Mapa temático do linear de danos econômicos na Fazenda Brasil -2015.

A elaboração de mapas temáticos da distribuição de fitonematoides é importante para a identificação das áreasde manejo na propriedade (RODRIGUES JÚNIOR et al., 2011), pois para se obter um controle eficiente e sustentável dos fitonematoides, primeiramente deve-se conhecer a sua localização e quais são as áreas com o maior risco de novas contaminação, podendo com este conhecimento planejar os tratos culturais nas áreas infestadas e não infestadas da propriedade. Com este planejamento, todos os tratos culturais devem ser realizados de modo a evitar expansão da contaminação na propriedade (SERA et al., 2007).

Deve-se atentar para o fato de que, depois que os fitonematoides chegam à lavoura, a única forma efetiva de eliminá-los, ou melhor, reduzir sua população abaixo do nível de dano econômico é a rotação de culturas, que, no caso das culturas perenes, como o café, é muito difícil, entretanto, a rotação deve fazer parte do planejamento no médio e longo prazo (CAMPOS; VILLAIN, 2005), ou seja, nos momentos de renovação dos talhões. Importante na renovação também optar por cultivares de cafeeiros resistentes (SILVA et al., 2007). Segundo Silva et al. (2007), as variedades resistentes apresenta-se como a forma mais econômica para substituir lavouras improdutivas e infectadas por *Meloidogyne* spp.

O primeiro e mais eficiente princípio de controle de fitonematoides é a exclusão (CAMPOS; VILIAIN, 2005; SERA et al., 2007). A exclusão seria o impedimento dos fitonematoides colonizarem novas áreas. Por este motivo, o zoneamento da propriedade, e até mesmo de uma região, quando existe o risco dos fitonematoides infestarem determinadas áreas, é de fundamental importância no manejo. Observe que, na área estudada, são claras as regiões de maior probabilidade de incidência e até a ausência dos fitonematoides e também as regiões mais vulneráveis a ocorrerdanos econômicos (FIGURAS 4a e 4b). O zoneamento possibilita planejar as atividades da propriedade de modo que sempre possam iniciá-las, pelas áreas isentas de fitonematoides e depois avançar para as áreas com a presença de fitonematoides e ao final de cada atividade fazer a desinfestação de equipamentos, antes de começar qualquer nova atividade. Deste modo, contendo a expansão do patógeno,sem o uso de qualquer meio que possa contaminar ou comprometer a qualidade do ambiente.

A aplicação de nematicidas é uma técnica que busca a redução da população de fitonematoides da área, no entanto, segundo Donge Zhang (2006), têm seu uso cada vez mais restrito, por sua alta toxicidade e baixa eficácia de controle, depois de repetidas aplicações. Ritzinge e Facelli (2006) relatam que o uso indiscriminado de nematicidas, além de onerar a produção, coloca em risco a saúde dos aplicadores, consumidores e pode exercer forte pressão de seleção sobre os organismos presentes no solo, selecionando formas capazes de degradar o ambiente rapidamente. Além disso, os produtos aplicados, normalmente, tem grande impacto sobre a microfauna e microflora do solo podendo contaminar cursos de água. Ippolitoet al. (2015), reforçam que os agrotóxicos são os principais responsáveis pela morte de animais e perdas de biodiversidade nos ecossistemas mundiais. Segundo estes autores cerca de 40 % das bacias hidrográficas do mundo correm riscos de contaminação por pesticidas.

Usando também os mapas temáticos (FIGURA 4a e 4b), é possível minimizar os danos causados por estes agrotóxicos quando o seu uso for realmente necessário, pois estão delimitadas as áreas a serem tratadas com estes produtos, evitando assim maiores prejuízos ao meio ambiente.

O plantio com mudas enxertadas está sendo muito difundido como forma de convivência com os nematoides, entretanto, Barbosa, Souza e Vieira (2010), verificaram em estudo desenvolvido no estado do Rio de Janeiro que o plantio com variedades enxertadas em comparação com áreas infestadas com o nematoide (*M. exigua)* levaram aos mesmos níveis de atrasos no desenvolvimento da cultura (50 % na altura e 30 % no número de ramos plagiotrópicos), resultando numa queda de 21 sacas na produtividade quando comparados com as testemunhas cultivadas em áreas livres de nematoides, num período de cinco anos. Barbosa et al. (2014), verificaram que, os genótipos enxertados produziram 41 % a menos que em pés francos nas áreas isentas de nematoides. Resultados que são semelhante aos obtidos por Dias et al. (2008), verificaram que a enxertia para controle de nematoides provocou atrasos no desenvolvimento das plantas e um menor desenvolvimento da variedade de porta enxerto quando utilizada com este fim.

A importância de manejar bem os fitonematoides é ressaltada no estudo realizado por Castro et al. (2008) no qual os autores verificaram que os nematoides de galhas (*M. exigua*) ocorreram em 95,1 % dos municípios mineiros avaliados, sendo que estes estavam

infectando cerca de 24,2% das amostras. Castro et al. (2008), ainda afirmam que esta ocorrência é muito preocupante devido ao potencial de danos que estes fitonematoides podem causar, sendo as perdas superiores a 30 % da produção.

Neste sentido, a geoestatística possibilita a caracterização espacial dos fitonematoides, permitindo a predição não tendenciosa com variância mínima de valores em locais não amostrados (CARVALHO et al., 2015). Os mapas gerados por *krigagem* permitem, como discutido, a definição dos padrões de distribuição dos fitonematoides no campo, possibilitando assim o planejamento do manejo.

Embora sejam escassos na literatura trabalhos utilizando a geoestatística para o manejo de fitonematoides no cafeeiro, diversos autores têm estudado a distribuição espacial de pragas e/ou doenças por meio da geoestatística, tais como fitonematoides em cana (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2010), cigarrinhas vetoras de *Xylella fastidiosa* (FARIAS et al., 2004), *Ceratitis* e *huanglongbing* em citros (LEAL et al., 2010), *Fusarium oxysporum* (REKAH; SHTIENBERG; KATAN, 1999), e *Colletotrichum* spp. em feijoeiro e algodoeiro (ALVES et al., 2006). Em todos estes e outros estudos, foi possível constatar dependência espacial na área, caracterizando a expansão da distribuição nas áreas.

Finalmente, ressalta-se a importância da geoestatística na elaboração de táticas de manejo de modo a impedir que o nível populacional dos fitonematoides nos cafezais aumente, evitando também novas áreas infestadas, visto o decréscimo de produtividade observado nos genótipos suscetíveis aos fitonematoides em áreas infestadas (BARBOSA et al., 2014). A identificação das áreas infestadas, e também as áreas com maiores potenciais de infestação nas propriedades, podem facilitar o manejo dos nematoides evitando principalmente a contaminação de novas áreas.

4 CONCLUSÕES

A análise espacial é de grande valia no manejo de fitonematoides, já que,por meio dela é possível identificar as áreas com maiores probabilidades de infestação, permitindo um planejamento das atividades da propriedade de modo a não espalhar a infestação por fitonematoides. Consequentemente, também é possível direcionar a aplicação de insumos químicos ou biológicos, nas áreas onde realmente seria necessário o controle.

Na área foi indentificado o nematoide de galhas (*M. exigua*), que pode reduzir a produção do cafeeiro em mais de 30%.

5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. S.; GUIMARÃES, E. C. Geoestatística e análise fatorial exploratória para representação espacial de atributos químicos do solo, na cafeicultura. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 195-203, abr./jun. 2016.

ALVES, M.C. et al. Geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas a *Colletotrichum* spp. transmitidos por sementes. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p. 557-563, 2006.

AVELINO, J. et al. Relationships between agro-ecological factors and population densities of *Meloidogyne exigua* and *Pratylenchus coffeae*s ensulato in coffee roots, in Costa Rica.**Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 43, n. 1, p. 95-105, Sept. 2009.

BARBOSA, D. H. S.G. et al. Efeito da enxertia e do nematoide *Meloidogyne exígua* crescimento radicular e a produtividade de cafeeiros. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 427-434, out./dez. 2014.

_____. Field estimates of coffee yield losses and damage threshold by *Melodoigyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 28, p. 49-54, jun. 2004.

BARBOSA, D. H.S.G.; SOUZA, R. M.; VIEIRA,H. D. Field assessment of coffee (*Coffea arabica* L.) cultivars in *Meloidogyne exigua*-infested or -free fields in Rio de Janeiro State, Brazil.**Crop Protection**, Guildford, v. 29, n. 2, p. 175-177,Feb. 2010.

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

CAMPOS, V.P.; VILLAIN, L. Nematode parasites of coffee, cocoa and tea.In: LUC, M.;SIKORA, R.A.;BRIDGE, J. (Ed.). **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. Wallingford:CAB International, 2005. p. 529-579.

CARVALHO, J. H. S. et al. Distribuição espacial do Bicho-furão, *Gymnandrosoma aurantiana* (Lima, 1927)(lepidoptera: tortricidae),em citros utilizando geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal,v. 37, n. 3, p. 600-609,set.2015.

CASTRO, J. M. C. et al. Levantamento de fitonematóides em cafezais do sul de Minas Gerais. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba,v. 32, n. 1, p. 56-64,mar. 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Estimativas de safras agrícolas:** levantamento café. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 6 jan. 2016.

COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent: State Nematology and Entomology Research Station, 1972. 77p.

DI VITO, M.; CROZZOLI, R.; VOVLAS, N. Pathogenicity of *Meloidogyne exigua* on coffee (*Coffea arabica L.*) in pots. **Nematropica**, Gainesville, v. 30, n. 1, p. 55-61, 2000.

DIAS, F. P. et al. Desenvolvimento de cafeeiros enxertados "Apoatã IAC 2258" cultivados em recipientes de 250 litros. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 385-390, mar./abr. 2008.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V. Spatialand temporal variability of plant-parasitic nematodes population in sugarcane. **Bragantia**,Campinas,v. 69, p. 39-52,2010. Suplemento.

DONG, L. Q.; ZHANG, K. Q. Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction. **Plant Soil**, The Hague, v. 288, n. 1/2, p. 31-45, 2006.

FARIAS, P. R. S. et al. Geostatistical characterization of the spatial distribution of *Xylella fastidiosa* sharpshooter vectors on citrus. **Neotropical Entomology**, Londrina,v. 33, n. 1, p. 13-20,fev.2004.

FREIRE, E. S. et al. Infectividade de juvenis do segundo estádio de *Meloidogyne incognita* em tomateiro após privação alimentar em solo e água em diferentes condições. **Summa Phytopathology**, Botucatu,v. 33, n. 3, p. 270-274, set. 2007.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R.; LOURENCAO, A. L. Spatial distribution of *Pseudaletia sequax* Franclemlont in triticale under no-till management. **ScientiaAgricola**,Piracicaba,v. 63, n. 4, p. 321-327, ago.2006.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. 2015.Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/inicio.php>. Acessoem: 4 jan. 2016.

IPPOLITO, A. et al. Modeling global distribution of agricultural insecticides in surface waters. **Environmental Pollution**, Barking, v. 198, p. 54-60, 2015.

JENKINS, W.R. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, Saint Paul, v.48, n.9, p.692, Dec.1964.

LEAL, R. M. et al. Distribuição espacial de Huanglongbing (Greening) em citros utilizando a geoestatística.**Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal,v. 32, n. 3, p. 808-818,set. 2010.

LONG, X. H. et al. Applying geostatistics to determine the soil quality improvement by Jerusalem artichoke in coastal saline zone. **Ecological Engeneering**, New York, v.70, p. 319-326, Sept. 2014.

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

NANNI, M. R. et al. Optimum size in grid soil sampling for variable rate application in site-specific management. **Scientia Agricola**,Piracicaba,v. 68, n. 3, p. 386-392, June2011.

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

REKAH, Y.; SHTIENBERG, D.; KATAN, J. Spatial distribution and temporal development of *Fusarium* crown and root rot of tomato and pathogen dissemination in field soil. **Phytopathology**, Davis, v. 89, n. 9, p. 831-839, 1999.

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

RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M. Manejo integrado de nematoides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal,v. 28, n. 2, p. 331-338, ago. 2006.

RODRIGUES JÚNIOR, F. A.et al. Geração de zonas de manejo para cafeicultura empregando-se sensor SPAD e analise foliar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**,Campina Grande,v. 15, n. 8, p. 778-787, 2011.

SERA, G. H. et al. Progênies de *Coffea arábica* cv IPR-100 resistentes ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*. **Bragantia**, Campinas,v. 66, n. 1, p. 43-49,nov. 2007.

SILVA, R. V. et al. Otimização da produção de inoculo de *Meloidogyne exigua* em Mudas de Cafeeiro. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 229-238, nov. 2006.

_____. Respostas de genótipos de *Coffea* spp. a diferentes populações de *Meloidogyne exigua*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília,v. 32, n. 3, p. 205-212, jun.2007.

TAYLOR, A.L.; SASSER, J.N. **Biología, identificación y control de losnematodosdel nódulo de la raiz:** espécies de *Meloidogyne*. Raleigh: Universidaddel Estado de Carolina del Norte, 1983. 111p.

TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. Jaboticabal: FUNEP;UNESP, 1993. 372p.

VIEIRA, D. L. et al. Flutuação populacional e dependência espacial de *Aleurocanthus woglumi* Ashby, 1915 (Hemiptera: Aleyrodidae) em *Citrus latifolia*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal,v. 36, n. 4, p. 862-871, dez.2014.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística:** conceitos e aplicações. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.215p.

VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E DA UMIDADE DO SOLO NA FORÇA DE DESPRENDIMENTO DOS FRUTOS DO CAFÉ

Flávio Castro da Silva[1], Fábio Moreira da Silva[2], Ronan Souza Sales[3], Gabriel Araújo e Silva Ferraz[4], Murilo Machado de Barros[5]

(Recebido: 08 de novembro de 2016; aceito: 20 de fevereiro de 2017)

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo identificar se variáveis climatológicas e de umidade do solo estão relacionadas com a variação da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) ao longo do período de maturação. O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA) buscando analisar o comportamento da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro nas maturações verde e cereja ao longo do período de maturação mediante as variáveis meteorológicas do ar e de umidade do solo, conduzindo os ensaios sob quatro diferentes condicionamentos de umidade do solo. As alterações nos parâmetros meteorológicos e de umidade do solo acarretam alteração da força de desprendimento dos frutos, principalmente na maturação verde. Com o aumento de temperatura ocorreu diminuição da força de desprendimento dos frutos verdes e tendência de diminuição para os frutos cereja. A umidade do solo apresentou correlação positiva com a força de desprendimento dos frutos verdes e tendência positiva para os frutos cereja. A precipitação tendeu a diminuir a força de desprendimento dos frutos verde e cereja nos três dias após sua ocorrência.

Termos para indexação: Cafeeiro, colheita seletiva, correlação.

METEOROLOGICAL VARIABLES AND SOIL MOISTURE IN THE DETACHMENT FORCE COFFEE FRUIT

ABSTRACT: *This study aimed to identify whether climatic and soil moisture variables are related with the variation of detachment force coffee fruits (Coffea arabica L.) during the crop harvest period. The research was carried out at Departamento de Agricultura at Universidade Federal de Lavras (UFLA) trying to analyze the behavior of detachment force coffee fruits in green and cherry maturation throughout the crop harvest period by the meteorological variables air and soil moisture, driving tests under four different soil moisture conditioning. Changes in meteorological parameters and soil moisture cause the change of the detachment force fruit, especially in green maturity. With increasing temperature was decreased of force of the green fruit and reduced tendency for cherry fruit. Soil moisture was positively correlated with the detachment force green fruits and positive trend for fruit cherry. Precipitation tends to decrease the detachment force of green and cherry fruit in the three days after its occurrence.*

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

1 INTRODUÇÃO

Sendo a cultura do café muito importante para o Brasil e por envolver um elevado custo de produção (OLIVEIRA et al., 2007; RIBEIRO et al., 2009), a mecanização de seu processo produtivo pode ser considerada como uma prática que reduz estes custos.

Segundo Ferraz et al. (2012) e Silva et al. (2015), o cafeeiro possui algumas características que dificultam a colheita de seus frutos e também o projeto das colhedoras, pois estas necessitam envolver a planta e por princípio de vibração fazer a derriça dos frutos.

Para aumentar o desempenho operacional da colhedora de café é necessário estabelecer alguns parâmetros. Ferraz et al. (2014) e Silva et al. (2010) observaram que a força de desprendimento dos grãos verdes era 73% maior que a do fruto no estádio cereja e que esta diferença poderia ser um fator importante para a colheita mecânica seletiva dos frutos do cafeeiro. Para se realizar a colheita do café mais seletiva possível é necessário estabelecer parâmetros objetivos que estejam mais fortemente relacionados com os estádios de maturação, pois é a quantidade de frutos maduros presente no volume total colhido que irá evidenciar se a colheita foi total ou seletiva. Um parâmetro objetivo pode ser a força de desprendimento dos frutos. Essa força necessária para ocorrer o desprendimento dos frutos da planta é diferente dentro de cada estádio de maturação, evidenciando-se assim como um parâmetro favorável à seletividade visto a tal característica ser distinta entre os estádios de maturação bem como entre cultivares (SILVA et al., 2010).

[1]Universidade Federal Fluminense/UFF - Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente - Niterói - RJ - 24.210-240 flavio-ter@vm.uff.br
[2,4]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Lavras - MG - 37.200-000 - famsilva@deg.ufla.br
[3]Centro Universitário de Formiga - Formiga - MG - 35.570-000 - ronan_sales@hotmail.com
[5]Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ - Instituto de Tecnologia - Seropédica -RJ - 23890-000 - egmurilo@yahoo.com.br

O objetivo neste trabalho foi avaliar a força média de desprendimento dos frutos nos estádios de maturação verde e cereja, determinar a umidade dos frutos e correlacionar com variáveis climáticas e de umidade do solo buscando identificar quais dessas variáveis interferem na força de desprendimento ao longo do período de maturação e consequentemente na colheita mecanizada e seletiva.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras – UFLA; (21º14' S e 45º00' W, altitude de 910 m), em lavoura da cultivar 'Rubi MG1192' (*C. arabica*) transplantada em 2001, na densidade de 2500 plantas.ha^{-1}, com espaçamento de 4,0 m entre linhas e 1,0 m entre plantas.

De acordo com a classificação de Köppen (1970), o clima do local é do tipo Cwa. As médias anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa são, respectivamente, 19,40 ºC, 1529,7 mm e 76,2 %. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-escuro distroférrico de textura argilosa a muito argilosa. O delineamento experimental foi feito em blocos casualizados (DBC) com três repetições. Para verificar a influência da umidade do solo na força de desprendimento dos frutos, foram simuladas condições diferenciadas de umidade média do solo, fixando quatro regimes de dotação de água no solo: C 1 - condição de sequeiro (umidade do solo em torno de 25,23%), C 2 - irrigação com tensão próxima de 60 kPa (umidade do solo em torno de 31,50%), C 3 - irrigação na tensão próxima de 20 kPa (umidade do solo em torno de 34,93%), C 4 - irrigação utilizando o manejo do balanço hídrico climatológico (BHC - umidade do solo em torno de 36,45%). Para o controle da dotação de água do solo foram instalados tensiômetros nas profundidades de 0,10, 0,25 e 0,60 m, afastados cerca de 0,10 m da base do caule das plantas. As Forças de Desprendimento dos Frutos nos estádios de maturação verde e cereja foram determinadas através de um Dinamômetro Digital Portátil sendo que as leituras foram obtidas em cinco repetições nos terços superior, médio e inferior de três plantas para cada condicionamento.

Todos os frutos destacados da planta para a obtenção da força de desprendimento foram levados para estufa a 105 ºC ± 3 ºC por 24 horas (BRASIL, 1992) para a obtenção da umidade gravimétrica em base úmida (% b.u.) durante todo período de maturação. Os dados meteorológicos foram obtidos utilizando uma estação meteorológica automática de aquisição de dados junto à área experimental. Os dados levantados foram tabulados em planilhas eletrônicas e para realizar as analises de média utilizou-se o software SISVAR (FERREIRA, 2008) e posteriormente foram submetidos a análises de correlação utilizando o *software* SAS (Statistical Analysis System) versão 8.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A força de desprendimento variou de 7,17 a 9,14 N entre os condicionamentos avaliados (Tabela 1). Observa-se que nas datas de 09/05 e 23/05 ocorreram as maiores forças médias de desprendimento dos frutos verdes, 8,64 e 8,66 N respectivamente; em 25/04 e 16/05 ocorreram as menores forças médias de desprendimento dentre os condicionamentos, contudo estas diferenças não foram significativas. Pode-se observar que não houve diferença significativa da força de desprendimento dos frutos cereja dentre os condicionamentos de umidade do solo, porém, apresentando diferença significativa ao longo do período de maturação. Destaca-se que em 16/05 a força média de desprendimento dos frutos cereja foi de 4,35 N, sendo o menor valor médio observado, com diferença significativa em relação às avaliações do dia 18/04 e 20/06, quando as forças foram maiores, 5,40 N e 5,26 N, respectivamente; valores próximos aos encontrados por Silva et al. (2016).

Outro fato a ser analisado é que esta diminuição foi verificada para todos os condicionamentos analisados, sendo que os valores convergiram para uma média em torno de 4,35 N, valor este inferior a avaliação anterior que apresentou média de 4,91 N, ou seja, redução de 13% em um período de 7 dias. Observa-se que nesta mesma data a força de desprendimento dos frutos verdes também diminuiu, o que pode indicar a interferência de algum fator climático ou do solo sobre o comportamento das plantas.

A umidade dos frutos verdes não variou ao longo do período, mas variou significativamente entre os condicionamentos de umidade do solo, contudo, sem apresentar um comportamento característico (Tabela 2). Para os frutos cereja não houve diferença significativa dentro do período de maturação ou entre os condicionamentos.

TABELA 1 - Força média de desprendimento dos frutos (N), na maturação verde e cereja dentro de cada condicionamento de umidade do solo e ao longo do período de maturação.

Cond.	Período de Maturação						
	18/04	25/04	02/05	09/05	16/05	23/05	20/06
C 1	9,09 bA	7,75 abA	8,30 abA	8,60 abA	8,13 abA	8,06 abA	7,17 aA
C 2	8,81 aA	8,37 aA	8,27 aA	8,22 aA	7,68 aA	8,36 aA	8,66 aA
C 3	7,80 abA	7,47 aA	8,09 abA	8,62 abA	8,22 abA	9,60 bA	8,78 abA
C 4	7,50 aA	7,62 aA	7,72 aA	9,14 aA	7,78 aA	8,62 aA	7,99 aA
Média	8.30a	7.80 a	8.09 a	8.64 a	7,95 a	8.66 a	8.15 a
C 1	5,66 aA	5,31 aA	5,73 aA	5,02 aA	4,30 aA	4,52 aA	4,98 aA
C 2	5,45 aA	5,43 aA	4,96 aA	4,68 aA	4,48 aA	6,18 aA	5,43 aA
C 3	4,99 aA	4,29 aA	5,06 aA	5,44 aA	4,40 aA	5,26 aA	5,43 aA
C 4	5,51 aA	3,75 aA	5,09 aA	4,51 aA	4,23 aA	4,27 aA	5,20 aA
Média	5.40 b	4.66 ab	5.21ab	4.91ab	4.35 a	5.06ab	5.26 b

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

TABELA 2 - Umidade dos frutos na maturação verde e cereja nos diferentes condicionamentos de umidade do solo ao longo do período de maturação.

Cond.	Período de Maturação						
	18/04	25/04	02/05	09/05	16/05	23/05	20/06
C 1	65,15 aA	66,74 aA	66,50 aA	67,96 aA	67,91 aA	65,95 aA	66,82 aAB
C 2	68,28 aAB	68,98 aA	68,37 aA	68,27 aA	68,11 aA	66,42 aA	68,06 aB
C 3	72,68 aB	69,35 aA	69,53 aA	67,59 aA	69,31 aA	68,14 aA	69,23 aB
C 4	68,48 aAB	66,29 aA	67,22 aA	65,89 aA	67,42 aA	68,05 aA	63,29 aA
C 1	66,61 aA	65,82 aA	66,05 aA	66,22 aA	67,95 aA	64,08 aA	65,40 aA
C 2	66,54 aA	66,72 aA	67,13 aA	67,69 aA	66,85 aA	66,69 aA	66,15 aA
C 3	66,88 aA	66,92 aA	66,25 aA	67,40 aA	68,26 aA	67,63 aA	66,06 aA
C 4	66,54 aA	65,48 aA	66,56 aA	66,46 aA	68,52 aA	66,75 aA	65,60 aA

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

Observa-se que em 09/05 e 16/05 os frutos cereja apresentaram maiores umidade ao longo do período de maturação, mesmo que não se tratando de diferenças significativas, contudo este período é o mesmo citado anteriormente como recomendado para se fazer a colheita seletiva e mecanizada. Nota-se em geral um comportamento típico de diminuição da força de desprendimento com o aumento da umidade dos frutos.

A análise de correlação entre a força de desprendimento dos frutos na maturação verde com as variáveis meteorológicas e de umidade do solo nos diferentes condicionamentos de umidade do solo é apresentada na Tabela 3. A avaliação de correlação foi feita para todos os parâmetros determinados no dia de avaliação da força de desprendimento, e com a média dos parâmetros determinados nos três dias anteriores a avaliação da força, com exceção da precipitação que foi considerada o valor acumulado dos três dias anteriores ao dia de avaliação.

A análise de correlação entre a força de desprendimento dos frutos cereja com as variáveis meteorológicas e de umidade do solo é apresentada na Tabela 4.

TABELA 3 - Correlação de Pearson entre a força média de desprendimento do fruto de café na maturação verde com as variáveis meteorológicas e umidade do solo.

Variáveis	Períodos de avaliação	Condicionamento de umidade do solo			
		C 1	C 2	C 3	C 4
Temperatura máxima	No dia	- 0,03	0,04	-0,45*	-0,33
	3 dias antes	0,25	0,08	-0,55**	-0,24
Temperatura mínima	No dia	0,26	0,18	-0,59**	-0,37
	3 dias antes	0,35	-0,08	-0,43*	-0,22
Temperatura média	No dia	0,07	0,08	-0,47*	-0,36
	3 dias antes	0,32	0,05	-0,52**	-0,25
Precipitação	No dia	-0,04	0,01	0,46*	0,24
	3 dias antes	0,07	-0,23	-0,11	-0,16
Umidade Relativa	No dia	0,23	- 0,10	0,28	0,26
	3 dias antes	0,24	-0,20	0,35	0,27
Radiação Solar	No dia	-0,26	0,09	-0,32	-0,09
	3 dias antes	0,00	0,07	-0,39	-0,26
Umidade do Fruto	No dia	-0,47*	-0,07	-0,38	-0,09
	3 dias antes	----	----	----	----
Umidade do solo	No dia	0,09	-0,31	0,23	0,46*
	3 dias antes	----	----	----	----

*Significativo a 5%, ** Significativo a 1%

A avaliação de correlação foi feita seguindo a mesma metodologia utilizada para os frutos verdes. A força de desprendimento dos frutos apresentou comportamento de correlação negativa com a temperatura do ar, sendo inclusive significativa para os frutos verdes no condicionamento C 3. Somente para o condicionamento C 1 a tendência de correlação foi positiva. Para os frutos cereja a força de desprendimento também apresentou comportamento de correlação negativa com a temperatura, confirmando a ocorrência observada no dia 16/05, que registrou menor força de desprendimento média dos frutos cereja, em todos os condicionamentos de umidade do solo, mediante pequena elevação de temperatura.

Com relação à umidade do solo a força de desprendimento apresentou correlação positiva para os frutos verde sendo significativa para o condicionamento C 4, em que a dotação de água procurou atender às necessidades das plantas. Nos demais condicionamentos e em especial para os frutos cereja não houve correlação significativa. A força de desprendimento apresentou correlação negativa com a umidade do fruto, sendo significativa para os frutos verdes no condicionamento C 1. Para os demais condicionamentos e para os frutos cereja observa-se comportamento inverso entre a força de desprendimento e a umidade dos frutos, porém apenas com tendência de correlação, Em geral o aumento da umidade dos frutos ocorreu com diminuição da força de desprendimento.

Com relação à precipitação, a força de desprendimento dos frutos apresenta um comportamento distinto, com correlação positiva e significativa para os frutos verdes e cereja, no dia de avaliação. Quando se analisa o comportamento da força de desprendimento com a ocorrência de precipitação nos três dias anteriores ao de avaliação da força a tendência passa a ser de correlação negativa, contudo não significativa. A força de desprendimento dos frutos verde e cereja não apresentou padrão de correlação com os parâmetros umidade relativa do ar e radiação solar.

Pereira et al. (2005) concluíram que um rápido crescimento na produção de etileno em frutos verde-cana, após o final da formação do endosperma, com um decréscimo nos frutos cereja, indicando uma fase climatérica na maturação. Segundo os autores, mesmo não sendo claro o que controla os níveis iniciais de produção de etileno, sua síntese é autocatalítica, estimulando uma maior produção de etileno durante os estágios iniciais de maturação, que é característico de frutos que estão em fase de amadurecimento.

Isto explica o fato de que a maior correlação entre força de desprendimento e temperatura foi verificada em frutos verde e não em frutos cereja, sendo conhecido que a temperatura é um parâmetro que estimula a planta a produzir etileno.

TABELA 4 - Correlação de Pearson entre a força média de desprendimento do fruto de café na maturação cereja com as variáveis meteorológicas e umidade do solo.

Variáveis	Períodos de avaliação	Condicionamento de umidade do solo			
		C 1	C 2	C 3	C 4
Temperatura máxima	No dia	0,32	-0,05	-0,33	-0,15
	3 dias antes	0,33	-0,26	-0,28	-0,03
Temperatura mínima	No dia	0,36	-0,04	-0,30	0,05
	3 dias antes	0,22	-0,15	-0,37	-0,18
Temperatura média	No dia	0,38	-0,07	-0,29	-0,02
	3 dias antes	0,33	-0,18	-0,31	-0,07
Precipitação	No dia	-0,22	0,50**	0,15	-0,17
	3 dias antes	0,14	-0,28	-0,07	0,12
Umidade Relativa	No dia	-0,23	-0,16	0,27	0,23
	3 dias antes	-0,33	-0,05	0,17	0,06
Radiação Solar	No dia	0,10	-0,07	-0,22	-0,27
	3 dias antes	0,37	-0,03	-0,23	-0,09
Umidade do Fruto	No dia	-0,10	-0,33	0,04	-0,30
	3 dias antes	----	----	----	----
Umidade do solo	No dia	0,41	-0,10	0,19	0,36
	3 dias antes	----	----	----	----

*Significativo a 5%, ** Significativo a 1%

4 CONCLUSÕES

Com base na metodologia utilizada e nos resultados encontrados é possível concluir que as oscilações da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro estão relacionadas com as variáveis climáticas, precipitação, umidade de solo e umidade dos frutos ao longo do período de maturação. A alteração da temperatura do ar, umidade do solo e umidade do fruto, alterações na força de desprendimento dos frutos verdes e para frutos cereja a ocorrência de precipitação alterou a força de desprendimento.

Com o aumento de temperatura ocorre diminuição da força de desprendimento dos frutos verdes e tendência de diminuição para os frutos cereja. A umidade do solo apresenta correlação positiva com a força de desprendimento dos frutos verdes e tendência positiva para os frutos cereja. A precipitação tende a diminuir a força de desprendimento dos frutos verde e cereja nos três dias após sua ocorrência. A força de desprendimento dos frutos verdes apresenta correlação negativa coma a umidade do fruto.

5 AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio ao trabalho.

Aos Departamentos de Engenharia (DEG) e Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

6 REFERÊNCIAS

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

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

_____. Variabilidade espacial da força de desprendimento de frutos do cafeeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, p. 1210-1223, 2014.

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

KÖPPEN, W. **Roteiro para classificação climática**. [S.l.: s.n.], 1970. 6 p.

OLIVEIRA, E. et al. Influência da vibração das hastes e da velocidade de deslocamento da colhedora no processo de colheita mecanizada do café. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 714-721, 2007.

PEREIRA, L. F. P. et al. Ethylene production and acc oxidase gene expression during fruit ripening of *Coffea arabica* L. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 17, n. 3, p. 283-289, jul./set. 2005.

RIBEIRO, M. S. et al. Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 569-577, out./dez. 2009.

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.

_____. Correlação da força de desprendimento dos frutos em cafeeiros sob diferentes condições nutricionais. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, p. 169-179, 2016.

_____. Eficiência da colheita mecânica e seletiva do café em diferentes vibrações, ao longo do período de colheita. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, p. 56-64, 2015.

ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI SELECTION FOR *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner CLONAL CULTIVAR CONILON 'BRS OURO PRETO'

Ana Carolina da Silva Ardito[1], Orivaldo José Saggin-Júnior[2], Rosalba Ortega Fors[3], Rogério Sebastião Correa da Costa[4], Eliane Maria Ribeiro da Silva[5]

(Recebido: 09 de novembro de 2016; aceito: 13 de março de 2017)

ABSTRACT: Coffee production in Brazil expands to warmer regions with *Coffea canephora* clonal cultivar Conilon 'BRS Ouro Preto'. The response of 'BRS Ouro Preto' to arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation has not been tested. This research aimed to select AMF species capable of promoting growth and phosphate nutrition of this cultivar. Three clones were evaluated (M057, M194 e M199) in three Ultisols, collected in areas under sugarcane (Soil 1), Cerrado (Soil 2) and Atlantic Forest (Soil 3). The inoculation treatments were: *Acaulospora colombiana+Glomus* sp., *Acaulospora scrobiculata*, *Claroideoglomus etunicatum+Glomus* sp., *Dentiscutata heterogama*, *Gigaspora margarita* and *Rhizophagus clarus*, besides two not inoculated controls, one of them with complete fertilization. The first and third soils promoted greater vegetative plant development. The chlorophyll and phosphorus content in leaves was higher in plants of soil 3. The best response to inoculation, expressed through plant growth and nutrition, was verified in soil 1, with the best treatments being *C. etunicatum+ Glomus* sp. and *G. margarita*. The species Glomus sp., present in treatments *A. colombiana+ Glomus* sp. and *C. etunicatum+ Glomus* sp., exhibited high sporulation and promoted growth and nutrition of 'BRS Ouro Preto'. Clones M057 and M194 had the highest growth, response to inoculation and AMF sporulation, compared to clone M199. Clones M057 and M194 can, therefore, be considered mycotrophic, and promoters of AMF sporulation, while clone M199 can be classified as poorly mycotrophic.

Index terms: Arbuscular mycorrhiza, inoculant, coffee, phosphate nutrition, growth promotion.

SELEÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES PARA *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner CULTIVAR CLONAL CONILON 'BRS OURO PRETO'

RESUMO: *No Brasil a cafeicultura se expande para regiões mais quentes com a cultivar clonal Conilon 'BRS Ouro Preto' da espécie C. canephora. A resposta da 'BRS Ouro Preto' à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) ainda não foi testada. O presente estudo visou selecionar espécies de FMAs promotoras do crescimento e nutrição fosfatada da referida cultivar. Avaliaram-se três clones (M057, M194 e M199) em três Argissolos Vermelho-Amarelos, coletados em áreas sob: cana-de-açúcar (Solo 1), Cerrado (Solo 2) e Mata Atlântica (Solo 3). Os tratamentos de inoculação foram: Acaulospora colombiana+Glomus sp., Acaulospora scrobiculata, Claroideoglomuse tunicatum+Glomus sp., Dentiscutata heterogama, Gigaspora margarita e Rhizophagus clarus, além de duas testemunhas não inoculadas, uma delas com adubação completa. O primeiro e o terceiro solos proporcionaram maior desenvolvimento vegetativo às plantas. O teor de clorofila e fósforo nas folhas foi maior nas plantas do solo 3. A melhor resposta à inoculação, expressa através do crescimento e nutrição das plantas, foi verificada no solo 1, sendo os melhores tratamentos C. etunicatum+ Glomus sp. e G. margarita. A espécie Glomus sp., presente nos tratamentos A. colombiana + Glomus sp. e C. etunicatum+Glomus sp., apresentou alta esporulação e promoveu o crescimento e nutrição da 'BRS Ouro Preto'. Os clones M057 e M194 apresentaram maior crescimento, resposta à inoculação e esporulação de FMAs, comparados ao clone M199. Assim, os clones M057 e M194 podem ser considerados micotróficos e promotores da esporulação, enquanto o clone M199 caracteriza-se por baixa micotrofia.*

Termos para indexação: *Micorriza arbuscular, inoculante, café, nutrição fosfatada, promoção de crescimento.*

1 INTRODUCTION

Coffee is one of the main crops for Brazilian agribusiness, constantly demanding for new technologies. Reductions of dependence on imported inputs, such as, would make this crop more sustainable and profitable (RAGHURAMUKU, 2010). An alternative for achieving this goal is s the improvement of plant-microorganisms associations. Among the beneficial microorganisms for plant nutrition, coffee has been proved to associate with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) (SAGGIN JUNIOR; SIQUEIRA, 1996). Several studies reviewed by these authors indicate positive results of AMF inoculation in coffee plants in various cultivation stages. In nurseries, coffee generally presents low mycorrhizal colonization (SIQUEIRA et al., 1987) suggesting the use of highly fertile substrates. In lower fertility conditions, inoculation of coffee seedlings with with AMF results in good responses, expressed through plant height, dry

[1,3]Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ - Instituto de Agronomia/IA - Departamento de Ciência do Solo Rodovia BR 465, km 7 - 23.897-000 - Seropédica - RJ - anacarolinasardito@hotmail.com, rosalbaof@gmail.com
[2,5]Embrapa Agrobiologia - Laboratório de Micorrizas - Rodovia BR 465, Km 7 - 23.891-000 - Seropédica - RJ orivaldo.saggin@embrapa.br, eliane.silva@embrapa.br
[4]Embrapa Rondônia - Rodovia BR 364, Km 5,5 - Cx. P. 127 - 76.815-800 - Porto Velho - RO - rogerio.costa@embrapa.br

matter and nutritional benefits, with higher P, Cu and Zn shoot content, combined with decreased Mn accumulation (ANDRADE; SILVEIRA; MAZZAFERA, 2010; SAGGIN JUNIOR; SIQUEIRA, 1996).

In general, coffee is considered to have high mycorrhizal dependence during seedling stage (SIQUEIRA et al., 1998). The AMF species *Gigaspora margarita*, *Rhizophagus clarus* and *Claroideoglomus etunicatum* have been reported as the most efficient in promoting seedlings growth and field survival under Cerrado soils conditions (SAGGIN JUNIOR; SIQUEIRA, 1996). Meanwhile, these results have been mainly obtained between the 1980 and 1990 decades, based on seed originated plantlets, and in *Coffea arabica* cultivars adapted and planted in Southeastern Brazil.

In present days, coffee production expands through a great diversity of regions in Brazil, even to those of lower altitudes and warmer temperatures, mainly by the use of *C. canephora* cultivars. However, there are few published studies about mycorrhizal inoculation in *C. canephora* species, and none of these makes reference to new cultivars. An example of this situation is the clonal cultivar Conilon 'BRS Ouro Preto' recently released by Embrapa and Coffee Research Consortium (*Consórcio de Pesquisa do Café*), specially developed for Western Amazonia soil and climate conditions (RAMALHO et al., 2015). Conilon 'BRS OuroPreto' represents a multiclonal cultivar, consisting of 15 vegetative multiplied clones with intermediate maturation cycles. They are adapted to the main climate features of Rondônia state, such as high temperature and air humidity, as well as moderate drought (ROCHA et al., 2015). The capacity of these clones to establish mycorrhizae has not yet been evaluated. As well, their response to inoculation with different AMF species has neither been tested. This study aimed to select AMF species which efficiently promotesgrowth and phosphate nutrition of three clones of the clonal cultivar Conilon 'BRS Ouro Preto'.

2 MATERIALS AND METHODS

The experiment was carried out under greenhouse at *Embrapa Agrobiologia*, (georeference: -22.759249° -43.680118°), in Seropédica, RJ. AMF species selection was made using three Ultisols (*Argissolos Vermelho-Amarelo*) (Table 1). Soil samples were collected from 0-20 cm layer, air dried, sieved (4 mm) and submitted to liming following recommendation for the coffee crop by the Commission on Soil Fertility of Minas Gerais State. This way, 0.98, 1.83 and 1.52 g of dolomitic lime (25% CaO, 17% MgO and 75.1% of relative power of total neutralization) were applied per kg of soils 1, 2 and 3, respectively.

The recommendation for coffee seedlings proposed by the Commission on Soil Fertility of Minas Gerais State was used as reference for fertilization of the three soils. Except for the control with complete fertilization, the others treatments received one-third (145 mg/kg of P in soil); three-quarters(187 mg/kg of K in soil) and one-quarter (75 mL/kg of compost in soil) of P, K and organic recommended fertilization using as sources potassium phosphate P.A., potassium chloride P.A. and earthworm humus.

Soil disinfection, to eliminate native AMF propagules, was made in autoclave (120 °C; 1 kgf/cm^2, 60 minutes) and repeated twice for soils 1 and 3. The soil 2, due to its probably higher Mn content, was fumigated with potassium permanganate and formaldehyde (COVACEVICH; CASTELLARI; ECHEVERRÍA, 2014). For this, the soil 2 was placed in a 166 L vacuum fumigation chamber, applied 15 mL of formaldehyde (37%) and 7.5 g of potassium permanganate and the soil was kept closed in the chamber for three days. After disinfection, independently of the method, the soils were air dried for 15 days before the experiment.

The coffee plantlets used in this study were obtained through rooting cuttings the clones M057, M194, and M199 from clonal cultivar Conilon 'BRS Ouro Preto' of *C. canephora* species. The rooting phase was conducted in 280 cm^3 cone-tainer under nursery condition at Embrapa Rondônia (georeference: -8.794007° -63.846945°).

The treatments consisted in inoculation of six AMF species (Table 2), and two not inoculated controls, one of them received complete seedling fertilization. The experimental design was factorial 3x3x8 (3 clones x 3 soils x 8 inoculation treatments) distributed in an entirely randomized design with two replicates. The experimental plot consisted of one plantlet in a cone-tainer containing 1 kg of soil. The plantlets were pruned to have just one orthotropic sprout.

AMF inoculation was applied at transplant of previously rooted cuttings to cone-tainer. For this, cuttings were taken off rooting cone-tainer (280 cm^3) and the substrate was gently removed from roots.

TABLE 1 - Soil classification, chemical characterization and georeferences of collection sites.

Classification and georeference of soil collection site	pH	Al	Ca	Mg	H+Al	K	P	C	Al Sat.
		cmol$_c$/dm^3				mg/L		%	
Soil 1-*Argissolo Vermelho-Amarelo* of arenitic formation under sugarcane (georeference: -22.138361° -50.75775°)	5.01	0.06	1.12	0.41	1.75	29	3.23	0.27	3.77
Soil 2-*Argissolo Vermelho-Amarelo* of granitic formation under Cerrado (georeference: -21.290313° -44.839346°)	5.07	0.40	0.20	0.05	2.24	19	0.62	0.12	61.54
Soil 3-*Argissolo Vermelho-Amarelo* of granitic formation under Atlantic Forest (georeference:-22.75104° -43.666254°)	4.31	0.98	0.49	0.23	4.77	23	1.92	0.75	57.65

TABLE 2 - Arbuscular mycorrhizal fungi species (AMF), identity codes, inoculum quality and quantity applied.

AMF species[(1)]	COFMEA[(2)]code	Original code	Culture code	Inoculum quality (number of spores/g)	Amount of inoculum per seedling(g)
Acaulospora colombiana (Spain & N.C. Schenck) Kaonongbua, J.B. Morton &Bever (2010) [(3)]	A15	CNPAB 015	1505	35	1.43
Acaulospora scrobiculata Trappe (1977)	A38	IES-33	1502	43	1.16
Claroideoglomus etunicatum (W.N. Becker &Gerd.) C. Walker & Schuessler (2010) [(3)]	A44	Inóculo 51	1503	08	6.25
Dentiscutata heterogama (T.H. Nicolson& Gerd.) Sieverd., F.A. Souza & Oehl (2008)	A2	CNPAB 002	1506	27	1.85
Gigaspora margarita W.N. Becker & I.R. Hall (1976)	A1	CNPAB 001	1507	18	2.78
Rhizophagus clarus (T.H. Nicolson & N. C. Schenck) C. Walker & Schuessler (2010)	A5	CNPAB 005	1561	08	6.25

[(1)]: Scientific names according to Redecker et al. (2013); [(2)]: COFMEA (Mycorrhizal Fungi Collection of *Embrapa Agrobiologia*); [(3)]: Although *A. colombiana* and *C etunicatum* were inoculated, just *Glomus* sp. spores were recovered from the soil of these treatments 120 days after transplant. *Glomus* sp. had high sporulation rates in coffee plants, therefore, these treatments were designated as "+*Glomus* sp". *Glomus* sp. origin is probably the roots of the seedlings colonization during cuttings rooting.

Then plants were transplanted to soils in 1 kg cone-tainer. Approximately 50 AMF spores were supplied to each plant (Table 2), with inoculum being applied over bare roots. The control treatments were not AMF inoculated. A filtered solution without AMF propagules, prepared from all used soil-inocula, was supplied to all plots (10 mL/plot) to equalize associated microbiota with inocula between treatments.

Irrigation was made with filtered water and once a week was applied per plant 50 mL of a nutrient solution containing NH_4NO_3 (80 mg/L), H_3BO_3 (927 µg/L), $CuSO_4.5H_2O$ (250 µg/L), $ZnSO_4.7H_2O$ (72 µg/L), and $Na_2MoO_4.2H_2O$ (5 µg/L). During experiment plants were sprayed with Deltamethrin (12.5 mg/L) in order to control aphids.

After 120 days from transplant, plants

were evaluated for their height, orthotropic sprout stem diameter and number of leaf pairs. Chlorophyll *a* and *b* content was measured by an electronic measuring device (CFL1030-Falker) and phosphate nutrition state by foliar discs samples, according to Aziz and Habte (1987). The disc samples were taken from the youngest totally developed leaf. P was quantified in foliar disc and P content in leaf tissue was estimated through the dry weight of disc samples. Then, the dry mass of orthotropic sprouts, cuttings, and roots was evaluated. The soil of the cone-tainers soil was sampled for quantifying the number of AMF spores after extracting them by wet sieving (GERDEMANN; NICOLSON, 1963) and centrifugation on water and sucrose. The data were analyzed for variance homogeneity and normality. The spore counting values were transformed by the square root of X+1. Data were submitted to variance analyses was and means test (Scott-Knott 5%) using SISVAR statistical program (FERREIRA, 2011).

3 RESULTS AND DISCUSSION

Table 3 exhibits means of inoculation treatments within each soil. Among the three soils, soil 1 had a significant effect of the treatment effect and soil 3 had little effect. All variables showed significant differences among inoculation treatments in soil 1. The following effects were verified in soil 1: AMF inoculated plants were higher than controls plants, with exception of those inoculated with *G. margarita*. The stem diameter was thicker in plants inoculated with *C. etunicatum*+*Glomus* sp. and *R. clarus* than others treatments. Root and sprout dry mass also were greater in plants inoculated with *C. etunicatum*+*Glomus* sp. compared to others treatments, but *G. margarita* also stimulated root dry mass. In soil 2, just stem diameter showed an effect of AMF inoculation treatments. In this case, control and *A. colombiana*+*Glomus* sp., were thicker than others treatments, suggesting the absence of real AMF inoculation effect or even a possible negative or etiolation effect. In soil 3, sprout dry mass was the only variable that showed a difference, with the treatments *A. scrobiculata*, *C. etunicatum*+ *Glomus* sp. and *D. heterogama* having lower values than others, including controls, suggesting random effect.

The inoculation treatments did not reveal any effect on the number of, nor on n the dry ass of the cuttings therefore these data were not presented. The absence of effect on cuttings dry mass indicates cuttings do not have a significant development after plantlet transplant and initial conditions of plantlets were uniform. Chlorophyll *a* content was even less influenced by treatments than chlorophyll *b*, thus these data were also not presented. The highest chlorophyll *b* contents were verified on soil 1 in plants with *A. colombiana*+*Glomus* sp. and *C. etunicatum*+*Glomus* sp., as well as in those of controls with complete fertilization. In soil 2, there was no effect of inoculation on chlorophyll *b* contents. In soil 3, the highest values occurred on *A. scrobiculata* and control with complete fertilization.

The number of AMF spores in the soils after the experiment was not different between treatments in soil 2. However, in the other two soils, differences were well marked. In soil 1, *Glomus* sp. present in *A. colombiana*+ *Glomus* sp. and *C. etunicatum*+ *Glomus* sp. had higher sporulation compared the other other AMF species tested. Other treatments also showed sporulation but did not differ from controls without sporulation due to high data variability (variation coefficient of 97.3%). In soil 3, sporulation patterns between different AMF species were better defined. As in soil 1, in soil 3 *Glomus* sp has the highest sporulation, being superior to other treatments. Other species, as *A. scrobiculata* and *R. clarus* also had a high number of spores, being superior from controls. On the other side, sporulation of *G. margarita* and *D. heterogama* were not different from controls.

Table 4 displays means of inoculation treatments within each clone. Effect of inoculation treatments on growth variables and on chlorophyll *b* content was little within each clone. In clone M057, root dry mass was heavier in treatment with *G. margarita* and chlorophyll *b* content was higher in treatments with *A. colombiana*+ *Glomus* sp., *A. scrobiculata* and *C. etunicatum*+ *Glomus* sp., as well as in control with complete fertilization. In Clone M194, inoculation effect was seen only for stem diameter with *A. colombiana*+ *Glomus* sp., *C. etunicatum*+ *Glomus* sp., *R. clarus,* and control treatments exhibiting greater greater diameter than other. In clone M199, inoculation with *A. colombiana*+ *Glomus* sp., *R. clarus*, and control promoted thicker stem diameter the other treatments. At the same time, in this clone, *A. colombiana*+*Glomus* sp. and control with complete fertilization stimulated higher chlorophyll *b* contents.

TABLE 3 - Plant height, sprout stem diameter, root and sprout dry mass, foliar content of chlorophyll *b* and Glomeromycota number of spores in seedlings of *C. canephora* cultivar Conilon 'BRS Ouro Preto' under different arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation treatments in three soils.

AMF inoculation treatment	Plant height (cm)	Sprout stem diameter (mm)	Roots dry mass (g)	Sprout dry mass (g)	Chlorophyll *b* content (ICF)	Number of spores in 50 mL of soil*
Soil 1-*ArgissoloVermelho-Amarelo* of arenitic formation under sugarcane						
A. col.+Glomus sp	13.67**a**	4.08**b**	1.29**b**	3.41**b**	8.17**a**	18.89**a**
A. scrobiculata	14.28**a**	4.30**b**	1.20**b**	3.27**b**	6.25**b**	7.38**b**
C. etu.+Glomus sp	17.80**a**	4.86**a**	2.26**a**	5.00**a**	7.18**a**	22.71**a**
D. heterogama	14.42**a**	4.11**b**	1.33**b**	3.75**b**	5.93**b**	3.24**b**
G. margarita	10.60**b**	4.02**b**	1.69**a**	2.85**b**	6.08**b**	1.72**b**
R. clarus	14.83**a**	4.71**a**	1.34**b**	3.78**b**	5.23**b**	9.88**b**
N.I. control+Fert.	12.00**b**	4.00**b**	0.81**b**	3.46**b**	7.47**a**	1.00**b**
N.I. control	11.00**b**	4.41**b**	1.03**b**	2.82**b**	5.20**b**	1.00**b**
Soil 2-*Argissolo Vermelho-Amarelo* of granitic formation under Cerrado						
A. col.+Glomus sp	13.17a	4.93**a**	0.93a	3.15a	5.73a	4.27a
A. scrobiculata	11.47a	4.14**b**	0.94a	2.73a	5.45a	5.25a
C. etu.+Glomus sp	10.68a	4.17**b**	0.70a	2.17a	5.07a	8.32a
D. heterogama	12.43a	4.29**b**	0.97a	2.88a	6.15a	1.58a
G. margarita	12.90a	4.27**b**	1.26a	3.11a	5.58a	1.53a
R. clarus	10.50a	4.49**b**	0.91a	2.40a	5.50a	4.85a
N.I. control+Fert.	9.58a	4.00**b**	0.71a	1.78a	4.72a	1.00a
N.I. control	14.00a	5.17**a**	1.78a	3.36a	5.20a	1.00a
Soil 3-*Argissolo Vermelho-Amarelo* of granitic formation under Atlantic Forest						
A. col.+Glomus sp	15.55a	4.92a	1.95a	5.14**a**	7.10**b**	15.18**a**
A. scrobiculata	15.80a	4.47a	1.30a	3.84**b**	7.86**a**	11.45**b**
C. etu.+Glomus sp	16.42a	4.60a	1.99a	4.15**b**	6.78**b**	18.95**a**
D. heterogama	14.75a	4.32a	1.77a	3.90**b**	6.15**b**	4.32**c**
G. margarita	15.38a	4.53a	2.01a	4.82**a**	6.93**b**	3.01**c**
R. clarus	16.15a	4.85a	1.75a	4.97**a**	5.93**b**	9.07**b**
N.I. control+Fert.	15.50a	4.56a	1.52a	5.26**a**	8.98**a**	1.00**c**
N.I. control	15.45a	4.68a	1.60a	4.69**a**	5.98**b**	1.00**c**

Abbreviations used: *A.= Acaulospora; col= colombiana; C. etu.= Claroideoglomus etunicatum; D.= Dentiscutata; G.= Gigaspora; R.= Rhizophagus;* N.I. control= Not inoculated control; Fert.= Complete fertilization recommended for production of coffee seedlings; ICF= Falker Chlorophyll Index. *: square root of X+1 (transformed data). Letters in columns, within each soil, compare means by Scott-Knott 5% test.

TABLE 4 - Plant height, sprout stem diameter, root and sprout dry mass, foliar content of chlorophyll *b* and Glomeromycota number of spores in seedlings of three clones of *C. canephora* cultivar Conilon 'BRS Ouro Preto' under different arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) treatments.

AMF inoculation treatment	Plant height (cm)	Sprout stem diameter (mm)	Roots dry mass (g)	Sprout dry mass (g)	Chlorophyll *b* content (ICF)	Number of spores in 50 mL of soil*
Clone M057						
A. col.+Glomus sp	11.65a	4.52a	1.35**b**	4.11a	8.38**a**	19.52**a**
A. scrobiculata	10.46a	4.49a	0.89**b**	3.39a	6.82**a**	6.01**b**
C. etu.+Glomus sp	10.10a	4.54a	1.54**b**	3.41a	6.78**a**	15.39**a**
D. heterogama	8.80a	4.33a	1.04**b**	3.42a	5.68**b**	3.06**b**
G. margarita	10.30a	4.45a	2.33**a**	4.31a	5.98**b**	2.31**b**
R. clarus	10.70a	4.79a	1.51**b**	4.27a	5.70**b**	12.26**a**
N.I. control+Fert.	9.08a	4.35a	1.02**b**	3.79a	7.28**a**	1.00**b**
N.I. control	9.88a	4.54a	1.36**b**	4.39a	5.88**b**	1.00**b**
Clone M194						
A. col.+Glomus sp	18.34a	4.47**a**	1.65a	4.74a	5.54a	10.68**b**
A. scrobiculata	15.98a	3.90**b**	1.01a	3.20a	6.87a	12.78**b**
C. etu.+Glomus sp	18.67a	4.53**a**	1.72a	4.36a	6.77a	24.92**a**
D. heterogama	17.83a	4.17**b**	1.56a	3.88a	7.60a	3.94**c**
G. margarita	16.92a	4.05**b**	1.32a	3.71a	6.78a	2.25**c**
R. clarus	18.87a	4.41**a**	1.20a	4.12a	6.32a	10.12**b**
N.I. control+Fert.	14.08a	3.82**b**	0.91a	3.26a	7.15a	1.00**c**
N.I. control	14.88a	4.39**a**	1.26a	3.59a	5.80a	1.00**c**
Clone M199						
A. col.+Glomus sp	11.83a	5.39**a**	1.56a	3.45a	7.70**a**	9.70a
A. scrobiculata	14.22a	4.51**b**	1.48a	3.17a	5.70**b**	4.38a
C. etu.+Glomus sp	14.26a	4.43**b**	1.43a	2.95a	5.06**b**	5.59a
D. heterogama	14.97a	4.22**b**	1.47a	3.23a	4.95**b**	2.15a
G. margarita	11.23a	4.34**b**	1.48a	2.96a	5.90**b**	1.82a
R. clarus	11.92a	4.87**a**	1.29a	2.76a	4.65**b**	1.41a
N.I. control+Fert.	13.92a	4.39**b**	1.10a	3.45a	6.73**a**	1.00a
N.I. control	14.74a	4.80**a**	1.42a	3.30a	5.12**b**	1.00a

Abreviations used: *A.= Acaulospora; col= colombiana; C.etu.= Claroideoglomus etunicatum; D.= Dentiscutata; G.= Gigaspora; R.= Rhizophagus;* N.I. control= Not inoculated control; Fert.= Complete fertilization recommended for the prduction of coffee seddlings; ICF= Falker Chlorophyll Index. *: square root of X+1 (transformed data). Letters in columns, within each clone, compare means by Scott-Knott 5% test.

About the number of spores, clone M199 did not promote differences among inoculation treatments, with sporulation being low in all of them, not getting to be different from controls without sporulation. In clone M057, inoculation with *A. colombiana*+*Glomus* sp., C. *etunicatum*+*Glomus* sp., and *R. clarus* resulted in larger sporulation than others treatments. In clone M194, the higher sporulation occurred on *C. etunicatum*+*Glomus* sp., followed by *A. colombiana*+*Glomus* sp., *A. scrobiculata,* and *R. clarus*. Sporulation of *G. margarita* and *D. heterogama* did not differ from controls.

The soil and clone main effects are presented in Table 5. It was verified that soil 3 propitiated the best development of plants, as well as the highest content of chlorophyll b. Soil 1 showed a better plant development compared to soil 2, and similar or slightly inferior compared to soil 3. Soil 2 promoted the lowest plant development and chlorophyll *b* content. AMF sporulation was also higher in soils 1 and 3, being in both cases higher in comparison to soil 2.

The clone main effect was variable about to plant growth responses. Clone M194 had higher plants, but thinner sprout stem diameter. Clone M057 had lower height, but a greater number of leaves (data not presented). Clone M057 had a higher dry mass of cuttings compared to the others clones (data not presented). The clones did not differ in relation to root mass, but clones M057 and M194 had more sprout dry mass and chlorophyll *b* content compared to clone M199. Clones M057 and M194 also promoted greater AMF sporulation than clone M199.

The phosphorus nutrition status of plants is presented in Figure 1. AMF inoculation did not influence tissues P content in the three soils. However, P quantity in leaf discs showed differences among inoculation treatments in soils 2 and 3. In soil 2, inoculated treatments, except *R. clarus*, promoted higher P quantities in leaf discs compared to controls. In soil 3, inoculation with *A. colombiana*+*Glomus* sp., *C. etunicatum*+*Glomus* sp. and *G. margarita* stimulated higher P quantities in leaf discs.

The analyses of inoculation treatments within each clone (Figure 2) indicated a positive effect of most AMF species in tissue P content of clone M057. Except for *D. heterogama,* all others inoculated AMF species promote higher P content than controls. Regarding P quantity in leaf disc of clone M057, the inoculation with *A. colombiana* + *Glomus* sp. provided the highest values, followed by *C. etunicatum*+*Glomus* sp. and *G. margarita* treatments. In clone M194, all treatments AMF inoculated promoted higher P quantities in leaf discs compared to controls, including the control with complete fertilization. On the other side, clone M199, did not have any positive effect on P nutrition status due to mycorrhizal inoculation.

The soil and clone main effects about phosphorus nutrition are in Figure 3. Soil 3 propitiated higher P accumulations in leaf discs, as well as higher tissue P content, compared to the other two soils.

TABLE 5 - Plant height, sprout stem diameter, root and sprout dry mass, foliar content of chlorophyll *b* and Glomeromycota number of spores in seedlings of three clones of *C. canephora* cultivar Conilon 'BRS Ouro Preto' grown in three different soils (Main effects of clone and soil).

Soil/Clone treatment	Plant height (cm)	Sprout stem diameter (mm)	Roots dry mass (g)	Sprout dry mass(g)	Chlorophyll *b* content (ICF)	Number of spores in 50 mL of soil*
Soil main effect						
Soil1	13.37**b**	4.30**b**	1.33**b**	3.48**b**	6.28**b**	6.81**a**
Soil2	11.44**c**	4.30**b**	0.93**c**	2.57**c**	5.43**c**	3.78**b**
Soil3	15.62**a**	4.62**a**	1.74**a**	4.61**a**	6.95**a**	7.92**a**
Clone main effect						
Clone M057	10.05**c**	4.50**a**	1.37a	3.86**a**	6.51**a**	7.28**a**
Clone M194	17.01**a**	4.20**b**	1.33a	3.85**a**	6.66**a**	8.61**a**
Clone M199	13.44**b**	4.56**a**	1.39a	3.14**b**	5.62**b**	2.95**b**

Soil 1 - *Argissolo Vermelho Amarelo* (AVA) of arenitic formation under sugarcane; **Soil 2**-AVA of granitic formation under Cerrado; **Soil 3**-AVA of granitic formation under Atlantic Forest. Letters in columns within soil or clone effect, compare means by Scott-Knott 5% test.

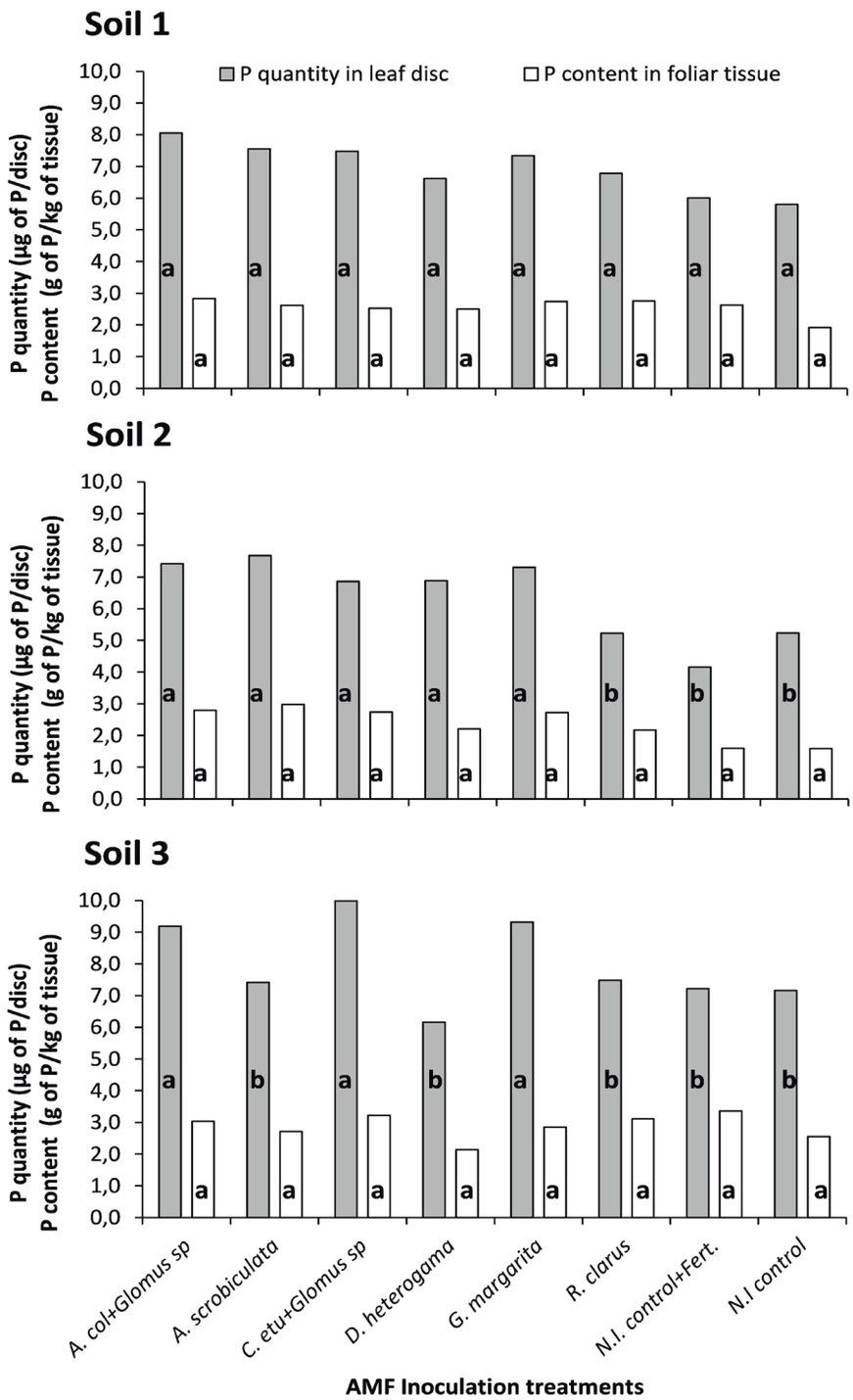


FIGURE 1 - P quantity in leaf disc and P content in foliar tissue in seedlings of *C. canephora* cultivar Conilon 'BRS Ouro Preto' under different arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation treatments in three soils. Used abbreviations: *A.= Acaulospora; col= colombiana; C. etu.= Claroideoglomuse tunicatum; D.= Dentiscutata; G.= Gigaspora; R.= Rhizophagus;* N.I. control= Not inoculated control; Fert.= Complete fertilization recommended for coffee seedlings production; Letters within each bar color, and within each soil, compare means by Scott-Knott 5% test.

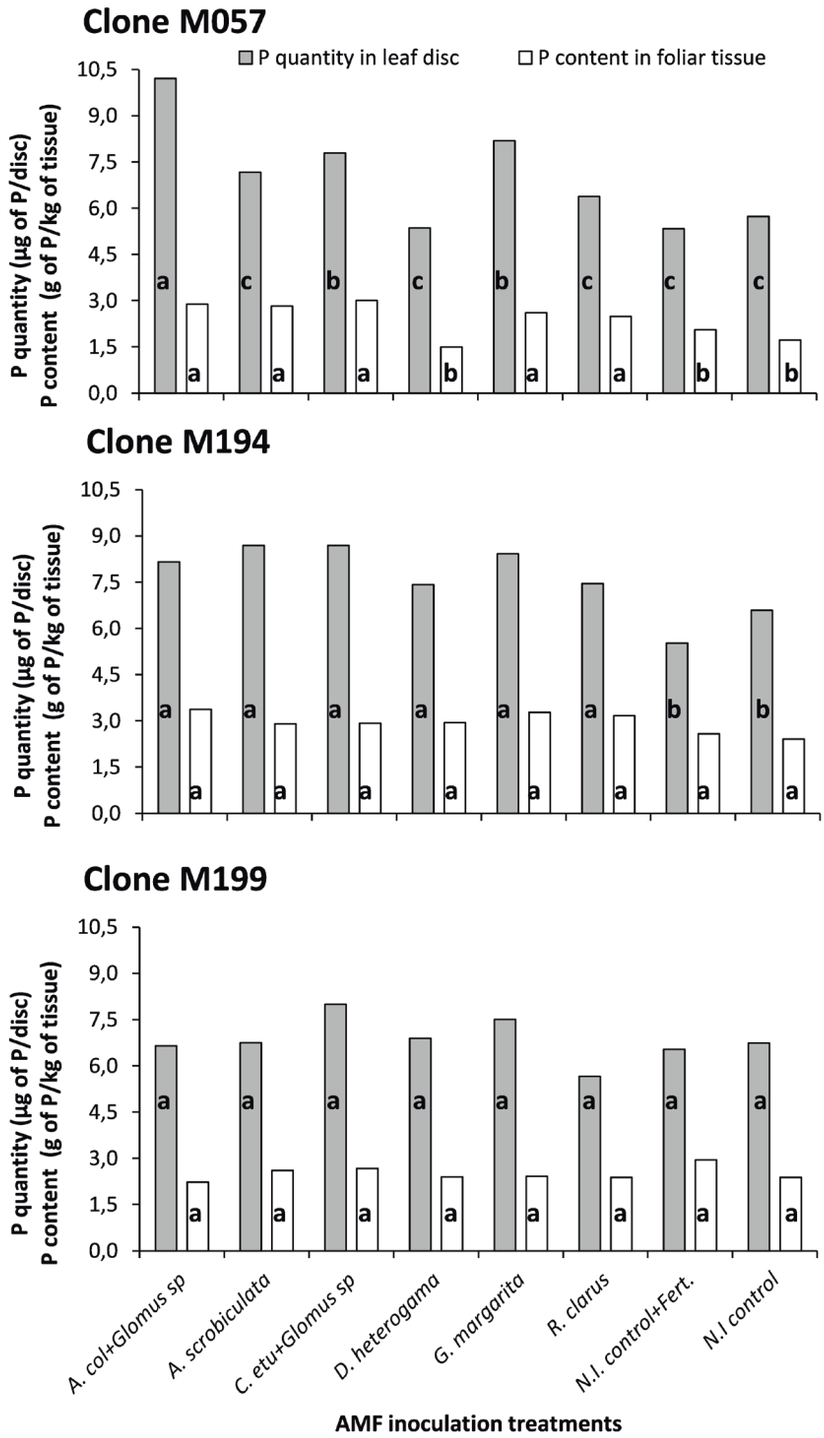
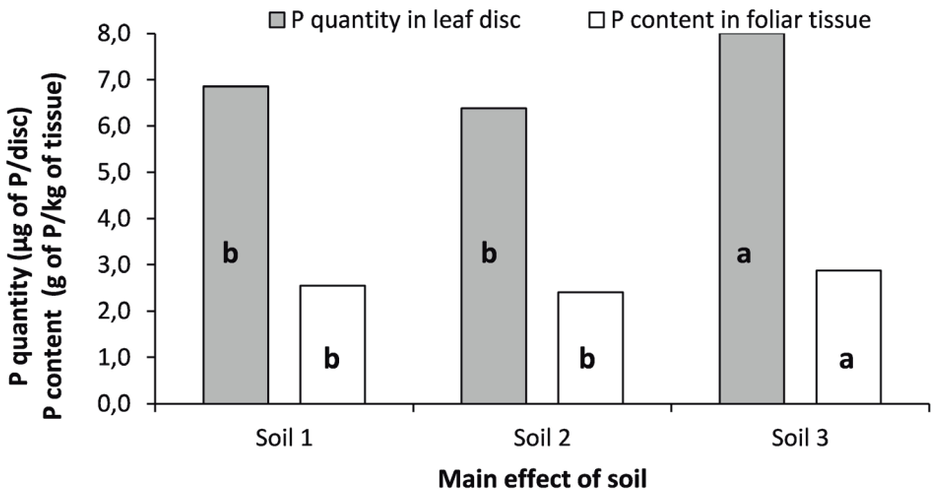


FIGURE 2 - P quantity in leaf disc and P content in foliar tissue in seedlings of three clones *C.canephora* cultivar Conilon 'BRS Ouro Preto' under different arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation treatments. Used abbreviations: *A.= Acaulospora; col= colombiana; C.etu.= Claroideoglomus etunicatum; D.= Dentiscutata; G.= Gigaspora; R.= Rhizophagus*; N.I. control= Not inoculated control; Fert.= Complete fertilization recommended for coffee seedlings production; Letters within each bar color, and within each clone, compare means by Scott-Knott 5% test.



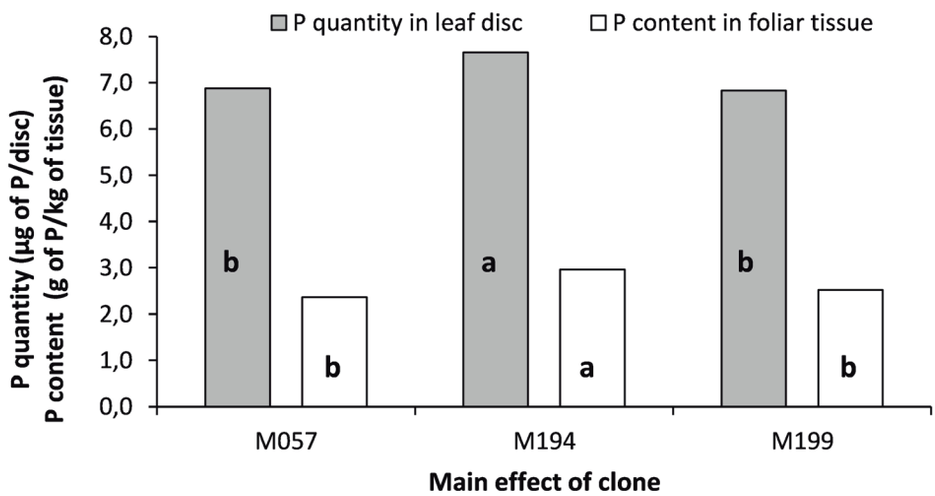


FIGURE 3 - P quantity in leaf disc and P content in foliar tissue in seedlings of three clones of *C. canephora* cultivar Conilon 'BRS Ouro Preto'cultivated in three soils. Letters within each bar color compare means by Scott-Knott 5% test.

This is in correspondence with the higher P availability in this soil, which in general presented a better fertility (Table 1). The clone M194 showed the best P absorption, expressed through higher P quantities in leaf discs and higher tissue P content, in comparison to the other two clones. This suggests thats clone M194 is more efficient on P absorption and/or P accumulation in leaves than clones M057 and M199.

Among the three studied soils, soil 3 stimulated the highest growth of coffee Conilon 'BRS Ouro Preto'. The plants in this soil had higher leaf chlorophyll and P contents. Although this soil had initially presented the highest acidity and aluminum saturation (Table 1), these problems were solved through liming. This soil, collected under Atlantic Forest vegetation, had higher carbon content compared to the others two soils, which certainly resulted in higher fertility levels and therefore explain the obtained results.

The development of the coffee seedlings in soi 1 was basically the same or slightly inferior compared to plants grown in soil 3. In general plants in soil 1 grew better that those in soil 2,

being soil 2 the one with the poorest fertility, resulting in the smallest plants, with a lower number of leaves, chlorophyll content and dry mass production. Soil 2 was originally from Cerrado and had very low levels of Ca, Mg, P and C combined with high aluminum saturation (Table 1). Compared to the other two soils evaluated, soil 2 became compact and hard within the cone-tainers. These chemical and physical differences between soils might justify the poorest development of plants associated with soil 2. However, in addition, different from the other two soils, soil 2 was fumigated with the gas resulting from the mixture of potassium permanganate and formaldehyde (COVACEVICH; CASTELLARI; ECHEVERRÍA, 2014), which may also have affected is fertility and decreased the establishment of AMF, since soil 2 showed low sporulation after conducting experiments.

The highest response of coffee plants to AMF inoculation, expressed through growth and P nutrition, were observed in soil 1. Soils 2 and 3 promoted low levels of inoculation response, as they were soils with respective highest and lowest fertilities. The larger effect of AMF inoculation in coffee generally takes place in intermediate-fertility conditions (SAGGIN JUNIOR; SIQUEIRA, 1996), as verified in soil 1. In addition, P and N fertilization affect AMF communities in coffee roots (DE BEENHOUWER et al., 2015).

The plants of clone M194 showed higher plants, but thinner sprout stem diameter, suggesting a probable etiolated growth. On the other side, plants of clone M057 had a lower height, but a greater number of leaf pairs, indicating clone M057 had more branches. Clone M057 had a higher dry mass of cuttings than the other clones, which suggests mother plants more vigorous. Despite these differences in height, stem diameter, number of leaf pairs, and cuttings dry mass, the quantification of plants total dry mass showed clones M057 and M194 grew more than clone M199. Clones M057 and M194 had a better response to AMF inoculation, combined with a higher fungal sporulation. This suggests clones M057 and M194, mainly the first one, are more mycotrophic compared to clone M199. This last clone (M199) had a low AMF sporulation and under short fertilization conditions (1/3 of P, 3/4 of K and 1/4 of organic fertilization) showed seedlings with low growth and low chlorophyll content.

The selection of better performance mother plants to compound clonal cultivars, as cultivar Conilon 'BRS Ouro Preto', should be done based on an additional criterion, which rarely is taken into account by plant breeders, which is the capacity of these plants to associate with microorganisms capable of improving their nutrition. When selection is performed under high fertilization conditions, exists the risk that selected plants are productive only in highly fertile situations and that selected plants do not share photosynthetic products (not have energy expenditure) with root symbionts. This might have been the case of clone M199, which had a low association with AMF. Selection of highly productive plants that only respond to high fertilizer application or to very fertile soils puts plant breeding against the solution for the main Brazilian agribusiness problem, which is a high dependency on imported chemical fertilizers. For agribusiness to become less dependent on fertilizers, it is necessary to select plants capable of using alternative nutritional strategies, as association with AMF. Reducing use of chemical fertilizers in coffee plantations would increase its sustainability (FERNANDES et al., 2016) and AMF mycelium may result in a greater nutrient acquisition from organic sources in soils with low nutrient availability (POSADA; SIEVERDING, 2014).

In general, it was verified coffee grew better in soil 1 under inoculation treatments of *C. etunicatum+Glomus* sp. and *G. margarita*. The higher sporulation of *Glomus* sp. in treatments *A. colombiana+Glomus* sp. and *C. etunicatum+Glomus* sp., in soils 1 and 3, and in clones M057 and M194 suggests this AMF species is well adapted to 'BRS Ouro Preto'. The fungi *A. scrobiculata* and *Rhizophagus clarus* also showed good sporulation, with the latter species also promoting shoot growth of plants.

4 CONCLUSIONS

Soil 3 (from Atlantic Forest) was the most fertile, promoted greater coffee plants, with higher chlorophyll content and better phosphate nutrition. However, this soil decreases the response of plants to AMF inoculation. Soil 1 (from sugarcane plantation) of intermediate fertility, between other two soils, promoted good development and AMF responsive coffee plants. Clones M057 and M194 have higher growth compared to M199 in studied soils and on fertilization conditions lower than recommended for coffee seedlings. Clones M057 and M194, mainly the former, are mycotrophic and promote sporulation of inoculated fungi, while clone M199 has low

mycotrophy. The fungus *Glomus* sp. present in treatments *A. colombiana*+*Glomus* sp. and *C. etunicatum*+*Glomus* sp., in general, had high sporulation and promotes growth and nutrition of cultivar Conilon 'BRS Ouro Preto'. The fungi *A. scrobiculata*, *R. clarus* and *G. margarita* also stimulated the growth of coffee seedlings.

5 ACKNOWLEDGMENTS

This study was conducted within the Activity "AMF selection for *C. canephora* seedlings" associated with the project "Arbuscular Mycorrhizal Fungi and microbial interactions in coffee plantations in the Amazon" do PNP&D/ Café, with Funcafé funds.

6 REFERENCES

ANDRADE, S. A. L.; SILVEIRA, A. P. D.; MAZZAFERA, P. Arbuscular mycorrhiza alters metal uptake and the physiological response of Coffea arabica seedlings to increasing Zn and Cu concentrations in soil. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 408, n. 22, p. 5381-5391, Oct. 2010.

AZIZ, T.; HABTE, M. Determining vesicular–arbuscular mycorrhizal effectiveness by monitoring P status of leaf disks. **Canadian Journal of Microbiology,** Ottawa,v. 33, n. 12, p. 1097-1101,1987.

COVACEVICH, F.; CASTELLARI, C. C.; ECHEVERRÍA, H. E. Métodos físicos y químicos para la eliminación de propágulos de hongos formadores de micorrizas nativos de muestras de suelo. **Revista Argentina de Microbiología**, Ciudad Autónoma de Buenos Aires,v. 46, n. 3, p. 231-236,2014.

DE BEENHOUWER, M. et al. Changing soil characteristics alter the arbuscular mycorrhizal fungi communities of Arabica coffee (Coffea arabica) in Ethiopia across a management intensity gradient. **Soil Biology & Biochemistry**, Amsterdam,v. 91, p. 133-139, Dec. 2015.

FERNANDES, R. A. et al. Occurrence and species richness of mycorrhizal fungi in soil under different land use. **Canadian Journal of Soil Science**,Ottawa,v. 96, n. 3, p. 271-280, Sept. 2016.

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

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**,Cambridge,v. 46, n. 2, p. 235-244, June 1963.

POSADA, R. H.; SIEVERDING, E. Arbuscular mycorrhiza in Colombian coffee plantations fertilized with coffee pulps as organic manure. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, Quedlinburg,v. 87, p. 243-248,2014.

RAGHURAMULU, Y. Sustainable practices in Indian coffee plantations. **Indian Coffee**, Bangalore, v. 74, n. 6, p. 3-7,2010.

RAMALHO, A. R. et la. Conilon BRS Ouro Preto: cultivar clonal de café para Amazônia Ocidental. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9., 2015, Viçosa, MG. **Resumos Expandidos...**Viçosa, MG, 2015.Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/4117>. Acesso em: 1 dez. 2015.

REDECKER, D. et al. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomeromycota*). **Mycorrhiza**, Heidelberg, v. 23, n. 7, p. 515-531,2013.

ROCHA, R. B. et al. Adaptabilidade e estabilidade da produção de café beneficiado em Coffea canephora. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, p. 1531-1537,2015.

SAGGIN JUNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: Ed. UFLA, 1996.p.203-254.

SIQUEIRA, J. O. et al. Arbuscular mycorrhizal inoculation and superphosphate application influence plant development and yield of coffee in Brazil. **Mycorrhiza**, Heidelberg,v. 7, n. 6, p. 293-300,1998.

_____. Micorrizas vesicular-arbusculares em mudas de cafeeiro produzidas no Sul do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 31-38, jan. 1987.

EFEITO DA APLICAÇÃO DE PIRACLOSTROBINA NO CRESCIMENTO INICIAL DE CAFÉ ARÁBICA EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

Anelisa de Figueiredo Peloso[1], Sandro Dan Tatagiba[2], José Francisco Teixeira do Amaral[3], Paulo Cezar Cavatte[4], Marcelo Antônio Tomaz[5]

(Recebido: 18 de novembro de 2016; aceito: 08 de março de 2017)

RESUMO: Objetivou-se com este estudo investigar o efeito da piraclostrobina no crescimento inicial de plantas de *Coffea arabica* L. submetidas ou não ao déficit hídrico, utilizando para isso, a avaliação das características da matéria seca total (MST), da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR), área foliar (AF), altura e diâmetro do coleto, além da eficiência no uso da água de produtividade (EUA_p) em plantas cultivadas a 100 (-DH, sem déficit hídrico) e 30% (+DH, com déficit hídrico) de água disponível no substrato. De acordo com os resultados obtidos, foi verificado que a aplicação de piraclostrobina nas plantas submetidas a -DH, principalmente na maior concentração (1,4 g/L), favoreceu o incremento da MST, da MSPA, da MSR, da área foliar, altura, diâmetro do coleto e da EUA_p. Sob déficit hídrico (+DH), o crescimento das plantas não foi beneficiado pela aplicação de piraclostrobina, independentemente da concentração utilizada, evidenciando a necessidade do controle de água adequado como estratégia de manejo para a produção.

Termos para a indexação: *Coffea arabica* L., déficit hídrico, estrobirulina, características de crescimento.

EFFECT OF THE APPLICATION OF PYRACLOSTROBIN IN THE INITIAL GROWTH OF ARABIC COFFEE IN DIFFERENT AVAILABILITY OF WATER

ABSTRACT: *The objective of this research was to investigate the effect of pyraclostrobin on the initial growth of Coffea arabica L. plants submitted or not to water deficit, using the total dry matter (MST), aerial part matter (MSPA), root matter (MSR), foliar area (AF), height and diameter, further on of the efficiency in the use of yield water (EUA_p) in plants grown at 100 (-DH, without water deficit) and 30% (+DH, with water deficit) of available water in the substrate. According to the results, it was verified that the application of pyraclostrobin in plants submitted to -DH, mainly in the highest concentration (1.4 g/L), favored the increase of MST, MSPA, MSR, leaf area, height, diameter and EUA_p. Under water deficit (+DH), plant growth was not favored by the application of pyraclostrobin, independently of the concentration used, evidencing the need for adequate water control as a management strategy for production.*

Index terms: *Arabica coffee, water deficit, strobilurin, characteristics of growth.*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, possuindo uma das tecnologias mais avançadas para a produção, estrutura adequada para a exportação, pesquisa e extensão aplicada, além de mecanismos de crédito suficientes para atender a cadeia produtiva, colocando-se na vanguarda cafeeira (BELAN et al., 2011; SAKIYAMA et al., 2015). Além disso, é o segundo maior consumidor de café do mundo e, por conseguinte, o maior consumidor do café produzido no próprio país (SAKIYAMA et al., 2015). Na safra 2015/2016 a produção brasileira de café foi estimada em 43,20 milhões de sacas beneficiadas, representando 30,13% da produção mundial (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO, 2016). Desse montante, o café arábica (*C. arabica)*, representou 76,8% da produção total (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2016).

Embora o país seja líder no mercado desse produto, a produção cafeeira tem sido afetada pelas condições climáticas, em consequência do fenômeno do aquecimento global, o que tem levado à ocorrência de períodos cada vez mais prolongados de seca (DAMATTA et al., 2010; PEZZOPANE et al., 2010; PIZETTA et al., 2016), podendo ocasionar redução da produtividade em até 80% (DAMATTA; RAMALHO, 2006). Segundo Fialho et al. (2010) e Rodrigues et al. (2016), a seca é o fator abiótico que mais afeta a produção da cafeicultura brasileira, colocando em risco previsões de futuras safras.

Na busca de alternativas para amenizar a situação provocada por estresses abióticos, estudos realizados por Fangan et al. (2010) em soja, Jadoski et al. (2015) em feijão, Martinazzo et

[1,3,4,5,6] Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Campus Alegre - Alto Universitário, s/n, Guararema - 29.500-000 Alegre - ES - anelisapeloso@hotmail.com, jftamaral@yahoo.com.br, cavattepc@hotmail.com, tomazamarcelo@yahoo.com.br, edreis@cca.ufes.br
[2]Instituto Federal do Pará - Campus Itaituba/ IFPA - Estrada Jacarezinho, s/n - Maria Magdalena - 68.180-000 - Itaituba - PA sandrodantatagiba@yahoo.com.br

al. (2015) em tomate, têm encontrado benefícios promovidos por moléculas de determinado grupo de fungicidas, entre elas, pode-se destacar, a piraclostrobina, molécula pertencente ao grupo das estrobilurinas. Na cultura do café, a piraclostrobina, principal estrobirulina comercial, é utilizada no combate de duas doenças fúngicas: a ferrugem e a cercosporiose, causadas por *Hemileia vastatrix* e *Cercospora coffeicola*, respectivamente. Além da ação fungicida, as estrobirulinas podem atuar de forma positiva sobre a fisiologia das plantas na ausência de agentes patogênicos (DEBONA et al., 2016; DEBONA; RODRIGUEZ, 2016). Tais benefícios incluem o aumento na taxa fotossintética, maior eficiência no uso de água e nitrogênio, retenção de clorofila, atraso na senescência foliar ("efeito verde"), aumento na atividade de enzimas antioxidantes, favorecendo assim, o aumento do acúmulo de biomassa seca e da produtividade (BALARDIN et al., 2011; COSTA et al., 2012; FAGAN et al., 2010; PAULO JÚNIOR et al., 2013; TSUMANUMA et al., 2010). Para Navarini et al. (2007), os incrementos na biomassa seca e na produtividade podem variar de acordo com a suscetibilidade ao estresse de cada espécie ou cultivar, e quanto maior a suscetibilidade, maior poderá ser o incremento imposto pela aplicação de estrobirulina. Normalmente, o incremento na biomassa e na produtividade vegetal pode ser acompanhado quantitativamente, através de análises de volume, biomassa seca e verde, e rendimento econômico (FLOSS, 2011). Assim, realizar análises de crescimento detalhadas para se conhecer as diferenças estruturais e funcionais existentes em plantas de café arábica, tornam-se fundamentais.

Apesar do conhecimento que se têm, até o momento, dos efeitos fisiológicos provocados pela estrobirulina em vegetais, permanece obscuro, ainda, o efeito da piraclostrobina em plantas submetidas ao déficit hídrico. Portanto, as hipóteses consideradas neste estudo foram as seguintes: I) a piraclostrobina pode contribuir para o maior crescimento vegetativo e desenvolvimento das plantas de café arábica, e II) a piraclostrobina pode reduzir o dano no crescimento das plantas causado pelo déficit hídrico. Para resolver estas questões, avaliações detalhadas do crescimento vegetativo foram realizadas, investigando o efeito da piraclostrobina nas plantas de café arábica, submetidas ou não ao déficit hídrico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local, material experimental e substrato

O experimento foi realizado em casa de vegetação climatizada, na área experimental do Núcleo de Estudos e Difusão de Tecnologia em Florestas, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável (NEDTEC), do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), no município de Jerônimo Monteiro, na latitude 20°47'25" S, longitude 41°23'48" W e altitude de 120 m.

As sementes para a produção das mudas foram obtidas da cultivar de café arábica (*C. arabica*), var. "Catuaí Vermelho", IAC 144, proveniente do Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural - INCAPER, Venda Nova do Imigrante - ES. As mudas foram formadas em sacos de polietileno perfurados, de cor preta, com as dimensões usuais para mudas de café (0,15 x 0,25 m). Depois de encanteirados, foram semeadas duas sementes por saco plástico. As sementes foram cobertas por substrato, a fim de manter a umidade durante a germinação. Após a germinação das sementes, foi deixada apenas uma plântula por saco plástico. Durante os 20 primeiros dias de desenvolvimento, as mudas foram mantidas em canteiros dentro de viveiro, apresentando 50% de sombreamento. Posteriormente, foram selecionadas quanto à uniformidade e transplantadas para vasos com capacidade de 14 dm^3. Os vasos apresentavam furos circulares de 1 cm de diâmetro na parte inferior, permitindo aeração das raízes e escoamento do excesso de água. Durante todo o período experimental as mudas ficaram suspensas em bancadas com aproximadamente 1 m de altura, com dimensões de 2 m de comprimento e 1,20 m de largura.

Após o transplante para os vasos no dia 04 de março de 2015, as mudas cresceram em casa de vegetação, com teor de umidade do substrato próximo à capacidade de campo (CC) (BERNARDO; SOARES, MONTOVANI, 2006) por 130 dias, quando, então, foram iniciados os tratamentos diferenciados de disponibilidade hídrica de 100 e 30% de água disponível (AD), permanecendo por 100 dias, totalizando 230 dias de experimentação no dia 19 de outubro de 2015.

A aplicação de piraclostrobina sob as folhas das plantas foi realizada em duas etapas, aos 35 e 65 dias após o início dos tratamentos com as diferentes disponibilidades hídricas no substrato, aos 165 e 195 dias de experimentação, respectivamente.

Para aplicação da piraclostrobina foi utilizado um pulverizador manual costal com capacidade de 20 L e um bico tipo leque. Foram aplicadas três concentrações de piraclostrobina: 0; 0,7 e 1,4 g/L, a partir da diluição do produto comercial concentrado Comet® (250 g/L ou 25,0% m/v) da empresa The Chemical Company - BASF S.A. A concentração de piraclostrobina recomendada pela empresa foi de 0,6 a 0,8 g/L. Para as plantas que não receberam a piraclostrobina (0 g/L) foi realizada pulverização com água destilada.

O substrato utilizado para o enchimento dos vasos foi constituído de solo extraído à profundidade de 40 a 80 cm de um Latossolo Vermelho-Amarelo (70%), areia lavada (20%) e esterco bovino curtido (10%), destorroado e passado em peneira de 2,0 mm para obtenção da terra fina seca ao ar. Foi realizada análise granulométrica do substrato (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1997), obtendo-se a classificação textural argilo-arenoso.

A necessidade da aplicação de corretivos e adubos químicos foi feita com base na análise química do substrato (Tabela 1). No plantio não foi necessário fazer adubação e correção da acidez do solo. Durante o período experimental foram realizadas quatro adubações de cobertura em intervalos de 45 dias, até o final do experimento, conforme preconizado por Prezotti et al. (2007).

2.2 Lâmina de irrigação e água disponível

Para determinação da lâmina de água, amostras do substrato deformadas e previamente peneiradas, foram saturadas por 12 horas (EMBRAPA, 1997) e levadas à câmara de pressão de Richards com placa porosa para estabilização, adotando-se um tempo de três dias e posterior determinação da umidade gravimétrica (U), correspondente às tensões de 0,010 Mpa para capacidade de campo e 1,5 MPa para o ponto de murcha permanente, conforme metodologia adotada por Tatagiba et al. (2016).

A umidade volumétrica (θ) para cada uma das tensões foi obtida pelo produto da umidade gravimétrica pela densidade do solo ($\theta = U \cdot Ds$). Os valores médios, resultantes de três repetições para densidade do solo, umidade gravimétrica na capacidade campo e no ponto de murcha permanente para o cálculo dos níveis de água, foram 1,04 g cm^{-3}; 23 e 14%, respectivamente.

A água disponível (AD) encontrada foi de 9,4%, calculada observando-se os valores de umidade volumétrica obtida para a capacidade de campo (CC) em 23,9% determinada na tensão de 0,010 MPa e para o ponto de murcha permanente (PMP) em 14,5 % na tensão de 1,5 MPa, utilizando-se a seguinte expressão: AD = CC - PMP (CENTURION; ANDREOLI, 2000). Os valores médios de umidade volumétrica e da tensão utilizados foram ajustados pelo modelo matemático proposto por Vangenuchten (1980), através do software Soil Retention Curves (SWRC), versão 2.0.

Para o estabelecimento da disponibilidade hídrica, foram utilizadas duas lâminas de água, definidas a partir da água total disponível, com valores de 100 e 30% (EMBRAPA, 1997). O controle da irrigação foi realizado pelo método gravimétrico (pesagem diária dos vasos), adicionando-se água até que a massa do vaso atingisse o valor prévio determinado em cada lâmina, considerando-se a massa do solo e de água (DARDENGO; REIS; PASSOS, 2010). Ajustes nos pesos dos vasos foram realizados em intervalos de 40 dias, até o final do experimento, considerando a massa fresca total obtida pelas plantas durante o crescimento.

2.3 Casa de vegetação climatizada e obtenção dos dados microclimáticos

A casa de vegetação climatizada é composta por dois refrigeradores (ar condicionado), um sistema de microaspersão de água automático e uma tela de umidificação, além de possuir dois exaustores de ar e sensores de umidade e temperatura do ar, acoplados a um "datalogger", que contribuem para manter a umidade e a temperatura do ar controladas. Todo este sistema é controlado através de um micro controlador, programado pelo usuário, na temperatura e umidade do ar desejada. A casa de vegetação climatizada é um protótipo com base de acrílico, recebendo iluminação e o calor proveniente do

TABELA 1 - Análise química do substrato.

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	C	M.O
H_2O	---------(mg dm^{-3})--------			----------($cmol_c$ dm^{-3})----------				------(g kg^{-1})------	
7,3	35	100	2	2,8	1,2	0,0	0,0	3,1	5,3

sol, os quais mantêm condicionados em seu interior. Sensores de temperatura e de umidade do ar diretamente controlados pelo micro controlador comandam os exautores, microaspersores e os refrigeradores, a fim de manter a temperatura e umidade do ar controladas de acordo com a programação realizada pelo usuário.

No interior da casa de vegetação climatizada foram instalados sensores de temperatura e umidade relativa do ar modelo CS500 (Vaisala, Estados Unidos da América). Os dados foram coletados e armazenados por um "datalogger", modelo CR10x (Campbell Scientific, Estados Unidos da América). O tempo de leitura foi de dez segundos, e os dados médios foram armazenados a cada 15 minutos. Durante o período experimental a temperatura média foi de 23°C e a umidade relativa média do ar registrada foi de 85%.

2.4 Avaliação do crescimento das plantas

Ao final dos 230 dias de experimentação foram tomadas seis plantas por tratamento para avaliação das características de crescimento, determinando-se: matéria seca total, da parte aérea e da raiz; área foliar, altura total e diâmetro no nível do coleto. A área foliar foi determinada através do medidor, modelo LI -3100 (LI-COR). O diâmetro do coleto foi determinado com auxílio de paquímetro digital a 5 cm do substrato, e a altura das plantas, através de régua milimetrada. Para obtenção da matéria seca, as plantas foram particionadas em parte aérea (folhas, ramos e haste) e raiz, e colocadas em sacos de papel em estufa de circulação forçada de ar em temperatura de 75° C, até atingir peso constante.

A eficiência no uso da água de produtividade (EUA_p) foi estimada conforme Larcher (2004), através da seguinte equação:

$EUA_p = MS/LTC$

Em que:

EUA_p = eficiência do uso da água de produtividade, Kg m^{-3}.

MS = matéria seca total, Kg.

LTC = lâmina de água total consumida, m^3.

A obtenção da LTC foi realizada através do somatório diário das lâminas de água necessárias para atingir os valores previamente determinados de água disponível em cada tratamento (100 e 30% de AD), considerando-se a massa do solo e de água no momento da irrigação realizada através método gravimétrico (pesagem diária dos vasos).

2.8 Delineamento experimental e análise estatística dos dados

Foi montando um experimento em esquema fatorial 2 × 3, com seis repetições, composto por dois níveis de água (100 e 30%, referidos como -DH e +DH, ou seja, sem déficit hídrico e com déficit hídrico, respectivamente) e três níveis de concentrações de piraclostrobina (0; 0,7 e 1,4 g/L), dispostos num delineamento experimental inteiramente casualizado. Cada unidade experimental foi composta de um vaso plástico contendo uma planta.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e os tratamentos foram comparados pelo teste de Tukey ($P \leq 0.05$) utilizando o programa o software SISVAR®, versão 5.1.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este estudo fornece a evidência de que a piraclostrobina favoreceu o crescimento e o acúmulo de massa seca das plantas quando submetidas a -DH (Figura 1 - A, B e C). Aumentos significativos em 28 e 17% para a MST foi encontrada nas plantas submetidas a -DH na concentração de 1,4 g/L de piraclostrobina quando comparada com as plantas na concentração de 0 e 0,7 g/L, evidenciando que a maior concentração da molécula contribuiu de forma efetiva para o incremento na MST (Figura 1A). Aumento na matéria seca também foi constatado em diferentes culturas, como no tomate (MARTINAZZO et al., 2015) e na soja (BALARDIN et al., 2011; FAGAN et al., 2010). No cafeeiro Catuaí Vermelho, Paulo Júnior et al. (2013), encontraram aumentos significativos na matéria seca total 60% superior nas plantas onde foi aplicada piraclostrobina em relação às plantas testemunha (pulverizadas com água). Segundo Fagan et al. (2010), a piraclostrobina atua no incremento da assimilação de carbono e nitrogênio, podendo assim, favorecer o aumento na MST das plantas de café submetidas a -DH.

De maneira contrária, aos resultados encontradas nas plantas submetidas a -DH, sob déficit hídrico (+DH) as plantas não apresentaram diferenças significativas entre as médias da MST, independentemente da concentração de piraclostrobina utilizada, evidenciando, que em condições de estresse a piraclostrobina não contribuiu para o incremento na MST (Figura 1A). Este fato pode estar ligado diretamente à falta de distribuição e/ou redistribuição da piraclostrobina

nos tecidos foliares, e destes últimos para os demais órgãos vegetais, uma vez que supunha-se um baixo conteúdo de água presente nos tecidos em função do déficit hídrico aplicado, comprometendo assim, o efeito da piraclostrobina no cafeeiro.

É importante enfatizar que a baixa disponibilidade hídrica encontrada no substrato, por sua vez, pode afetar a absorção de água pelas raízes e concomitantemente alterar o gradiente de fluxo de água e nutrientes para a parte aérea, diminuindo a taxa transpiratória das plantas e a abertura estomática, e posteriormente diminuir a entrada de CO_2 no interior das folhas e a fixação do carbono nos cloroplastos, resultando em menor incremento na MST (FLOSS, 2011). Aliado a tudo isso, é interessante relatar ainda, que um dos efeitos biofísicos mais precoces, conhecido em tecidos vegetais submetidos ao déficit hídrico é a redução da turgidez, que afeta diretamente a expansão e o alongamento das células, fatores estes responsáveis para o crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2013), o que por sua vez, pode também ter contribuído para a não ocorrência de ganho em MST nas plantas que receberam piraclostrobina.

A MSPA também foi influenciada pela piraclostrobina nas plantas submetidas a -DH. A maior concentração de piraclostrobina (1,4g/L) proporcionou incrementos significativos na MSPA na ordem de 25 e 19% em relação as plantas pulverizadas com a concentração de 0 e 0,7 g/L de piraclostrobina (Figura 1B). O incremento na MSPA apresentada pelas plantas submetidas a -DH na concentração de 1,4 g/L de piraclostrobina pode estar ligado a um efeito atribuído às alterações fisiológicas ocasionadas pelas estrobirulinas, o qual tem favorecido o crescimento e o desenvolvimento de várias culturas, que é o aumento da atividade da enzima nitrato redutase e, consequentemente, levar o incremento na assimilação de nitrogênio e sua incorporação em moléculas orgânicas (BARBOSA et al., 2011; FAGAN et al., 2010; MARTINAZZO et al., 2015).

De forma semelhante ao que aconteceu para a MST, a MSPA nas plantas submetidas a +DH também não apresentaram diferenças significativas entre as médias, independentemente da concentração de piraclostrobina utilizada (Figura 1B), o que pode estar relacionado ao fato da necessidade de turgescência nos tecidos para que a piraclostrobina possa atuar e promover seus efeitos sobre o crescimento do cafeeiro arábica.

Alterações no crescimento e na partição de assimilados da raiz foram promovidas pela piraclostrobina ao longo do desenvolvimento das plantas. As plantas submetidas a -DH e tratadas com a concentração de 1,4 g/L de piraclostrobina apresentaram incrementos significativos na MSR em 29 e 14% em relação as plantas tratadas com as concentrações de 0 e 0,7 g/L de piraclostrobina, respectivamente (Figura 1C), evidenciando que a maior concentração de piraclostrobina utilizada favoreceu o crescimento das raízes em condições de adequada disponibilidade hídrica no substrato. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Paulo Júnior et al. (2013), que também encontraram aumentos significativos na MSR de mudas do cafeeiro Catuaí tratadas com piraclostrobina.

Para as plantas submetidas ao déficit hídrico (+DH) não foram encontradas diferenças significativas entre as médias da MSR para as concentrações de piraclostrobina utilizadas no estudo (Figura 1C).

Outro efeito marcante observado no cafeeiro foi o aumento da AF promovido pela aplicação de piraclostrobina. As plantas submetidas a -DH e tratadas com piraclostrobina na concentração de 1,4 g/L apresentaram aumentos significativos de 20% na AF em relação às plantas não tratadas com esta molécula (Figura 2A). Porém, não houve diferenças significativas entre as médias de AF para as plantas tratadas com 1,4 e 0,7 g/L de piraclostrobina. Em estudos realizados por Paulo Júnior et al. (2013) em cafeeiro, e Lima, Moraes e Silva (2012) em bananeira, verificaram-se aumentos significativos em AF promovido pela aplicação de piraclostrobina.

O incremento em área foliar é um fator significativo no crescimento vegetal, uma vez que a folha é o órgão responsável pela fotossíntese. Quanto maior a área foliar, maior será a interceptação da radiação solar pela planta, e, portanto, maior a capacidade de realizar fotossíntese, o que consequentemente irá favorecer o incremento em matéria seca (COSTA; MARENCO, 2007; TATAGIBA et al., 2016). Venâncio et al. (2004) ainda ressaltaram que além de favorecer o incremento em área foliar, a piraclostrobina atua proporcionando aumento no número de folhas e retarda sua senescência, por reduzir a síntese do etileno. Para as plantas submetidas a +DH e tratadas ou não com piraclostrobina, não foram encontradas diferenças significativas entre as médias para a AF, como também aconteceu para as demais características de matéria seca avaliadas no presente estudo (Figura 2A).

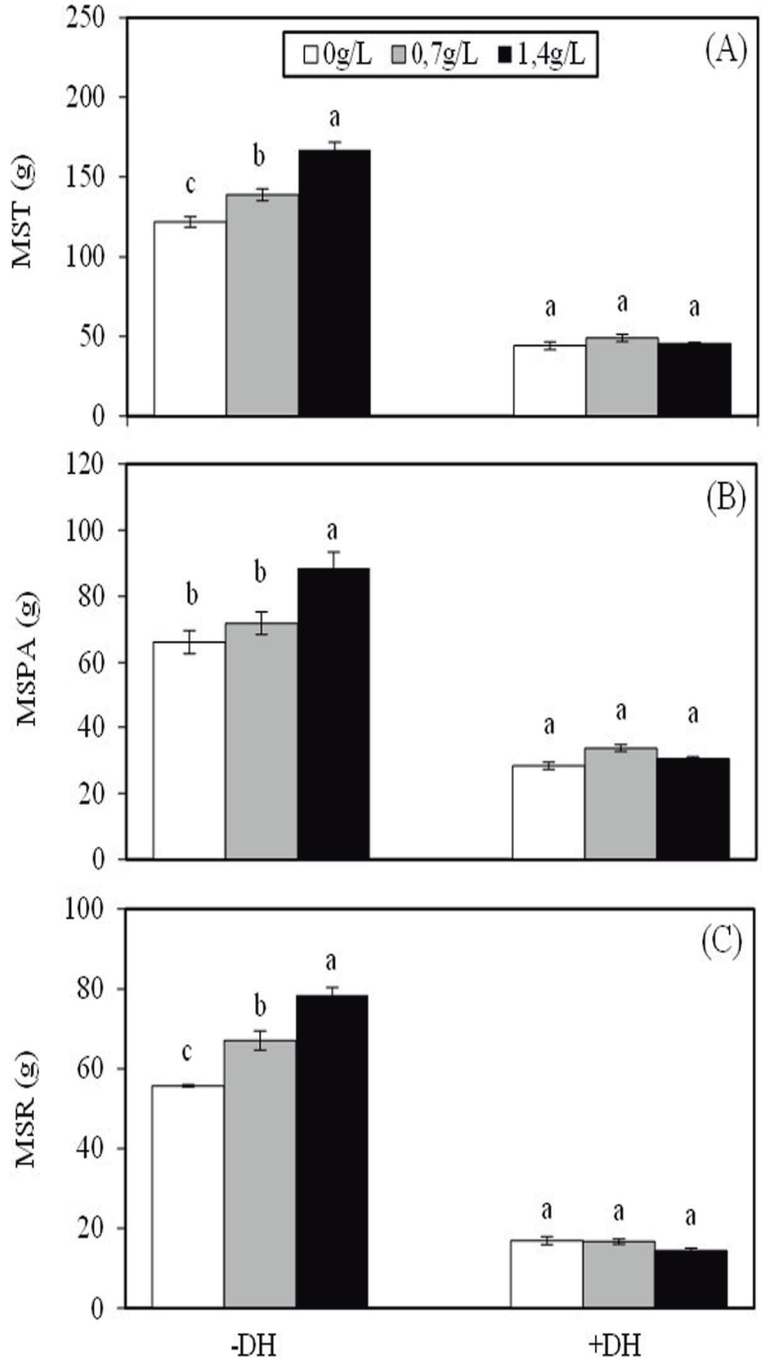


FIGURA 1 - Matéria seca total (MST) (A), matéria seca da parte aérea (MSPA) (B) e matéria seca da raiz (MSR) (C) em plantas de *C. arabica,* submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina e a 100 (Plantas sem déficit hídrico) e 30% de água disponível (Plantas com déficit hídrico), -DH e +DH, respectivamente, mantidas em casa de vegetação no município de Jerônimo Monteiro, situado na latitude 20°47'25" S, longitude 41°23'48" W e altitude de 120 m, aos 230 dias de idade. Médias seguidas de letras diferentes dentro da disponibilidade hídrica diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \geq 0.05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

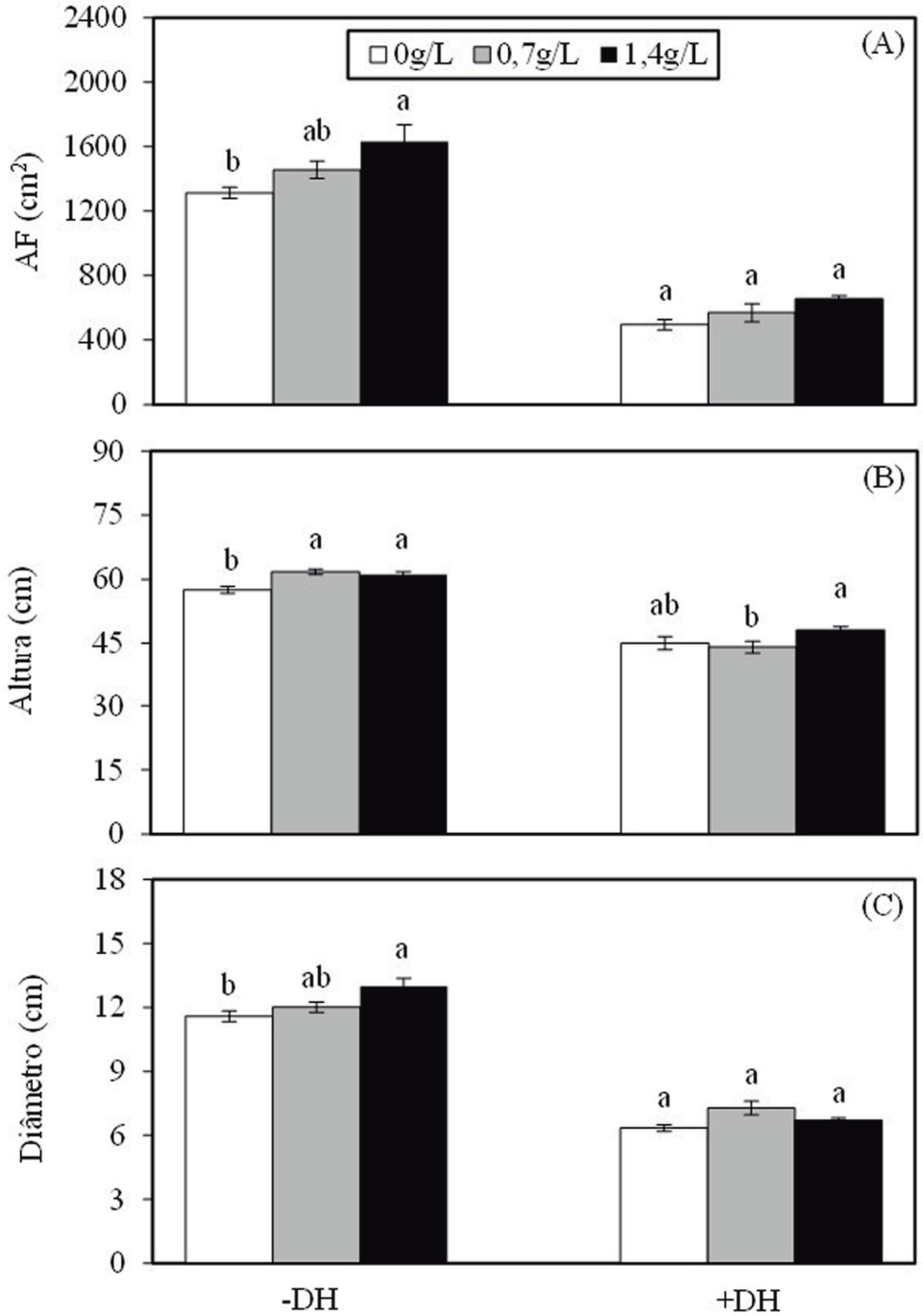


FIGURA 2 - Área foliar (AF) (A), altura (B) e diâmetro (C) em plantas de *C. arabica,* submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina e a 100 (Plantas sem déficit hídrico) e 30% de água disponível (Plantas com déficit hídrico), -DH e +DH, respectivamente, mantidas em casa de vegetação no município de Jerônimo Monteiro, situado na latitude 20°47'25" S, longitude 41°23'48" W e altitude de 120 m, aos 230 dias de idade. Médias seguidas de letras diferentes dentro da disponibilidade hídrica diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \geq 0.05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

Segundo Floss (2011) as plantas deixam de investir em crescimento e desenvolvimento de folhas, quando submetidas ao déficit hídrico, uma vez, que uma maior superfície foliar transpirante não traria benefício, sob tais condições. Ainda, se as plantas sofrerem estresse hídrico após um desenvolvimento inicial de área foliar, as folhas sofrerão senescência e, por fim, cairão. Tal ajustamento foliar é uma mudança importante, que melhora a adequação da planta a um ambiente com limitação hídrica (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Em relação à altura, observa-se na Figura 2B, que as plantas submetidas a -DH e tratadas com piraclostrobina, independentemente da concentração utilizada, apresentaram valores significativamente superiores às médias das plantas não tratadas com esta molécula, indicando que a aplicação de piraclostrobina contribuiu para o crescimento em expansão do ramo ortotrópico (haste principal). Resultados semelhantes foram encontrados por Lima, Moraes e Silva (2012) em bananeira, constatando-se aumento da altura em plantas tratadas com piraclostrobina em relação às plantas controle (pulverizadas com água).

As plantas submetidas a +DH e tratadas com piraclostrobina na concentração de 1,4g/L apresentaram valores significativamente iguais às plantas não tratadas (0 g/L) com esta molécula, indicando que a aplicação de piraclostrobina não afetou o crescimento em altura das plantas em condições de déficit hídrico (Figura 2B).

De modo geral, como aconteceu para as demais características de crescimento avaliadas, a piraclostrobina também favoreceu o incremento significativo no diâmetro das plantas submetidas a -DH. A aplicação de piraclostrobina na concentração de 1,4g/L favoreceu o aumento significativo da expansão radial da haste principal em relação às plantas não tratadas com a molécula (Figura 2C). Em plantas de bananeira, Lima, Moraes e Silva (2012) também verificaram aumento no diâmetro das plantas tratadas com piraclostrobina em relação às plantas não tratadas (pulverizadas com água). Verifica-se, ainda, na Figura 2C, que a piraclostrobina não afetou o crescimento do diâmetro das plantas submetidas ao déficit hídrico.

Köehle et al. (2002) relataram que a piraclostrobina pode ainda melhorar a eficiência no uso da água em plantas, indicando haver um maior aproveitamento na assimilação do dióxido de carbono e sua conversão em matéria seca por unidade de volume de água consumida. De fato, as plantas submetidas a -DH e tratadas com piraclostrobina na concentração de 1,4g/L apresentaram valores significativamente maiores de EUA_p em 27 e 16% em relação às plantas tratadas com 0 e 0,7 g/L da molécula, evidenciando que a aplicação de uma concentração mais elevada de piraclostrobina, favoreceu o incremento em matéria seca pelo mesmo volume de água utilizado (Figura 3).

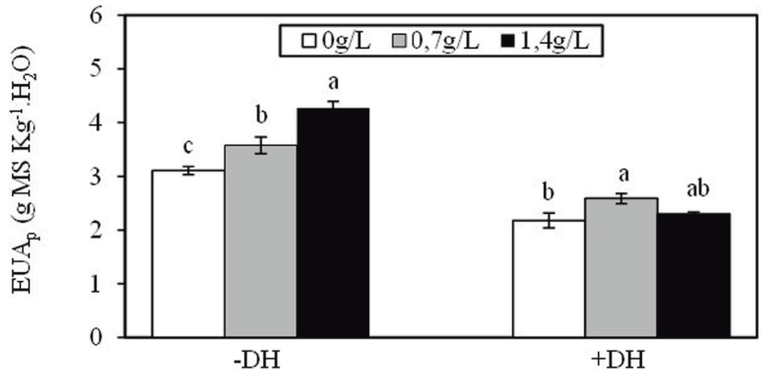


FIGURA 3 - Eficiência do uso da água de produtividade (EUA_p) em plantas de *C. arabica,* submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina e a 100 (Plantas sem déficit hídrico) e 30% de água disponível (Plantas com déficit hídrico), -DH e +DH, respectivamente, mantidas em casa de vegetação no município de Jerônimo Monteiro, situado na latitude 20°47'25" S, longitude 41°23'48" W e altitude de 120 m, aos 230 dias de idade. Médias seguidas de letras diferentes dentro da disponibilidade hídrica diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \geq 0.05$). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

Jadoski et al. (2015) em feijoeiro também encontraram aumentos significativos na eficiência no uso da água instantânea, o qual foi favorecida pela aplicação de piraclostrobina. Kao e Forseth (1992) sugeriram que o aumento da EUA_p pode ocorrer devido à manutenção da taxa fotossintética da planta, mesmo com o fechamento parcial dos estômatos. Contudo, quando a concentração de CO_2 for alta, o aumento da eficiência do uso da água pode ser relacionado à transpiração e à condutância estomática. Grossmann e Retzlaff (1997) ainda ressaltaram que a piraclostrobina aumenta a fotossíntese líquida, por alterar no ponto de compensação de CO_2, favorecendo a absorção de dióxido de carbono em oposição a sua liberação pela respiração, o que contribui para o incremento na matéria seca das plantas. Esse efeito pode ser explicado pela inibição transitória da respiração da planta quando tratada com fungicidas a base de estrobilurinas.

Por fim, observa-se que as plantas submetidas a +DH e tratadas com 0,7 g/L de piraclostrobina apresentaram valores significativamente superiores na EUA_p em relação às plantas não tratadas com esta molécula, enquanto, nas mesmas condições hídricas, as plantas tratadas com 0,7 e 1,4 g/L de piraclostrobina não apresentaram diferenças significativas para as médias de EUA_p (Figura 3). Estes resultados indicam que sob déficit hídrico a piraclostrobina contribuiu de forma eficiente para a economia de água pela planta, favorecendo assim uma maior eficiência no uso da água em cafeeiro arábica.

4 CONCLUSÕES

A piraclostrobina favoreceu o crescimento vegetativo e acúmulo de massa seca das plantas de cafeeiro arábica submetidos a -DH, principalmente quando utilizada a concentração de 1,4 g/L. Sob déficit hídrico, o crescimento das plantas não foi favorecido pela aplicação de piraclostrobina, evidenciando a necessidade do controle de água como estratégia de manejo adequado para a produção.

5 REFERÊNCIAS

BALARDIN, R. S. et al. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1120-1126, 2011.

BARBOSA, K. A. et al. Aplicação de estrobilurina na cultura do milho: alterações fisiológicas e bromatológicas. **Cerrado Agrociências**, Patos de Minas, v. 2, n. 2, p. 20-29, set. 2011.

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

FAGAN, E. B. et al. Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade de grãos de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 771-777, 2010.

FIALHO, G. S. et al. Comportamento de plantas de café arábica submetidas ao déficit hídrico durante o desenvolvimento inicial. **Idesia**, Cárica, v. 28, n. 3, p. 35-39, sept./dic. 2010.

FLOSS, E. L. **Fisiologia de plantas cultivadas**. 5. ed. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2011. 734 p.

GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim methyl in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Pesticide Science**, Oxford, v. 50, p. 11-20, 1997.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Trade statistic tables**. Disponível em: <http://www.ico.org/trade_statistics.asp>. Acesso em: 5 ago. 2016.

JADOSKI, C. J. et al. Ação fisiológica da piraclostrobina na assimilação de CO_2 e na atividade de enzimas antioxidants em plantas de feijão em diferentes tensões de água no solo. **Bragantia**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 319-333, abr./jun. 2015.

KAO, W. Y.; FORSETH, I. N. Responses of gas exchange and phototropic leaf orientation in soybean to soil water availability, leaf water potential, air temperature, and photosynthetic photon flux. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 32, n. 2, p. 153-161, 1992.

KÖEHLE, H. et al. Physiological effects of the strobilurin fungicide F 500 on plants. In: DEHNE, H. W. et al. (Ed.). **Modern fungicides and antifungal compounds III**. Andover: DPG Spectrum Phytomedizin, 2002. p. 61-74.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.

LIMA, J. D.; MORAES, W. S.; SILVA, S. M. G. da. Respostas fisiológicas em mudas de bananeira tratadas com estrobilurinas. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 77-86, jan./mar. 2012.

MARTINAZZO, E. G. et al. Análise de crescimento e partição de assimilados em plantas de tomateiro cv. Micro-Tom submetidas ao nitrogênio e piraclostrobina. **Semina**, Londrina, v. 36, n. 5, p. 3001-3012, set./out. 2015.

NAVARINI, L. et al. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 182-186, 2007.

PAULO JÚNIOR, J. et al. Resposta fisiológica de mudas de café à aplicação foliar de estrobirulina piraclostrobina e silício. **Cerrado Agrociências**, Patos de Minas, n. 4, p. 42-57, nov. 2013.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 341-348, 2010.

PIZETTA, S. C. et al. Análise do crescimento do cafeeiro arábica em relação a fração de água transpirável no solo. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 46-54, jan./mar. 2016.

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.

RODRIGUEZ, R. R. et al. Crescimento inicial do cafeeiro conilon sob déficit hídrico no solo. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 33-38, jan./mar. 2016.

SAKIYAMA, N. et al. **Café arábica do plantio a colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. 316 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TATAGIBA, S. D. et al. Crescimento de clones de eucalipto em diferentes condições microclimáticas e lâminas de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 1, p. 104-118, jan./mar. 2016.

TSUMANUMA, G. M. et al. Crescimento de dois cultivares de soja submetidos a aplicações de herbicidas e fungicidas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 6, p. 742-750, 2010.

VANGENUCHTEN, M. T. A closed-form for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 41, n. 5, p. 892-898, Sept. 1980.

VENANCIO, W. S. et al. Physiological effects of strobirulin fungicides on plants. **Publication UEPG**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p. 59-68, 2004.

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE PROGÊNIES F4 DE *Coffea arabica* L.

Rodrigo Elias Batista Almeida Dias[1], Gladyston Rodrigues Carvalho[2], Cesar Elias Botelho[3], Alex Mendonça de Carvalho[4], João Paulo Felicori Carvalho[5], Diego Abreu Cardoso[6]

(Recebido: 21 de novembro de 2016; aceito: 10 de março de 2017)

RESUMO*:* A busca por novos genótipos com ampla adaptabilidade e estabilidade aliados a boas características agronômicas tem sido o principal foco dos programas de melhoramento do cafeeiro no Brasil. No presente trabalho objetivou-se selecionar progênies de C. arabica, em relação à adaptabilidade e estabilidade fenotípica da produtividade, para identificar os genótipos de melhor comportamento frente às variações ambientais. O experimento foi instalado em janeiro de 2007, nos Campos Experimentais da EPAMIG, nos municípios de Machado-MG e São Sebastião do Paraíso-MG. Foram realizadas análises de estabilidade e adaptabilidade, utilizando os métodos de Annicchiarico (1992), Ecovalência (WRICKE, 1965) e AMMI (ZOBEL; WRIGHT; GAUCH, 1988). Para estas análises foram consideradas como ambiente as combinações entre anos e locais. Foi avaliada a produtividade das progênies em sacas por hectare entre os anos de 2009 a 2015. Já nas colheitas de 2013, 2014 e 2015, além da avaliação de produtividade, foram avaliadas características agronômicas relacionadas ao rendimento, como: determinação de renda, rendimento e análise de peneira. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições e parcelas constituídas por 10 plantas. As progênies 107-47-02 Cova 1 e H 105-01-39 Cova 1 apresentaram melhor comportamento frente às variações ambientais, podendo ser utilizadas para o avanço de gerações no programa de melhoramento.

Termos para indexação: Café, melhoramento genético, ambiente, produtividade.

ADAPTABILITY AND PHENOTYPIC STABILITY OF F4 PROGENIES OF *Coffea arabica* L.

ABSTRACT: The search for new genotypes with broad stability and adaptability, allied to good agronomic traits has been the main focus of coffee breeding programs in Brazil. With this work, we aimed at selecting C. arabica progenies, related to phenotypic adaptability and stability, to identify the genotypes with best behavior concerning environmental changes. The trial was installed in January of 2007, in the Experimental Fields belonging to EPAMIG, in the municipalities of Machado and São Sebastião do Paraíso, both in Minas Gerais, Brazil. Analyzes of stability and adaptability were done using the methods of Annicchiarico (1992), Ecovalência (WICKE, 1965) and AMMI (ZOBEL; WRIGHT; GAUCH, 1988). The combinations between years and locations were considered as environment for these analyzes. Progeny productivity was evaluated in bags per hectare from 2009 to 2015. In the harvests of 2013, 2014 and 2015, we evaluated agronomic traits related to yield: income determination, yield and sieve analysis. The experimental design used was in randomized blocks, with four replicates and plots constituted of 10 plants. Progenies 107-47-02 Cova 1 and H 105-01-39 Cova 1 presented better behavior concerning environmental variations, allowing the use for generation advancement in the coffee breeding program.

Index terms: *Coffee, breeding, environment, productivity.*

1 INTRODUÇÃO

A busca por novos genótipos aliados a boas características agronômicas tem sido o principal foco dos programas de melhoramento do cafeeiro no Brasil (CARVALHO et al., 2010; MARTINEZ et al., 2007). Além da seleção direta baseada em produtividade, outras estratégias vêm sendo utilizadas para maximizar os ganhos com a seleção.

Uma estratégia importante visando ao sucesso na seleção de genótipos superiores é a adaptação do genótipo a diferentes ambientes de cultivo. No Brasil, as regiões cafeeiras são bem distintas, cada uma com características ambientais definidas que influenciam grandemente no comportamento das diferentes cultivares desenvolvidas. Dessa forma, a utilização de cultivares melhoradas e adaptadas às condições ambientais das regiões produtoras exerce grande influência sobre a produtividade de cafeeiros (CORRÊA; MENDES; BARTHOLO, 2006).

A resposta diferenciada dos genótipos nos diferentes ambientes evidencia o que se conhece como interação genótipo por ambiente, indicando que o comportamento dos genótipos é influenciado pelas condições ambientais (CUCOLOTTO et al., 2007). Embora melhoristas

[1,5,6]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 Lavras - MG- rodrigoodias@hotmail.com, jpfelicori@gamil.com, diegocardoso5@hotmail.com
[2,3] Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - Campus UFLA- Cx. P. 3037 - 37.200-000 Lavras - MG- carvalho@epamig.ufla.br, cesarbotelho@yahoo.com.br
[4] Universidade Estadual Paulista/UNESP - Campus Registro - 11.900-000 - alexcarvalho@registro.unesp.br

em geral tendam a interpretar essa interação como negativa (por representar uma barreira ao ganho de seleção), Vasconceloset al. (2010) ressaltam que interações significativas associadas com características ambientais previsíveis representam uma oportunidade de exploração. A adaptação de genótipos a ambientes específicos pode fazer a diferença entre uma boa ou excelente cultivar (CARGNIN et al., 2006).

Para cafeeiros, a estabilidade da produção está relacionada à alta produtividade, em ampla variação de ambientes e capacidade de superar a bienalidade (VOSSEN; VANDER, 1985). O genótipo ideal tem a capacidade de responder satisfatoriamente em ambientes favoráveis e apresenta produtividade associada à estabilidade em ambientes desfavoráveis (VERMA; CHAHAL; MURTY, 1978).

Na cultura do café existem várias metodologias utilizadas para avaliar estabilidade e adaptabilidade de diversos materiais genéticos, surgindo constantemente novas opções com suas vantagens e desvantagens.

Nascimento et al. (2010) avaliaram uma metodologia de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de café, baseada em regressão não paramétrica, e demonstraram que é adequada e eficiente, pois extingue os efeitos impróprios induzidos pela presença de pontos extremos e evita recomendação incorreta de genótipos quanto à adaptabilidade.

O método não paramétrico de Annicchiarico (1992) estima a probabilidade de um genótipo apresentar desempenho superior ao de outros (VASCONCELOS et al., 2010) e é indicado por Silva et al. (2008) por combinar adaptação, adaptabilidade e conceitos de estabilidade em somente um parâmetro, o que facilita a interpretação de resultados. Esse método é baseado no cálculo de um índice de recomendação ou confiança, que mede a probabilidade que o desempenho de um genótipo dado é superior sobre os outros. Assim, é considerada ideal a cultivar que apresentar o menor risco aoser adotada, isto é, aquela que apresentar o maior índice de confiança (CORRÊA; MENDES; BARTHOLO, 2006). Autores como Condé et al. (2010) e Grunvald et al. (2008) recomendam a utilização desta metodologia pela facilidade de interpretação.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho selecionar progênies de *C. arabica*, em relação à adaptabilidade e estabilidade fenotípica da produtividade, para identificar os genótipos de melhor comportamento frente às variações ambientais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em janeiro de 2007, nos Campos Experimentais da EPAMIG, nos municípios de Machado-MG, situado em uma região de relevo ondulado a uma altitude de 900m latitude 21° 40’ S e longitude 45° 55’ W e São Sebastião do Paraíso-MG situado em uma região de relevo suavemente ondulado a uma altitude de 890m latitude 20° 55’ S e longitude 46° 55’ W.

Foi avaliada a produtividade (sc.ha^{-1}) em sete colheitas dos anos 2009 a 2015, em progênies F4 obtidas no Programa de Melhoramento Genético do Cafeeiro, resultantes dos cruzamentos entre seleções de Icatu e cultivares comerciais (TABELA 1).

A denominação IAC 5002 refere-se a progênies obtidas pelo IAC resultantes do cruzamento entre Catuaí Amarelo IAC H2077-2-12-70 e Mundo Novo IAC 515-20.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, com espaçamento de 3,0 m entre linhas e 0,8 m entre plantas correspondendo a 4.166 plantas.ha^{-1}, com 10 plantas por parcela, sendo consideradas úteis todas as plantas da parcela. Os tratos culturais e condução do experimento foram feitos de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro, tendo a adubação realizada conforme Ribeiro, Guimarães e Alvarez(1999). O controle de pragas e doenças foi realizado seguindo manejo integrado, o qual foi variável para cada região, acompanhando a sazonalidade da ocorrência das pragas e doenças.

Na colheita foi avaliada a produção de grãos, em litros de “café da roça” por parcela, anualmente, sendo a colheita realizada entre os meses de maio e julho de cada ano. Posteriormente, foi realizada a conversão para sacas de 60 kg de café beneficiado.ha^{-1}. Esta conversão é realizada por aproximação de valores e consiste em considerar um rendimento médio de 480 litros de “café da roça” para cada saca de 60 kg de café beneficiado. Uma amostra de 300 gramas de café beneficiado foi passada pelo conjunto de peneiras (18/64 a 13/64, o material que ficou retido em cada peneira foi pesado determinando-se a porcentagem de cada peneira). No presente trabalho foi utilizado somente o dado da porcentagem de grãos que ficaram retidos nas peneiras 17 acima.

A análise estatística foi realizada após a constatação da homogeneidade das variâncias, por meio do teste de Hartley.

TABELA 1- Relação das progênies de *C. arabica* avaliadas em Machado e São Sebastião do Paraíso – MG. EPAMIG, 2014 e 2015.

Identificação	Progênies	Genitores
A	H 141-17-46 Cova 8	Icatu Am[1]. IAC 2944 x Cat[3]. Am. IAC 62
B	H 141-17-46 Cova 9	Icatu Am[1]. IAC 2944 x Cat[3]. Am. IAC 62
C	H 141-17-46 Cova 16	Icatu Am[1]. IAC 2944 x Cat[3]. Am. IAC 62
D	H 141-17-46 Cova 18	Icatu Am[1]. IAC 2944 x Cat[3]. Am. IAC 62
E	H 108-43-37 Cova 6	Icatu Verm[2]. IAC 4042 x IAC 5002
F	H 105-01-39 Cova 1	Icatu Am[1]. IAC 2944 x IAC 5002
G	H 105-01-39 Cova 4	Icatu Am[1]. IAC 2944 x IAC 5002
H	H 107-47-02 Cova 1	Icatu Verm[2]. IAC 4040 x IAC 5002
I	H 141-10-10 Cova 1	Icatu Am[1]. IAC 2944 x Cat[3]. Am. IAC 62
J	H 141-10-10 Cova 12	Icatu Am[1]. IAC 2944 x Cat[3]. Am. IAC 62

[1]Am.: Amarelo; [2]Verm.: Vermelho; [3]Cat.:Catuaí.

Posteriormente, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Utilizou-se o aplicativo computacional SISVAR (FERREIRA, 2008).

Foram feitas análises de estabilidade e adaptabilidade, utilizando os métodos de Annicchiarico (1992), Ecovalência (WRICKE, 1965) e AMMI (ZOBEL; WRIGHT; GAUCH, 1988). Para estas análises foram consideradas como ambiente as combinações de anos com locais.

A metodologia proposta por Annicchiarico (1992) adota um Índice de Confiança (reliability index) que estima o risco de adoção de determinado genótipo. Os procedimentos para os cálculos têm início com a transformação das médias de cada cultivar em cada ambiente, em porcentagem da média do ambiente. Posteriormente, estima-se a média (Y) e o desvio padrão das porcentagens de cada cultivar. De posse dessas estimativas, obtém-se o índice de confiança Ii por meio do seguinte estimador:

$$Ii = Yi - Z(1-\alpha).\ Si$$

Em que:
Ii: índice de confiança (%);
Yi : média da cultivar i em percentagem;
Z: valor na distribuição normal estandardizada no qual a função de distribuição acumulada atinge o valor percentil (1-α).
Si : desvio padrão dos valores percentuais.

Quanto maior esse índice, menor o risco de adoção da cultivar.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise em esquema de parcelas subdivididas no tempo permite o estudo das interações progênies x colheitas, e possibilita o estudo do comportamento das progênies ao longo das colheitas.

Neste trabalho, houve efeito significativo para progênies, locais e para as interações progênies x locais. A significância da interação demonstra que o comportamento das progênies não é coincidente nos ambientes avaliados, revelando a importância de se considerar o local para a recomendação dos materiais genéticos.

Na literatura, é indicada a necessidade de avaliação da produtividade por pelo menos quatro safras consecutivas, ou dois biênios, para se ter sucesso na seleção de uma progênie, visto que se trata de uma cultura perene e a estabilidade de produção é alcançada na quarta colheita (PEDRO et al., 2011). Portanto, o ciclo de avaliação utilizado neste estudo foi suficiente para discriminar, com eficiência, o potencial produtivo das progênies.

Observa-se de maneira geral, no Campo Experimental de Machado, que na maioria dos anos estudados as progênies tiveram boa produtividade (TABELA 2). Destaque para a progênie G por ser a única a se apresentar entre as mais produtivas em todos as safras, com uma produtividade média de 41,8 sacas.ha^{-1}. Dessa forma, o desempenho superior dessa progênie, em relação à produtividade, pode ser explicado pelo bom potencial produtivo dos parentais envolvidos nos cruzamentos. A identificação desses genótipos é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento (GOMES et al., 2007).

TABELA 2 - Produtividade média (sacas.ha^{-1}) de 10 progênies de cafeeiros, nos anos 2009 a 2015, no Campo Experimental de Machado-MG.

	Produtividade (sc.ha^{-1})							
Progênies	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**Média**
A	5,5a	33,9ns	26,9ns	14,5b	54,3b	18,0ns	36,4b	27,1b
B	4,5a	29,2ns	22,7ns	22,5b	56,4b	18,9ns	88,1a	34,6b
C	6,2a	39,1ns	27,5ns	14,3b	60,8b	22,4ns	57,4b	32,5b
D	2,2b	21,9ns	26,1ns	18,5b	61,6b	23,1ns	59,5b	30,4b
E	0,5b	33,6ns	16,9ns	37,3a	63,6b	26,0ns	78,8a	36,7a
F	2,9b	36,3ns	22,8ns	34,0a	60,3b	34,5ns	74,5a	37,9a
G	4,7a	29,7ns	25,7ns	43,7a	82,0a	28,5ns	78,0a	41,8a
H	3,3b	27,0ns	21,9ns	31,3a	56,5b	21,0ns	66,9a	32,5b
I	1,8b	41,7ns	15,3ns	24,0b	59,7b	24,8ns	53,7b	31,6b
J	2,1b	48,3ns	21,5ns	31,2a	50,8b	31,9ns	80,3a	38,0a
CV(%)	58,60	33,05	47,51	27,53	19,00	32,31	29,40	13,02

As médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo e não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de significância.

O potencial produtivo desses parentais foi relatado por outros autores. Botelhoet al. (2010), avaliando cultivares do grupo Catuaí nas regiões produtoras do estado de Minas Gerais, verificaram que a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 apresentou-se mais promissora por aliar estabilidade e adaptabilidade em ambientes favoráveis e desfavoráveis com média alta de produtividade. Dias et al. (2005) avaliaram a produtividade de cultivares de *C. arabica*, selecionadas em Minas Gerais, e obtiveram destaque para a cultivar Catuaí Vermelho IAC 99.

Diante da seca ocorrida no Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso no ano de 2012, não foi realizada avaliação para produtividade das progênies no ano de 2013 (TABELA 3). Não foi encontrada diferença significativa nos três primeiros anos e na média geral da produtividade das progênies. Nos anos de 2012 e 2015 pode-se destacar a progênie E, por apresentar maior produtividade 14,6 e 35,0 (sacas. ha^{-1}) respectivamente.

A produtividade média das progênies alterou-se em relação aos locais avaliados. Os resultados evidenciam a necessidade de se avaliar o comportamento regional das progênies, pois a interação genótipos por ambientes (GA) é expressiva.

Corrêa, Mendes e Bartholo (2006), após avaliação de oito colheitas de 11 progênies de Icatu em Machado e São Sebastião do Paraíso, obtiveram produtividade média variando de 47,7 a 59,3 sacas.ha^{-1}. Os autores destacaram no trabalho a capacidade produtiva de cultivares do grupo Icatu, o que evidencia sua importância para os programas de melhoramento genético, tanto pela resistência à ferrugem do cafeeiro quanto pelas altas produtividades.

Para a produtividade média no Campo Experimental de Machado, observa-se a formação de dois grupos de progênies, com destaque para as progênies E, F, G e J, que apresentaram produtividades variando de 36,7 a 41,8 sc.ha^{-1} (TABELA 4). Já no Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso não houve efeito significativo na produtividade média das progênies, indicando um potencial produtivo similar entre as progênies neste local.

A baixa produtividade média geral (TABELA 4) pode ser explicada pelo fato de se ter avaliado a primeira colheita das lavouras, conforme constatado por Carvalho, Chalfoun e Cunha(2010) em estudo da produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, e também, pela seca de 2014 que influenciou a produtividade na colheita 2015, principalmente no Campo Experimental de São Sebastião do Paraiso.

Em programas de melhoramento genético de cafeeiro busca-se um genótipo cujo desempenho abranja, além de outras características, elevada capacidade produtiva e aumento no tamanho dos grãos (CARVALHO et al., 2012; PEDRO et al., 2011).

TABELA 3- Produtividade média (sacas.ha^{-1}) de 10 progênies de cafeeiros, nos anos 2009 a 2015, no Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso-MG.

	Produtividade (sc.ha^{-1})						
Progênies	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2014**	**2015**	**Média**
A	12,8ns	39,4ns	18,7ns	7,2b	48,5a	20,1b	24,4ns
B	8,8ns	38,5ns	11,2ns	9,5b	48,4a	15,1c	21,9ns
C	10,7ns	27,3ns	6,7ns	8,3b	50,5b	8,9c	18,7ns
D	9,9ns	36,3ns	9,7ns	7,7b	63,9a	13,0c	23,4ns
E	15,3ns	36,2ns	8,3ns	14,6a	16,0b	35,0a	20,9ns
F	12,8ns	33,1ns	7,4ns	7,0b	61,2a	12,5c	22,3ns
G	5,9ns	38,3ns	6,0ns	8,0b	72,3a	5,9c	22,7ns
H	12,2ns	36,6ns	12,4ns	10,0b	54,9a	25,3b	25,3ns
I	10,1ns	30,3ns	6,2ns	7,6b	62,4a	10,1c	21,1ns
J	10,5ns	31,2ns	9,2ns	7,4b	36,2b	12,2c	17,8ns
CV(%)	41,26	25,40	59,93	30,31	29,65	46,57	15,09

As médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo e não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de significância.

TABELA 4 - Produtividade média (sacas.ha^{-1}) de 10 progênies de cafeeiros, nas safras 2008/2009 a 2014/2015, nos Campos Experimentais de Machado e São Sebastião do Paraíso-MG.

	Produtividade Média (sc.ha^{-1})		
Progênies	**Machado**	**S. S. Paraiso**	**Geral**
A	27,1 b	24,4 a	25,9 b
B	34,6 b	21,9 a	28,7 a
C	32,5 b	18,7 a	26,3 b
D	30,4 b	23,4 a	27,2 b
E	36,7 a	20,9 a	29,4 a
F	37,9 a	22,3 a	30,7 a
G	41,8 a	22,7 a	32,9 a
H	32,5 b	25,3 a	29,2 a
I	31,6 b	21,1 a	27,0 b
J	38,0 a	17,8 a	28,8 a
CV(%)	13,02	15,09	8,75

As médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo e não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de significância.

Quando se avalia porcentagem média de grãos com peneira 17 e acima nota-se diferença significativa entre as progênies avaliadas (TABELA 5). O potencial das progênies provenientes do cruzamento entre os grupos de cultivares Catuaí e Icatu, para produzir progênies com maiores porcentagens de grãos retidos nas peneiras 17 e acima, deve-se ao fato de as cultivares utilizadas como genitores apresentarem elevada capacidade de produzir grãos de peneiras superiores, conforme verificado por Botelho et al. (2010) e Dias et al. (2005).

Para a classificação por peneiras, verifica-se a formação de dois grupos pelo teste de médias, nos dois locais de cultivo, demonstrando a variabilidade encontrada para essa característica.

TABELA 5 - Peneira 17 acima (%) média de 10 progênies de cafeeiros, nos Campus Experimentais de Machado e São Sebastião do Paraíso-MG.

	Peneira 17 acima (%)		
Progênies	**Machado**	**S. S. Paraiso**	**Geral**
A	27,3 a	24,0 a	25,7 a
B	29,9 a	26,3 a	28,1 a
C	23,7 b	23,2 a	23,5 b
D	34,4 a	24,5 a	29,5 a
E	24,7 b	14,4 b	19,6 b
F	30,3 a	23,5 a	26,9 a
G	21,7 b	19,4 b	20,6 b
H	22,3 b	23,5 a	22,9 b
I	18,6 b	20,1 b	19,3 b
J	21,3 b	14,0 b	17,7 b
CV(%)	18,89	17,35	13,44

As médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo e não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Skott-Knott ao nível de 5% de significância.

Em Machado destaque deve ser dado às progênies A, B, D e F que obtiveram maior percentual de peneira 17 acima. Já no Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso destaque para as progênies A, B, C, D, F e H que obtiveram os maiores índices de peneira alta com valores variando na faixa de 23,2 a 26,3%.

Pereira et al. (2013) estudaram o comportamento de progênies derivadas de Icatu e Catuaí e relataram que a classificação por peneiras foi a característica que obteve maior variância genética, comprovado pela grande variação genotípica.

Segundo Laviola et al. (2006) cultivares de Icatu apresentam maior porcentagem de grãos retidos em peneira "17 e acima" em relação às cultivares Catuaí e Rubi utilizadas como testemunhas.

A divergência entre os grupos formados em cada local justifica o estudo da estabilidade e adaptabilidade pela metodologia de Annichiarico (1992), a qual estima a probabilidade de certa progênie apresentar desempenho abaixo da média do ambiente. O índice de confiança (I_i) demonstra o desempenho da progênie em relação à média do ambiente e é interferido por duas variáveis distintas, uma relacionada à produtividade e outra relativa à estabilidade, ou seja, o desvio padrão. No presente trabalho, algumas progênies, tais como H(73,35%) e F (71,61%), destacaram-se por apresentar maiores valores do índice de confiança (TABELA 6). Essas progênies mostram-se promissoras porque além da maior estabilidade nos ambientes estudados, ficaram entre as mais produtivas na média dos ambientes. Esses resultados evidenciam a importância e a necessidade de pesquisas sobre a adaptabilidade e estabilidade.

Carvalho et al. (2008) estudaram adaptabilidade e estabilidade de progênies oriundas de cruzamentos de Catuaí com Mundo Novo e constataram diferença no índice de confiança de até 54,37%, entre elas.

Segundo Polizelet al. (2013), com o método de Annichiarico (1992) estima-se o risco (em probabilidade) em adotar determinado genótipo. O método da ecovalência (Wi) afirma que o genótipo mais estável é aquele que apresenta ecovalência de mais baixa magnitude em relação aos demais.

A ecovalência (WRICKE, 1965) possibilita estimar a estabilidade no sentido agronômico, isto é, a progênie é estável se sua resposta ao ambiente é paralela ao desempenho médio nos diferentes experimentos. Contudo, esse comportamento pode ser acima ou abaixo da média.

Comparando-se a ecovalência com a produtividade, destacam-se as progênies H e F que obtiveram as menores estimativas da ecovalência *W*i% = 2,81 e 3,37 respectivamente, consideradas as mais estáveis (TABELA 6). Esses genótipos também estão no grupo dos mais produtivos na média geral como já observado na Tabela 4.

TABELA 6 - Análise de estabilidade de progênies de cafeeiro em sete safras e dois locais de cultivo quanto à produtividade de grãos (sacas.ha^{-1}) em diferentes metodologias.

Identificação	Progênies	Annicchiarico (1992)		Wricke (1965)	
		I (i)	Desvio Padrão %	Wi	Wi %
A	H 141-17-46 Cova 8	38,79	41,33	5087,61	16,84
B	H 141-17-46 Cova 9	69,04	19,56	2242,99	7,42
C	H 141-17-46 Cova 16	39,33	34,62	1464,88	4,85
D	H 141-17-46 Cova 18	61,48	18,17	1781,28	5,89
E	H 108-43-37 Cova 6	19,75	53,63	7833,03	25,92
F	H 105-01-39 Cova 1	71,61	18,98	1018,91	3,37
G	H 105-01-39 Cova 4	44,08	35,43	4935,55	16,33
H	H 107-47-02 Cova 1	73,35	20,70	848,12	2,81
I	H 141-10-10 Cova 1	52,57	20,80	1819,01	6,02
J	H 141-10-10 Cova 12	59,13	23,02	3184,25	10,53

Índice de confiança I(i), Desvio padrão (%), Ecovalência (Wi%)

Destaca-se, também, a progênie E, considerada a menos estável (*W*i% = 25,92), no entanto, também compõe o grupo de maior produtividade na média geral (TABELAS 6 e 4).

A ecovalência determinou a contribuição de cada genótipo para a soma de quadrados da interação GA, definida por estabilidade. De acordo com os resultados não se observa uma correlação direta entre a ecovalência e produtividade, visto que genótipos com altas produtividades apresentaram ecovalência alta e outros baixa.

Correia (2008), estudando a adaptabilidade e estabilidade de vários genótipos de soja, indica que a seleção para a melhor estabilidade pode resultar em baixas médias de performance produtiva, enquanto seleção para altas médias de produtividade pode levar à baixa estabilidade.

As variações edafoclimáticas dos locais e climáticas dos biênios utilizados para formação dos ambientes podem ter influenciado nas diferenças de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos avaliados (CARVALHO et al., 2008; GICHIMU; OMONDI, 2010).

Conforme descrito por Polizel et al. (2013), vários métodos têm sido propostos para investigar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica, sendo que a diferença entre eles origina-se nos próprios conceitos e procedimentos biométricos para medir a interação GA. Ainda segundo o autor, destacam-se os procedimentos baseados na variância da interação GA (WRICKE, 1965) e métodos que integram a análise comum de variância (método univariado) com a análise de componentes principais (método multivariado), como é o caso da análise de AMMI, sugerido por Gauche Zobel (1996).

Corrêa, Mendes e Bartholo (2006) avaliaram a adaptabilidade e estabilidade de progênies de cafeeiro utilizando as seguintes metodologias: Annicchiarico (1992) e Eberhart e Russel (1966) e AMMI, proposta por Oliveira, Duarte e Pinheiro (2003) e encontraram coerência de resultados entre essas metodologias.

Comparando-se a estimativa de risco de Annichiarico (1992) à ecovalência com a análise de componente principal, destaca-se o genótipo H 107-47-02 Cova 1 (H) e H 105-01-39 (F) no biplot (FIGURA 1) do primeiro eixo da análise de componentes principais da interação (PC1), levando-se em consideração os escores baixos (próximos de zero), característicos de genótipos e ambientes que contribuem pouco para interação, caracterizando-se como estáveis.

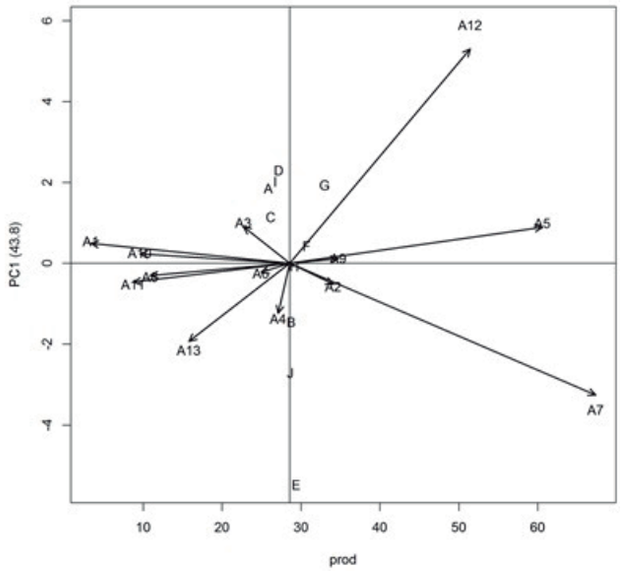


FIGURA 1 - Biplot AMMI representando as progênies em13 ambientes em função do primeiro componente principal e da produtividade de grãos (sacas.ha^{-1}).

Progênies (A=H 141-17-46 Cova 8, B=H 141-17-46 Cova 9, C=H 141-17-46 Cova 16, D=H 141-17-46 Cova 18, E=H 108-43-37 Cova 6, F=H 105-01-39 Cova 1, G=H 105-01-39 Cova 4, H=H 107-47-02 Cova 1, I=H 141-10-10 Cova 1, J=H 141-10-10 Cova 12); ambientes (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13).

4 CONCLUSÕES

As progênies H 107-47-02 Cova 1 e H 105-01-39 Cova 1 apresentaram melhor comportamento frente às variações ambientais, podendo ser utilizadas para o avanço de gerações no programa de melhoramento.

5 REFERÊNCIAS

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfafa trials in Nothern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, Rome, v. 46, n. 1, p. 269-278, Mar. 1992.

BOTELHO, C. E. et al. Seleção de progênies F4 de cafeeiro obtidas pelo cruzamento de Icatu com Catimor. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 3, p. 274-281, maio/jun. 2010.

CARGNIN, A. et al. Interação entre genótipos e ambientes e implicações em ganhos com seleção em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 987-993, jun. 2006.

CARVALHO, A. M. et al. Avaliação de progênies de cafeeiros obtidos do cruzamento entre Catuaí e Híbrido de Timor. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 9, n. 2, p. 249-253, mar. 2008.

_____. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 269-275, mar. 2010.

_____. Desempenho agronômico de cultivares de café resistentes à ferrugem no Estado de Minas Gerais, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p. 481-487, dez. 2012.

CARVALHO, L. C.; CHALFOUN, S. M.; CUNHA, R. L. Manejo de doenças do cafeeiro. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed.). **Café arábica:** do plantio à colheita. Lavras: EPAMIG, 2010. v. 1, p. 689-757.

CONDÉ, A. B. T. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo sob cultivo de sequeiro em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, p. 45-52, 2010.

CORRÊA, L. V. T.; MENDES, A. N. G.; BARTHOLO, G. F. Comportamento de cafeeiro Icatu. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 618-622, jul./ago. 2006.

CORREIA, W. R. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Minas Gerais. **Biosciense Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 80-85, out./dez. 2008.

CUCOLOTTO, M. et al. Genotype x environment interaction in soybean: evaluation through three methodologies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 7, n. 3, p. 270-277, May 2007.

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

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, May 1966.

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

GAUCH, H. C. J.; ZOBEL, R. W. Predictive and post dictive success of statistic analysis of yield trials. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 76, n. 1, p. 1-10, 1996.

GICHIMU, B. M.; OMONDI, C. O. Early performance of five newly developed lines of Arabica Coffee under varying environment and spacing in Kenya. **Agriculture and Biology Journal of North America**, Milford, v. 1, n. 1, p. 32-39, 2010.

GOMES, L. de R. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de amendoim de porte ereto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 985-989, jul. 2007.

GRUNVALD, A. K. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de girassol no Brasil Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, p. 1483-1493, 2008.

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

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, n. 4, p. 481-489, out. 2007.

NASCIMENTO, M. et al. Adaptabilidade e estabilidade via regressão não paramétrica em genótipos de café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 41-48, Jan. 2010.

OLIVEIRA, A. B.; DUARTE, J. B.; PINHEIRO, J. Emprego da análise AMMI na avaliação da estabilidade produtiva em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 357-364, mar. 2003.

PEDRO, F. C. et al. Comportamento agronômico de progênies F4 de cafeeiros oriundos do cruzamento entre os cultivares Mundo Novo e Catuaí. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 315-322, maio/jun. 2011.

PEREIRA, T. B. et al. Seleção de progênies F4 de cafeeiros obtidas de cultivares do grupo Icatu. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 337-346, jul./set. 2013.

POLIZEL, A. C. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no Estado do Mato Grosso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 910-920, jul./ago. 2013.

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

SILVA, F. L. da et al. Methods of adaptability and stability analysis in irrigated rice genotypes in Minas Gerais, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Oxford, v. 8, n. 2, p. 119-126, Mar. 2008.

VASCONCELOS, E. S. de et al. Adaptability and stability of semilate and late maturing soybean genotypes in Minas Gerais state. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 411-415, jul./set. 2010.

VERMA, M. M.; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitation of conventional regression analysis: a proposed modification. **The oritical and Apllied Genetics**, Berlin, v. 53, n. 2, p. 89-91, Sept. 1978.

VOSSEN, H. A. M.; VANDER, A. G. Coffee Selection and breending. In: CLINFFORD, M. N.; WILSON, K. C. (Ed.).**Coffee:** botany biochemisty and of beans and beverage. Westport: AVI, 1985. p. 48-96.

WRICKE, G. ZurBerechnung der OkovalenzbeiSommerweizen und Hafer. **ZeitschriftfürPflanzenzüchtung**, Berlin, v. 52, n. 2, p. 127-138, 1965.

ZOBEL, R. W.; WRIGHT, M. J.; GAUCH, H. G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 388-393, 1988.

EFEITOS DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁRVORES SOBRE ATRIBUTOS DO SOLO EM CAFEEIRO SOMBREADO

Kátia Priscilla Gomes Morinigo[1], Nathalia de França Guimarães[2], Rubismar Stolf [3], Adriana Cavalieri Sais[4], Maicon Douglas Bispo de Souza[5], Anderson de Souza Gallo[6], Anastacia Fontanetti[7]

(Recebido: 21 de novembro de 2016; aceito: 08 de março de 2017)

RESUMO: Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da distribuição espacial de árvores (*Anadenanthera falcata*, *Albizia polycephala* e *Cassia grandis*) em cultivo de cafeeiro sombreado (*Coffea arabica* cv. *Obatâ*), sobre a resistência mecânica, umidade e propriedades químicas do solo. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 4x2. O primeiro fator foi a localização dos pontos de amostragem do solo no cafezal sombreado, determinados por dois pontos na mesma linha de plantio das árvores (D1L - um metro de distância do tronco da árvore e D6L - seis metros de distância do tronco da árvore) e dois pontos paralelos a esses localizados na entrelinha de plantio das árvores (D1E e D6E). O segundo fator foi a profundidade de coleta do solo: 0,0-0,20 m e 0,20-0,40 m. As maiores resistências mecânicas do solo à penetração foram observadas nos pontos D1L e D1E, com 8,89 Mpa e 6,55 Mpa, respectivamente. O menor valor de pH (4,62) e o maior teor de alumínio no solo (4,95 $mmol_c\ dm^{-3}$) foram encontrados na linha de plantio das árvores, no ponto D1L. A distribuição espacial das árvores não alterou a umidade do solo, variando entre 0,11 e 0,14 kg kg^{-1}e os teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, os quais se mantiveram dentro das faixas consideradas adequadas para o cultivo do cafeeiro. Conclui-se que as árvores avaliadas elevam a resistência do solo à penetração e provavelmente exercem maior competição por nutrientes com o cafeeiro, aumentando o pH e os teores de Al do solo, quando localizadas no ponto D1L, possivelmente, em função da distribuição e concentração das raízes das mesmas. Contudo, a distribuição das árvores não influenciou a umidade e os teores de matéria orgânica, P, K e Ca do solo.

Termos de indexação: *Coffea arabica*, espécies arbóreas, resistência mecânica do solo a penetração, umidade do solo, fertilidade do solo.

EFFECTS OF TREES DISTRIBUTION IN SOIL ATTRIBUTES IN SHADED COFFEE

ABSTRACT: *The objective in this work was to evaluate the effect of spatial distribution of tree species (Anadenanthera falcata, Albizia polycephala e Cassia grandis) on shaded coffee plants (Coffea arabica cv. Obatâ), to mechanical strength, moisture and chemical characteristics of the soil. The experimental design was randomized block with four replicates in a 4x2 factorial scheme. The first factor the location of soil sampling on the shaded coffee plantation, determined by two points in the trees planting rows (D1L distancing one meter from the tree trunk and D6L distancing six meters from the tree trunks) and two point, parallel to those, in the inter row (D1E and D6E). The second factor was the soil sampling depth: 0.00-0.20 and 0.20-0.40 meters. The soil largest mechanical resistances were found in D1L and D1E, with 8.889 Mpa and 6.55 Mpa, respectively. The soil lowest pH values (4.62) and greatest aluminum contents (4.95 $mmol_c\ dm^{-3}$) were found in the trees planting rows at D1L. Trees spatial distribution did not affected soil moisture, that varied from 0.11 to 0.14 kg kg^{-1} or soils contents of organic matter as well as sums of phosphor, potassium, calcium or magnesium, that were within proper level to coffee plants cropping. In conclusion, the evaluated trees raised soil resistance to penetration and probable exert great competition for nutrients with the coffee trees, increasing soil pH values and aluminum contents, when located at D1L, possibly, due roots distribution and concentration of these tree species. However, trees distribution did not affected soil moisture, its organic matter contents or P, K and Ca sums.*

Index terms: *Coffea arabica, tree species, Soil mechanical resistance to penetration, soil moisture, soil fertility.*

1 INTRODUÇÃO

Embora a arborização dos cafeeiros seja uma prática antiga na América Latina (JARAMILLO-BOTERO; MARTINEZ; SANTOS, 2006), atualmente no Brasil o cafeeiro é cultivado predominantemente a pleno sol e com maior densidade de plantas por área (DAMATTA et al., 2007; GUARÇONI, 2011), pois, algumas experiências já conduzidas com cafeeiros arborizados, culminaram em perda de produtividade como mencionado por outros autores (ARAÚJO et al., 2016; SOUZA; GRAAFF; PULLEMAN, 2012).

A distribuição espacial das espécies arbóreas e dos cafeeiros no sistema pode definir

[1,3,4,5,7]Universidade Federal de São Carlos/UFSCar - Centro de Ciências Agrárias/CCA -Programa de Pós Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural - Rodovia Ananhaguera, Km 174 - Cx. P. 153 - 13.560-970 - Araras - SP - katia_morinigo@hotmail.com, rubismar@cca.ufscar.br, adrianacs@cca.ufscar.br, maicondbs@outlook.com, anastacia@cca.ufscar.br
[2,6]Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ - Programa de Pós Graduação em Agronomia - Ciência do Solo Rodovia BR 465, Km 07, s/n - Zona Rural - 23.890-000 - Seropédica - RJ - n.fguimaraes@hotmail.com, andersondsgallo@hotmail.com

o sucesso do consórcio (JARAMILLO-BOTERO; MARTINEZ; SANTOS, 2006). Os efeitos da arborização variam em função da altitude, da radiação fotossintética ativa, da fertilidade do solo e das espécies arbóreas utilizadas (RICCI; CONCHETO JUNIOR; ALMEIDA, 2013).

Sistemas arborizados contribuem diretamente para o aumento da umidade do ar; menor amplitude térmica; alteração na quantidade e qualidade da radiação solar; redução da velocidade do vento e manutenção ou aumento da umidade do solo (MORAIS et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2006), com implicações indiretas sobre as características químicas, físicas e biológicas do solo, e sobre os aspectos ecofisiológicos do cafeeiro (JARAMILLO-BOTERO et al., 2010). Estudos já demonstraram a influência da arborização em cafeeiros sobre a resistência do solo à penetração e densidade do solo a diferentes profundidades (CHAGAS et al., 2009; PEQUENO et al., 2011) e teores de matéria orgânica e fertilidade (CAMPANHA et al., 2007; SALGADO et al., 2006), mas os resultados na literatura são controversos.

Chagas et al. (2009), avaliando a resistência do solo à penetração, no cultivo de cafeeiro arborizado, verificaram efeitos distintos entre as espécies arbóreas avaliadas. O cafeeiro arborizado com macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche), tanto na linha quanto na entrelinha, apresentou menor resistência à penetração que o cultivo a pleno sol. Os autores atribuíram o resultado à menor proteção do solo promovido pelo cultivo exclusivo do cafeeiro, que favoreceu o encrostamento superficial. No entanto, comparando a resistência do solo à penetração no cafeeiro arborizado com coqueiro-anão (*Cocos nucifera* L.) com o cafeeiro cultivado a pleno sol, os mesmos autores observaram menor resistência à penetração no cultivo a pleno sol, fato atribuído ao menor teor de água no solo do tratamento arborizado. Já Pequeno et al. (2011) verificaram que a maior diversidade de espécies arbóreas no cafeeiro sombreado reduz a densidade do solo na profundidade de 0-10 cm, porém, aumenta a densidade do solo na profundidade de 10-20 cm, ou seja, a diversificação de plantas na arborização do cafeeiro é mais eficiente para promover o aumento do espaço poroso do solo na profundidade 0-10 cm.

Machado et al. (2014), ao avaliarem a densidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em diferentes sistemas de manejo da lavoura cafeeira, em duas profundidades (0-5 cm e 0-10 cm), não observaram diferença entre o solo do cultivo de café arborizado com espécies frutíferas (*Musa* spp. e *Citrus* spp.) e o cafeeiro a pleno sol. Contudo, ambos os tratamentos apresentaram valores de densidade do solo maiores em relação à área de floresta nativa.

Em relação aos efeitos do sombreamento sobre as propriedades químicas do solo, os resultados na literatura são controversos. Salgado et al. (2006), estudando cafeeiros sombreados com Ingazeiro (*Inga edulis* Mart.) e Grevílea (*Grevillea robusta* A. Cunn. ex R.Br.) constataram que as espécies não contribuíram para o aumento da matéria orgânica, e, os melhores resultados nas características químicas do solo foram observados no cultivo do cafeeiro a pleno sol, de acordo com os autores, devido à demanda nutricional das espécies arbóreas. Já Campanha et al. (2007) verificaram melhores condições de fertilidade do solo quanto às características Al, Ca, Mg, CTC, SB, Zn e Cu no sistema sombreado e, de P e matéria orgânica no cultivo a pleno sol.

Neste trabalho, objetivou-se avaliar o efeito da distribuição espacial de árvores em cultivo de cafeeiro sombreado, sobre a resistência mecânica, umidade do solo e propriedades químicas do solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Fazenda Retiro Santo Antônio, localizada no município de Santo Antônio do Jardim, estado de São Paulo (22º06'S e 46º40' W, 850 m de altitude). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é o Cwb, caracterizado pela ocorrência de verões com temperaturas amenas para as regiões serranas limítrofes com o estado de Minas Gerais. Os dados climáticos durante a condução do experimento estão sumarizados na Tabela 1.

O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (SANTOS et al., 2013), cuja composição granulométrica encontra-se na Tabela 2.

A lavoura cafeeira avaliada, cv. *Obatâ*, foi implantada no ano de 2007, no espaçamento de 3,5 m entrelinha e 0,80 m entre plantas (3.571 plantas ha^{-1}), cultivada em consórcio com quatro espécies de árvores da família Fabaceae: *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. (Angico do cerrado); *Albizia polycephala* (Benth.) Killip (Angico branco) e *Cassia grandis* L.f. (Cassia rosa), implantadas no ano de 2009, com espaçamento de 14 x 16 (densidade de 44 plantas ha^{-1}), distribuídas na área de acordo com a Figura 1.

TABELA 1 - Precipitação pluviométrica total, temperatura mínima, máxima e média no mês, umidade relativa do ar mínima, máxima e média no mês.

Meses	Precipitação mm	Temperatura ºC			Umidade do ar %		
		Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média
Março	475	18,1	26,6	24,1	87	98	87
Abril	165	17,5	27,2	22,3	70	93	92
Maio	123	14,6	23,1	22,3	88	98	81

Fonte: Estação meteorológica da Fazenda Retiro Santo Antônio (2015).

TABELA 2 - Composição granulométrica de um Argissolo Vermelho Amarelo cultivado com cafeeiro arborizado.

Profundidades m	Frações granulométricas Argila	Silte	Areia	Classe textural
	----------dag kg $^{-1}$----------			
0,0-0,10	25,10	18	56,90	Franco Siltosa
0,10-0,20	30,57	21,08	48,34	Franco Argilosa
0,20-0,40	21,05	42,75	36,20	Franca
0,40-0,60	20,04	37,90	42,06	Franca

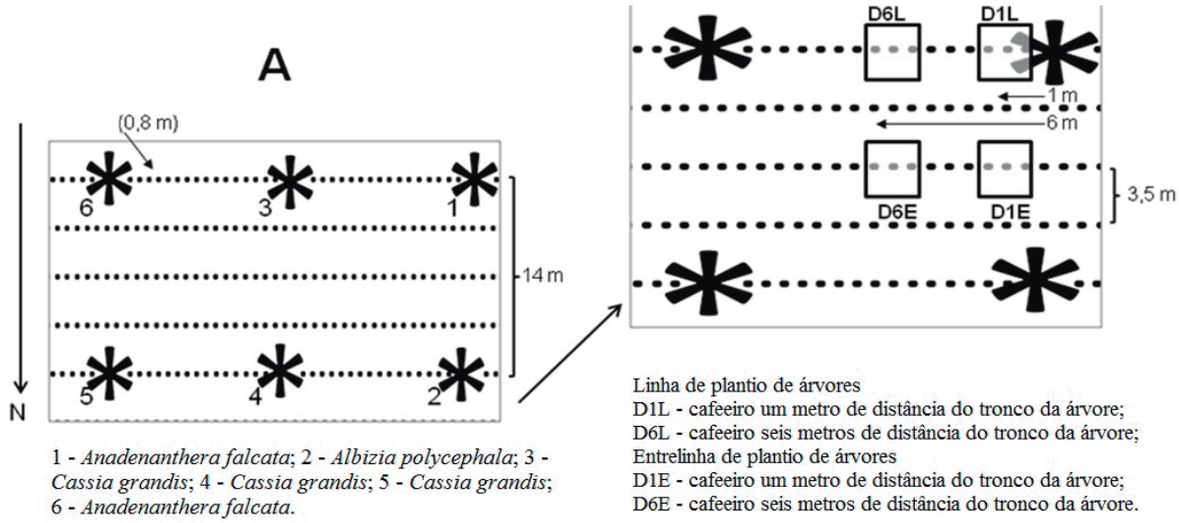


FIGURA 1 - Representação esquemática da área de cafeeiro sombreado (A); detalhamento dos pontos amostrais (B). Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

A adubação do cafeeiro foi realizada com base na análise química do solo, conforme recomendado por Raij et al. (1996). Foi feita aplicação de uréia protegida, três vezes ao ano, na dose de 50 g/planta, sendo as aplicações mais recentes em novembro e dezembro de 2014 e fevereiro de 2015; cloreto de potássio foi aplicado duas vezes ao ano (dose de 10 g/planta), sendo a última aplicação realizada em fevereiro de 2015; cama de frango e palha de café, aplicadas uma vez ao ano, na dose de 1 kg por planta e a última aplicação foi realizada em outubro de 2014. Não foram realizadas adubações com fósforo e boro no ano desse experimento. Os

tratos culturais como adubação, capina, arruação e colheita são realizados com máquinas na área de cultivo. Em outubro de 2013 (dezessete meses antes da realização deste experimento) foi utilizado o subsolador na estrelinha do cafezal, a aproximadamente 1,75 m da linha de plantio do cafeeiro. O subsolador atinge a profundidade de 40 a 50 cm do solo e o implemento é elevado quando se aproxima das raízes das espécies arbóreas.

2.2 Tratamentos e Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 4x2. O primeiro fator foi a localização dos pontos de amostragem do solo no cafezal sombreado, determinados por dois pontos na mesma linha de plantio das árvores (D1L-um metro de distância do tronco da árvore e D6L- seis metros de distância do tronco da árvore) e dois pontos paralelos a esses localizados na entrelinha das árvores, distantes sete metros da linha de plantio das mesmas (D1E e D6E) (Figura 1). O segundo fator foi a profundidade de coleta do solo: 0-0,20 m e 0,20-0,40 m. As parcelas experimentais foram formadas por três plantas de cafeeiro (2,40 m x 3,5 m). Na Figura 1 está representada a área experimental e a distribuição espacial dos pontos de amostragem do solo no cultivo de cafeeiro sombreado.

2.3 Avaliações

Os dados foram coletados nos dias 30 de abril e 01 de maio de 2015, ressaltando-se que nos dez dias que antecederam as coletas não houve precipitação pluviométrica.

2.3.1 Resistência Mecânica do solo à penetração e Umidade gravimétrica do solo

A avaliação da resistência mecânica do solo à penetração (Figura 1) foi realizada na linha de plantio do cafeeiro e na linha de tráfego dos tratamentos citados anteriormente (distante a 1,20 m da linha de plantio, onde ocorre o tráfego dos rodados). Para a avaliação de resistência mecânica do solo à penetração utilizou-se o equipamento Penetrômetro de Impacto, modelo IAA/Planalsucar/Stolf (STOLF; FERNANDES; FURLANI NETO, 1983). A resistência do solo à penetração foi calculada pela equação: RP = {5,6+(68,9/(P/N))}/10,2; onde RP = Resistência mecânica do solo à penetração (em MPa); P = profundidade de penetração do penetrômetro (em cm); N = número de impactos (golpes) por camada de solo analisada (STOLF, 1991).

Para a determinação da umidade gravimétrica do solo foram realizadas coletas de amostras deformadas de solo, utilizando-se trado holandês. As amostras foram realizadas na linha de plantio do cafeeiro e na linha de tráfego dos tratamentos citados acima (distante a 1,20 m da linha de plantio, onde ocorre o tráfego dos rodados). As amostras de solo foram armazenadas em embalagem impermeável, vedadas e identificadas, sendo pesadas em seguida (massa de solo úmido - Mu). Posteriormente, foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e transferidas para a estufa de secagem com circulação de ar na temperatura de 110 ºC, por 24 horas. Após esse período, as amostras foram pesadas novamente para determinação da massa seca (Ms). Para calcular a umidade gravimétrica do solo utilizou a expressão: U% = Mu-Ms/ Ms * 100, onde U = Umidade gravimétrica do solo, %; Mu = Massa de solo úmido, g; Ms= Massa de solo seco em estufa, dada em g (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1999).

2.3.3 Avaliação das características químicas do solo

Para as avaliações químicas do solo nos tratamentos foram realizadas coletas de amostras deformadas de solo nas profundidades de 0-0,20 e 0,20-0,40 m sob projeção da copa dos cafeeiros, utilizando-se trado holandês. Para cada tratamento e profundidade foram coletadas quatro amostras compostas, obtidas a partir de três subamostras (com ± 500 g de solo). Após a coleta, as amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos e conduzidas para análise química em laboratório. As análises químicas do solo foram realizadas de acordo com os métodos propostos por Raij et al. (2001), onde o pH foi extraído em $CaCl_2$ e os valores para o P, Ca, Mg e K foram mensurados utilizando resina extratora.

2.4 Interpretações dos dados e Análises estatísticas

Para a interpretação dos dados de penetrometria foram empregados os critérios que adotam as seguintes classes de resistência mecânica do solo à penetração: Baixa = 0,1 a 1,0 MPa; Moderada = 1,0 a 2,0 MPa; Alta= 2,0 a 4,0 MPa; Muito alta = 4,0 a 8,0 Mpa; e Extremamente alta = acima de 8,0 Mpa (SOIL SURVEY STAFF, 1993).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo

teste de Tukey, em nível de 5 % de significância. Utilizou-se para as análises estatísticas o software Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2016). Os dados de resistência do solo à penetração foram transformados pela equação $\sqrt{x}$, para atender às pressuposições da análise de variância, já que não apresentavam homogeneidade de variâncias residuais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resistências mecânicas à penetração e umidade gravimétrica do solo

A análise de variância (ANOVA) realizada para a variável resistência mecânica do solo à penetração na linha de plantio do cafeeiro revelou efeito significativo isolado para o fator pontos de amostragem do solo (D1L, D6L, D1E e D6E). Já a ANOVA realizada, para a mesma variável, na linha de tráfego do cafezal, demonstrou efeito apenas do fator profundidade do solo.

Na linha de plantio do cafeeiro os maiores valores de resistência à penetração (RP) foram observados nos pontos D1L (mesma linha de plantio das árvores a um metro de distância do tronco) e D1E (localizado na entrelinha das árvores, paralelo ao ponto D1L) (Tabela 3). Na linha do cafeeiro, os pontos D1L e D1E apresentaram valores de RP acima de 3,0 Mpa, considerados restritivos para o desenvolvimento do sistema radicular da maior parte das plantas (HAMZA; ANDERSON, 2005).

A maioria das raízes ativas do cafeeiro concentra-se próximo à projeção da copa (saia do cafeeiro) e a compactação do solo, nesse caso, dificulta o desenvolvimento radicular e consequentemente a disponibilidade de nutrientes e água para a cultura (FERNANDES; SANTINATO; SANTINATO, 2012). De acordo com Reichert, Suzuki e Reinert (2007) entre as principais causas para a compactação do solo em sistemas arborizados estão as raízes das árvores e os veículos utilizados para operações florestais. Os autores destacam que as raízes das árvores podem aproximar as partículas do solo, aumentando a compactação. No presente estudo, o ponto D1L é o mais próximo à árvore, assim uma das prováveis causas para o aumento da RP nesse ponto pode estar relacionada à maior concentração de raízes.

Para a amostragem realizada na linha de tráfego do cafeeiro não se observou efeito dos pontos D1L, D6L, D1E e D6E na RP. Os valores de RP foram, em geral, menores dos que os observados na linha de plantio do cafeeiro, porém, ainda, dentro da faixa muito alta de compactação (SOIL SURVEY STAFF, 1993). Esse resultado difere do observado por Palma et al. (2013) num solo com classe textural argila arenosa na profundidade de 0,15 m. Os valores de RP foram maiores na linha de tráfego em relação a linha de plantio do cafeeiro. Porém, Lima et al. (2005) observaram maior compactação do solo sob a projeção da copa (linha de plantio), em um pomar de laranja cultivado em um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura franco-argilo-arenosa, sendo esse o local mais afetado pelo tráfego de máquinas agrícolas, possivelmente em função da ausência de cobertura vegetal.

No presente estudo, outra possível causa para a menor RP do solo na linha de tráfego do cafeeiro em relação à linha de plantio deve-se à realização da subsolagem na entrelinha de plantio, dezessete meses antes das avaliações. De acordo com Drescher et al. (2016) o efeito da subsolagem na RP de um solo argiloso pode permanecer no mínimo por 18 meses na camada de 0,15 m. Segundo Souza et al. (2014), a adoção da técnica de subsolagem pode minimizar os efeitos da compactação do solo, melhorando assim o ambiente para desenvolvimento do sistema radicular das culturas.

Para a umidade do solo não houve efeito significativo dos fatores avaliados. Os valores para esta variável situaram entre 0,11 kg kg^{-1} (D1L - Linha de cafeeiro) e 0,14 kg kg^{-1} (D6E - Linha de tráfego. A RP, além da dependência de fatores intrínsecos do solo (textura, estrutura, mineralogia), é altamente dependente da umidade do solo (GOMES; PEÑA, 1996). Em condição de baixa umidade do solo, a água encontra-se num maior estado de tensão nos poros do solo, além dessa tensão, somam-se as forças de coesão e de adesão já existentes entre os sólidos do solo, resultando em maior resistência à penetração de raízes numa condição de baixa umidade (CUNHA; VIERA; MAGALHÃES, 2002). Na linha de plantio e na linha de tráfego do cafeeiro, independentemente da profundidade, os pontos apresentaram teores de umidade do solo semelhantes (Tabela 3). Ebisa (2014) não encontrou diferenças para o teor de umidade do solo entre os pontos de amostragem, localizados a três, cinco e sete metros de distância dos troncos das árvores, embora a umidade do solo tenha sido superior à do cafeeiro cultivado em sistema a pleno sol.

TABELA 3 - Resistência à penetração (RP) e umidade gravimétrica do solo, na linha de plantio e na linha de tráfego do cafeeiro arborizado. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

Resistência à Penetração e Umidade do solo				
Tratamentos	Linha do cafeeiro		Linha de tráfego	
	RP	Umidade	RP	Umidade
	Mpa	kg kg^{1}	Mpa	kg kg^{-1}
D1L	8,89 a*	0,11^{ns}	5,33 ^{ns}	0,12^{ns}
D6L	4,84 b	0,13	4,73	0,13
D1E	6,55 ab	0,13	4,13	0,15
D6E	4,71 b	0,13	2,99	0,14
Profundidades				
0,0-0,20	5,79 ^{ns}	0,13 ^{ns}	3,19 b**	0,14 ^{ns}
0,20-0,40	6,70	0,12	5,40 a	0,13
CV%	19,07	17,85	19,69	15,63

*significativo em nível de 1%, ** 5% de significância e ^{ns} não significativo, de acordo com o teste F. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey em nível de 5%de significância. D1L= mesma linha de plantio da árvore, distante um metro do tronco; D6L = mesma linha de plantio da árvore, distante seis metros do tronco; D1E = entrelinha da árvore, paralelo ao ponto D1L; D6E = entrelinha da árvore, paralelo ao ponto D6L.

3.2 Atributos químicos do solo

A análise de variância não demonstrou efeito significativo dos fatores ponto amostral, profundidade do solo e interação entre ponto amostral x profundidade do solo para as variáveis: fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al) e capacidade de troca de cátions (CTC).

Para o pH do solo, observou-se efeito isolado do fator ponto amostral. A maior acidez (menor valor de pH) foi observada no ponto amostral D1L, que não diferiu do ponto D6L (Tabela 4). Salgado et al. (2006) também verificaram pH baixo (4,5 - 5,4) em cafeeiros sombreados com Ingazeiros e valores considerados adequados (5,5 - 6,0) para cafeeiros sombreados com Grevílea e para o solo dos cultivados a pleno sol. No entanto, Tanga, Erenso e Lemma (2014), avaliando o efeito das distâncias da copa (1/3, 2/3, borda da copa e área aberta, sem influência de raízes) de três espécies de árvores (*B. aegyptica, A. tortilis, A. seyal*) nas propriedades químicas do solo, não observaram efeito desses fatores para o pH.

A redução do pH pode estar relacionada ao maior aporte de resíduos orgânicos, favorecendo a adição de C ao solo na forma de raízes e ácidos orgânicos, oriundos das espécies arbóreas. Quanto maior o conteúdo de carbono, maior tenderá ser a acidez do solo (MACHADO et al., 2014). No entanto, nesse trabalho, o teor de matéria orgânica do solo foi semelhante entre os pontos amostrais (Tabela 4).

Os baixos valores de pH podem ser explicados por elevados teores de alumínio trocável (Al^{3+}), uma vez que, o Al^{3+} ao sofrer hidrólise libera H+ na solução do solo e contribui para o aumento da acidez (FREIRE et al., 2007). No ponto D1L observou-se teor superior de alumínio trocável (Al^{3+}), independentemente das profundidades do solo (Tabela 4).

Os resultados para soma de bases no solo e saturação por bases demonstraram que os valores não diferiram entre si estatisticamente (Tabela 4). No entanto, houve tendência de aumento da soma de bases no ponto D1E e de redução da saturação por bases no ponto D1L. O ponto D1E localiza-se na entrelinha das árvores e provavelmente está sob menor influência das mesmas (área das raízes e projeção da copa), fato que sugere menor competição por nutrientes, entre cafeeiros e árvores. Já o ponto D1L é o que está mais próximo das árvores, e provavelmente é o ponto em que há maior extração de nutrientes pela árvore e maior competição entre as espécies arbóreas (*A. falcata*, *A. polycephala* e *C. grandis*) e o cafeeiro.

Salgado et al. (2006) também observaram menores valores de saturação por base nos sistemas de cafeeiro sombreado com Ingazeiro e Grevílea quando comparados ao cultivo a pleno sol.

TABELA 4 - Caracterização química do solo na profundidade (Prof.) de 0-20 cm e 20-40 cm, pH, fósforo (P), matéria orgânica (Mo), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), capacidade de troca de cátions (CTC), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), saturação por bases (V%) e alumínio trocável (Al^{3+}) em cafeeiro sombreado. Santo Antônio do Jardim, SP, 2015.

Var.[1]	Unidades	Pontos				Prof. (m)		CV
		D1L	D6L	D1E	D6E	0,0-0,20	0,20-0,40	%
pH*	$CaCl_2$	4,62 b	5,06 ab	5,41 a	5,47 a	5,14	5,17	9,45
P^{ns}	mg/dm^3	37,25	42,00	22,37	30,87	34,60	27,40	48,1
M.O*	g/dm^3	22,62 ab	22,25 ab	21,12 b	19,37 b	24,55	22,10	28,7
K^{ns}	$mmol_c/dm^{-3}$	2,77	2,96	2,97	3,00	2,80	3,00	20,8
Ca	$mmol_c/dm^{-3}$	18,99	22,56	27,29	26,17	29,05	25,52	28,10
Mg^{ns}	$mmol_c/dm^{-3}$	10,79	12,89	13,26	12,23	13,03	11,68	22,45
$H+Al^{ns}$	$mmol_c/dm^{-3}$	38,50	28,50	26,25	30,12	27,15	31,45	43,39
Al*	$mmol_c/dm^{-3}$	4,95 a	1,28 b	1,01 b	1,91 b	1,52	2,38	10,5
SB**	$mmol_c/dm^{-3}$	32,59 b	38,42 b	43,54 ab	41,41 b	44,89	40,22	23,66
CTC^{ns}	$mmol_c/dm^{-3}$	71,09	66,92	69,79	71,54	72,04	71,65	18,58
V*	%	49,43b	58,72ab	64,38ab	59,48ab	63,60	54,87	26,87

**significativo em nível de 1%, * 5% de significância e ns não significativo de acordo com o teste F. As médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey em nível de 5% de significância. [1]Var. - Variáveis.

Os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo, não variaram em função do ponto amostral e das profundidades do solo (Tabela 4). No entanto, Ebisa (2014) observou valores superiores de condutividade elétrica, P e K em solo cultivado com cafeeiro sombreado em comparação ao solo de cafeeiro a pleno sol. Também, Tanga, Erenso e Lemma (2014) encontraram maiores valores de condutividade elétrica, N, P e K no solo localizado mais próximo da copa das árvores, o que atribuem à maior deposição de serapilheira das árvores nessa localização. Mas, destacam que há diferenças entre as espécies de árvores avaliadas. As que promovem maior deposição de folhas e frutos aumentam os teores de P, K e condutividade elétrica no solo, e, para as que promovem menor deposição de folhas e frutos observa-se menor interferência da distância da copa das árvores nos teores de P, K e condutividade elétrica do solo.

Os teores de P no solo encontrados nesse trabalho estão dentro dos níveis considerados "médio a alto", os teores de K, nível "médio" e o de Ca e Mg, nível "alto" (RAIJ et al., 1996), para a cultura do cafeeiro.

4 CONCLUSÕES

Na linha de plantio do cafeeiro a maior resistência mecânica do solo à penetração foi observada no ponto mais próximo a árvore. O solo da linha de tráfego do cafeeiro apresentou menor valor de resistência mecânica à penetração quando comparado à linha de plantio.

Os menores valores de pH do solo foram observados nos pontos localizados nas linhas de plantio das árvores e o maior teor de alumínio no ponto localizado na mesma linha de plantio da árvore à um metro de distância do tronco.

A distribuição espacial das árvores não alterou a umidade do solo e teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio do solo, que se mantiveram dentro das faixas consideradas adequadas para o cultivo do cafeeiro.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao senhor Jefferson Rissato Adorno, família e funcionários da Fazenda Retiro Santo Antônio, por permitirem a realização deste estudo em sua propriedade e por toda ajuda disponibilizada ao longo da realização desta pesquisa, e ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudos para o primeiro autor.

6 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, V. A. et al. Microclimate, development and productivity of robusta coffee shaded by rubber trees and at full sun. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 700-709, 2016.

CAMPANHA, M. M. et al. Análise comparativa das características da serrapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura na zona da mata, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 805-812, 2007.

CHAGAS, K. et al. Efeito de sistemas consorciados de produção de Café Conilon (*Coffea canefora* cv. kouillou) sobre resistência do solo a Penetração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2009. 1 CD-ROM.

CUNHA, J. P. A. R.; VIEIRA, L. B.; MAGALHÃES, A. C. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 10, n. 4, p. 1-7, 2002.

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

DRESCHER, M. S. et al. Duração das alterações em propriedades fisico−hidricas de Latossolo argiloso decorrentes da escarificação mecânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 2, p. 159-168, fev. 2016.

EBISA, L. Effect of dominant shade trees on coffee production in Manasibu district, west Oromia, Ethiopia. **Science, Technology and Arts Research Journal**, Nekemte, v. 3, n. 3, p. 18-22, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF, 1999. 370 p.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, F.; SANTINATO, R. Utilização da subsolagem na redução da compactação do solo para a produção de café cultivado no Cerrado Mineiro. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1648-1656, 2012.

FREIRE, F. J. et al. Gesso mineral do Araripe e suas implicações na produtividade agrícola na cana-de-açúcar no Estado de Pernambuco, Brasil. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, v. 4, p. 199-213, 2007.

GOMES, A. S.; PEÑA, Y. A. Caracterização da compactação através do uso do penetrômetro. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 49, n. 1, p. 18-20, 1996.

GUARÇONI, M. A. Características da fertilidade do solo influenciadas pelo plantio adensado de café conilon. **Semina:** Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, n. 3, p. 949-958, 2011.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 82, p. 121-145, 2005.

JARAMILLO-BOTERO, C. et al. Production and vegetative growth of coffee trees under fertilization and shade levels. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, p. 639-645, 2010.

JARAMILLO-BOTERO, C.; MARTINEZ, H. E. P.; SANTOS, R. H. S. Características do café (*Coffea arabica* L.) sombreado no norte da América Latina e no Brasil: análise comparativa. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 94-102, 2006.

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

MACHADO, L. V. et al. Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 289-299, 2014.

MORAIS, H. et al. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1131-1137, out. 2003.

OLIVEIRA, C. R. M. et al. Trocas gasosas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) e seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) em diferentes sistemas de cultivo na região de Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, p. 197-206, 2006.

PALMA, M. A. Z. et al. Resistência do solo à penetração em cafezais cultivados com sistema mecanizado e manual. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 364-370, 2013.

PEQUENO, P. L. L. et al. Avaliação da densidade do solo em áreas com cafeeiro robusta arborizado em Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2011. 1 CD-ROM.

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

_____. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 285 p. (Boletim, 100).

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S. da; REICHERT, J. M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 5, p. 49-134.

RICCI, M. S. F.; CONCHETO JUNIOR, D. G.; ALMEIDA, F. F. D. Condições microclimáticas, fenologia e morfologia externa de cafeeiro em sistemas arborizados e a pleno sol. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 379-388, 2013.

SALGADO, B. G. et al. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arabica L*) em Lavras-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 343-349, 2006.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 353 p.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Comparison of means of agricultural experimentation data through different tests using the software Assistat. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 11, p. 3527-3531, 2016.

SOIL SURVEY STAFF. **Soil survey manual:** soil conservation service. Washington: U.S. Department of Agriculture Handbook, 1993. 437 p.

SOUZA, H. N.; GRAAFF, J.; PULLEMAN, M. M. Strategies and economics of farming systems with coffee in the Atlantic Rainforest Biome. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 84, n. 2, p. 227-242, 2012.

SOUZA, J. M. et al. Atributos físicos do solo em lavoura de cafeeiro Conilon, submetida à subsolagem. **Energia na Agricultura**, Viçosa, v. 22, n. 5, p. 413-425, 2014.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, p. 229-235, 1991.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar/Stolf. **Revista STAB:** Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v. 3, p. 18-23, 1983.

TANGA, A. A.; ERENSO, T. F.; LEMMA, B. Effects of three tree species on microclimate and soil amelioration in the central reft valley of Ethiopia. **Journal of Soil Science and Environmental Management**, Northhagen, v. 5, n. 5, p. 62-71, 2014.

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ATAQUE DA BROCA-DO-CAFÉ NO CAFÉ CONILON

Bruno Sérgio Oliveira e Silva[1], Thaisa Thomazini Herzog[2], Marcelo Barreto da Silva[3], Ivoney Gontijo[4], Fábio Luiz Partelli[5]

(Recebido: 23 de novembro de 2016; aceito: 09 de fevereiro de 2017)

RESUMO: O conhecimento do padrão de distribuição espacial de um inseto permite concentrar o esforço amostral e de manejo nos locais onde se encontram as maiores densidades populacionais. Além disso, o comportamento espacial do inseto fornece informações sobre as condições no agroecossitema e a migração ou agregação da praga. Apesar da importância para o manejo de pragas, o conhecimento sobre a distribuição espacial de *Hypothenemus hampei* no café conilon possui raros relatos na literatura. Assim, objetivou-se no presente estudo determinar a variabilidade espacial da incidência de *H. hampei* no café conilon. Foi instalada uma malha irregular com 100 pontos em uma lavoura de alta produtividade, localizada em São Mateus, ES, safras 2011/2012 e 2012/2013. Avaliou-se após a coleta de amostras de frutos em cada ponto o número de frutos atacados pela praga por meio da verificação da perfuração característica nos frutos. Os dados foram submetidos à análise geostatística. Foi possível verificar a variabilidade de densidade no ataque da praga nos diferentes anos safra. Os semivariogramas referentes ao ataque do inseto ajustaram-se melhor ao modelo esférico e ao modelo exponencial, com índice de dependência espacial de 72 e 62%, respectivamente. Observou-se uma tendência de movimentação do ataque da praga de uma safra para outra a partir das bordas para o centro da lavoura.

Termos para indexação: *Coffea canephora*, Geoestatística, *Hypothenemus hampei*, semivariograma.

SPATIAL DISTRIBUTION OF ATTACK OF COFFEE BERRY BORERIN CONILON COFFEE

ABSTRACT: *Insect spatial distribution allows concentrate sampling and management efforts in places with the highest population densities, and insect spatial behavior provides information about conditions in agroecosystem and migration or plague aggregation. Despite the importance for pest management, spatial distribution knowledge of Hypothenemus hampei in conilon coffee has been rare reported. An irregular mesh with 100 sampling points was installed in a high yield crop located in the municipality of São Mateus, Espírito Santo State, Brazil (2011/2012 and 2012/2013 harvests) aiming to determine the incidence of coffee berry borer and its spatial variability in conilon coffee. Fruit samples were collected at each point, and evaluated the number of damaged fruits by checking drilling in each one. The data were submitted to geostatistics analysis. It was possible to check the insect damage density of variability in different harvest years. The semivariograms related to insect damage were better adjusted to spherical and exponential models with spatial dependence index of 72 and 62%, respectively. Atendency of insect attack movement of a harvest to another from the edges to the crop center was observed.*

Index terms: *Coffea canephora, Geoestatistic, Hypothenemus hampei, semivariogram.*

1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de café em 2014 ultrapassou 141,8 milhões de sacas e cerca de 40% foram de *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner (café conilon), produzidas em países considerados emergentes, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial desta espécie (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO, 2015). A broca-do-café [*Hypothenemus hampei* (FERRARI, 1867) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae)] é a principal praga do café conilon, ataca os frutos em todos os estágios de maturação e está presente em todas as regiões produtoras da cultura (FORNAZIER; MARTINS; PRATISSIOLI, 2015).

O controle da praga oferece dificuldades para o cafeicultor e causa prejuízos para a atividade, devido aos danos no grão de café (MARCOMINI, 2015). Esses prejuízos foram estimados entre 215 a 358 milhões de dólares ao ano apenas no Brasil (OLIVEIRA et al., 2013).

Conhecer a distribuição espacial dos insetos e os grides de amostragem seguros para sua correta detecção é essencial na elaboração e execução de programas de amostragem para seu correto manejo (DAL PRÁ et al., 2011). Contudo, são escassas as informações disponíveis sobre a variabilidade espacial de populações de insetos em lavouras de café conilon. O fundamento da geoestatística é que a diferença no valor de uma variável em dois pontos é dependente da distância

[1,2,3,4,5]Universidade Federal do Espírito Santo/UFES - Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas/DCAB - Campus São Mateus - Rodovia BR 101 Norte - 29.932-540 - São Mateus - ES -bruno@agronomo.eng.br,thaisaherzog@agronoma.eng.br, marcelobarretodasilva@gmail.com, ivoney@ceunes.ufes.br, partelli@yahoo.com.br

entre os mesmos ecombinada às técnicas usadas para analisar e inferir valores dessa variável distribuída no espaço ou tempo (GARCÍA, 2006).

O conhecimento da dinâmica espaço-temporal dos insetos em ecossistemas agrícolas é fundamental para aperfeiçoamento de estratégias de manejo e diminuição do uso de inseticidas (BLACKSHAW; VERNON, 2006). Do mesmo modo, possibilita tomada de decisão mais fundamentada, devido ao maior número de informações obtidas e consequentemente a realização do controle somente nas áreas infestadas (DAL PRÁ et al., 2011) acima do nível de dano econômico. Alguns trabalhos sobre este assunto foram realizados, com destaque para broca-do-cafée bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*) em café arábica (*Coffea arabica* L.) (ALVES et al., 2011) e *Diloboderus abderus* em pastagens (DAL PRÁ et al., 2011).

O estudo da variabilidade espacial de pragas é importante para criação de medidas de manejo e poucos são os trabalhos realizados neste sentido para *H. hampei* em café conilon. Assim, objetivou-se caracterizar a variabilidade espacial do ataque de *H. hampei* em lavouras de café conilon, bem como gerar mapas da distribuição espacial desseataque em dois anos consecutivos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em lavoura comercial no município de São Mateus, norte do Estado do Espírito Santo, Brasil. A área selecionada tinha aproximadamente um hectare cultivado com café conilon. A área em todo seu entorno era cultivada com pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.). O material utilizado foi o genótipo denominado de Bamburral, clone selecionado pelo próprio produtor, plantado em linhas alternadas, duas de Bambural e uma de cruzador. Apenas as linhas do clone Bamburral foram avaliadas.

A lavoura foi instalada em março de 2010 em espaçamento 3,0 x 1,0 m (3.333 plantas ha^{-1}) e usando sistema de irrigação por micro aspersão. O controle de pragas e doenças foi realizado de acordo com o monitoramento dos níveis de infestações. Entretanto, nesta área nunca foi realizado um controle químico específico para broca do café. O clima, conforme classificação de Köppen é Aw, tropical com estação seca no inverno e verão chuvoso (ALVARES et al., 2014). Os dados meteorológicos foram obtidos da estação 83550 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Na implantação da lavoura foi realizada a correção e a adubação do solo baseada na análise química do solo, conforme as Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes no Estado do Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007). A adubação de produção seguiu as mesmas normas e os nutrientes (480 kg ha^{-1} N, 75 kg ha^{-1} P_2O_5, 480 kg ha^{-1} K_2O) foram aplicados mensalmente via sistema de fertirrigação.

Em maio de 2012 foi instalada uma malha irregular de 10.000 m^2 com 100 pontos, com distância mínima de 1 m (FIGURA 1).

Para georreferenciamento desses pontos foi utilizado um par de receptores GPS TechGeo®, modelo GTR G2 geodésico. Os dados, após serem processados pela Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do IBGE, apresentaram precisão de 10 mm + 1 ppm.

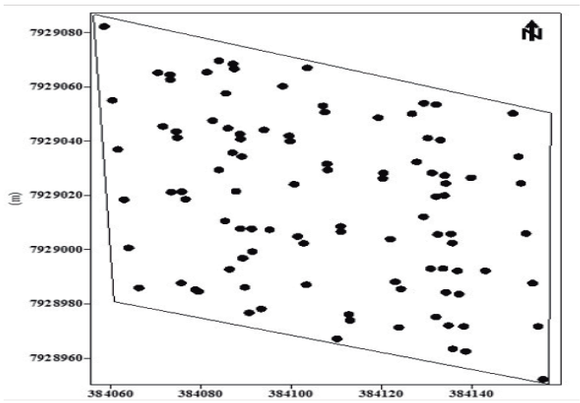


FIGURA 1 - Malha amostral com 100 pontos, elaborada para amostragem dos frutos de café. Cada ponto representando uma planta de *C. canephora.* Eixo abcissas: longitude, eixo ordenadas: latitude.

No terço médio superior de cada planta foi retirada amostra de 300 ml de frutos maduros, nos quatro lados da planta (norte, sul, leste e oeste) utilizando proveta graduada, no mês de julho nos dois anos estudados. Os frutos broqueados foram abertos com o uso de um estilete, e foram observadas e contadas em todos os frutos perfurados, independentemente da fase, presença ou não do inseto. Em seguida calculou-se a porcentagem de frutos broqueados. O nível de dano econômico (NDE) de 4% (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2005) foi considerado para discussões quanto à necessidade de intervenção química para controle, entretanto nenhum tipo de controle foi realizado para a praga na área em estudo.

Os resultados foram submetidos à análise inicial por meio da estatística descritiva, considerando a média aritmética, variância amostral, desvio-padrão, coeficiente de variação, valores máximo e mínimo, coeficiente de assimetria e de curtose e o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade.

Os dados foram submetidos à análise geostatística visando definir a variabilidade espacial do ataque da broca nos anos de 2012 e 2013, primeiramente através dos semivariogramas e em seguida pelo mapeamento dos níveis de ataque da praga no café conilon. A análise da dependência espacial foi realizada com auxílio do software GS+ Versão 7® (ROBERTSON, 1998) que realiza os cálculos das semivariâncias amostrais. O padrão de dependência espacial do ataque da broca-do-café foi analisado pelo estudo do semivariograma. As avaliações de campo foram consideradas função aleatória Z(x) onde (x) indica a posição espacial (Equação 1).

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

em que: $\gamma(h)$ é a semivariância estimada, N(h) é o número de pares de dados observados, $Z(x_i + h)$, onde essa função teórica se ajusta aos valores experimentais para representar as relações espaciais entre os dados.

Para validar o modelo teórico ajustado ao variograma experimental foi utilizado o método da validação cruzada que consiste na avaliação do coeficiente de correlação entre valores observados e estimados, onde o erro padrão de estimação avalia quantitativamente o ajuste do variograma e os erros decorrentes.

O índice de dependência espacial (IDE) foi calculado de acordo com Zimback (2001) que descreveu como dependência espacial fraca o índice menor que 25%, dependência espacial moderada de 25 a 75% e dependência espacial forte o índice maior que 75% (Equação 2).

$$\text{IDE} = \frac{C}{C_0 + C} \times 100$$

em que: C é a variância estrutural ou a diferença entre o C_0 e o patamar (C_0+C) é o valor de variância correspondente ao ponto em que o mesmo estabiliza.

A partir dos semivariogramas ajustados, utilizou-se o programa computacional *Surfer* (GOLDEN SOFTWARE, 1999) para realização da interpolação por krigagem, gerando mapas de variabilidade espacial da variável na área estudada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de frutos broqueados por *H. hampei* variou de 0 a 34,72% em 2012 e de 0 a 26,85% em 2013. Houve grande dispersão dos dados, fato que pode ser observado pelo coeficiente de variação (CV), cujos valores foram 154,7% (2012) e 163,7% (2013) e pelos valores de mínimos e de máximos (TABELA 1).

A geoestatística foi usada em café arábica cultivar *Catuaí Vermelho IAC-99* para caracterização e construção de mapas da variação espacial da infestação da broca-do-café nos frutos, sendo constatados 45% e 43%, de frutos broqueados para os anos de 2005 e 2006, superior ao NDE, com 5,15% e 11, 75%, respectivamente (ALVES et al., 2011).

O valor médio da infestação constatado no ano de 2012 (4,17%) foi acima do nível de dano econômico (NDE), com necessidade de adoção de estratégia de manejo. Em 2013, não foi necessária a realização do controle, pois a infestação foi cerca de 35% inferior ao observado em 2012 e se manteve abaixo do NDE (TABELA 1).

Os valores da média e mediana para as variáveis estudadas não estão próximos, indicando distribuições assimétricas, nas quais as medidas de tendência central são dominadas por valores atípicos, o que pode ser confirmado pelo teste de Kolmogorov-Smirnov a 5% (TABELA 1). Contudo, mais importante que a normalidade dos dados é a ocorrência ou não do efeito proporcional em que a média e a variância dos dados sejam constantes na área de estudo, tendo em vista que os semivariogramas apresentam patamares bem definidos (CAVALCANTE et al., 2007).

TABELA 1 - Estatística descritiva dos dados do ataque (%) de *H. hampei*, nos anos de 2012 e 2013 emcafé conilon, obtido a partir de 100 amostras.

Estatística Descritiva	Ataque Broca 2012	Ataque Broca 2013
Média	4,17	2,73
Mediana	1,85	0,93
DP	6,45	4,44
VA	41,5	19,8
Mínimo	0,00	0,00
Máximo	34,72	26,85
CV (%)	154,7	163,7
Ass.	3,11	3,01
Curt.	10,8	11,2
KS	0,26	0,27
VC - KS (5%)	0,14	0,14

DP: desvio padrão; VA: variância amostral; CV: coeficiente de variação; Ass.: coeficiente de assimetria; Curt.: coeficiente de curtose; KS: valores de probabilidade da estatística Kolmogorov-Smirnov; VC - KS: valores críticos do teste de Kolmogorov-Smirnov a 5%.

Na análise espacial do ataque de *H. hampei*, o modelo esférico se ajustou para ambos os anos (TABELA 2 e FIGURA 2), indicando que existe dependência espacial da broca-do-café na lavoura em estudo. Esse mesmo modelo também foi observado na distribuição espacial de larvas de *D. abderus* com semivariogramas unidirecionais, nas três localidades estudadas no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (DAL PRÁ et al., 2011).

O ataque da broca-do-café em 2012 apresentou maior continuidade espacial na área (25,7 m) (TABELA 2 e FIGURA 2A) comparado ao ano posterior (15,0 m) (TABELA 2 e FIGURA 2B). O alcance da dependência espacial é parâmetro de suma importância para interpretar os semivariogramas, pois sugere a distância máxima até onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si (VIEIRA et al., 2010). Assim, o presente estudo, como o maior alcance foi demonstrado no ano de 2012, sugere que neste ano também houve maior homogeneidade entre amostras. Observou-se que o raio de dependência espacial da broca-do-café em café arábica variou de 22m a 69m (ALVES et al., 2011). Entretanto,podem ser alcançados raios de 191,3m para outros insetos, demostrando que a dimensão do gride amostral utilizado foi adequada e possibilitou a correta distribuição espacial das larvas dos coleópteros corós-das-pastagens (DAL PRÁ et al., 2011).

De maneira geral, o alcance de ataque da broca-do-café foi reduzido em 11 m, (~40%) do ano 2012 para 2013. Essa redução pode ter sido influenciada pelos estádios fenológicos local e interação do local (FERNANDES et al., 2014) e aos fatores ambientais.

Diferenças no índice de broqueamento de frutos durante os estádios fenológicos podem ser devidos à variação sazonal dos frutos na planta e características reprodutivas da broca-do-café. O cafeeiro possui frutos em determinadas épocas do ano e com distribuição irregular e imprevisível no espaço (CAMARGO; CAMARGO, 2001).

Assim, a manutenção da população da broca-do-café ao fim da colheita (estádio de maturação e secos), o inseto poderia adotar duas estratégias: diapausa e/ou migração. Diapausa é estratégia evolutiva utilizada pela broca-do-café para sincronizar seu ciclo biológico com o padrão de distribuição espacial do recurso, cuja disponibilidade é previsível (FERNANDES et al., 2014). Assim, a baixa densidade da broca-do-café na fase da colheita no ano de 2013 pode ser indicativo de ocorrência de diapausa.

A temperatura é o principal fator ambiental que influencia na duração do ciclo de vida da broca-do-café, sendo que o desenvolvimento do ovo a adulto é favorecido entre temperaturas de 20 a 30ºC (JARAMILLO et al., 2009), faixa de tolerância térmica verificada durante todo o período estudado (Figura 3).

TABELA 2 - Parâmetros do modelo teórico ajustado ao variograma experimental, modelado por aproximação ponderada dos quadrados mínimos, para broca-do-café, e o resultado da validação cruzada da krigagem.

Parâmetros	Ataque 2012	Ataque 2013
Modelo	Esférico	Esférico
Efeito Pepita (C_o)	19,05	3,21
Patamar (C_o+C)	45,36	21,14
Alcance (m)	25,7	15,0
IDE (%)	58,0	85,0
R^2	0,88	0,85
SQR	63,1	22,6
r^2	0,37	-0,01

IDE: índice de dependência espacial; R^2: coeficiente de determinação do modelo ajustado; SQR: soma de quadrados do resíduo; r^2: coeficiente de determinação da validação cruzada.

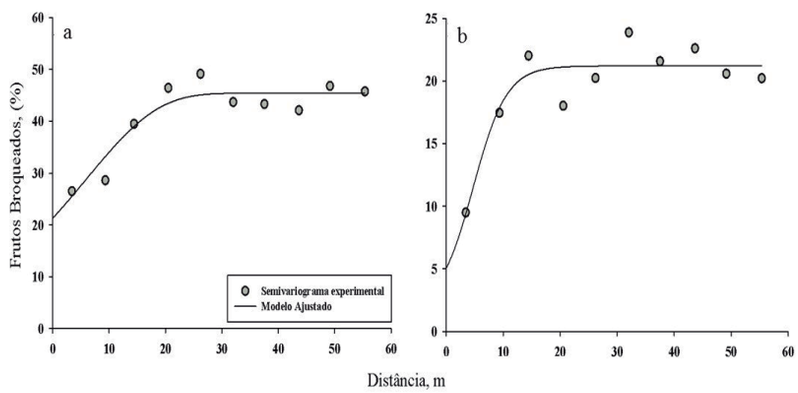


FIGURA 2 - Semivariograma experimental ajustado para caracterizar a variabilidade espacial do ataque da broca-do-café em uma lavoura de *C. canephora*. 2012: a e 2013: b.

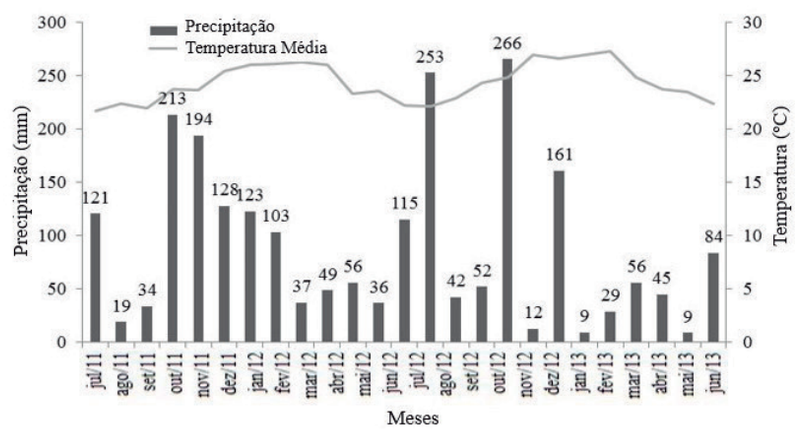


FIGURA 3 - Temperatura média e precipitação pluviométrica acumulada mensal, durante a condução do experimento, no Município de São Mateus - ES.

Constatou-se que a quantidade de chuva acumulada no período de entressafra (setembro a março) na safra 2011/2012 foi 832 mm e na safra 2012/2013 foi 571 mm, cerca de 30% menor (FIGURA 3).

A condição de ambiente observada durante o experimento pode ter influenciado na ‘’quebra’’ de ciclo da praga; a fêmea de *H. hampei* permanece semi-inativa em frutos velhos na estação seca esperando as primeiras chuvas que as estimulam a procurar novos frutos para iniciar o próximo ciclo (BAKER; BARRERA, 1993). Isso pode explicar a redução no quantitativo de frutos broqueados em 2013 em relação ao ano anterior. Santos et al. (2014) estudando a modelagem estatística da captura da broca-do-café ao longo do tempo, observaram que a quantidade de brocas coletadas por semana não apresentou aumento linear e houve vários picos ao longo do período estudado e isso se deveu aos fatores climáticos como umidade e temperatura.

O modelo de semivariograma do ataque da broca em 2012 apresentou índice de moderada dependência espacial (25% ≤ IDE ≤ 75%) e forte dependência espacial (IDE > 75%) para 2013, conforme os critérios estabelecidos por Zimback (2001).Os dados foram interpolados utilizando a técnica da krigagem, sendo possível confeccionar o mapa do ataque da praga na cultura para melhor compreensão de seucomportamento quanto à distribuição espacial na área (FIGURA 4).

As regiões de maior intensidade de ataque no ano de 2012, partiram das bordas para o centro da lavoura, com focos bem definidos e distintos (FIGURA 4A) e apresentaram valores superiores ao NDE. O comportamento observado no ano seguinte foi de ataque menos intenso e os maiores níveis de dano se agregaram na região centro-leste do mapa.

Insetos da subfamília Scolytidaeque atacam frutos, como *H. hampei*, apresentam tendência de agregações contínuas e formação de focos de infestação (DAMON, 2000).

Outro fator que é importante levar em consideração é o fato da limitação do trânsito do inseto para outras lavouras, pois a área cultivada ao redor do talhão estudado é cultivada por pimenta-do-reino, cultura não hospedeira da broca. A impossibilidade de migrar para áreas adjacentes pode ter favorecido o fenômeno de agregação do inseto e manter a sua infestão de forma mais localizada.

A distribuição espacial de insetos depende da qualidade dos habitats (KLEIJNA; ANGEVELDE, 2006), variáveis ambientais que influenciam a interação inseto-planta e condições para reprodução. Insetos em habitats com escassez de alimento e abrigo, condições microclimáticas desfavoráveis e dificuldade de encontro de parceiros sexuais, migram ou se dispersam para locais mais favoráveis (KLEIJNA; ANGEVELDE, 2006; MOILANEN; HANSKI, 1998).

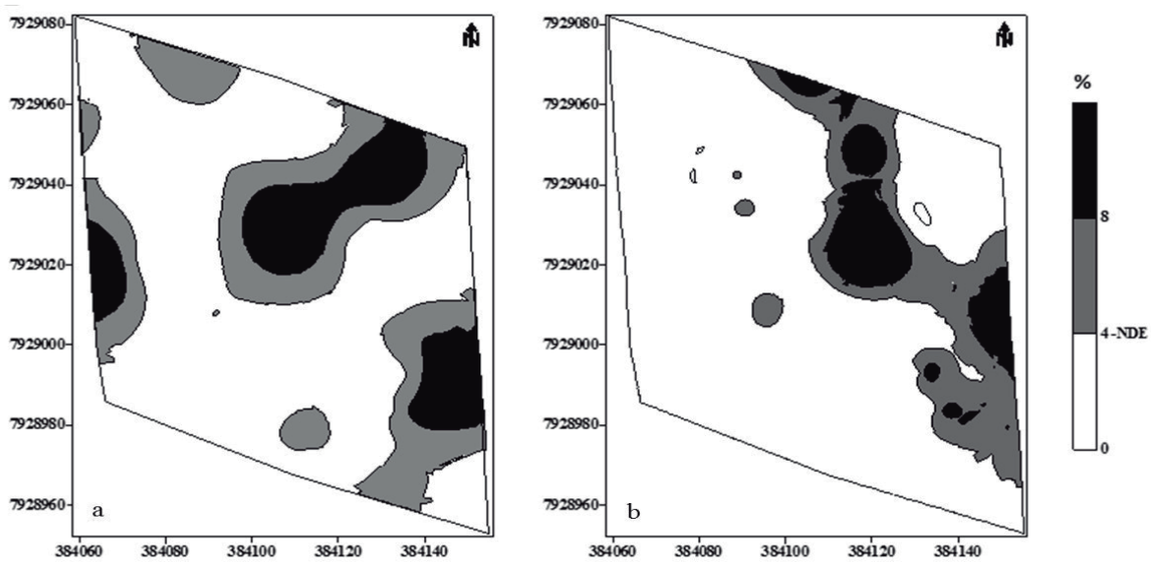


FIGURA 4 - Mapa da distribuição espacial do ataque da broca-do-café. 2012: a e 2013: b. NDE: nível de dano econômico. Frutos broqueados em porcentagem (%). Eixo abcissas: longitude, eixo ordenadas: latitude.

De forma geral, a área de ataque da broca foi menor no ano de 2013 comparado com o ano anterior (FIGURA 4A e 4B), no entanto, as regiões em que as plantas apresentaram infestações acima do NDE foram semelhantes. Segundo Ferreira et al. (2003) esses dados corroboram informações sobre a biologia da praga que sobrevive e completa seu ciclo nos frutos resquícios da colheita que ficam no solo ou na planta, consequência da migração das fêmeas adultas que escaparam do processo de colheita dos frutos e se abrigaram nos frutos residuais. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Fernandes et al. (2014) que observaram redução de 57% de frutos broqueados de uma safra para outra.

O conhecimento da dinâmica espaço-temporal da broca neste trabalho pode sugerir que para o manejo da praga deveria ser aplicada, de forma localizada nas regiões em que os valores atingiram o NDE, pois as áreas de controle e não controle ficaram bem distintas. Nas regiões no mapa consideradas com maiores níveis de infestações, pode ser sugerido o controle químico, dependendo do estágio de maturação para que seja adequado o uso do defensivo com período de carência permitido para colheita e até mesmo o emprego de outros métodos de controle nos locais, como repasse nos frutos residuais na planta e no solo, e uso de agentes biológicos.

4 CONCLUSÕES

As distâncias 25,7 e 15 metros de raio forneceram a maior homogeneidade dos dados para amostragem da broca no café conilon.

Intervenções de manejo da praga podem ser realizadas em focos quando o nível de dano econômico (NDE) for atingido, dependendo do estágio de maturação dos frutos, baseado em amostragem e mapeamento dainfestação.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical (PPGAT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), pelo apoio financeiro e ao produtor José Bonomo, pela disponibilização da área para a realização do experimento.

6 REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, Jan. 2014.

ALVES, M. C. de et al. Geostatistical analysis of the spatial variation of the berry borer and leaf miner in a coffee agroecosystem. **Precision Agriculture**, Dordrecht,v.12, n.1, p.18-31, 2011.

BAKER, P.S.; BARREIRA, J.F. A field study of a population of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera; Scolytidae) in Chiapas, Mexico. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 70, p.351-355, 1993.

BLACKSHAW, R.P.; VERNON, R.S. Spatio temporal stability of two beetle populations in non-farmed habitats in an agricultural landscape. **JournalofAppliedEcology**, Oxford, v.43, n.4, p.680-689, 2006.

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

CAVALCANTE, E. G. S.et al. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 394-400, mar./abr. 2007.

DAL PRÁ, E.et al. Uso da geoestatística para caracterização da distribuição espacial de larvas de *Diloboderus abderus*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.10, p.1689-1694, out.2011.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do café robusta em Rondônia**. Rondônia, 2005. (Sistemas de Produção, 5). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cafe/CultivodoCafeRobustaRO/pragas.htm>. Acesso em: 25 nov. 2013.

FERNANDES, F. L. et al. Controle massal da broca-do-café com armadilhas de garrafa Pet vermelha em cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 8, p. 587-594, ago. 2014.

FERREIRA, A. J. et al. Bioecologia da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae), no agroecossistema cafeeiro do cerrado de Minas Gerais. **Ciênciae Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n. 2, p.422-431, mar./abr. 2003.

FORNAZIER, M.J.; MARTINS, D.S. dos; PRATISSOLI, D. Manejo integrado de pragas. In: FONSECA, A.; SAKIYMA, N.; BORÉM, A. (Ed.). **Café conilon:** do plantio a colheita. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. cap.7, p.138-161.

GARCÍA, F.J.M. Analysis of the spatio–temporal distribution of *Helicoverpa armigera* Hb. in a tomato field using a stochastic approach. **Biosystems Engineering**, London, v.93, n.3, p.253-259, 2006.

GOLDEN SOFTWARE.**Surfer for windows:** realize 7,0, contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers user's guide. New York, 1999.619p.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Trade statistics**. Disponível em: <http://www.ico.org/trade_statistics.asp>. Acessoem: 3 dez. 2015.

JARAMILLO, J. et al. Thermal tolerance of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*: predictions of climate change impact on a tropical insect pest. **Plos One**, San Francisco, v. 4, n. 1, p. 1-11, 2009.

KLEIJNA, D.; LANGEVELDE, F.V. Interacting effects of landscape context and habitat quality on flower visiting insects in agricultural landscapes.**Basic and Applied Ecology**, Jena, v.7, n.3, p.201-214, 2006.

MARCOMINI, G.R. Avaliação técnica e econômica da utilização de inseticida biológico *Beauveria bassiana* para o controle da broca do café (*Hypothenemus hampei)*. **Revista Hipótese**, Itapetininga, v.1, n.3, p.92-109, 2015.

MOILANEN, A.; HANSKI, I. Metapopulation dynamics: effects of habitat quality and landscape structure. **Ecology**, Washington, v.79, n.7, p. 2503-2515, 1998.

OLIVEIRA, C. M. et al. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 137, p. 1-15, 2013.

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. 305p.

ROBERTSON, G.P. **Geostatistics for the environmental sciences:** GS+ user´s guide. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.

SANTOS, A. dos et al. Modelagem estatística da captura da broca-do-café (*Hypothenemus hampei)* ao longo do tempo. **Revista da Estatística**, Ouro Preto, v.3, n.1, p. 594-598, 2014.

VIEIRA, S. R. et al. Variabilidade especial dos teores foliares de nutrientes e da produtividade da soja em dois anos de cultivo em um latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.5, p.1503-1514, 2010.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. 114 p. Tese (Livre-Docência em Levantamento do Solo e Fotopedologia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2001.

PACLOBUTRAZOL E RESTRIÇÃO HÍDRICA NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE CAFÉ

André Felipe Fialho Ribeiro[1], Sylvana Naomi Matsumoto[2], Paula Acácia Silva Ramos[3], Jefferson Luan Dias dos Santos[4], Ednilson Carvalho Teixeira[5], Lucialdo Oliveira d'Arêde[6], Anselmo Eloy Silveira Viana[7]

(Recebido: 24 de novembro de 2016; aceito: 08 de março de 2017)

RESUMO: O paclobutrazol pode atenuar os efeitos negativos do estresse hídrico em diversas espécies vegetais, todavia, para cafeeiros é necessário ampliar a base de conhecimentos sobre este tema. Neste estudo, objetivou-se avaliar a morfofisiologia de plantas jovens de *Coffea arabica* var. '*Catuaí Vermelho IAC 144*' em resposta a diferentes regimes hídricos e concentrações de paclobutrazol aplicado via solo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação em Vitória da Conquista, BA. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com esquema fatorial representado por cinco concentrações de paclobutrazol (0, 50, 100, 150 e 200 mg L^{-1}) aplicado via solo e dois regimes hídricos (com e sem restrição hídrica), em cinco repetições. Aos 120 dias após a aplicação do regulador vegetal avaliou-se o *status* hídrico, o índice SPAD e as características morfológicas das plantas. A aplicação de paclobutrazol reduziu o índice SPAD e a área foliar individual, e favoreceu o *status* hídrico dos cafeeiros sob restrição hídrica. As plantas jovens de café, sem restrição hídrica e tratadas com o regulador vegetal, tiveram maior retenção foliar e índice SPAD, e menor área foliar individual. A aplicação de paclobutrazol em concentrações elevadas resultou em plantas mais compactas. A restrição hídrica proporcionou menor área foliar total, número de ramos e massa seca dos cafeeiros.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, inibidor de crescimento, triazol, estresse hídrico, biometria.

PACLOBUTRAZOL AND WATER RESTRICTION ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF COFFEE PLANTS

ABSTRACT: *Paclobutrazol can mitigate the negative effects of water stress in many plant species, however, for coffee plants is necessary to expand the knowledge base on the subject. In this research it was aimed to evaluate the morphophysiology of young plants of Coffea Arabica cv. 'Catuaí Vermelho IAC 144' in response to different water regimes and paclobutrazol concentrations applied in the soil. The trial was carried out in a greenhouse at Vitória da Conquista, BA. The experimental design was a randomized block with factorial arrangement represented by five concentrations of paclobutrazol (0, 50, 100, 150 and 200 mg* L^{-1}*) applied in the soil and two water regimes (with and without water restriction) in five replicates.At 120 days after the application of plant growth regulator was evaluated the water status, the SPAD index and the morphological characteristics of plants. The application of paclobutrazol reduced the SPAD index and individual leaf area, and favored the water status of coffee plants under water restriction. The young coffee plants without water restriction and treated with the plant growth regulator, had higher leaf retention and SPAD index, and lowest individual leaf area. Paclobutrazol at high concentrations resulted in plants more compact. The water restriction provided less total leaf area, number of branches and dry weight of the coffee.*

Index terms: *Coffea arabica, growth inhibitor, triazole, water stress, biometry.*

1 INTRODUÇÃO

O café é uma cultura de grande importância socioeconômica, representando a segunda maior *commodity* no mundo (NABAIS et al., 2008). O Brasil é o maior produtor e exportador mundial desse produto, com produção e exportação estimadas em mais de 43,23 e 28,54 milhões de sacas beneficiadas na safra de 2015, respectivamente (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB, 2015).

No cenário climático atual, em diversas regiões agrícolas do Brasil, as lavouras de café são constantemente expostas a adversidades climáticas que limitam seu estabelecimento inicial em campo, refletindo negativamente no potencial produtivo. Dentre estas, a intensa radiação solar, baixo volume pluviométrico e a sazonalidade das precipitações são as mais limitantes.

O déficit hídrico pode ocasionar drásticas alterações no metabolismo vegetal, de modo a reduzir o potencial hídrico foliar, teor relativo de água na folha (GALMÉS; MELDRANO; FLEXAS, 2007), condutância estomática, teor de

[1,2,3,4,5,7]Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia/UESB - Departamento de Fitotecnia e Zootecnia/DFZ - Cx. P. 95 - 45.031-900 Vitória da Conquista - BA - andrefelipe.agro@gmail.com, sylvananaomi@yahoo.com.br, paula_agro_ramos@yahoo.com.br, jeffersonluan.santos@hotmail.com, ed.cezar@hotmail.com, ae-viana@uol.com.br
[6]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas/IFAM - Rua Santos Dumont - 69.640-000 - Tabatinga - AM lucialdo@hotmail.com

clorofila foliar, taxa fotossintética (ANJUM et al., 2011; ZHOU et al., 2013), crescimento e acúmulo de massa na planta (JALEEL et al., 2008).

Mesmo em lavouras de alto padrão tecnológico, com manejo adequado de irrigação, a ocorrência de altas temperaturas eleva a evapotranspiração, de modo a limitar a disponibilidade hídrica e comprometer o status hídrico das plantas de café (CONAB, 2015).

Os reguladores de crescimento vegetal, sobretudo os inibidores da síntese de giberelinas, têm sido adotados no manejo tradicional de culturas altamente tecnificadas (CORDÃO SOBRINHO et al., 2007; MOUCO; ONO; RODRIGUES, 2011; VIANA et al., 2008). A capacidade de modulação que estes compostos apresentam, tem substancial importância frente às frequentes adversidades climáticas.

O paclobutrazol (PBZ) [(2RS, 3RS)-1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1,2,4-triazol-1-yl)-pentan-3-ol] é um regulador de crescimento pertencente ao grupo dos triazois, capaz de inibir a biossíntese de giberelinas (BANINASAB; GHOBADI, 2011). Esta substância atua inibindo as mono-oxigenases dependentes do citocromo P450, que catalisam as etapas oxidativas da conversão de *ent*-caureno para ácido *ent*-caurenóico no retículo endoplasmático (RADEMACHER, 2016).

O efeito do PBZ tem variações de acordo com a dosagem, estádio fenológico e forma de aplicação. Quando aplicado via solo, o PBZ é absorvido passivamente pelas raízes, movendo-se por meio do xilema para folhas e brotos (BENETT et al., 2014).

A aplicação de PBZ pode resultar em plantas mais compactas, com maior crescimento do sistema radicular (BRITO et al., 2016; FERNÁNDEZ et al., 2006), acréscimo nos teores de clorofilas da folha (NIZAM; TE-CHATO, 2009), aumento na taxa fotossintética e decréscimo na taxa de transpiração (JALEEL et al., 2007), e elevação da produção de antioxidantes (SRIVASTAV et al., 2010). Estes efeitos em conjunto podem contribuir para a melhoria do *status* hídrico das plantas, de modo a proporcionar maior tolerância ao déficit hídrico.

O PBZ pode atenuar os efeitos negativos do estresse hídrico em diversas espécies vegetais, como trigo (ALY; LATIF, 2011), maçã (ZHU et al., 2004), amendoim (SANKAR et al., 2007) e gergelim (SOMASUNDARAM et al., 2009). Para cafeeiros, todavia, o conhecimento sobre tal tecnologia ainda é escasso, havendo necessidade de mais estudos sobre o tema.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a morfofisiologia de plantas jovens de *Coffea arabica* L. cv. '*Catuaí Vermelho IAC 144*' em resposta a diferentes regimes hídricos e concentrações de paclobutrazol aplicado via solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* de Vitória da Conquista, durante os meses de setembro de 2014 a fevereiro de 2015. A área experimental localiza-se nas coordenadas 40º 48' 02" W e 14º 53' 08" S, a uma altitude de 882 m. O clima do município, conforme classificação climática de Köppen-Geiger é do tipo Cwb (tropical de altitude). A temperatura média anual é de 20,2°C e a precipitação média é de 733,9 mm por ano, com período chuvoso bem definido concentrado entre novembro e janeiro (SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA-SEI, 2013).

O ensaio foi realizado em casa de vegetação com 50% de restrição luminosa, coberta por plástico transparentee revestida lateralmente com tela tipo sombrite. Utilizou-se mudas de *C. arabica* cv. '*Catuaí Vermelho IAC 144'*, obtidas em viveiro credenciado localizado no município de Barra do Choça – BA. Quando apresentavam três pares de folhas maduras (aproximadamente quatro meses de idade), as mudas foram transplantadas individualmente para vasos com capacidade de 20 dm^3.

Os recipientes foram preenchidos com uma mistura de solo (LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico) e matéria orgânica (esterco bovino), na proporção 3:1, homogeneizada utilizando peneira de cinco milímetros. A calagem e adubação do substrato foram realizadas com base na análise química do solo, e conforme recomendação técnica da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 5x2, representado por cinco concentrações de paclobutrazol e dois regimes hídricos, em cinco repetições. Cada parcela experimental foi representada por um vaso contendo uma planta de café.

Para definição dos regimes hídricos (com e sem restrição hídrica), as plantas foram conduzidas em dois turnos de rega diferentes. No regime com restrição hídrica, as plantas foram irrigadas a cada sete dias, durante 120 dias após a aplicação

do regulador de crescimento, com ressuprimento hídrico na capacidade de campo. O período de sete dias foi determinado pela observação de experimentos anteriores, em que turnos de rega superiores causaram efeitos demasiadamente drásticos aos cafeeiros. Para as plantas conduzidas sem restrição hídrica foi mantida a condição de máxima capacidade de campo constantemente, verificada diariamente.

Inicialmente, seis vasos controle (três para cada regime hídrico), foram condicionados à sua máxima capacidade de retenção de água, por meio de saturação com posterior drenagem gravimétrica até obter peso constante. Foi calculado o peso médio dos vasos para cada regime hídrico, obtendo assim o peso inicial (PI). Na data de cada reposição hídrica (diária ou semanal), foi realizada a pesagem dos vasos controle, com posterior média, de modo a obter o peso final (PF). A quantidade de água a ser aplicada em cada regime hídrico (QA), em litros, foi determinada pela seguinte equação: QA = PI – PF, sendo os pesos expressos em quilograma.

Plantas com cinco pares de folhas expandidas e altura de 17 cm, foram submetidas a uma única aplicação da solução do produto comercial Cultar 250 SC® (250 g i.a. L^{-1} de paclobutrazol) via solo, nas concentrações de 0, 50, 100, 150 e 200 mg L^{-1} do ingrediente ativo (PBZ), com volume de 250 mL por planta.

As avaliações foram realizadas aos 120 dias após a aplicação (DAA) do paclobutrazol, quando as plantas ainda se encontravam na fase juvenil. Foram analisados os seguintes parâmetros: potencial hídrico foliar (Ψ_w), teor relativo de água na folha (TRA), altura da planta (entre a base do caule e o meristema apical), diâmetro do caule (medido a 0,01 m acima do nível do solo), intensidade da cor verde na folha (índice SPAD), número de folhas e de ramos laterais, área foliar total (AFT) e individual (AFI), e massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), e total (MST).

O Ψ_w, TRA e índice SPAD foram obtidos na primeira folha totalmente expandida a partir do ápice da haste principal. O Ψ_w foi determinado por meio de bomba de pressão (PMS 1000, PMS, Inglaterra), no período antemanhã, de acordo metodologia de Scholander et al. (1965), e as leituras convertidas para MPa. O TRA foi obtido conforme metodologia de Čatský (1960), utilizando-se a equação: TRA = [(MF – MS)/(MT – MS)] x 100, onde MF, MT e MS são as massas fresca, túrgida e seca, respectivamente. Para determinação do índice SPAD empregou-se clorofilômetro portátil, modelo SPAD 502, da Minolta, Japão, obtendo-se a média de três leituras.

A AFT foi medida em integrador de área foliar modelo LI-3100, LI-COR, USA. A AFI foi determinada pela razão entre a AFT e o número de folhas. As massas secas foram obtidas após permanência do material em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C, até atingir massa constante.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Lilliefors e homogeneidade de Cochran e, posteriormente, à análise de variância. As médias dos regimes hídricos foram comparadas pelo teste "F", enquanto as concentrações de paclobutrazol foram estudadas por meio de regressão. Os modelos matemáticos foram definidos com base na significância (5% e 1% de probabilidade), maior valor do coeficiente de determinação (R^2) e na explicação biológica de cada variável. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), versão 9.1, e os gráficos plotados por meio do *software* SigmaPlot 13.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos das concentrações de paclobutrazol (PBZ) foram verificados para a altura das plantas, área foliar total, massa seca da parte aérea, da raiz e massa seca total (Tabela 1). Para o regime hídrico verificou-se efeito no número de ramos, área foliar total, e massa seca da parte aérea, da raiz e total. A interação entre os fatores concentração de PBZ e regime hídrico foi manifestada para o potencial hídrico foliar, área foliar individual, índice SPAD e número de folhas.

Para a altura das plantas foi delineado um modelo polinomial de terceira ordem, observando-se incremento dos valores até a concentração de 47,34 mg L^{-1} de PBZ. Concentrações superiores a 111,26 mg L^{-1} refletiram em menores valores em relação à testemunha(Figura 1A). A concentração do regulador que mais reduziu a altura das plantas foi 180,06 mg L^{-1}. Segundo Rademacher (2016), o PBZ diminui o alongamento e divisão celulares devido à redução dos níveis de giberelinas biologicamente ativas. Esta resposta pode levar à redução do comprimento dos entrenós, e consequentemente da altura das plantas.

Para a área foliar total (AFT) das plantas de café, verificou-se efeito quadrático das concentrações de PBZ (Figura 1B).

TABELA 1 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação (CV) da altura da planta (ALT), área foliar total (AFT), massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), e total (MST), número de ramos laterais (NR), potencial hídrico foliar (Ψ_w), área foliar individual (AFI), intensidade da cor verde na folha (SPAD), número de folhas (NF), teor relativo de água na folha (TRA) e diâmetro do caule (DC) de plantas de *C. arabica* cv. 'Catuaí Vermelho IAC 144' submetidas a diferentes concentrações de paclobutrazol (C) e regimes hídricos (R), avaliados aos 120 dias após a aplicação do regulador vegetal. Vitória da Conquista – BA, 2015.

		QUADRADOS MÉDIOS											
FV	GL	ALT $x10^{-1}$	AFT $x10^{-6}$	MSPA $x10^{-2}$	MSR $x10^{-2}$	MST $x10^{-2}$	NR	Ψ_w	AFI $x10^{-2}$	SPAD $x10^{-2}$	NF $x10^{-2}$	TRA $x10^{-1}$	DC
C	4	$4,2^{**}$	$1,1^{*}$	$2,3^{**}$	$0,3^{**}$	$4,0^{**}$	$1,7^{ns}$	$0,2^{*}$	$2,2^{**}$	$1,3^{*}$	$1,5^{ns}$	$2,2^{ns}$	$2,0^{ns}$
R	1	$0,7^{ns}$	$5,1^{**}$	$2,1^{*}$	$1,0^{**}$	$6,1^{**}$	$8,0^{*}$	$3,5^{**}$	$3,8^{**}$	$2,4^{*}$	$3,6^{*}$	$0,9^{ns}$	$3,0^{ns}$
CxR	4	$1,2^{ns}$	$0,7^{ns}$	$0,8^{ns}$	$0,1^{ns}$	$1,4^{ns}$	$2,5^{ns}$	$0,3^{*}$	$0,1^{*}$	$2,1^{**}$	$7,0^{**}$	$2,4^{ns}$	$0,1^{ns}$
BL	4	0,7	0,2	0,4	0,1	0,9	0,7	0,1	0,5	1,0	0,7	6,1	0,7
Res	36	1,1	0,3	0,4	0,1	0,7	1,5	0,1	0,4	0,4	0,8	4,6	1,3
CV (%)		8,7	18,8	18,5	27,1	19,1	11,5	38,9	16,8	11,5	11,2	7,9	12,5

^{ns}, * e **: não significativo, significativo pelo teste "F" a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

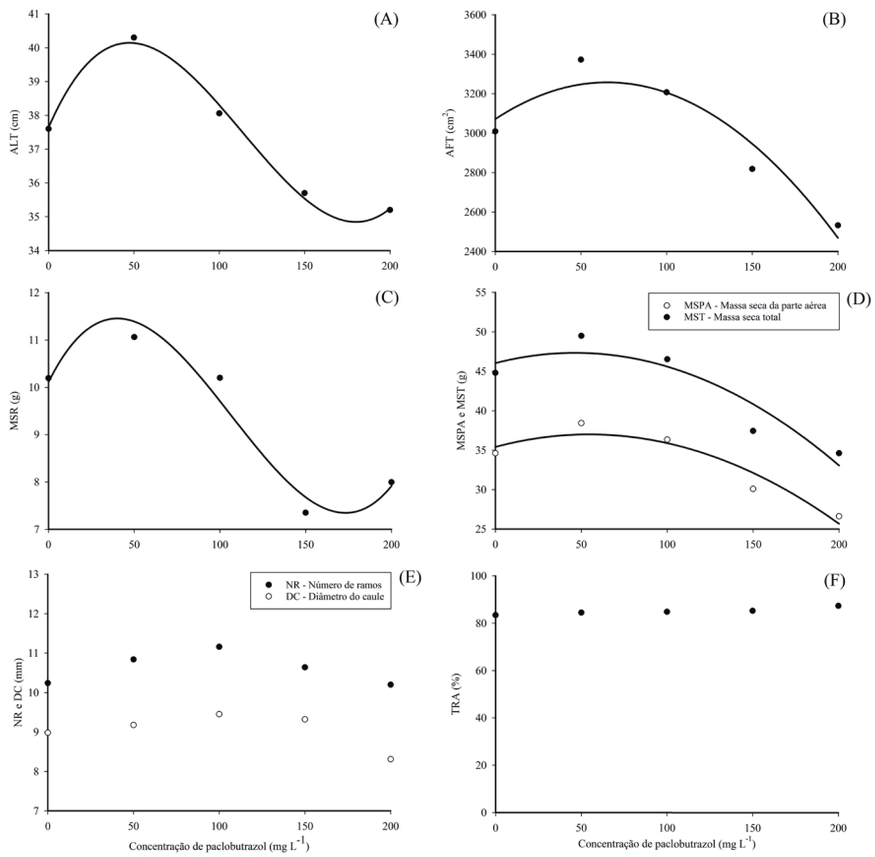


FIGURA 1 - Características morfofisiológicas de cafeeiros (*C. arabica* cv. *Catuaí Vermelho IAC 144*) em resposta a diferentes concentrações de paclobutrazol, aos 120 dias após a aplicação do regulador. (A) altura da planta (ALT): $\hat{Y}^* = 37,6406 + 0,115924X - 0,00154629X^2 + 0,00000453333X^3$ ($R^2 = 0,9931$); (B) área foliar total (AFT): $\hat{Y}^* = 3071,59 + 5,68901X - 0,0435143X^2$ ($R^2 = 0,9075$); (C) massas seca da raiz (MSR): $\hat{Y}^* = 10,11091786 + 0,0725847X - 0,00111447X^2 + 0,00000348X^3$($R^2 = 0,9538$); (D) massa seca da parte aérea (MSPA) e total(MST): ○$\hat{Y}^* = 35,4069 + 0,0583634X - 0,000535257X^2$ ($R^2 = 0,9138$);●$\hat{Y}^* = 46,0403 + 0,0560672X - 0,000604879X^2$ ($R^2 = 0,8669$); (E) número de ramos (NR) e diâmetro do caule (DC); (F) teor relativo de água na folha (TRA). *: significativo pela análise de regressão, a 5% de probabilidade.

A curva foi caracterizada por um leve acréscimo nos valores (máximo de 6,05%) até a concentração de 65,37 mg L^{-1} (3257,53 cm^2), permanecendo superiores à testemunha até 130,74 mg L^{-1}. Embora a aplicação de PBZ tenha resultado em maior número de folhas, a área foliar total da planta foi reduzida nas concentrações de PBZ superiores à 130,74 mg L^{-1}, a partir da qual a aplicação de PBZ restringiu substancialmente a área foliar dos cafeeiros em até 602,77 cm^2 (19,62%). A redução da AFT foi associada à redução expressiva da AFI em concentrações elevadas de PBZ.

Plantas de café conduzidas sem restrição hídrica tiveram maiores valores de AFT em relação às conduzidas com restrição (Tabela 2). Como resultado da redução na área foliar, a planta transpira em menor proporção, de modo a manter o suprimento de água no solo, o que confere à planta um mecanismo de defesa frente ao estresse hídrico (BLUM, 2011).

Constatou-se efeito cúbico das concentrações de PBZ sobre a massa seca da raiz MSR). As médias foram superiores à testemunha em concentrações abaixo de 90,97 mg L^{-1} de PBZ, com valor máximo estimado para 40,09 mg L^{-1} (11,45 g). A aplicação deste regulador em concentrações acima de 90,97 mg L^{-1} restringiu o acúmulo de massa nas raízes em até 27,49% (173,41 mg L^{-1}) (Figura 1C).

A aplicação de inibidores de giberelinas comumente altera as relações fonte-dreno, havendo maior partição de assimilados para as raízes em relação à parte aérea (RADEMACHER, 2015), conforme verificado no presente estudo, em concentrações mais baixas (Figura 1C). No entanto, quando aplicado via solo, o PBZ permanece em contato direto com o sistema radicular durante um longo período de tempo, podendo restringir de forma intensa o crescimento deste órgão. Este fato pode estar associado à redução da massa das raízes verificada em maiores concentrações de PBZ.

Foi verificado efeito quadrático para a massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) em função das concentrações de PBZ. Para MSPA, observa-se um leve incremento nos valores até a concentração de 54,52 mg L^{-1} (1,59 g), sendo maior a restrição do acúmulo de massa verificada a partir da concentração de 109,04 mg L^{-1}, com valor mínimo em 200 mg L^{-1} (9,74 g abaixo da testemunha). Resposta similar foi verificada para MST, com valor máximo de 47,34 g estimado para a concentração de 46,35 mg L^{-1} (1,3 g acima da testemunha), e mínimo em 200 mg L^{-1} (33,06 g), sendo 12,98 g inferior à testemunha (Figura 1D).

O menor acúmulo de massa na parte aérea dos cafeeiros submetidos às maiores concentrações de PBZ ocorreu devido à redução do crescimento vegetativo das plantas. Por outro lado, o incremento da MSPA em menores concentrações pode ser resultante da maior superfície fotossintetizante (AFT). A redução da MSPA e da MSR em maiores concentrações de PBZ resultou em decréscimo na MST.

Menores valores de MSPA, MSR e MST foram verificados em plantas mantidas em condição de restrição hídrica em relação àquelas conduzidas sem restrição (Tabela 2). Fialho et al. (2010) também observaram reduções nas massas da parte aérea e radicular de plantas de café arábica submetidas ao déficit hídrico, quando comparadas às mantidas sem restrição hídrica. O crescimento celular é considerado um dos processos fisiológicos mais sensíveis ao déficit hídrico (ANJUM et al., 2011), sendo comum verificar redução da biomassa nestas condições (FAROOQ et al., 2009).

Menor número de ramos laterais para plantas submetidas à restrição foi verificado em comparação aos tratamentos sob capacidade de campo (Tabela 2). A configuração da parte aérea com menor número de ramos reduz o potencial de transpiração, constituindo-se em um mecanismo adaptativo da planta para reduzir o consumo de água (GUO et al., 2007).

O teor relativo de água na folha (TRA) e o diâmetro do caule não foram afetados pelos fatores em estudo (Tabela 1). Apesar de não apresentar diferença, houve tendência de redução nos valores destes parâmetros para as plantas mantidas sob restrição hídrica (Tabela 2). Estas duas características estão comumente associadas ao *status* hídrico de plantas; sob restrição hídrica ocorre redução do TRA e do diâmetro do caule em virtude da menor disponibilidade de água para a parte aérea da planta, seja por redução da condutividade hidráulica, seja pelo baixo conteúdo de água no solo. Entretanto, o *status* hídrico da planta foi verificado por meio da avaliação do Ψ_w, sendo delineado modelo linear crescente para as plantas submetidas à restrição hídrica em função das concentrações de PBZ. Para as plantas mantidas sob capacidade de campo, embora não tenha sido possível definir relação com as concentrações de PBZ, foi verificada homogeneidade no Ψ_w, com valores próximos a -0,4 MPa (Figura 2A).

TABELA 2 - Altura (ALT), área foliar total da planta (AFT), massa seca da parte aérea (MSPA), total (MST) e das raízes (MSR), número de ramos (NR), diâmetro do caule (DC) e teor relativo de água na folha (TRA) de plantas de *C. arabica* 'Catuaí Vermelho IAC 144' submetidas a diferentes regimes hídricos, avaliadas aos 120 dias após a aplicação do tratamento. Vitória da Conquista – BA, 2015.

Característica avaliada	REGIME HÍDRICO*	
	Sem restrição hídrica	Com restrição hídrica
ALT (cm)	37,74 A	37,01 A
AFT (cm^2)	3307,33 A	2668,23 B
MSPA (g)	35,26 A	31,16 B
MST (g)	46,06 A	39,08 B
MSR (g)	10,80 A	7,92 B
NR	11,02 A	10,22 B
DC (mm)	9,29 A	8,80 A
TRA (%)	85,53 A	83,66 A

*Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si, pelo teste F, a 5% de probabilidade de erro

Para soja, Zhang et al. (2007) verificaram que a aplicação de uniconazol (50 mg L^{-1}) não alterou os valores de Ψ_w para plantas não submetidas à restrição hídrica, enquanto que para plantas mantidas em regime de disponibilidade de 35% da capacidade de campo submetidas a esse regulador, houve elevação do Ψ_w. Deste modo, a efetividade do regulador foi verificada apenas para as plantas sob restrição hídrica, resultando em elevação de valores de Ψ_w com o aumento das concentrações de PBZ. Para concentrações de PBZ iguais ou superiores a 150 mg L^{-1}, foi verificada igualdade entre os Ψ_w das plantas submetidas aos diferentes regimes hídricos (Figura 2B). O PBZ pode contribuir para a manutenção da turgidez celular por meio do ajustamento osmótico na célula (ALY; LATIF, 2011) e por alterações nas características da parede celular (NAVARRO; SÁNCHEZ-BLANCO; BAÑON, 2007).

Para o presente estudo, devido ao PBZ ter induzido à elevação do Ψ_w (Figuras 2A e 2B), o efeito do regulador foi associado a alterações da parede celular. A partir de valor elevado do Ψ_w em plantas tratadas com PBZ, a redução na elasticidade da parede celular possibilitou que uma menor quantidade de água (conforme verificado em condições de déficit hídrico) mantivesse a turgidez foliar e elevação do potencial pressão (Ψ_p). Embora as alterações anteriormente descritas proporcionem condições de sobrevivência e manutenção do crescimento, a taxa de crescimento é reduzida. Para o presente estudo, este fato foi evidenciado em algumas características, havendo redução da área foliar individual, área foliar total e acúmulo de massa quando foi aplicado o PBZ.

Foi verificado efeito linear na relação entre a área foliar individual (AFI) das plantas de café sob restrição hídrica e as concentrações de PBZ aplicado via solo, caracterizado por redução de 24,25% da AFI para a maior concentração do regulador (200 mg L^{-1}) em relação à testemunha (Figura 2C).

Para os cafeeiros mantidos em capacidade de campo foi delineado modelo quadrático, ocorrendo inicialmente, incremento nos valores até a concentração de 68,97 mg L^{-1} (11,47% superior à testemunha). Entretanto, a redução da AFI em relação às plantas em capacidade de campo, a partir da concentração de 137,93 mg L^{-1} foi mais expressiva, atingindo valores 29,92% inferiores à testemunha para a concentração de 200 mg L^{-1} (Figura 2C).

A capacidade do PBZ em restringir o alongamento celular (RADEMACHER, 2016) e reduzir a extensibilidade da parede (NAVARRO; SÁNCHEZ-BLANCO; BAÑON, 2007) pode estar relacionada à menor AFI das plantas tratadas com maiores concentrações do regulador vegetal.

Foi observado que na ausência do paclobutrazol, e nas concentrações de 50 e 200 mg L^{-1}, os valores de AFI não diferiram entre os regimes hídricos; para as concentrações de 100 e 150 mg L^{-1} de PBZ, a AFI foi maior em plantas sob capacidade de campo, quando comparadas aos cafeeiros em condição de restrição hídrica (Figura 2D).

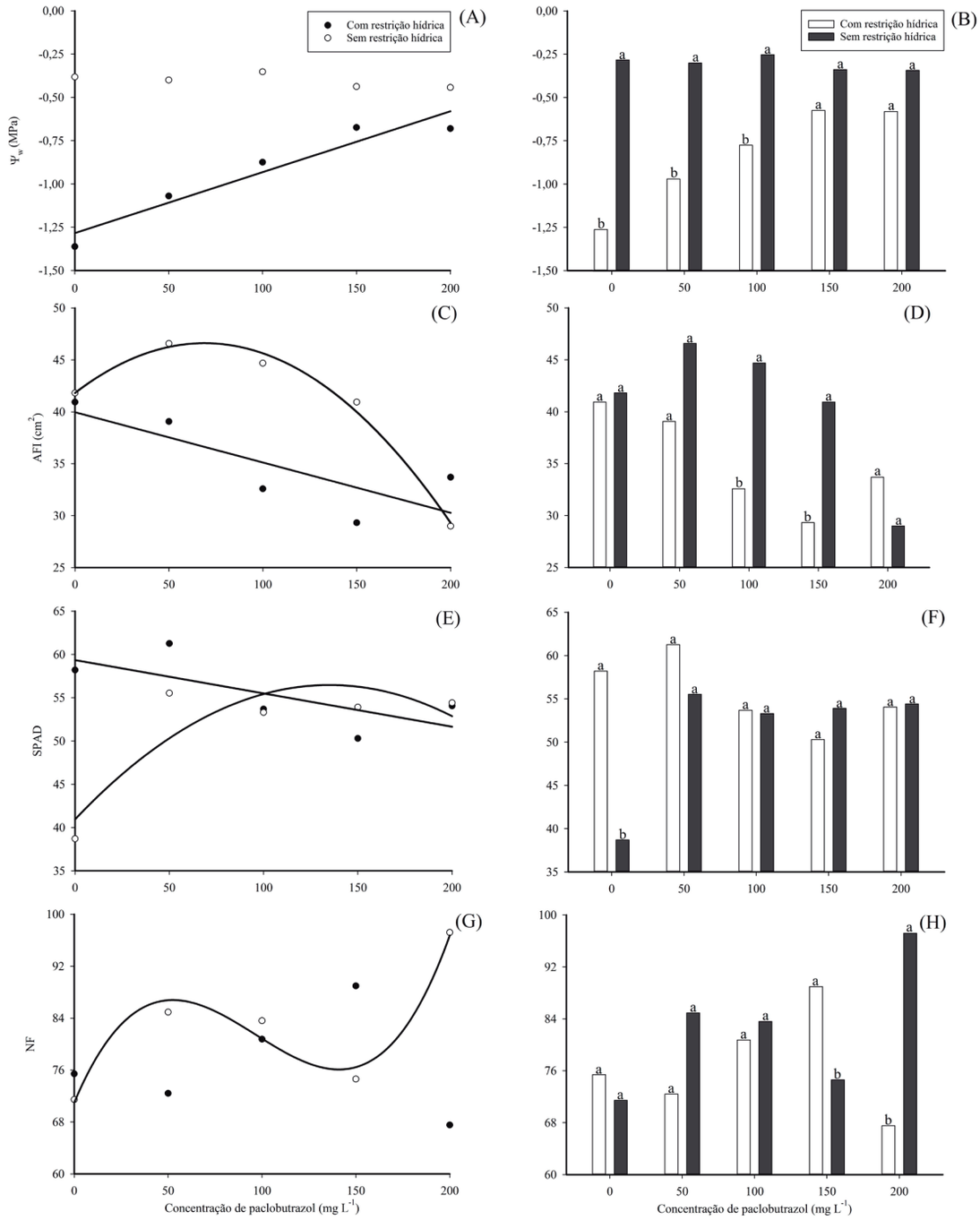


FIGURA 2- Características morfofisiológicas de cafeeiros (*C. arabica* L. *'Catuaí Vermelho IAC 144'*) em resposta a diferentes concentrações de paclobutrazol e regimes hídricos, aos 120 dias após a aplicação do regulador. (A, B) potencial hídrico foliar (Ψ_w): ●$\hat{Y}$** = -1,2842 + 0,00352X (r^2 = 0,9185); (C, D) área foliar individual (AFI): ●$\hat{Y}$** = 39,9639 – 0,0484564X (r^2 = 0,6412); ○$\hat{Y}$** = 41,814 + 0,139018X - 0,00100787X^2 (R^2 = 0,9893); (E, F) intensidade da cor verde na folha (SPAD): ●$\hat{Y}$* = 59,348 – 0,03848X (r^2 = 0,5078); ○$\hat{Y}$** = 40,9472 + 0,229992X – 0,000852X^2 (R^2 = 0,7728);(G, H) número de folhas (NF): ○$\hat{Y}$** = 70,9806 – 0,687124X + 0,00897829X^2 + 0,0000309333X^3 (R^2 = 0,9638). * e **: significativo pela análise de regressão a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. Barras seguidas pela mesma letra, em cada concentração de paclobutrazol (B, D, F e H), não diferem entre si pelo teste "F", a 5% de probabilidade.

Para folhas expandidas, quando ocorre uma situação de restrição hídrica, é verificada a redução da pressão de turgor, podendo resultar em uma condição de murcha e vulnerabilidade. Neste estágio de desenvolvimento, as possibilidades de alteração das características do limbo foliar são reduzidas. De outro modo, para folhas em crescimento, a menor disponibilidade de água pode reduzir a extensibilidade da parede celular, e elevar o potencial de pressão e o valor limiar crítico do potencial de turgor para o alongamento. Como consequência ocorre o engrossamento da parede celular, aumento da espessura do limbo foliar e redução da área individual das folhas (TAIZ; ZEIGER, 2013). De maneira geral, quando a condição de restrição hídrica foi associada a maiores concentrações de PBZ, a elevação da pressão de turgor foi intensificada, em detrimento da redução do alongamento celular e da área foliar.

Para as plantas conduzidas em capacidade de campo, o índice SPAD máximo foi estimado para a concentração de 134,97 mg L^{-1} (56,47) (Figura 2E), concentração superior à verificada para o maior valor de AFI (Figura 2C). O índice SPAD mais elevado em plantas tratadas com PBZ é frequentemente associado à maior densidade de cloroplastos nas folhas, em resposta à redução da área e aumento da espessura foliar, e à elevação dos teores de clorofila, que pode ocorrer devido ao aumento da biossíntese ou redução da oxidação de citocininas (hormônio que estimula a biossíntese de clorofilas), ou ainda à redução do catabolismo desse pigmento (KISHOREKUMAR et al., 2006; TEMIZ; CIMEN; HARAHAN, 2009). Neste trabalho, apesar da redução da área foliar individual dos cafeeiros sob restrição hídrica em função das concentrações de PBZ, as folhas em que foi determinado o índice SPAD (primeira folha totalmente expandida) tiveram a ontogênese durante o período de restrição hídrica. Desta forma, estas se apresentavam mais adaptadas ao estresse hídrico, havendo maior número de células no mesófilo, e consequentemente maior densidade de cloroplastos no limbo foliar (BOSABALIDIS; KOFIDIS, 2002). Para o presente estudo, este fato pode ter contribuído para a elevação do índice SPAD das plantas mantidas sob restrição hídrica em relação às bem hidratadas, quando não tratadas com PBZ (Figura 2F). Rahimi et al. (2010) também verificaram incremento no índice SPAD de plantas de *Plantago ovata* Forssk. E *Plantago psyllium* L. submetidas ao estresse hídrico, em relação ao tratamento controle.

A redução do índice SPAD verificada nas plantas sob capacidade de campo em comparação às submetidas à restrição hídrica não foi mantida quando foi aplicado o PBZ (Figura 2F), devido à redução da área foliar em ambos os regimes hídricos.

Para as plantas sem restrição hídrica, a relação entre o número de folhas e as concentrações de PBZ foi caracterizada por flutuações de valores, atingindo o valor máximo na concentração de 200 mg L^{-1} (96,74 folhas), sendo 36,29% superior à testemunha (70,98 folhas) (Figura 2G). Deve ser salientado que, apesar das flutuações de valores, independentemente da concentração, a aplicação de PBZ resultou em elevação no número folhas em relação às plantas controle.

O efeito do PBZ em promover maior número de folhas pode estar relacionado à elevação dos níveis de citocininas, resultando em estímulo ao lançamento de novas folhas e retardamento da senescência (MAIA et al., 2009).

4 CONCLUSÕES

A restrição hídrica em cafeeiros arábica cv. 'Catuaí Vermelho IAC 144' reduziu a área foliar total da planta, número de ramos, e acúmulo de massa da raiz, parte aérea e total. As variáveis área foliar total, altura, e massa seca das raízes, parte aérea e total, tiveram valores máximos estimados entre as concentrações de 40 e 65 mg L^{-1} de paclobutrazol.

O índice SPAD e o número de folhas dos cafeeiros mantidos sem restrição hídrica apresentaram incremento quando submetidos à aplicação de paclobutrazol. As concentrações de 0 e 137,9 mg L^{-1} de paclobutrazol elevaram a área foliar individual dos cafeeiros conduzidos sem restrição hídrica.

Embora as concentrações de 150 e 200 mg L^{-1} de paclobutrazol tenha resultado em elevações do potencial hídrico foliar das plantas sob restrição hídrica, igualando-se àquelas mantidas sem restrição, houve redução do crescimento e vigor dos cafeeiros.

5 AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) pelo fornecimento dos recursos humanos e materiais, à FAPESB pela concessão da bolsa de Iniciação Científica ao primeiro autor, e à equipe do Laboratório de Fisiologia Vegetal da UESB pelo auxílio na condução do experimento.

6 REFERÊNCIAS

ALY, A. A.; LATIF, H. H. Differential effects of paclobutrazol on water stress alleviation through electrolyte leakage, phytohormones, reduced glutathione and lipid peroxidation in some wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) grown *in-vitro*. **Romanian Biotechnological Letters**, Bucharest, v. 16, n. 6, p. 6710-6721, 2011.

ANJUM, S. A. et al. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 6, n. 9, p. 2026-2032, 2011.

BANINASAB, B.; GHOBADI, C. Influence of paclobutrazol and application methods on high-temperature stress injury in cucumber seedlings. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 30, n. 2, p. 213-219, 2011.

BENETT, K. S. S. et al. Utilização de paclobutrazol na produção de mudas de tomateiro. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 5, n. 2, p. 164-169, 2014.

BLUM, A. Plant water relations, plant stress and plant production. In: _____. **Plant breeding for water-limited environments**. New York: Springer-Verlag, 2011. p.11-52.

BOSABALIDIS, A. M.; KOFIDIS, G. Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. **Plant Science**, Shannon, v. 163, n. 2, p. 375-379, 2002.

BRITO, C. L. L. et al. Efeito do paclobutrazol no desenvolvimento de plantas de girassol ornamental. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 1, p. 153-160, 2016.

ČATSKÝ, J. Determination of water deficit in disks cut out from leaf blades. **Biologia Plantarum**, Praga, v. 2, n. 1, p. 76-78, 1960.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileirade café:** safra 2015, quarto levantamento. Brasília, DF, 2015. 60 p.

CORDÃO SOBRINHO, F. P. et al. Crescimento e rendimento do algodoeiro BRS-200 com aplicações de cloreto de mepiquat e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande,v. 11, n. 3, p. 284-292, 2007.

FAROOQ, M. et al. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In: LICHTFOUSE, E. et al. (Ed.). **Sustainable agriculture**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009. p. 153-188.

FERNÁNDEZ, J. A. et al. Induction of drought tolerance by paclobutrazol and irrigation deficit in *Phillyrea angustifolia* during the nursery period. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 107, n. 3, p. 277-283, 2006.

FIALHO, G. S.et al. Comportamento de plantas de café arábica submetidas a déficit hídrico durante o desenvolvimento inicial. **Idesia**, Arica, v. 28, n. 3, p. 35-39, 2010.

GALMÉS, J.; MEDRANO, H.; FLEXAS, J. Photosynthetic limitations in response to water stress and recovery in Mediterranean plants with different growth forms. **New Phytologist**, Lancaster, v. 175, n. 1, p. 81-93, 2007.

GUO, W. et al. Architectural plasticity and growth responses of *Hippophae rhamnoides* and *Caragana intermedia* seedlings to simulated water stress. **Journal of Arid Environments**, London, v. 69, n. 3, p. 385-399, 2007.

JALEEL, C. A. et al. Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of *Catharanthus roseus* under soil water deficits. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, Amsterdam, v. 61, n. 2, p. 298-303, 2008.

_____. Paclobutrazol enhances photosynthesis and ajmalicine production in *Catharanthus roseus*. **Process Biochemistry**, Barking, v. 42, n. 11, p. 1566-1570, 2007.

KISHOREKUMAR, A. et al. Differential effects of hexaconazole and paclobutrazol on the foliage characteristics of Chinese potato (*Solenostemon rotundifolius* Poir., JK Morton). **Acta Biologica Szegediensis**, Szeged, v. 50, n. 3/4, p. 127-129, 2006.

MAIA, E. et al. Development of the banana plants' Prata Anã' and 'FHIA-01' under the effect of paclobutrazol applied on the soil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 81, n. 2, p. 257-263, 2009.

MOUCO, M. A. C.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Controle do crescimento vegetativo e floração de mangueiras cv. Kent com reguladores de crescimento vegetal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1043-1047, 2011.

NABAIS, J. V. et al. Influence of preparation conditions in the textural and chemical properties of activated carbons from a novel biomass precursor: the coffee endocarp. **Bioresource Technology**, Barking, v. 99, n. 15, p. 7224-7231, 2008.

NAVARRO, A.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J.; BAÑON, S. Influence of paclobutrazol on water consumption and plant performance of *Arbutus unedo* seedlings. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 111, n. 2, p. 133-139, 2007.

NIZAM, K.; TE-CHATO, S. Optimizing of root induction in oil palm plantlets for acclimatization by some potent plant growth regulators (PGRs). **Journal of Agricultural Technology**, Bangkok, v. 5, n. 2, p. 371-383, 2009.

RADEMACHER, W. Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. In: HEDDEN, P.; THOMAS, S. G. (Ed.). **The gibberellins**. Chichester: J. Wiley, 2016. p. 359-404.

_____. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 34, p. 845-872, 2015.

RAHIMI, R. et al. Variation of leaf water potential, relative water content and SPAD under gradual drought stress and stress recovery in two medicinal species of *Plantago ovata* and *P. psyllium*. **Journal of Plant Ecophysiology**, Jiroft, v. 2, n. 2, p. 53-60, 2010.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:** 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

SANKAR, B. et al. Effect of paclobutrazol on water stress amelioration through antioxidants and free radical scavenging enzymes in *Arachis hypogaea* L. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, Amsterdam, v. 60, n. 2, p. 229-235, 2007.

SCHOLANDER, P. F. et al. Hydrostatic pressure and osmotic potencials in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of the National Academy Science**, Washington, v. 51, n. 1, p. 119-125, 1965.

SOMASUNDARAM, R. et al. Role of paclobutrazol and ABA in drought stress amelioration in *Sesamum indicum* L. **Global Journal of Molecular Sciences**, Deira, v. 4, n. 2, p. 56-62, 2009.

SRIVASTAV, M. et al. Effect of paclobutrazol and salinity on ion leakage, proline content and activities of antioxidant enzymes in mango (*Mangifera indica* L.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 125, n. 4, p. 785-788, 2010.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. **Estatísticas dos municípios baianos**. Salvador, 2013. 452p.

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

TEMIZ, M.; CIMEN, I.; KARAHAN, E. Effect of paclobutrazol on fiber quality of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Asian Journal of Chemistry**, Ghaziabad, v. 21, n. 3, p. 1990-1994, 2009.

VIANA, R. S. et al. Efeito da aplicação de maturadores químicos na cultura da cana-de- açúcar (*Saccharum* spp.) variedade SP81-3250. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 65-71, 2008.

ZHANG, M. et al. Uniconazole-induced tolerance of soybean to water deficit stress in relation to changes in photosynthesis, hormones and antioxidant system. **Journal of Plant Physiology**, Jena, v. 164, n. 6, p. 709-717, 2007.

ZHOU, S. et al. How should we model plant responses to drought?: an analysis of stomatal and non-stomatal responses to water stress. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 182, p. 204-214, 2013.

ZHU, L. et al. Changes of leaf water potential and endogenous cytokinins in young apple trees treated with or without paclobutrazol under drought conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 99, n. 2, p. 133-141, 2004.

EFEITOS DA IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO E NO DESENVOLVIMENTO DO CAFEEIRO NA REGIÃO OESTE DA BAHIA

Marcelo Rossi Vicente[1], Everardo Chartuni Mantovani[2], André Luís Teixeira Fernandes[3], Júlio César Lima Neves[4], Fábio Teixeira Delazari[5] e Edmilson Marques Figueredo[6]

(Recebido: 05 de dezembro de 2016; aceito: 14 de março de 2017)

RESUMO: A irrigação redesenhou a distribuição das lavouras cafeeiras no Brasil e com isso tornaram-se necessários novos estudos de consumo de água e suas relações com a produção e crescimento do cafeeiro**.** Objetivou-se avaliar os efeitos da irrigação sobre a produção e o desenvolvimento do cafeeiro irrigado por gotejamento na região Oeste da Bahia. Para isso foi implantado um experimento na fazenda Café do Rio Branco, localizada em Barreiras – BA, em cafeeiros adultos, com aproximadamente 3,5 anos de idade, da variedade Catuaí Vermelho IAC 144. O experimento foi montado no delineamento em blocos casualizados, composto de cinco tratamentos, correspondentes a 75, 85, 100, 125 e 150% da lâmina de irrigação calculada pelo software Irriplus e quatro repetições. Avaliou-se a produtividade, a eficiência no uso da água (EUA), desenvolvimento vegetativo, classificação por peneira, rendimento e a maturação dos frutos do cafeeiro. Observou-se, ao final de quatro safras, efeito significativo da lâmina de irrigação na produtividade, EUA e maturação dos frutos (verde e cereja) do cafeeiro. A produtividade máxima estimada (60 sc ha^{-1}) foi obtida com a lâmina correspondente a 129% da lâmina de irrigação. Para EUA máxima (5,7 kg mm^{-1}) neste experimento foi obtida com a lâmina de 75%. Para a maturação somente foram significativo para frutos verde (19,7%) e cereja (67,5) com as lâminas de 119 e 121%, respectivamente. Não houve efeito das diferentes lâminas de irrigação no desenvolvimento vegetativo, na classificação por peneira, no rendimento dos frutos do cafeeiro.

Termos para indexação: Manejo da irrigação, *Coffea arabica*, irrigação por gotejamento.

EFFECTS OF IRRIGATION ON THE PRODUCTION AND DEVELOPMENT OF COFFEE IN THE WEST REGION OF BAHIA

ABSTRACT: *Irrigation redesigned the distribution of the cultivation of coffee in Brazil, and upon this, new studies in water consumption and in its relationships with production and growth in coffee became necessary. The objective of this work was to evaluate the effects of irrigation on the production and growth in coffee irrigated by drip irrigation, in the West region of Bahia. For this, a trial was carried out in the farm Café do Rio Branco, located in Barreiras – BA. The experiment was caried out with adult plants of coffee of the variety Catuaí Vermelho, approximately 3.5 years old and set up in a randomized block design, with five treatments and four replicates. The treatments corresponded to 75, 85, 100, 125 and 150% of the irrigation depth and were calculated by the Irriplus software. It was evaluated the productivity, water use efficiency (WUE), vegetative development, sieve classification, as well as the yield and maturation of fruits. A significant effect of the irrigation depth in yield, WUE and maturation of fruits (green and cherry) was observed at the end of four consecutive harvests. The estimated maximum productivity (60 sc* ha^{-1}*), was obtained with 129% of the irrigation depth and a maximum WUE (5.7 kg mm-1) obtained with 75%. As to maturation, they were significant only for green (19.7%) and cherry fruits (67.5) with the irrigation depths of 119 and 121%, respectively. There was no significant effect of the different irrigation depths in the vegetative development, sieve classification and yield of fruits.*

Index terms **:***Coffea arabica, drip irrigation, irrigation management.*

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura irrigada ocupa uma área de 240.000 hectares no Brasil, estando a maioria desta área localizada em regiões de Cerrado, representando mais de 10% da área e mais de 25% da produção de café total no País (FERNANDES et al., 2012). O oeste baiano destaca-se pela implantação de lavouras cafeeiras totalmente irrigadas (14.000 ha), com especial destaque para o uso da irrigação por pivôs centrais (convencional, aplicação localizada e alternativa) e do sistema de irrigação localizada por gotejamento (VICENTE et al., 2011).

Em função de variar com o clima, o solo, a planta, o sistema de irrigação e até com mão de obra, o manejo ou gerenciamento da irrigação é uma atividade técnica e complexa que proporcionao uso eficiente da água, promovendo a conservação do meio ambiente, com o compromisso com a

[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais - Campus Salinas - Faz. Varginha, Km 02 Rod. Salinas/Taiobeiras - 39.560-000 - Salinas - MGmarcelo.vicente@ifnmg.edu.br
[2]Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Engenharia Agrícola - Av. PH Rolfs, S/N -3 6.570-900 - Viçosa - MG everardo@ufv.br
[3]Universidade de Uberaba - Coordenação da Engenharia Ambiental - Av. Nenê Sabino, 1801 -38.055-500 - Uberaba- MG andre.fernandes@uniube.br
[4]Universidade de Uberaba - Departamento de Solos, X - Av. PH Rolfs, S/N - 36.570-900 - Viçosa - MG- julio_n2003@yahoo.com.br
[5]Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Fitotecnia - Av. PH Rolfs, S/N- 36.570-900 - Viçosa- MG - fabiodelazari@gmail.com
[6]Bahia Farm Show - Av. Ahylon Macedo, 919 - 97.810-035 - Barreiras - BA -edmilson@bahiafarmshow.com.br

produtividade da cultura explorada. Diversos autores observaram incremento da produtividade do cafeeiro para as mais diversas regiões produtoras, como exemplo: Assis et al. (2014) e Scalco et al. (2011) para o Sul de Minas; Soares et al. (2006) para o Alto Paranaíba em Minas e Evangelista et al. (2013) para o Triangulo Mineiro.

A produtividade do cafeeiro é a variável mais importante a ser quantificada quando se trabalha com pesquisas relacionadas à irrigação. Entretanto, existe a necessidade de se estudar os atributos de desenvolvimento e qualidade. Um exemplo é a redução no crescimento que significa menor produção de nós disponíveis para a formação de flores, acarretando, consequentemente, queda na produção de frutos.

A rentabilidade de uma lavoura cafeeira não é medida apenas pela produtividade obtida, mas também pela qualidade do produto. A qualidade é estimada pelo tamanho dos grãos (peneira) e pela qualidade de bebida. Esta segunda característica é muito influenciada pela uniformidade da maturação dos frutos, que depende inicialmente da uniformização da florada do cafeeiro e, posteriormente, de um adequado manejo da água, para que se evite o estresse hídrico em fases importantes da formação do grão (MANTOVANI et al., 2006).

Este trabalho teve como objetivo estudar os efeitos da irrigação por gotejamento sobre a produção e o desenvolvimento do cafeeiro nas condições do Oeste da Bahia.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda Café do Rio Branco em Barreiras, Bahia, Brasil (latitude de 11° 48' S, longitude de 45° 35' W e altitude de 735 m) de novembro de 2004 a maio de 2008. O experimento foi desenvolvido em cafeeiros adultos, aproximadamente 3,5 anos de idade, variedade *Catuaí Vermelho IAC 144.*

Os solos foram classificados como Franco argilo arenoso (0-40 cm) e argila-arenosa (40-60 cm) (Tabela 1).

O experimento foi implantado em cafeeiros adultos no espaçamento 3,80 x 0,5 m (5.263 plantas ha^{-1}). Foi instalado com parcelas compostas de 10 m (20 plantas) sendo as 10 plantas centrais úteis. O delineamento foi o de blocos casualizados, com 4 repetições.

Na Tabela 2 observam-se os tratamentos correspondentes às lâminas de irrigação e também as informações dos emissores utilizados.

O manejo da irrigação foi feito baseado no Tratamento 3 do experimento, ou seja, a lâmina correspondente a 100% da ETc.

O valor do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), entre os emissores, no sistema de irrigação foi de 93,9 %.

No experimento utilizou-se o software Irriplus para o manejo da irrigação (MANTOVANI et al., 2009). Determina-se no software, em tempo real, o balanço hídrico por meioda integração dos dados de solo, água, planta, equipamento e clima, gerando as necessidades hídricas das culturas (lâmina de irrigação).

Determinou-se a evapotranspiração da cultura (ETc) utilizando-se coeficientes de ajuste (cultura "Kc", localização "Kl" e do solo "Ks") sobre a evapotranspiração de referência (ET_0). A lâmina bruta de irrigação foi calculada por meio de um balanço hídrico, em que as entradas de água foram a irrigação e a precipitação pluvial efetiva e as saídas, a evapotranspiração da cultura (ETc) e percolação além da profundidade considerada para o sistema radicular.

O método de estimativa da ET_0 utilizado, de acordo com os elementos meteorológicos disponíveis (radiação solar, temperatura média, velocidade do vento e umidade relativa) foi o modelo de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 1998). Os dados meteorológicos utilizados para a realização do experimento foram obtidos em uma estação agrometeorológica automática, marca Davis, modelo VantagePro, localizada na própria propriedade.

No experimento, foram utilizados valores do coeficiente de cultura (Kc), porcentagem de área sombreada (PAS) e profundidade efetiva do sistema radicular de 1,0, 50% e 0,60 m, respectivamente. A porcentagem de área molhada (PAM) foi de 30%, média de todos os tratamentos.

A quantidade total de água (irrigação + precipitação) variou entre tratamentos (Tabela 3).

A evapotranspiração de referência (média e máxima mensal) e a temperatura média mensal, entre os meses de novembro de 2004 e maio de 2008 são apresentadas na Figura 1. Nesse período, o valor acumulado da ETo foi de 5.444 mm (média de 4,20 mm d^{-1} e 1.485 mm ano^{-1}), sendo que o mês de outubro de 2007 apresentou a maior média de ETo (5,85 mm d^{-1}) e novembro de 2007 o valor máximo de ETo diária 8,76 mm d^{-1}. A temperatura média do período em estudo foi de 22,9 ºC, sendo a maior média mensal (25,7 ºC) obtida em outubro de 2005.

TABELA 1 - Propriedades físico-hídricas do solo em área experimental, Barreiras, Bahia, Brasil. 2004/2008

Prof. (m)	0-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60
CC (m^3 m^{-3})[1]	0,265	0,260	0,283
PMP (m^3 m^{-3})[2]	0,175	0,179	0,174
Argila	32	34	40
Silte	2	3	3
Areia	66	63	57
Classificação	Franco argilo arenoso	Franco argilo arenoso	Argila arenosa

[1]Capacidade de campo, e [2]Ponto de murcha permanente. Classificação textural segundo a Sociedade Brasileira de Ciências dos Solos (LEMOS; SANTOS, 1996).

TABELA 2 - Porcentagem das lâminas de irrigação, vazão, distância entre emissores, fabricante e modelo dos emissores utilizados no experimento irrigado por gotejamento

Tratamento	% da lâmina de irrigação	Vazão (L h^{-1})	Espac. entre emissores (m)	Fabricante	Modelo
1	75	1,35	0,60	Plastro	Hydro PC
2	85	2,00	0,80	Plastro	Tufftif
3	100	2,20	0,75	RainBird	DripLine
4	125	2,20	0,60	Plastro	SuperTif
5	150	2,20	0,50	Plastro	SuperTif

As lâminas totais de irrigação aplicadas durante o período analisado (novembro/2004 a maio/2008) foram de: 2.271, 2.574, 3.028, 3.785 e 4.541 mm para, os tratamentos 75, 85, 100, 125 e 150%, respectivamente.

A lâmina de irrigação, média das quatro safras, correspondente ao tratamento 100% foi de 826 mm ano^{-1}, lâmina esta inferior à aplicada por Fernandes et al. (2000) que em uma lavoura cafeeira irrigada por gotejamento, nos anos de 1995 a 1997, em Planaltina de Goiás-GO, aplicaram uma lâmina de irrigação (média) de 1083 mm ano^{-1}. A precipitação acumulada neste período foi de 3.715 mm.

Para melhor controle as colheitas foram realizadas manualmente, sendo determinado o volume da produção de cada parcela, e retiradas duas amostras de 5 L, a primeira para a determinação do rendimento e peneira e a segunda para a determinação do estádio de maturação dos frutos colhidos. Foram comparadas as produtividades médias de cada tratamento, sendo o resultado obtido convertido para uma área de 1 ha, ou seja, em sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare (sc ha^{-1}).

A eficiência do uso da água (EUA) foi definida pela relação entre a produção matéria fresca (P) e a lâmina bruta de água aplicada (L):

$$EUA = \frac{P}{L}$$

em que: EUA= eficiência do uso da água (kg mm^{-1}), P= produção (kg) e L= lâmina bruta de água (mm).

Também foram comparadas as porcentagens médias de frutos nos estádios de maturação verde, passa e cereja de cada tratamento.

A classificação quanto ao tamanho do grão (peneira) foi feita com amostra de aproximadamente 300 g e obtida pelas percentagens de grãos retidos nas peneiras.

Para avaliação do desenvolvimento vegetativo foram avaliados a altura de planta, os diâmetros de copa e de caule.

A produtividade, eficiência no uso da água, as variáveis de desenvolvimento (altura de planta, diâmetros de copa e caule), classificação por peneira, rendimento e os estádios de maturação dos frutos do cafeeiro foram submetidos à análise de variância e regressão, sendo que os modelos foram escolhidos baseados na significância

dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste t a 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação (R^2) e no fenômeno biológico. Para as produtividades, também comparou-se as médias utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Utilizou-se o procedimento de comparação de médias, no fator quantitativo (produtividade), para auxiliar na maior compreensão de todo o trabalho, mesmo sabendo que não é o mais adequado e recomendado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observam-se na Tabela 4 as produtividades, em sacas por hectare, das safras 2005, 2006, 2007, 2008, e média das quatro safras, para os diferentes tratamentos. A produtividade média de todos os tratamentos foi de 57,0 sc ha^{-1}. O tratamento que apresentou a maior produtividade média foi correspondente a lâmina de irrigação de 125% (60,8 sc ha^{-1}), embora não tenha diferenciado estatisticamente dos tratamentos correspondentes às lâminas de 100 e 150%.

Observou-se também que as diferentes lâminas de irrigação não promoveram a redução da bienualidade de produção do cafeeiro. Este fato também foi observado por Silva et al. (2008), em cafeeiros da variedade *Catuaí 44 em Varre Sai* - RJ.

TABELA 3 - Chuva e irrigação aplicada durante as temporadas de 2004 a 2008.

Temporada	Irrigação (% ETc)	Chuva (mm)	Irrigação (mm)	Chuva e Irrigação (mm)
2004	75	320,8	100,9 (24)[a]	421,7
	85		114,3 (24)	435,1
	100		134,5 (24)	455,3
	125		168,1 (24)	488,9
	150		201,8 (24)	522,6
2005	75	1074,7	811,7 (236)	1886,4
	85		920,2 (236)	1994,9
	100		1082,6 (236)	2157,3
	125		1353,4 (236)	2428,1
	150		1623,8 (236)	2698,5
2006	75	1210,3	483,4 (180)	1693,7
	85		548,3 (180)	1758,6
	100		645,1 (180)	1855,4
	125		806,8 (180)	2017,1
	150		967,7 (180)	2178
2007	75	587,8	688,8 (209)	1276,6
	85		781,3 (209)	1369,1
	100		918,9 (209)	1506,7
	125		1149,1 (209)	1736,9
	150		1378,4 (209)	1966,2
2008	75	521,9	184,1 (67)	706
	85		209,6 (67)	731,5
	100		246,6 (67)	768,5
	125		308,4 (67)	830,3
	150		369,9 (67)	891,8

[a] Os valores entre parênteses são número de eventos de irrigação.

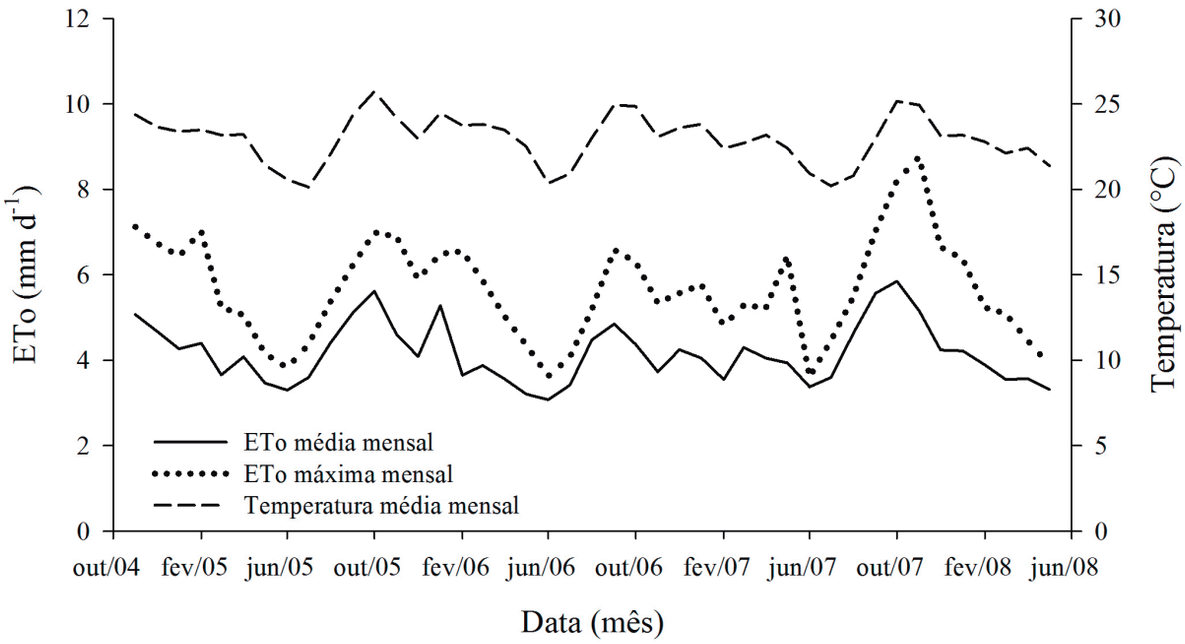


FIGURA 1 - Evapotranspiração de referência (média e máxima mensal), em mm d^{-1}, e temperatura média mensal, em ºC.

TABELA 4 - Produtividade, em sacas por hectare, do cafeeiro irrigado por gotejamento submetido a diferentes lâminas de irrigação.

% da Lâmina de Irrigação	Produtividade (sc ha^{-1})				
	2005	2006	2007	2008	Média
125	43,3	91,1	31,4	77,4	60,8 A
150	53,1	79,6	37,0	67,3	59,2 A
100	47,7	76,8	37,0	71,3	58,2 AB
75	47,4	70,0	28,7	67,8	53,5 B
85	42,8	71,6	29,4	69,9	53,4 B
Média	46,9	77,8	32,7	70,7	57,0

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Na Figura 2 observam-se as produtividades médias das quatro safras do cafeeiro, para os diferentes tratamentos irrigados por gotejamento. Foi observado efeito significativo da lâmina de irrigação (p<0,05). Os dados de produtividade em função das diferentes lâminas de irrigação ajustaram-se em polinômio de segundo grau para a média das quatro safras, tais ajustes também foram encontrados por Evangelista et al. (2013), Serra et al. (2013) e Silva et al. (2008).

A produtividade máxima estimada para o experimento foi de 60 sc ha^{-1} (média de quatro safras). Essa produtividade máxima estimada foi obtida com a lâmina correspondente a 129% da lâmina de irrigação.

No entanto, com a crescente escassez de água que já se verifica em várias regiões do país, é importante que se avalie a eficiência com a qual as plantas estão utilizando esse recurso. Também na Figura 2 é apresentada a eficiência no uso da água pela cultura do cafeeiro, média de quatro anos de cultivo.

Verifica-se que, para a característica eficiência no uso da água (EUA) com um comportamento linear, o tratamento que melhor resultado promoveu é o 75% da lâmina de irrigação, onde se observou que para cada milímetro de água transpirada pelas plantas foram produzidos 5,7 kg de café beneficiado. Mas nota-se que para

os tratamentos de 85, 100 e 125% da lâmina de irrigação o resultado de eficiência no uso da água foram maiores que o melhor resultado obtido por Carvalho (2008) em que foi obtido 3,6 kg mm^{-1} no tratamento de 80% da evaporação da água do tanque classe A (ECA).

Verifica-se que esse índice de EUA diminuiu com o aumento da lâmina de irrigação. Com o aumento da lâmina apartir 75% a resposta na produtividade é cada vez menor até o ponto de máxima que ocorre na lâmina de 129% quando o incremento na produtividade se torna negativo. Além disso, com os dados de EUA, pode-se inferir que nos casos onde a disponibilidade de água para a irrigação do cafeeiro cultivado na região de Barreiras-BA for pequena, e se desejar obter o máximo de eficiência da mesma, pode-se optar por 75% da lâmina de irrigação determinada, já que o valor de EUA foi o mais alto.

Não foi observado efeito significativo da lâmina de irrigação ($p<0,05$) nas variáveis estudadas (diâmetro da copa, altura de planta e diâmetro do caule) nas duas avaliações realizadas (10/12/2005 e 19/09/2007) com os valores médios de: 194,3 e 199,2 cm diâmetro de copa, 218,2 e 275,5 cm altura de planta e 4,39 e 5,47 mm diâmetro de caule, para o ano de 2005 e 2007, respectivamente. Esses resultados contrapõem aos obtidos por Rotondano et al. (2005) que observaram, em cafeeiros da variedade Rubi cultivados em Uberlândia – MG, efeito significativo da lâmina de irrigação sobre as variáveis diâmetro da copa e do caule do cafeeiro.

A ausência de efeito significativo da lâmina de irrigação pode ser explicada pela existência do crescimento compensatório, uma vez que Bomfim Neto (2007) observou em um experimento realizado em Barreiras – BA a existência de um crescimento compensatório após o restabelecimento das necessidades hídricas dos cafeeiros que foram submetidos a déficit hídrico, em relação ao das plantas de café que vinham sendo constantemente irrigadas. Guerra et al. (2007) também mencionam a ocorrência do crescimento compensatório em cafeeiros.

Houve diferenças estatísticas para cada estádio de maturação (frutos verde e cereja) entre os diferentes tratamentos para a média das três safras (2006, 2007 e 2008), nos cafeeiros irrigados por gotejamento. Observa-se na Figura 3 os estádios de desenvolvimento dos frutos médio das três safras do cafeeiro, em porcentagem, nos diferentes tratamentos.

A máxima porcentagem de frutos cereja (67,5%) foi obtida com a lâmina de 898 mm ano^{-1}(119%), a menor porcentagem de frutos verdes (19,7%) foi com a lâmina de 915 mm ano^{-1} (121%) e a porcentagem de frutos passa (12,4%) não diferiu entre os tratamentos.

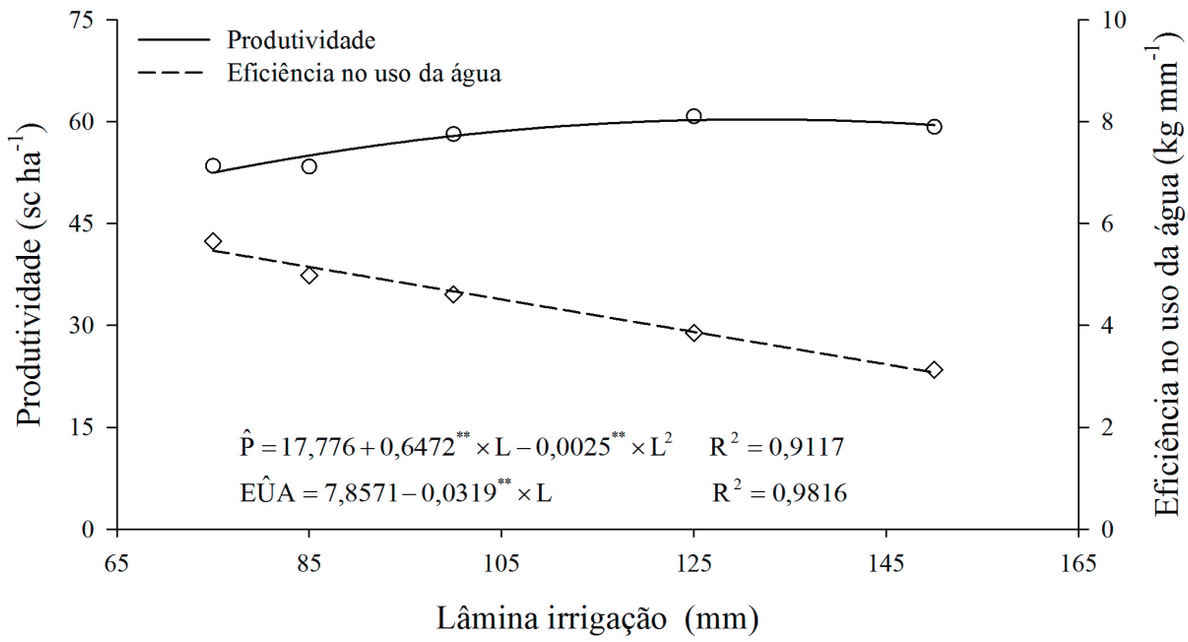


FIGURA 2 - Produtividade média do cafeeiro e eficiência no uso da água, submetido a diferentes lâminas de irrigação por gotejamento.**Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste "t".

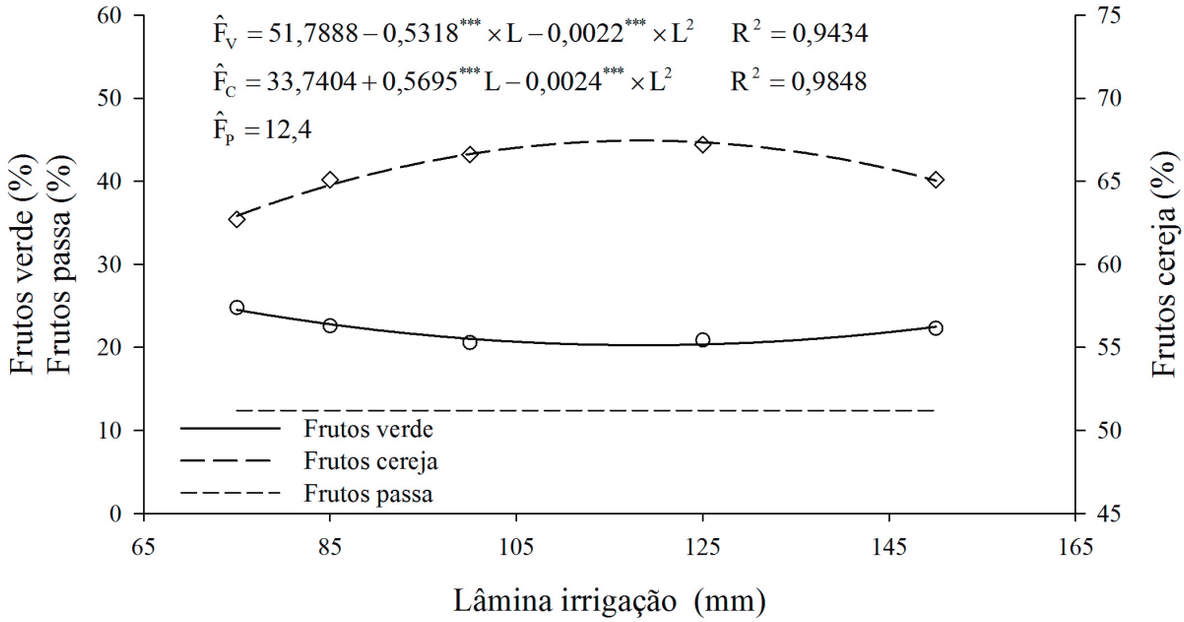


FIGURA 3 - Estádio de maturação médio dos frutos de cafeeiro, submetidos a diferentes lâminas de irrigação por gotejamento.***Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste "t".

Nos resultados de estádio de maturação de frutos percebe-se que com o aumento da lâmina de irrigação ocorre o aumento na porcentagem de frutos cereja e redução de frutos verde, mas isso ocorre até uma lâmina ótima e a partir desta ocorre a redução da porcentagem de frutos cereja e o aumento de frutos verde, ou seja, houve um retardamento na maturação, pois apresentaram maior presença de grãos no estádio verde de maturação. Como o ideal seria obter o máximo de frutos cereja e o mínimo de frutos verde, com a lâmina máxima de obtenção de frutos cereja (898 mm ano^{-1}) e voltando na equação de porcentagem de frutos verde, obteve-se a quantidade mínima de verde (19,7%) e o máximo de cereja (67,5%).

Rezende et al. (2006) também observaram um retardamento da maturação dos frutos com o incremento da lâmina de irrigação.

Não foi observada diferença estatística ($p<0,05$) no rendimento. O rendimento médio foi de 542 L sc^{-1}, valor este superior aos 477,4 L sc^{-1} encontrados por Silva et al. (2008) em Uberlândia – MG, na média de quatro safras. Entretanto os autores observaram efeito significativo das lâminas de irrigação, em três safras, no rendimento do cafeeiro.

Também não foi observado efeito dos tratamentos ($p<0,05$) sobre a porcentagem de grãos na classificação peneira 16. Resultados semelhantes foram encontrados por Custódio et al. (2007) que observaram que as lâminas de irrigação não influenciaram significativamente na granulometria dos grãos de café para quatro das cinco safras estudadas em Lavras – MG e por Ronchi et al. (2015) que não observara efeito significativo dos níveis de déficit sobre a granulometria.

O valor médio de 46,4 % de grãos "peneira 16 ou acima", traduz-se em bom percentual de café para exportação, uma vez que os exportadores preferem grãos maiores, pois, assim, estão automaticamente eliminando defeitos. Esse valor está coerente com os apresentados por Custódio et al. (2007).

4 CONCLUSÕES

Com os resultados observados pode-se concluir que, para as condições experimentais, a produtividade da cultura do café foi expressivamente dependente da lâmina de água aplicada, sendo que a maior produtividade foi alcançada com a lâmina de 125%. A lâmina que proporcionou a máxima porcentagem de frutos cereja foi de 119%. A lâmina que proporcionou a maior eficiência no uso da água foi de 75%.

5 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration:** guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998.319 p. (FAO - Irrigation and Drainage Paper, 56).

ASSIS,G.A. et al. Drip irrigation in coffee crop under different planting densities:growth and yield in southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.11, p.1116-1123, 2014.

BOMFIM NETO, H. **Avaliação do uso do déficit hídrico na floração do cafeeiro arabica, monitorado por meio do desenvolvimento do botão floral e do potencial hídrico da planta**. 2007. 37 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

CARVALHO, H. P. **Irrigação, balanço hídrico climatológico e uso eficiente da água na cultura de café**. 2008. 156 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2008.

CUSTÓDIO, A. P.et al. Efeito da irrigação sobre a classificação do café. **Engenharia Agrícola**, Viçosa, v.27, n.3, p.691-701, 2007.

EVANGELISTA, A.W.P.et al. Resposta do cafeeiro à aplicação de níveis de irrigação e adubação com Alfertil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.4, p.392-396, 2013.

FERNANDES, A.L.T. et al. Deficiência hídrica e uso de granulados em lavoura cafeeira irrigada por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.376-381, 2000.

_____. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.

GUERRA, A. F. et al. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, v. 73, p. 52-61, 2007.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3.ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1996. 83 p.

MANTOVANI, E. C.et al. **Irrigação:** princípios e métodos. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2009. 355p.

_____. Irrigação como fator de qualidade do café. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Boas práticas agrícolas na produção de café**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2006. p. 117-165.

REZENDE, F. C.et al. Características produtivas do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv.,Topázio MG-1190), recepado e irrigado por gotejamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 103-110, 2006.

RONCHI, C. P. et al. Respostas ecofisiológicas de cafeeiros submetidos ao deficit hídrico para concentração da florada no Cerrado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.50, n.1, p.24-32, jan. 2015.

ROTONDANO, A. K. F.et al. Desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade dos grãos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob diferentes lâminas de irrigação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 65-75, 2005.

SCALCO, M.S.et al. Cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em plantio superadensado. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 3, p. 193-202, 2011.

SERRA, E. L.et al. Funções de produção do cafeeiro irrigado em diferentes densidades de plantio. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 157-165, 2013.

SILVA, C. A.et al. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.387-394, mar. 2008.

SOARES, A. R. et al. Produção e distribuição de raízes em cafeeiros irrigados por gotejamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, p. 130-140, 2006.

VICENTE, M. R. et al. Análise técnica dos sistemas de irrigação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) na região oeste da Bahia. **Coffee Science**, Lavras,v. 6, n. 2, p. 147-158, 2011.

CRESCIMENTO INICIAL DE CULTIVARES DE CAFEEIRO COM DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO

Diego Júnior Martins Vilela[1], Gladyston Rodrigues Carvalho[2], Cesar Elias Botelho[3], Alex Mendonça de Carvalho[4], Marina Angélico Praxedes[5], Milena Christy Santos[6], Fernando Costa Fernandes[7]

(Recebido: 07 de dezembro de 2016; aceito: 08 de março de 2017)

RESUMO: A nutrição mineral do cafeeiro é de vital importância para a produtividade do mesmo. Hoje em dia diversos locais que anteriormente eram considerados inaptos ao cultivo do café apresentam lavouras altamente produtivas, onde a correção da fertilidade do solo, ao longo do tempo, aliada com uma nutrição mineral adequada, são alguns dos principais fatores para esse sucesso. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar quatro novas cultivares de cafeeiro quanto ao seu crescimento inicial, sob diferentes doses de nitrogênio, fósforo e potássio. O experimento foi instalado na Fazenda Experimental da EPAMIG, em São Sebastião do Paraíso – MG, em fevereiro de 2012. Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com três repetições em esquema fatorial 4x3x4, sendo os fatores quatro cultivares, três nutrientes e quatro doses. Foi feita uma análise conjunta dos dados. As características avaliadas foram: altura, diâmetro do colo, crescimento do primeiro ramo plagiotrópico, número de ramos plagiotrópicos, índice de clorofila e foram feitas análises de solo e foliares. Concluiu-se que nas condições químicas iniciais do solo utilizado no experimento podem-se reduzir em até 50% as adubações com N, P e K, tanto em adubação de cobertura como para adubação de primeiro ano, em lavouras cafeeiras plantadas com as cultivares *Pau Brasil MG1*, *Paraíso MG H419-1* e *Topázio MG 1190*.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, melhoramento, nutrição mineral.

INITIAL GROWTH OF COFFEE TREE CULTIVARS WITH DIFFERENT DOSES OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM

ABSTRACT: *The mineral nutrition of the coffee tree is very important for its yield, and several places that previously were considered unfit for the cultivation, today exhibit highly productive crops, where soil fertility correction, over time, combined with proper mineral nutrition, are some of the main factors for this success. The aim of this research was to evaluate four new coffee cultivars at initial growth under different doses of nitrogen, phosphorus and potassium. The trial was carried out at the Experimental Farm of EPAMIG, in São Sebastião do Paraíso, MG, Brazil, on February 2012. Four cultivars were used in twelve treatments (factorial scheme, four cultivars, three nutrients and four doses), under randomized block design. Joint analysis of the data was made. The traits evaluated were: height, diameter of the stem, growth of the first plagiotropic branch, number of plagiotropic branches, chlorophyll index and soil and leaf analyzes. It was concluded that in the initial chemical conditions of the soil used in the experiment, fertilizations with N, P and K, both in cover fertilization and first-year fertilization, can be reduced in up to 50% in coffee plantations of the cultivars Pau Brasil MG1, Paraíso MG H419-1 and Topázio MG 1190.*

Index Terms: *Coffea arabica, plant breeding, mineral nutrition.*

1 INTRODUÇÃO

O café é o principal produto comercializado em todo o mundo, depois do petróleo, com vendas globais alcançando cerca de noventa bilhões de dólares, sendo o Brasil o maior produtor mundial.

O cafeeiro, assim como qualquer ser vivo, necessita de vários nutrientes para o seu completo desenvolvimento. Os cafeicultores já dispõem de boletins técnicos com as recomendações para a nutrição do cafeeiro em todas as fases do seu ciclo (plantio, primeiro e segundo ano de formação e lavouras em produção).

A recomendação de adubação de uma cultura depende das demandas nutricionais das plantas para o crescimento vegetativo e reprodutivo e, também, deve-se levar em consideração a eficiência de aproveitamento dos adubos aplicados e a fração de nutrientes suprida pelo solo (LAVIOLA et al., 2007).

Pouco se conhece sobre a eficiência nutricional de cafeeiros, embora muitas informações com relação à nutrição mineral sejam encontradas na literatura, como a absorção, o transporte e a redistribuição de nutrientes, que apresentam controle genético, existindo a possibilidade de melhorar e/ou selecionar cultivares mais eficientes quanto ao uso de nutrientes (GABELMAN; GERLOFF, 1983).

[1,5,6,7]Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG- diegovilela26@yahoo.com.br,marinapraxedes@yahoo.com.br, milenachristysantos@hotmail.com, fernando.cf@bol.com.br
[2,3]Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/EPAMIG - 37.200-000 - Lavras - MG - carvalho@epamig.ufla.br, cesarbotelho@epamig.br
[4]Universidade Estadual Paulista/UNESP - Campus Registro - 11.900-000 - alexcarvalho@registro.unesp.br

A extração de nutrientes do solo pelos cafeeiros é considerada elevada, principalmente em safras de alta produtividade, o que exige a aplicação de corretivos e fertilizantes para o suprimento desta demanda (FARNEZI; SILVA; GUIMARÃES, 2009). Nesse sentido, diversos experimentos foram realizados com o intuito de identificar a dose de nitrogênio (N) e potássio (K) mais adequada ao cafeeiro, contudo, ainda há muitas contradições entre os resultados, em função das diversas variáveis envolvidas, como solo, clima, cultivar, irrigação, espaçamentos, produtividade e fertirrigação. Tal fato demonstra serem necessários estudos específicos para cada região e sistemas de cultivo (SOBREIRA et al., 2011).

Os efeitos da fertilização de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) sobre a produção do cafeeiro são muito diversos, uma vez que as respostas não apresentam um mesmo padrão nas diferentes situações estudadas, considerando-se os fatores solo, espaçamento e dose (BRAGANÇA, 2009).

Alguns fatores genéticos também podem proporcionar diferenças nos teores foliares dos nutrientes, indicando que, entre cultivares e entre linhagens, existe maior ou menor eficiência de absorção, de translocação ou de utilização de nutrientes pela planta havendo, portanto, a possibilidade de melhorar e, ou, selecionar cultivares mais eficientes quanto ao uso de nutrientes (FERREIRA et al., 2010).

Diante disso, objetivou-se neste trabalho avaliar quatro novas cultivares de cafeeiro quanto ao seu crescimento inicial sob diferentes doses de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental está localizada no município de São Sebastião do Paraíso, na mesorregião sul e sudoeste de Minas Gerais, à latitude de 20°55'00'' S e longitude 47°07'10'' W e altitude de 885m. O relevo apresenta uma topografia leve ondulada e declividade média de 8%, o que facilita a ampla mecanização do solo. A precipitação pluviométrica média anual da região é de 1470,4 mm e apresenta temperatura média de 20,8°C, média máxima de 27,6 °C e média mínima de 14,1°C (ALCÂNTARA; FERREIRA, 2000).

O solo da área de estudo é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico típico (LVdf), textura muito argilosa e mineralogia gibbsítica originado de basalto (ARAÚJO-JUNIOR, 2010).

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental da EPAMIG de São Sebastião do Paraíso (FESP), em fevereiro de 2012, em uma área que anteriormente à instalação do ensaio também foi uma lavoura cafeeira. Foram utilizadas quatro cultivares (progênie 1189-12-52-2, *Pau Brasil MG1*, *Paraíso MG H419-1* e *Topázio MG 1190*), todas de porte baixo, plantadas no espaçamento de 3,6 x 0,5m.

Foram estudados três nutrientes (N, P e K), em quatro doses (50%, 75%, 100% e 125%), segundo o recomendado por Guimarães et al. (1999), calculada por meio da demanda aferida em análise de solo. Para o fornecimento do nitrogênio, fósforo e potássio, utilizou-se ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

O teor de P e K de cada parcela foi estabelecido por meio de uma coleta de solo e análise química dos mesmos em laboratório, realizada antes do início da aplicação dos tratamentos. Todo o P recomendado foi aplicado no sulco de plantio das mudas. Já o N e o K foram parcelados em três adubações de cobertura, que foram realizadas em intervalos médios de 30 dias, iniciando-se em março, na data do plantio do ensaio. Em outubro de 2012, foi iniciada a adubação de primeiro ano, aplicada em quatro parcelamentos, sendo, também, realizadas em intervalos médios de 30 dias. Demais tratos culturais foram realizados em todas as parcelas, conforme recomendado à cultura, sempre que necessário.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, no esquema fatorial (4x3x4), sendo quatro cultivares, três nutrientes e quatro doses, com três repetições, sendo oito plantas por parcela (as avaliações foram realizadas nas seis plantas centrais).

Na Tabela 1 observa-se composição química do solo da área onde foi instalado o experimento. Observa-se que o solo está corrigido, equilibrado, permitindo a avaliação do crescimento inicial das plantas em função de diferentes doses de nitrogênio, de fósforo e de potássio.

Nas Tabelas 2 e 3 estão a distribuição espacial e temporal dos tratamentos, respectivamente.

Foram realizadas quatro avaliações de altura da planta, diâmetro do colo, crescimento do primeiro ramo plagiotrópico e número de ramos plagiotrópicos. Para essas características foram feitas quatro avaliações, sendo a primeira no mês de outubro de 2012 e a última em abril de 2013. As amostragens de folha foram realizadas no mês de abril de 2013 (um mês após o último parcelamento da adubação de primeiro ano).

TABELA 1 - Características químicas da amostra de solo da área onde foi implantado o experimento. Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da EPAMIG, Lavras - MG.

pH	P	K	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P-rem
H_2O	-- mg/dm³ --		---------- cmol$_c$/dm³ ----------							---- % ----		dag/kg	mg/l
6,3	19,5	73,0	3,9	1,3	0,0	2,1	5,4	5,4	7,5	72,0	0,0	3,1	36,6

Legenda: pH: em água; P: extrator Mehlich-1; K: extrator Mehlich-1; Ca^{2+}: extrator KCl 1N; Mg^{2+}: extrator KCl 1N; Al^{3+}: extrator KCl 1N; H+Al: extrator SMP; MO: dicromato de sódio em meio sulfúrico

TABELA 2 - Esquema dos tratamentos do experimento (nutrientes x doses) para cada cultivar adotada.

Tratamentos	Dose de N	Dose de P_2O_5	Dose de K_2O
T1	50%	100%	100%
T2	75%	100%	100%
T3	100%	100%	100%
T4	125%	100%	100%
T5	100%	50%	100%
T6	100%	75%	100%
T7	100%	100%	100%
T8	100%	125%	100%
T9	100%	100%	50%
T10	100%	100%	75%
T11	100%	100%	100%
T12	100%	100%	125%

TABELA 3 - Quantidade total (g/planta) da dose de 100% do recomendado, para adubação em sulco de plantio, em cobertura após o plantio e em cobertura no primeiro ano do plantio.

Época	Dose de N	Dose de P_2O_5	Dose de K_2O
Sulco de plantio	0	80	0
Em cobertura após o plantio	12	0	20
Em cobertura no primeiro ano do plantio	40	0	20

O índice de clorofila (SPAD) foi determinado também nesse mês.

As avaliações foram realizadas da seguinte maneira:

a)Altura da planta: por meio da medição da altura (superfície do solo até o ponteiro) das plantas (cm), utilizando uma régua graduada. Estabeleceu-se como parâmetro a ser analisado estatisticamente a diferença obtida entre a última e a primeira avaliação.

b)Diâmetro do colo: por meio da medição do diâmetro do caule das plantas (mm) na altura do colo, utilizando um paquímetro digital. Estabeleceu-se como parâmetro a ser analisado, estatisticamente, a diferença obtida entre a última e a primeira avaliação.

c)Número de ramos plagiotrópicos: quando do crescimento dos ramos plagiotrópicos, onde foi feita a contagem, em pares, da sua quantidade ao longo do ano.

d)Crescimento do primeiro ramo plagiotrópico: por meio da medição do ramo

marcado (cm), fazendo-se as leituras do seu comprimento. Estabeleceu-se como parâmetro a ser analisado, estatisticamente, a diferença obtida entre a última e a primeira avaliação.

e)Índice de clorofila (SPAD): para as amostragens, utilizou-se o clorofilômetro (Minolta SPAD-502), avaliando-se uma folha em cada um dos quatro pontos cardeais (norte, sul leste e oeste), em todas as plantas úteis da parcela.

f)Teores foliares dos nutrientes: foram realizadas amostragens de folhas, para análise de cada tratamento, em duas repetições por tratamento. Foram coletadas amostras de 100 folhas de cada parcela, em seguida o material foi lavado em água destilada, seco em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante, pesado e triturado em moinho tipo Wiley. Do extrato obtido por digestão nitroperclórica foram determinados os teores de fósforo por colorimetria, de potássio por fotometria de chama. O teor de nitrogênio total foi obtido pelo método semimicro Kjedahl.

Foi feita a análise conjunta dos dados, onde se realizou a comparação das médias pelo teste de agrupamento de Scott-Knott e análises de regressão. Adotou-se um nível de significância de 5%. O software utilizado foi o SISVAR (FERREIRA, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância das características vegetativas avaliadas em campo está apresentado na Tabela 4.

Observa-se, para as características analisadas, que a interação tripla (cultivar x nutriente x dose) não foi significativa para nenhuma das características avaliadas. Houve significância para cultivares em todas as características avaliadas, do fator nutriente para o crescimento do primeiro ramo plagiotrópico e do fator dose e da interação cultivar com dose para o índice de clorofila (SPAD).

Vários fatores podem condicionar a falta de resposta e a suficiência da dose inferior (50%), para o que se refere ao crescimento vegetativo do cafeeiro. Os teores de matéria orgânica (MO) (3,1dag kg^{-1}) e de K (73mg dm^{-3}) existentes no solo, previamente à implantação dos tratamentos, podem explicar parcialmente a ausência de resposta às doses de N e K. Contudo, considerando-se que as doses aplicadas foram baseadas na recomendação existente para o cultivo em sequeiro, e que a adubação nessa forma de cultivo já foi amplamente estudada ao longo de muitos anos, fica evidente pelos resultados que a muda de café recém plantada em campo, nos primeiros seis meses de cultivo, apresenta pouca demanda em nitrogênio e potássio em solos com bom teor de matéria orgânica e também baixa resposta à adubação potássica em solos com níveis medianos do nutriente

Na fase produtiva da cultura, Figueiredo et al. (2006) estudaram doses de nutrientes por planta para o cultivo adensado em sequeiro, em relação à dose recomendada por Guimarães et al. (1999), e relataram reduções de 57% quanto ao N e 44% quanto ao K. Ainda quanto à fase produtiva da cultura, Pavan, Chaves e Androcioli Filho (1994) estudaram doses de NPK e densidades de plantio do cafeeiro em sequeiro e relataram, quanto ao cultivo adensado, a redução de 50% na dose de NPK por planta em relação à utilizada no cultivo convencional.

Segundo Malavolta (1993), no primeiro ano de formação do cafeeiro (18 meses, cultivar *Catuaí*, 1.250 covas ha^{-1}), o acúmulo de N e K na massa de massa seca total (1,3 kg por cova) é de 28,7 g de N e 20 g de K por cova, valores bem inferiores ao da fase produtiva (42 meses), em que o acúmulo é de 143,5 g de N e 130,2 g de K por cova. A diferença no acúmulo de nutrientes entre as fases de crescimento indica baixa demanda por N e K na fase vegetativa, e alta demanda a partir da fase produtiva (LAVIOLA et al., 2007). Magalhães, Sampaio e Silva (1987) em experimento conduzido por três anos agrícolas (1982/1983 a 1984/1985) não encontraram resposta à aplicação de N, P e K nos dois primeiros anos após o plantio da lavoura. No entanto, no terceiro ano agrícola, houve resposta linear para N e K_2O.

Dessa forma, é evidente que a resposta ao aumento das doses está condicionada à idade fenológica da cultura. Isso mostra a impossibilidade de se generalizar conclusões obtidas na fase de formação, para a fase produtiva da lavoura.

Todavia, como o foco desse trabalho foi a interação tripla, realizou-se o desdobramento desta interação, cultivar x nutriente x dose, mesmo na não significância estatística desejada para o teste F.

A progênie 1189-12-52-2 apresentou comportamento quadrático de resposta (tendência de aumento) na altura em função do aumento nas doses de P_2O_5 fornecidas via adubação no solo, atingindo um ponto máximo em altura de 34,8 cm na dose de 92% de P_2O_5, conforme mostrado na Figura 1.

TABELA 4 - Resumo da análise de variância das características vegetativas avaliadas em campo. Fazenda Experimental da EPAMIG de São Sebastião do Paraíso – MG

		ALT	DIA	CPRP	NRP	SPAD
FV	GL	Quadrado médio				
Cultivar (C)	3	163,5573*	24,2833*	133,9759*	17,0979*	495,3376*
Nutriente (N)	2	51,4269^{ns}	6,6502^{ns}	79,4085*	3,7371^{ns}	25,4990^{ns}
Dose (D)	3	5,8575^{ns}	3,8368^{ns}	17,9953^{ns}	1,8119^{ns}	38,9750*
C*N	6	48,4785^{ns}	6,0311^{ns}	31,9218^{ns}	3,6994^{ns}	16,0023^{ns}
C*D	9	22,6105^{ns}	4,3134^{ns}	19,8648^{ns}	0,5924^{ns}	31,6725*
N*D	6	29,0428^{ns}	7,1807^{ns}	29,0813^{ns}	3,5933^{ns}	7,2741^{ns}
C*N*D	18	26,2636^{ns}	4,1030^{ns}	25,8765^{ns}	1,5958^{ns}	13,3676^{ns}
Bloco (Cultivar)	8	43,4868^{ns}	7,3652^{ns}	46,7705*	4,4841*	52,7896*
erro	88	24,9954	4,0644	19,1476	1,6967	12,2094
CV (%)		17,78	15,13	12,62	10,63	5,01

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.
^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.
FV: fontes de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação; ALT: altura da planta (cm); DIA: diâmetro do colo (mm); CPRP: crescimento do primeiro ramo plagiotrópico (cm); NRP: número de ramos plagiotrópicos; SPAD: índice de clorofila;

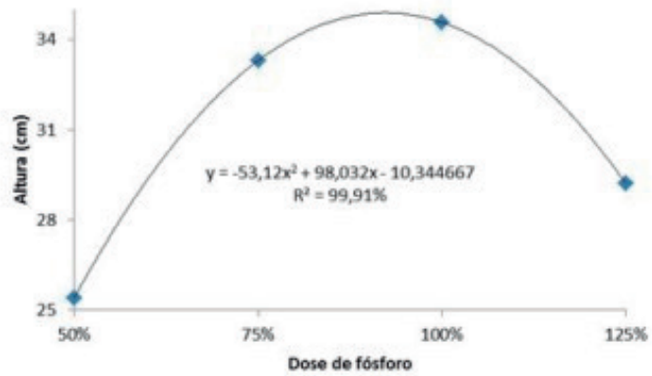


FIGURA 1 - Altura da progênie 1189-12-52-2 em função de diferentes doses de P_2O_5.

Este resultado contraria os resultados encontrados por Melo et al. (2003), que, trabalhando em casa de vegetação com mudas de cafeeiro em tubetes sob diferentes substratos, fontes e doses de P_2O_5, observaram diminuição na altura dos cafeeiros, em função do aumento nas doses para os dois substratos utilizados e para as duas fontes fosfatadas utilizadas: superfosfato simples e termofosfato magnesiano. Todavia, Clemente et al. (2008), em trabalho com faixas críticas de macronutrientes, em vasos em pós plantio e primeiro ano com a cultivar *Topázio MG 1190*, encontraram para a característica altura de plantas de cafeeiro o mesmo comportamento deste ensaio, ou seja, em torno de 100% da adubação utilizada. Os cafeeiros apresentaram crescimento máximo em altura e logo após isso (adubações mais elevadas), houve decréscimo na mesma, provavelmente, causada por um desequilíbrio nutricional.

A cultivar *Paraíso MG H419-1* apresentou comportamento linear de resposta no crescimento do primeiro ramo plagiotrópico, em função do aumento nas doses de P_2O_5 fornecidas, via adubação no solo, decrescendo 0,13cm em crescimento para cada 1% de incremento na dose de P_2O_5, conforme mostrado na Figura 2.

Clemente et al. (2008) encontraram comportamento oposto na cultivar *Topázio MG 1190*, em ensaio em casa de vegetação e houve aumento no crescimento do ramo plagiotrópico com aumento nas doses de nutrientes. Uma possível causa dessa diminuição do crescimento do primeiro ramo plagiotrópico seriam efeitos iônicos de inibição ou antagonismo entre os vários nutrientes utilizados no experimento, como exemplo, entre o K e o Ca (advindo do superfosfato simples) e suas influências na Lei do Mínimo, desequilibrando-a.

O índice de clorofila (SPAD) foi estudado somente ao nível de cultivares, conforme está mostrado na Tabela 5.

Com a aplicação do teste de médias, houve a formação de três grupos de cultivares, onde a progênie 1189-12-52-2 e a cultivar *Topázio MG 1190* apresentaram médias iguais entre si e superiores em relação as duas demais e a Pau Brasil MG1 apresentou média inferior a todas as demais. Reis et al. (2006), em um ensaio em uma lavoura com a cultivar *Catuaí Vermelho* com cinco anos de idade, verificou que houve aumento no índice de clorofila SPAD e no teor foliar de nitrogênio em função do aumento na adubação nitrogenada, apresentando comportamento linear de resposta. Resultado semelhante foi encontrado por Godoy et al. (2008), em uma lavoura fertirrigada em primeira safra (dois anos) com a cultivar *Catuaí Vermelho IAC 81*, onde o índice clorofila SPAD e a produtividade da lavoura aumentou em função do aumento na adubação nitrogenada.

O resumo da análise de variância das análises foliares das cultivares é apresentado na Tabela 6.

Conforme, também, aconteceu com as características vegetativas avaliadas em campo, a interação tripla (cultivar x nutriente x dose) não foi significativa, porém foi feito o desdobramento da mesma. Somente houve significância no teste F para o fator cultivar, no teor foliar de K.

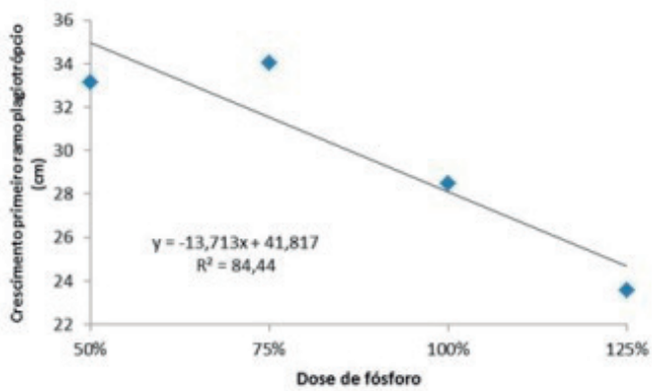


FIGURA 2 - Crescimento do primeiro ramo plagiotrópico da cultivar Paraíso *MG H419-1*em função de diferentes doses de P_2O_5.

TABELA 5 - Valores médios de índice de clorofila (SPAD) de diferentes cultivares de cafeeiro. Fazenda Experimental da EPAMIG de São Sebastião do Paraíso - MG

Cultivares	Médias
1189-12-52-2	73,13 a
Pau Brasil MG1	64,95 c
Paraíso MG H419-1	68,55 b
Topázio MG 1190	72,08 a

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

TABELA 6 - Resumo da análise de variância dos teores foliares de N, P e K. Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da EPAMIG, Lavras - MG.

		Nf	Pf	Kf
FV	GL	Quadrado Médio		
Cultivar (C)	3	0,1018^{ns}	0,0080^{ns}	1,1240*
Nutriente (N)	2	0,0567^{ns}	0,0092^{ns}	0,0188^{ns}
Dose (D)	3	0,1200^{ns}	0,0046^{ns}	0,0343^{ns}
C*N	6	0,2279^{ns}	0,0135^{ns}	0,0944^{ns}
C*D	9	0,1617^{ns}	0,0099^{ns}	0,0306^{ns}
N*D	6	0,0763^{ns}	0,0062^{ns}	0,0195^{ns}
C*N*D	18	0,1390^{ns}	0,0087^{ns}	0,0378^{ns}
Bloco (Cultivar)	4	0,1630^{ns}	0,0110^{ns}	0,0759^{ns}
erro	44	0,1236	0,0087	0,0408
CV (%)		11,60	56,89	6,86

Legenda: *: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.
^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.
Nf: teor foliar de nitrogênio (dag/kg); Pf: teor foliar de fósforo (dag/kg);
Kf: teor foliar de potássio (dag/kg).

Na cultivar Topázio MG 1190, o teor foliar de N apresentou comportamento quadrático de resposta, em função do aumento nas doses de N fornecidas, via adubação no solo, atingindo um ponto máximo de 3,5 dag.kg^{-1} na dose de 84% de N, conforme mostrado na Figura 3. Clemente et al. (2008), em trabalho com faixas críticas de macronutrientes em vasos em pós plantio e primeiro ano, também, com a cultivar *Topázio MG 1190*, chegaram a valores de faixa crítica para o nitrogênio na folha que variaram de 1,92 dag.kg^{-1} a 2,31 dag.kg^{-1}, sendo estes valores bem superiores ao encontrado para o valor mínimo do experimento, que foi na dose de 125% de N, refletindo 2,53 dag.kg^{-1} de N na folha. Sobreira et al. (2011), trabalhando com cafeeiros jovens fertirrigados em campo da cultivar *Catiguá MG3*, encontraram para condições de quatro parcelamentos nas adubações com N e K, valores para o teor foliar de N que variaram no mês de maio de 2,17 dag.kg^{-1}a 2,5 dag.kg^{-1}(sem diferenças estatísticas entre si), com relação ao aumento nas doses que refletiam os tratamentos utilizados no referido ensaio. Gontijo, Carvalho e Guimarães(2007), em trabalho com mudas de saquinho, encontraram valores de faixa crítica para o nitrogênio que variaram entre 2,57 dag.kg^{-1} a 2,78 dag.kg^{-1}. Gonçalves et al. (2009) trabalhando com mudas em tubetes sob diferentes doses de adubação do substrato encontraram valores de faixa crítica para o nitrogênio que variaram de 2,26 dag.kg^{-1} a 2,62 dag.kg^{-1}.

Na mesma cultivar *Topázio MG 1190*, o teor foliar de P apresentou comportamento quadrático de resposta, em função do aumento nas doses de P_2O_5 fornecidas, via adubação no solo, atingindo um ponto mínimo de 0,1 dag.kg^{-1} na dose de 73% de P_2O_5, conforme mostrado na Figura 4. Clemente et al. (2008), em trabalho com faixas críticas de macronutrientes em vasos em pós - plantio e primeiro ano, também, com a cultivar *Topázio MG 1190*, chegou a valores de faixa crítica para o fósforo na folha que variaram de 0,11 dag.kg^{-1} à 0,12 dag.kg^{-1}, bem próximos do ponto mínimo encontrado no experimento, que foi de 0,1 dag.kg^{-1}. Gontijo, Carvalho e Guimarães (2007) encontraram valores de faixa crítica em mudas de saquinho que variaram de 0,33 dag.kg^{-1} a 0,38 dag.kg^{-1}. Gonçalves et al. (2009) trabalhando com mudas em tubetes sob diferentes doses de adubação do substrato encontraram valores de faixa crítica para o fósforo que variaram de 0,22 dag.kg^{-1} a 0,25 dag.kg^{-1}.

Num contexto geral, a progênie 1189-12-52-2 se mostrou mais exigente em nutrição fosfatada, visto que houve resposta em altura para aumento na dose de P_2O_5. Já na cultivar *Paraíso MG H419-1*, o comportamento de queda linear no crescimento do primeiro ramo plagiotrópico, em função do aumento nas doses de P_2O_5, também, permite dizer que, para as condições do experimento, a menor dose recomendada (50%) é a mais indicada.

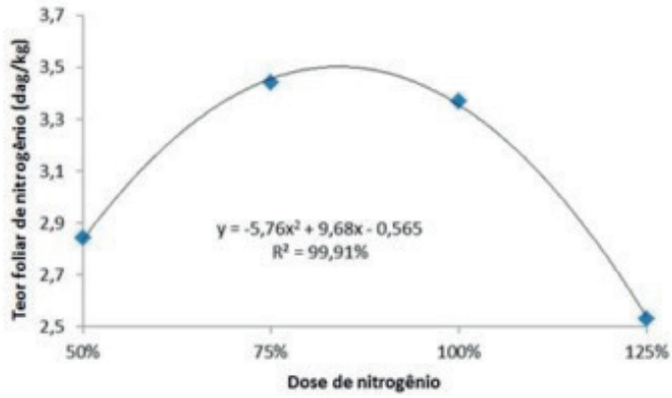


FIGURA 3 - Teor foliar de nitrogênio da cultivar *Topázio MG 1190* em função dediferentes doses de N.

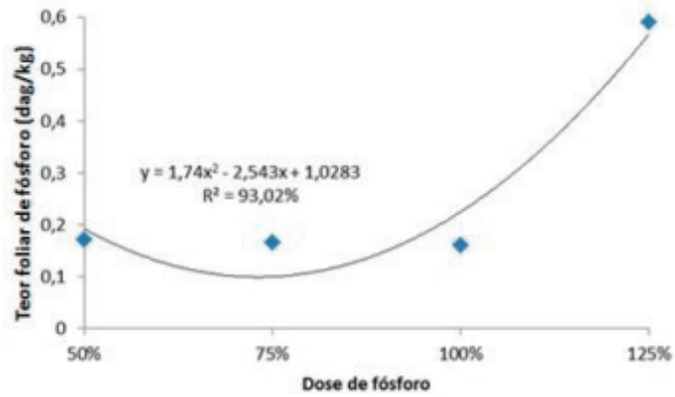


FIGURA 4 - Teor foliar de fósforo da cultivar *Topázio MG 1190* em função de diferentes doses de P_2O_5

A cultivar *Topázio MG 1190* mostrou-se mais eficiente em assimilar o nitrogênio e o fósforo aplicados via adubação de solo, devido ao teor foliar dos mesmos, onde o nitrogênio foliar sobe até determinadas doses de adubação nitrogenada e para o fósforo foliar a tendência é de aumento em função do aumento na adubação fosfatada.

Segundo Clemente et al. (2008), a dose ideal para o primeiro ano de formação da lavoura está entre 71 e 112% da adubação-padrão recomendada para macronutrientes. Em trabalhos com cafeeiros irrigados (NAZARENO et al., 2003), o aumento nas doses de N e K_2O não tem resultado em maior desenvolvimento das plantas, na fase inicial e produtiva do cultivo, tendo-se observado, inclusive, possíveis reduções. É provável que a maior umidade do solo nos sistemas irrigados aumente a eficiência na nutrição desses cultivos, pois, segundo Sobreira (2010), a adequada disponibilidade de água no solo favorece amplamente a absorção de nutrientes e aumenta diretamente o fluxo de massa (N e K) e difusão (K) de solutos até a raiz.

Redução na dose recomendada também foi relatada em trabalhos com adubação líquida, para cultivos em sequeiro. Fagundes (2006) mostrou que, para a fase de cobertura pós-plantio, a adubação via líquida permite reduzir em 50% a dose proposta por Guimarães et al. (1999). Rezende et al. (2010) avaliaram diferentes doses de NPK para cafeeiros fertirrigados em fase de formação, com uso da dose-padrão proposta por Matiello et al. (2005) para o cultivo em sequeiro, e não puderam constatar uma tendência comum quanto à dose mais adequada ao cultivo fertirrigado.

Sobreira et al. (2011) mostraram que a adubação de N e K_2O do cafeeiro fertirrigado em formação na região de Lavras – MG (1º e 2º anos pós - plantio) pode ser 30% inferior à recomendada por Guimarães et al. (1999) para o cultivo em sequeiro.

Há a necessidade de mais estudos entre diferentes cultivares de cafeeiro (principalmente entre as cultivares mais novas no mercado) e a influência sobre elas de diferentes padrões de nutrição mineral, pois são poucos os relatos na literatura, sobremaneira para condições de lavouras novas.

4 CONCLUSÕES

Em solos corrigidos e com bom teor de matéria orgânica cafeeiros recém plantados em campo apresentam baixa demanda inicial dos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio.

Em cafeeiro até idade de um ano, não há resposta linear no crescimento vegetativo com o aumento de doses de macronutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio.

5 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, à Fapemig e ao Consórcio Pesquisa Café/Embrapa pelo apoio financeiro para condução do projeto de pesquisa e à CAPES pela bolsa de mestrado ao primeiro autor.

6 REFERÊNCIAS

ALCANTARA, 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, dez.2000.

ARAÚJO-JUNIOR, C. F. **Capacidade de suporte de carga de um latossolo após três décadas de diferentes manejos de plantas invasoras em uma lavoura cafeeira**. 2010. 158 p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

BRAGANÇA, S. M.et al. Resposta do cafeeiro conilon à adubação de npk em sistema de plantio adensado. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 67-75, jun. 2009.

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.

FAGUNDES, A. V. **Adubação líquida na implantação da lavoura cafeeira (*Coffea arabica* L.)**. 2006. 54 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

FARNEZI, M.M.M.; SILVA, E.B.; GUIMARÃES, P.T.G. Diagnose nutricional de cafeeiros da região do Alto Jequitinhonha (MG): normas DRIS e faixas críticas de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 969-978, 2009.

FERREIRA, A. D. et al. Absorção, translocação e eficiência no uso dos macronutrientes em cafeeiros (*Coffea arabica*) enxertados em Apoatã IAC 2258 (*Coffea canephora*). **Interciencia**, Caracas, v. 35, p. 1-5, 2010.

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

FIGUEIREDO, F.C.et al. Eficiência da adubação com NPK na produção de cafezais adensados na região sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v.1, p.135-142, 2006.

GABELMAN, W. H.; GERLOFF, G.C. The search for and interpretation of genetic controls that enhance plant growth under deficiency levels of a macronutrient. **Plant and Soil**, The Hague, v. 72, p. 335-350, 1983.

GODOY, L. J. G. de et al. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado**. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 217-226, 2008.

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, jun.2009.

GONTIJO, R. A. N.; CARVALHO, J. G.; GUIMARAES, R. J. Faixas críticas de teores foliares de micronutrientes em mudas de cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, p. 135-141, 2007.

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

LAVIOLA, B. G. et al. Dinâmica de cálcio em folhas e frutosde cafeeiro arábico em três níveis de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 31, p. 319-329,2007.

MAGALHÃES, J.C.A.J.; SAMPAIO, J.B.R.; SILVA, J.E. da. Adubação de manutenção de cafezais em solos de Cerrado. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-1985**. Planaltina, 1987. p.346-349.

MALAVOLTA, E. **Nutrientes e nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210p.

MATIELLO, J.B. et al. **Cultura de café no Brasil:** novo manual de recomendações. 2.ed., rev. e ampl. Rio de Janeiro: MAPA; Procafé, 2005. 438p.

MELO, B. et al. Substratos, fontes e doses de P_2O_5 na produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 35-44, maio/ago. 2003.

NAZARENO, R.B.et al. Crescimento inicial do cafeeiro 'Rubi' em resposta a doses de nitrogênio, fósforo e potássio e a regimes hídricos**. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, p.903-910, 2003.

PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; ANDROCIOLI FILHO, A. Produção de café em função da densidade de plantio, adubação e tratamento fitossanitário. **Turrialba**, San José, v.44, p.227-231, 1994.

REIS, A.R. et al. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 163-171, 2006.

REZENDE, R. et al. Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro em diferentes regimes hídricos e dosagens de fertirrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, p.447-458, 2010.

SOBREIRA, F. M. **Adubação do cafeeiro fertirrigado em fase de formação no sul de Minas Gerais**. 2010. 104 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

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, p.9-16, 2011.

CERTIFICA MINAS CAFÉ: UM NOVO PARADIGMA DA ATUAÇÃO DO ESTADO NA PROTEÇÃO AMBIENTAL?

Claudio Vieira Castro[1], Eduardo Gomes Salgado[2], Luiz Alberto Beijo[3]

(Recebido: 08 de dezembro de 2016; aceito: 08 de março de 2017)

RESUMO: O programa Certifica Minas Café (CMC) é uma iniciativa do governo do Estado de Minas Gerais para a certificação de propriedades cafeeiras. É o único programa de certificação de lavoura de café promovido pelo Poder Público. Esta pesquisa abordou um dos desafios do programa: lidar com as não conformidades encontradas nas auditorias e que possam representar o descumprimento de obrigações legais, pois os auditores do CMC possuem também atribuições de fiscalização da utilização de agrotóxicos. A pesquisa teve acesso a 570 relatórios de auditorias realizadas pelo programa no ano de 2015, tomando-se uma amostra de 230. Dos relatórios foram extraídos os dados referentes a seis requisitos da certificação, associados aos agrotóxicos. Adicionalmente, foram realizadas entrevistas com o gestor do programa e examinados os procedimentos e formulários da certificação. A maior contribuição desta pesquisa é apresentar e discutir a hipótese de que a certificação pública de propriedades e de produtos agrícolas pode ser considerada como um novo paradigma da atuação do Estado na proteção ambiental. O modo de atuação estatal na certificação não se enquadra nos paradigmas anteriores e proporciona resultados importantes no atendimento aos parâmetros técnicos e legais desejados, permitindo sugerir que sua utilização seja ampliada para outros setores, além da cafeicultura.

Termos para indexação: Certificação, café, educação ambiental, legislação ambiental.

CERTIFICA MINAS CAFÉ: A NEW PARADIGM OF THE STATE IN ENVIRONMENTAL PROTECTION?

ABSTRACT: *The Certifica Minas Café program (CMC) is an initiative of the government of the State of Minas Gerais for the certification of coffee farms. It is the only coffee certification program promoted by the Government. This research addressed one of the program's challenges: to deal with the nonconformities found in the audits and that may represent the noncompliance with legal obligations, since the auditors of the CMC also have attributions of inspection of the use of agrochemicals. The survey had access to 570 audit reports conducted by the program in the year 2015, and randomly a sample of 230 was taken. From the reports were extracted data on six certification requirements associated with agrochemicals. In addition, interviews were conducted with the program manager and the procedures and certification forms were examined. The main contribution of this research is to propose and discuss the hypothesis that the public certification of farms and agricultural products can be considered as a new paradigm of the State's action in environmental protection. The government's mode of operation in certification does not fit the previous paradigms and provides important results in meeting the desired technical and legal parameters, allowing to suggest that its use be extended to other sectors, in addition to coffee growing.*

Index terms: *Certification, coffee, environmental education, environmental law.*

1 INTRODUÇÃO

As certificações agrícolas têm suas origens históricas na Europa e nos Estados Unidos, relacionadas às demandas de consumidores interessados em conhecer e diferenciar produtos, afastando riscos de contaminações ou o consumo de produtos de origem desconhecida (CANTO, 2011; MILDER et al., 2015). Algumas das certificações surgem como um mecanismo que visa ao desenvolvimento sustentável, em detrimento de sistemas de produção degradadores. No entanto, se a certificação promove a diferenciação de produtos e produtores, exsurge principalmente como um instrumento econômico, baseado e dirigido ao mercado. Por isso se espera que as certificações sejam marcadas pela independência entre quem estabelece os seus padrões e quem verifica o cumprimento de tais padrões (PINTO; PRADA, 2008).

Se nas certificações privadas a prevalência de interesses econômicos coloca sob suspeita as decisões tomadas, nas certificações promovidas pelo Poder Público este aspecto pode ser considerado como ação ilícita. Mas há ainda outro tipo de desafio: lidar com a preservação da confidencialidade dos dados gerados pelas auditorias, em contraposição ao poder-dever estatal de agir no interesse da coletividade. Afinal, enquanto na esfera privada o detentor de direitos é quem define se quer ou não exercitá-lo, no âmbito público o agir é um direito irrenunciável e, por consequência, deve ser obrigatoriamente exercido (CARVALHO FILHO, 2005).

[1,2,3]Universidade Federal de Alfenas/UNIFAL - Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700 - 37.130-001 - Alfenas - MG - claudio@vieiracastro.com.br, eduardosalgado@unifal-mg.edu.br, prof.beijo@gmail.com

O Governo de Minas Gerais instituiu, a partir de 2006, o Programa Certifica Minas Café - CMC, voltado para a certificação de lavouras cafeeiras no Estado, visto que é o maior produtor de café no Brasil (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2016). É o único programa no Brasil de certificação de café proposto pelo Poder Público, em detrimento das demais certificações existentes no país, todas elas privadas (PRADO, 2014). O CMC foi criado inicialmente como uma resposta à necessidade de inserção competitiva da produção do café mineiro nos mercados internacionais e de uma avaliação de que nos anos 90 a cafeicultura em Minas Gerais tinha apresentado resultados decepcionantes, em consequência de políticas internas ineficazes e do acirramento da competição no mercado internacional (MINAS GERAIS, 2007). Em 2015 o programa já havia certificado 1.487 propriedades no Estado, com área plantada estimada em 74.195 hectares, o que corresponde a 7,36% da área plantada em Minas Gerais (CONAB, 2016; INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA - IMA, 2015). O foco da certificação é o estímulo aos pequenos produtores, responsáveis por 32 por cento da produção de café, sendo especialmente voltado para a agricultura familiar, onde estimula a adoção de práticas agroecológicas, como a redução gradativa do uso de agrotóxicos (MINAS GERAIS, 2016).

Baseado no exposto, este trabalho avaliou o programa Certifica Minas Café por meio do exame das situações de não conformidade identificadas nas auditorias de certificação, para ressaltar como o programa tem lidado com os conflitos de confidencialidade, envolvendo as atribuições dos seus auditores, que são também fiscais públicos, obrigados a agir diante de casos concretos de infração à legislação vigente. Esta pesquisa utilizou-se de dados secundários coletados e em entrevistas com gestores governamentais do Programa Certifica Minas Café. A pesquisa pretendeu explorar situações limites, localizadas nas fronteiras entre a atuação do auditor que também é fiscal, para refletir sobre a confidencialidade e a legalidade, verificando como a certificação tem respondido a tais situações. Finalmente, a pesquisa trouxe à discussão o uso das certificações públicas como um instrumento de política ambiental, pretendendo sugerir que há um novo paradigma da atuação do Estado, à medida em que propõe ações de educação ambiental, em detrimento da atuação baseada em comando e controle ou baseada em instrumentos econômicos, sustentados pelos princípios do poluidor-pagador ou do protetor-recebedor.

Poder-dever do Estado e os instrumentos de políticas públicas ambientais

O Estado, na concepção de ente com personalidade jurídica, é dotado de poderes e funções, destinados a realizar seus fins. Diferentemente do que ocorre no âmbito das relações privadas, os poderes do Estado são marcados pela irrenunciabilidade e pela obrigatoriedade. É o que Carvalho Filho (2005) vai descrever como sendo o "poder-dever de agir", que restringe a discricionariedade do ente estatal. Isso não quer dizer que toda omissão do Estado possa ser considerada ilegal, mas o autor assevera que é ilegal a omissão que se dá diante da expressa imposição da lei. Assim, quando a lei dispõe que o Estado deva agir de determinado modo, não cabe ao agente do Estado a prerrogativa de deixar de agir. Se assim o faz, destaca o autor, a omissão ilícita pode resultar na responsabilização do agente que a pratica, nas esferas cível, penal e administrativa, podendo resultar ainda na conduta qualificada como improbidade administrativa.

O artigo 37 da Constituição Federal cita a legalidade e a eficiência como princípios a que deve se sujeitar a administração pública (BRASIL, 1988). O princípio da legalidade subordina a administração pública à lei, devendo a ação estatal ser por ela limitada; o segundo princípio impõe que os resultados obtidos pela administração concretizem o maior número possível de efeitos positivos, considerando a relação custo-benefício e a excelência na aplicação dos recursos disponíveis (CARVALHO, 2006). Conforme o ensino de Di Pietro (2012) a eficiência é o mais moderno princípio da função administrativa, mas em nenhuma hipótese deve se sobrepor à legalidade, devendo a eficiência desejada ser alcançada sob o amparo do ordenamento legal vigente, "sob pena de sérios riscos à segurança jurídica e do próprio Estado de Direito".

A doutrina cita ainda o Princípio da Obrigatoriedade da Intervenção do Poder Público, que adentrou no ordenamento jurídico brasileiro através de instrumentos internacionais firmados pelo Brasil. De acordo com este princípio, o Estado não é o proprietário dos bens ambientais, mas age como um gestor e nesta condição deve explicar convincentemente a sua gestão (MACHADO, 2003). A visão da doutrina acerca da atuação estatal tem sido acompanhada pelos tribunais nas questões ambientais que chegam à apreciação do Poder Judiciário, para quem a atividade poluidora deve ser objeto da pronta intervenção do Estado.

Por isso o Princípio da Obrigatoriedade da Intervenção impõe ao Estado a intervenção na esfera dos direitos individuais, para assegurar o direito coletivo da tutela ambiental (BRASIL, 2012).

Almeida (1997) analisou os debates no Brasil sobre os instrumentos de política ambiental e a centralidade de tais políticas nos instrumentos de regulação direta denominados como "comando e controle", e que se baseiam na imposição de padrões e na obrigatoriedade de seu cumprimento, sob pena da aplicação de sanções. A autora apontou como vantagem das estratégias de comando e controle a "elevada eficácia ecológica", embora tenha destacado que as diferenças entre os agentes poluidores tornam injusta a aplicação deste instrumento. Além disso, em desfavor do comando e controle incluiu os custos administrativos na organização dos mecanismos de fiscalização, a possibilidade da influência de grupos de interesse e o desencorajamento de aprimoramento tecnológicos, à medida que o padrão do comando é atingido.

Emergem da constatação da ineficiência dos instrumentos de comando e controle os denominados instrumentos econômicos, que visam complementar a abordagem restrita anterior e ao mesmo tempo melhorar o desempenho da gestão ambiental (FARIAS, 2001). A expectativa é de que o uso dos instrumentos econômicos auxilie na promoção do desenvolvimento sustentável, apesar das limitações de sua aplicação e da possibilidade do desvio de suas finalidades para servir mais à geração de receitas do que propriamente ao incentivo à alteração de comportamentos (PANAYOTOU, 1994). Alguns desses instrumentos econômicos já adentraram no ordenamento jurídico brasileiro há algum tempo. Um exemplo é a cobrança pelo uso de recursos hídricos, prevista na Lei que instituiu a política nacional (BRASIL, 1997), e trouxe em seu bojo mecanismo de taxação pelo uso dos recursos. Outro exemplo, mais recente, é o fornecimento de incentivos econômicos e creditícios diferenciados para as iniciativas que sejam consideradas menos impactantes ao meio ambiente, previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). De fato, os instrumentos econômicos divergem das iniciativas de comando e controle e seguramente resolvem o problema dos custos administrativos, o que, *a priori*, pode justificar a sua aplicação e disseminação nas políticas ambientais do Estado

O papel do IMA na gestão de agrotóxicos em Minas Gerais

O Brasil é o líder mundial no uso de agrotóxicos, posição que ocupa desde 2008, sendo que o uso na cafeicultura é prática comum (FARIA; RODRIGUES DA ROSA; FACCHINI, 2009; GOMES; BARIZON, 2014; MELLO; SILVA, 2013; PREZA; AUGUSTO, 2012). A Índia ocupa o segundo lugar no *ranking* mundial (SAM et al., 2008). A primeira legislação brasileira sobre o assunto foi o Decreto 24.114, do ano de 1934, que concentrava as obrigações nesta seara em âmbito Federal. O Decreto previa negociação entre o Ministério da Agricultura e o Ministério da Fazenda para reduzir as taxas de importação dos produtos, mediante a concessão de favores e vantagens aduaneiras. A fiscalização era atribuição do Serviço de Defesa Sanitária Vegetal (BRASIL, 1934). Somente em 1989 o tema voltou a ser objeto de nova legislação, sendo que durante esses 55 anos os agrotóxicos foram disciplinados através de portarias dos ministérios da Saúde e da Agricultura. A Lei Federal 7802, de 1989 (BRASIL, 1989), atribuiu aos estados e municípios as atividades fundamentais de controle de importações e exportações, registro, fiscalização, comercialização e utilização de agrotóxicos.

O Instituto Mineiro de Agropecuária – IMA foi criado em 1992 pela Lei Estadual 10.594 e tem a natureza jurídica de autarquia, vinculada à Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Atua no planejamento, coordenação, execução e fiscalização de diversos programas e atividades relacionados ao meio rural. A lei atribui aos servidores do IMA poderes de fiscalização, que incluem o livre acesso, em qualquer dia e horário, aos locais exigidos à execução de suas atividades. No exercício da fiscalização, a lei autoriza aos fiscais do IMA o apoio de outros órgãos governamentais e requisitar o auxílio de órgãos policiais, se necessário ao pleno exercício de suas atribuições (MINAS GERAIS, 1992).

Quanto ao escopo de sua atuação, para os fins desta pesquisa importa destacar que possui a atribuição específica de atuar no controle e fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, bem como de seus resíduos e embalagens, conforme o artigo 19, da Lei Estadual 10.545 (MINAS GERAIS, 1991). Todos os agrotóxicos utilizados no Estado devem ser devidamente aprovados e registrados pelo IMA (IMA, 2004).

Também é sua atribuição o registro de todos os estabelecimentos que armazenam, comercializam e expõem agrotóxicos e dão destinação às embalagens vazias (IMA, 2007).

Os agrotóxicos e afins são definidos pela legislação da seguinte forma (MINAS GERAIS, 1991):

[...] os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e no beneficiamento dos produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou implantadas, de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos (MINAS GERAIS, 1991, p. 3).

A venda de tais produtos, segundo as normas vigentes, somente pode ocorrer mediante receituário próprio, expedido por profissional legalmente habilitado. Os empregadores devem, obrigatoriamente, fornecer equipamentos adequados à proteção da saúde dos trabalhadores que manuseiem tais produtos, bem como equipamentos adequados para a aplicação. As embalagens não podem ser reutilizadas, devendo ser inutilizadas pelo usuário, realizando a tríplice lavagem das mesmas e devolvidas, em até um ano, ao estabelecimento comercial em que foram adquiridas. Todas essas condutas são consideradas infrações à legislação, sujeitando os infratores às punições previstas, que incluem restrições à liberdade (reclusão de 2 a 4 anos), aplicação de multas e outras penalidades administrativas de advertência, interdições, destruição de produtos, culturas e alimentos que tenham sido tratados de modo inadequado (MINAS GERAIS, 2000a).

O papel do IMA na Certificação do café

O programa Certifica Minas Café está diretamente vinculado à Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – SEAPA, órgão da administração direta, pertencente ao Poder Executivo do Estado, responsável pela coordenação, apoio logístico e financeiro do programa. A assistência técnica aos produtores rurais selecionados para participar do CMC está à cargo da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais – EMATER, empresa pública também pertencente à administração indireta. A EMATER trabalha diretamente com o produtor na adequação das propriedades aos requisitos da certificação, sendo responsável também pela divulgação do programa. Realiza ainda a seleção das propriedades que considera aprovadas para se submeterem à auditoria de certificação. O Instituto Mineiro de Agropecuária – IMA, autarquia pertencente à administração indireta do Estado e vinculada à SEAPA tem a função de atuar como organismo de avaliação da conformidade das propriedades. Para tanto, realiza as auditorias de certificação e emite os certificados e autorizações para uso dos selos do programa (MINAS GERAIS, 2009).

A atuação dos entes estatais na certificação do café remete ao Decreto Estadual 41.475, de 19 de dezembro de 2000, que consolidou as disposições do Programa de Incentivo à Certificação de Origem e Qualidade do café - CERTICAFÉ, criado em 1996. Foi este o instrumento normativo que designou ao conselho executivo do programa a atribuição de estabelecer as especificações de padrões do café das regiões produtoras no Estado e acrescentou às atribuições da SEAPA a promoção e o incentivo ao "desenvolvimento de sistemas de produção e cultivo do café, destinado à certificação" (MINAS GERAIS, 2000b, p. 3). As regras gerais da certificação, por sua vez, se consubstanciam em um conjunto de normas, procedimentos e contratos que vinculam as partes envolvidas, inclusive a atuação dos entes estatais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa contou com os dados de 570 auditorias de verificação da conformidade em propriedades cafeeiras do Sul de Minas Gerais, realizadas no ano de 2015 pelo IMA. Com base nesta população disponível, realizou-se o cálculo da amostra mediante amostragem aleatória simples, com a seguinte fórmula (SANTOS, 2016):

$$n = \frac{N.Z^2.p.(1-p)}{Z^2.p.(1-p) + e^2.(N-1)}$$

Sendo,

n = amostra calculada

N = população

Z = variável normal padronizada associada ao nível de confiança

p = verdadeira probabilidade do evento

e = erro amostral

Assim, a aplicação do cálculo resultou numa amostra de 230 relatórios de auditorias realizadas em 2015. Os relatórios foram sorteados na população disponível por meio do software BioEstat (AYRES et al., 2007). Dos relatórios sorteados foram obtidos os percentuais de não conformidades em cada requisito de certificação.

A escolha dos requisitos de certificação que foram utilizados nesta pesquisa resultou da aplicação de três filtros. Primeiro, todos os requisitos considerados obrigatórios foram descartados, pois o seu descumprimento implica na perda da certificação e esta pesquisa quis observar a permanência das propriedades e os prováveis efeitos desta permanência no atendimento aos requisitos. Em seguida, o filtro considerou apenas os casos onde foram identificadas não conformidades à norma CMC. Finalmente, considerando os objetivos dessa pesquisa, o terceiro filtro relacionou apenas os requisitos com não conformidades relacionadas aos agrotóxicos, em função das atribuições legais do IMA na fiscalização do setor. Como resultado da aplicação dos três filtros, obteve-se a lista de seis requisitos, cuja descrição e critérios de cumprimento estão na Tabela 1.

A pesquisa analisou ainda os documentos da certificação fornecidos pelo IMA (estes documentos são públicos, porém não se encontram publicados), que foram utilizados nas discussões, especialmente quanto aos aspectos relacionados à confidencialidade. Obteve-se também três *check-list* de verificação da conformidade do CMC, utilizados no ano de 2012, no período de 2013 a 2015 e o que passou a vigorar no ano de 2016. Estes documentos foram comparados para analisar como os requisitos da certificação estão evoluindo. Finalmente, foi realizada entrevista semiestruturada, de caráter exploratório, com o gestor do programa CMC, em novembro de 2015, na sede do IMA, mediante gravação autorizada e posteriormente transcrita na parte relacionada ao objeto desta pesquisa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro aspecto a ser evidenciado nesta pesquisa é que existem não conformidades legais constatadas nas auditorias de certificação realizadas pelo IMA nas propriedades participantes do CMC, conforme está na Figura 1.

Os itens de 1 a 6 reproduzidos na Figura 1 são aqueles descritos na Tabela 1. O maior número de não conformidades legais ocorre nas atividades de treinamento dos trabalhadores (item 1), sendo que na certificação é exigida a apresentação de certificados de conclusão ou lista de presença nos treinamentos. A aquisição de agrotóxicos mediante receituário agronômico (item 2) deve ser evidenciada pela apresentação do receituário de todos os agrotóxicos adquiridos, porém as auditorias constataram casos de não apresentação dos receituários em todos ou em parte dos agrotóxicos adquiridos. No caso da devolução das embalagens vazias, cuja legislação determina que seja feita no prazo de um ano após a compra (item 3), das propriedades que não atendiam ao requisito, oito não devolviam as embalagens, cinco não possuíam as notas fiscais da devolução e em uma propriedade foi constatada a reutilização das embalagens, sendo todas estas práticas vedadas pela lei. O uso de EPI (item 4) é evidenciado na certificação através da realização de entrevistas com aplicadores e também pela verificação visual das condições de uso dos equipamentos, mas nas auditorias se constatou em todos os casos o uso de luvas inadequadas e em um caso a utilização de máscaras inadequadas.

TABELA 1 - Requisitos do CMC com obrigações legais relacionadas a agrotóxicos

Requisito do Programa CMC	Previsão legal
Os aplicadores de agrotóxicos devem ser treinados.	Itens 31.8.7 e 31.8.8, NR 31 do MTb.
Agrotóxicos adquiridos devem ter receituário agronômico.	Artigo 8º, da Lei Estadual 10.545/91
As embalagens vazias de agrotóxicos devem ser devolvidas.	Artigo 6º, § 2º, Lei Federal 7.802/89
A utilização de EPI é obrigatória e devem estar em condições adequadas de uso.	Artigo 10, VI, Lei Estadual 10.545/91
Os períodos de reentrada devem ser obedecidos.	Item 31.8.5, da NR 31, do MTb.
Agroquímicos não podem ser manuseados em locais com risco de contaminar água.	Artigo 12, da Lei Estadual 10.545/91

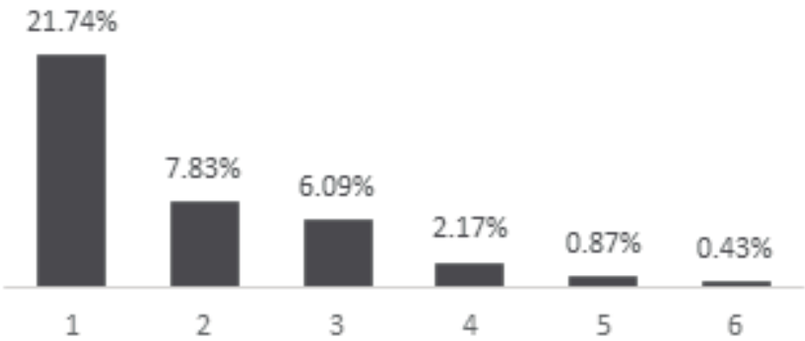


FIGURA 1 -Não conformidades em auditorias CMC relacionadas a agrotóxicos

Quanto à observância dos períodos de reentrada (item 5) as não conformidades foram apontadas em apenas duas propriedades, pertencentes ao mesmo proprietário, onde não havia sinalização das áreas de aplicação de agrotóxicos. A vedação do manuseio de agrotóxicos em áreas onde possa ocorrer a contaminação de fontes de água (item 6) ocorreu em apenas um caso, onde se constatou o transbordamento da caixa de contenção dos produtos.

O segundo resultado a ser destacado é que, embora a atuação do IMA como organismo certificador do CMC tenha sido adotada apenas a partir de março de 2015, desde o início do programa o órgão realiza auditorias internas em 100% das propriedades participantes. Assim, exsurge dos dados coletados nesta pesquisa a comprovação de que, desde o início, os servidores da autarquia estatal, no exercício das atividades de auditoria, têm se deparado com as situações de não conformidade associadas a requisitos legais. O problema é que compete ao IMA, por obrigação legal, exercer a fiscalização e o controle de toda a cadeia envolvendo a produção, a comercialização e a utilização de agrotóxicos no Estado de Minas Gerais. Portanto, de um lado está a lei, com as obrigações devidamente estabelecidas, mediante poder de polícia atribuído ao IMA; de outro lado, não obstante a soberania da lei, estão os documentos da certificação, onde o IMA assume o compromisso expresso de atuar sem autuar, ofertando aos produtores a possibilidade de implementar ações corretivas das não conformidades apontadas nas auditorias. É provável que este compromisso, expresso na forma de contrato, seja declarado ilegal, à medida em que afronta a legislação que atribui ao IMA a função fiscalizadora.

Em novembro de 2015 foi realizada entrevista com gestor do programa no IMA, na sede da autarquia, em Belo Horizonte. Por definição do escopo da pesquisa, preservou-se o sigilo do entrevistado. Quando instado a explicar a posição do IMA sobre um provável conflito de atribuições do órgão, o entrevistado salientou o ineditismo da iniciativa, que não foi adotada em nenhum outro Estado brasileiro, ao mesmo tempo em que explicou como o órgão entende esta maneira de atuação:

"O IMA agora não é só uma entidade que vai controlar, que vai punir e que vai fiscalizar. Nós vamos atuar também com certificação. E a certificação tem uma grande vantagem, além de ser algo voluntário: quando você atua com certificação, qualquer desvio daquele padrão não é passível de multa ou punição. É uma não conformidade em que se negocia a forma de correção da mesma. Então não há uma punição imediata ali. O produtor vê aonde ele está errando, qual o desvio que ele está tendo e vai começar a trabalhar na melhor forma de corrigir aquilo. Então ele corrige sabendo a importância de corrigir, porque aquilo é importante para ele e porque aquilo tem que ser feito".

Ao explicar a visão do IMA o entrevistado ressaltou também que este tópico está hoje pacificado nas relações entre o IMA, a EMATER e os produtores. Mas destacou que nem sempre foi assim, exigindo muito treinamento para vencer obstáculos externos e internos:

"Foi o nosso principal desafio. Nós efetuamos todos os treinamentos necessários, mas mesmo com os treinamentos qual era o nosso receio? Estar lidando com pessoas que foram fiscais a vida inteira e a forma de ação é absolutamente diferente, totalmente contrastante".

Na prática, o IMA esclareceu que os contratos e formulários utilizados na certificação trazem regras relacionadas aos eventuais conflitos de interesse e situações de confidencialidade. Mas, além disso, realizam o planejamento das atividades, de tal modo a impedir que o fiscal possa visitar a propriedade em que tenha atuado como auditor e vice-versa, o que ocorre somente em situações extremas, e mesmo nestas situações prevalece a confidencialidade previstas pela certificação. De fato, o IMA forneceu a esta pesquisa acesso ao Termo de Confidencialidade, Conduta e Isenção de Interesses, identificado entre os documentos da certificação com o código F.GEC.041, versão de 21/04/2014, que consigna expressamente o sigilo a que se obriga o auditor, nos seguintes termos:

"Observar absoluto sigilo e a mais rigorosa confidencialidade com relação a todo o trabalho no qual eu estiver envolvido com a empresa auditada e aos assuntos do Programa de Certificação, que possam se tornar de meu conhecimento, não revelando quaisquer informações (exceto para as pessoas designadas na cadeia do processo de certificação, para quem é necessário passar tais informações no decorrer do meu trabalho e que assinaram o termo de confidencialidade, conduta e ética) a não ser que expressamente autorizado para fazê-lo por ela ou em seu nome".

O gestor do IMA entende que é da estrutura do CMC assegurar às partes envolvidas, notadamente o produtor rural, a confidencialidade e a não utilização do banco de informações coletadas para ações de fiscalização e que no atual estágio do programa este objetivo é plenamente alcançado e devidamente acreditado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO

"Por exemplo, o funcionário do IMA que é acostumado a fazer fiscalização quanto ao uso de agrotóxico, quando ele chega na fazenda e ele vê que não há uso de EPI ou o EPI é inadequado, ou que o depósito tem várias restrições, vários problemas, simplesmente ele aponta as não conformidades, não faz qualquer aviso à parte de fiscalização do IMA e não volta lá como fiscal. Isso eu te asseguro, tenho plena certeza de que não acontece. Para mim essa separação é muito bem-feita".

"[...] tanto é que para obter a acreditação junto ao INMETRO que é o representante do *International Acreditation Forum* no Brasil, isso foi um ponto de preocupação para eles: vocês são um órgão fiscal e também atuam com certificação"? "Então me mostrem que vocês são isentos e como vocês separam essas áreas. Daí que nós temos toda essa documentação do sistema de gestão".

A pesquisa teve acesso ainda ao procedimento identificado pelo código PRO. GEC.004, 8ª Revisão, versão de 06/08/2014, que se constitui no mecanismo de gestão da imparcialidade do IMA enquanto organismo de certificação, podendo ser destacados dois itens relevantes para essa discussão, a seguir transcritos:

4.1.3. "A Instituição estabelece como políticas para a distinção entre a certificação de produtos e demais atividades operadas pelo organismo de certificação, inclusive prevenção, avaliação de riscos, gestão e mitigação de conflitos, definindo a competência de todas as áreas de atividade institucional, a saber: certificação, inspeção, indicação geográfica, fiscalização, padronização, vigilância, ensaios analíticos e defesa sanitária, abordando exigências, medidas a serem aplicadas e treinamento. O pessoal envolvido com as atividades no âmbito da certificação isenta-se da prática de outras atividades conflitantes ou que possam colocar em risco a certificação. A política básica norteia-se pela não interferência das demais áreas nas atividades de certificação".

[...] "4.1.5. Todo o pessoal do organismo de certificação que possa influenciar as atividades de certificação age de forma imparcial e não é utilizado em auditorias, inspeções ou tomadas de decisões de certificação para um estabelecimento ou produto onde tenha prestado serviços ou fornecido consultoria".

Há, portanto, a separação de fato entre a atuação dos servidores do IMA como fiscais e como auditores, sendo que as atribuições de auditoria estão consolidadas nos documentos do programa. A priori, a legislação que estabelece a fiscalização ambiental no Estado de Minas Gerais prevê ações de educação ambiental, em detrimento das medidas sancionatórias das ilegalidades. Tanto que o Decreto 44.844, em seu artigo 29ª, estabelece a notificação do infrator para a regularização da situação infracional, se não houver dano ambiental, e se o infrator for agricultor familiar ou em propriedades rurais com até quatro módulos fiscais (MINAS GERAIS, 2008). Mas não há qualquer previsão legal para dar suporte às ações de educação ambiental ocorridas no programa CMC, em substituição às ações de fiscalização, estas previstas pela lei.

O terceiro produto desta pesquisa é a constatação de que a estratégia da certificação apresenta resultados melhores no atendimento de obrigações legais, quando comparado com outros resultados obtidos em pesquisas envolvendo propriedades cafeeiras no Estado de Minas Gerais. A Tabela 2 a seguir apresenta não conformidades apontadas pelas auditorias realizadas no CMC, considerando o intervalo de confiança de 95%, calculado em planilha Excel, elaborada por Herbert (2016).

O treinamento para a aplicação de agrotóxicos é um dos aspectos mais significativos de não conformidades identificadas nas auditorias do CMC. Não foi possível encontrar pesquisa específica realizada em Minas Gerais com os dados de não conformidades no treinamento dos aplicadores em fazendas não certificadas, o que pode ser uma lacuna a ser sanada por trabalhos posteriores. No entanto, é provável que estes resultados sejam expressivos, pois Silva et al. (2016) realizou pesquisa em fazendas de café na região de Caratinga, leste de Minas Gerais, e apontou que 95% dos trabalhadores dessas fazendas nunca haviam passado por qualquer tipo de treinamento voltado para a aplicação de agrotóxicos. Silva et al. (2016) associaram esses resultados ao baixo nível de escolaridade dos trabalhadores e também apontaram outros fatores, tais como o descaso dos empregadores, a falta de incentivos ao treinamento e a falta de apoio do poder público na capacitação.

Nas auditorias do CMC o percentual de não conformidades relacionadas à não utilização de receituário agronômico foi de 7,83%. Este dado é inferior ao encontrado por Abreu (2014), que pesquisou 136 agricultores familiares em 81 propriedades na zona rural do município de Lavras – MG e concluiu que 13% das propriedades adquiriram agrotóxicos sem receituário.

O período de reentrada pode ser definido como sendo o lapso de tempo em que é vedado o acesso de pessoas às áreas que receberam tratamento com agrotóxicos, sem a utilização de EPI. Em apenas 0,87% das propriedades certificadas do CMC houve irregularidades neste aspecto. Por outro lado, Abreu (2014) observou que 96,3% dos agricultores não respeitam os períodos de reentrada. De acordo com Abreu (2014), a maioria dos trabalhadores sequer tinha conhecimento da exigência legal e dos benefícios desta medida na prevenção da saúde de todos os que transitam em áreas onde houve a aplicação de agrotóxicos, ao passo que no CMC as não conformidades foram observadas em apenas duas propriedades.

Quanto à devolução das embalagens vazias de agrotóxicos a amostra desta pesquisa constatou um percentual de 6,09% de não conformidades, enquanto Mello (2011), em pesquisa com propriedades de café em duas cidades do Sul de Minas Gerais, buscando identificar variáveis de importância na ocorrência de sintomas relacionados à exposição de agrotóxicos, apontou 29,4% de casos onde houve a destinação inadequada das embalagens, tais como queima (14,4%), estocagem (5,6%), enterramento (5%), descarte no lixo (2,5%) ou em áreas não cultivadas das propriedades (1,9%).

A utilização de equipamentos de proteção individual – EPI na aplicação de agrotóxicos também apresenta diferença importante entre os dados de não conformidades coletados no CMC, que alcança o percentual de 2,17%, percentual muito inferior ao encontrado por Shimonokomaki e Costa (2016), que indica um percentual de 13% de não conformidades na utilização de EPI nos galpões de armazenamento e manuseio dos produtos.

TABELA 2 - Não conformidades na amostra de propriedades auditadas em 2015.

Requisito da Certificação	Não Conformidades (%)	IC* (95%)
Treinamento dos aplicadores de agrotóxicos	21.74%	16,90% a 27,51%
Aquisição de agrotóxicos com receituário	7.83%	5,01% a 12,03%
Devolução das embalagens vazias de agrotóxicos	6.09%	3,66% a 9,96%
Utilização de EPI	2.17%	0,93% a 4,99%
Obediência aos períodos de reentrada	0.87%	0,24% a 3,11%
Manuseio em locais com risco de contaminar a água	0.43%	0,08% a 2,42%

Fonte: Elaborado pelo autor

* IC – Intervalo de confiança

Ávila et al. (2009), em estudo realizado no município de Campos Altos obteve o percentual de 11% de propriedades que não utilizavam os equipamentos obrigatórios. Os números são tão expressivos que Vasconcelos, Freitas e Silveira (2014), chegaram a constatar que 11,61% dos trabalhadores rurais em fazendas de café no interior de Minas Gerais nunca haviam utilizado EPI para a aplicação de agrotóxicos.

Nas auditorias do CMC houve apenas um caso onde se constatou o transbordamento da bacia de contenção de agrotóxicos, com possibilidade de contaminação de fontes de água, correspondendo a 0,43% da amostra. Shimonokomaki e Costa (2016), avaliando as condições de armazenamento dos produtos de acordo com os parâmetros da Norma Regulamentadora 31, do Ministério do Trabalho, apontaram que 6,6% dos locais de armazenamento não possuíam sistemas de contenção, o que acarretaria a possibilidade de contaminação na ocorrência de derramamentos acidentais.

Portanto, embora as violações a dispositivos legais sejam tratadas como não conformidades e explicadas pelo organismo certificador à luz de obrigações contratuais assumidas, a qualidade dos resultados obtidos no âmbito do CMC sugere que esta pesquisa pode ter encontrado um novo modo de atuação estatal nas questões socioambientais. A certificação não é um instrumento de comando e controle, porque não há fiscalização e sim auditorias, e tampouco a aplicação de penalidades, mas a oportunidade de ajuste das não conformidades. Não se pode comparar a certificação com os instrumentos econômicos de gestão ambiental, pois não existem incentivos financeiros ou medidas compensatórias aos impactos ambientais não mitigados. Assim, a estratégia da certificação se aproxima dos instrumentos de educação ambiental, à medida que, na busca dos resultados almejados, oportuniza aos envolvidos entender a necessidade do cumprimento dos requisitos, permitindo sua adoção gradativa e sem a aplicação de sanções.

Neste sentido, os requisitos de certificação passam a ser instrumentos fundamentais para se obter a adequação gradativa das propriedades, devendo ser alterados ao longo do tempo para tornar mais efetivo o cumprimento dos padrões desejados. Por isso, os requisitos adotados em 2012, no período de 2013 a 2015 e daquele adotado em 2016 foram comparados e os resultados estão na Figura 2.

Observa-se ao longo dos anos o aumento significativo dos requisitos obrigatórios e dos recomendados, sendo que o número de requisitos restritivos se manteve estável. O resultado comprova que os itens de verificação do cumprimento das exigências de certificação vêm sendo apresentados paulatinamente aos produtores participantes do CMC, com o acirramento gradativo das exigências da certificação, em busca dos padrões fixados pela lei.

Para testar esta hipótese observou-se o conjunto de todos os requisitos relacionados aos agrotóxicos, nos três *check-list* analisados. As obrigações básicas, relativas aos cuidados com o uso dos produtos e a destinação final das embalagens se mantiveram constantes. No entanto, foi no período de 2013/2015, que se acrescentou ao rol das exigências restritivas o cuidado com o manuseio dos agrotóxicos em locais que pudessem oferecer risco de contaminação das fontes de água. Além disso, ao se comparar o conjunto de

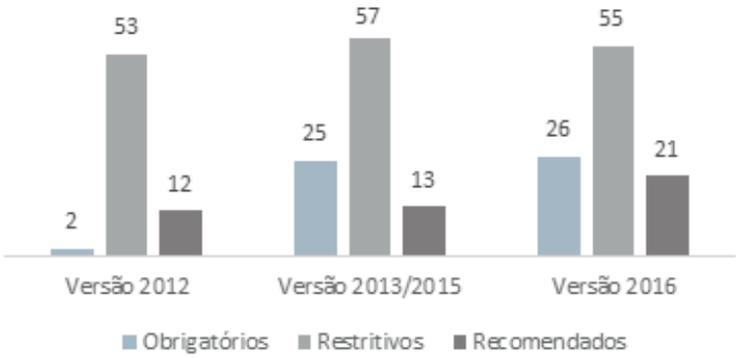


FIGURA 2 -Evolução dos critérios de certificação no CMC.

Fonte: Dados da pesquisa

requisitos atualmente em vigor com o utilizado no período anterior, observa-se o acréscimo de outras exigências quanto aos agrotóxicos. Agora, foi incorporada uma lista de ingredientes ativos, estabelecida pelas Convenções de Estocolmo (BRASIL, 2005b) e de Roterdã (BRASIL, 2005a) que não devem ser utilizados pelos cafeicultores que aderem ao programa. O respeito à lista é apenas recomendado, ou seja, é desejável que os produtores a adotem, mas a não adoção, neste momento, ainda não inviabiliza a certificação. A segunda exigência é restritiva e se refere ao estabelecimento de uma segunda lista de agrotóxicos que, se utilizados na cafeicultura, obriga o produtor a evidenciar, mediante registros, a diminuição das quantidades utilizadas.

Se o Estado estivesse agindo na questão dos agrotóxicos apenas pela via do comando e controle, a adoção das listas citadas dependeria da aprovação de normas legais, que tornariam o uso de tais produtos proibido. Sob a inspiração de princípios econômicos de política ambiental, o Estado poderia ainda propor incentivos financeiros pelo não uso dos produtos. Mas, no contexto da certificação, o Estado espera alcançar os resultados desejados de forma gradativa, educando o produtor acerca da necessidade da adoção de restrições a determinados agrotóxicos e da necessidade de redução da utilização destes produtos. Assim, enquanto as certificações privadas de produtos agrícolas têm o seu propósito nitidamente associado à obtenção de mercados atrativos, a certificação pública pode alcançar esses mesmos resultados pela via da educação ambiental, sem deixar de ser utilizada também para a obtenção de padrões de qualidade dos produtos, produzidos através de boas práticas de produção, preservando o meio ambiente e respeitando a saúde e a segurança dos trabalhadores, configurando-se como um novo paradigma da atuação estatal.

4 CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como escopo o exame dos casos de não conformidades apontadas nas auditorias do programa Certifica Minas Café, que pudessem estar associadas legislações específicas e constatou que existem casos em que as propriedades auditadas não atendem às leis vigentes. Os casos destacados estavam relacionados ao uso e disposição inadequados de agrotóxicos, situações em que o organismo de certificação (IMA) possui competência fiscalizatória derivada da legislação estadual.

Uma posição estritamente jurídica pode questionar a legalidade da atuação estatal na certificação, naqueles casos em que a fiscalização vem sendo substituída por ajustes de não conformidades, pelo menos enquanto tais ajustes estejam fundados apenas nos procedimentos, formulários e contratos que dão suporte ao CMC. Isto sugere a necessidade de criação de instrumentos legais para suprir eventuais lacunas existentes, como a criação efetiva, por lei, dos cargos de auditor na estrutura do IMA, com atribuições próprias de atuar na certificação, ou ainda a criação de leis que salvaguardem a confidencialidade dos dados obtidos nas auditorias. Em paralelo, no processo de revisão periódica dos procedimentos, os órgãos envolvidos podem discutir a necessidade de alterar alguns requisitos restritivos e recomendados, tornando-os obrigatórios, de modo a conciliar os parâmetros da certificação com a legislação vigente.

O trabalho sugeriu que a certificação de produtos agrícolas, quando promovida no âmbito de órgãos públicos, pode se constituir em instrumento de política pública fundado em um novo paradigma de atuação, distinto daqueles baseados nos instrumentos de comando e controle e instrumentos econômicos da taxação de poluidores (poluidor-pagador) e da premiação de não poluidores (protetor-recebedor).

A comparação das não conformidades apontadas nas auditorias do CMC com dados de outras pesquisas, em casos relevantes, como o treinamento de trabalhadores, o uso de EPI, a destinação de embalagens e a utilização de receituários agronômicos apontou percentuais menores. Embora não tenha sido possível estabelecer uma relação de causalidade, os resultados podem ser explicados pela estratégia da certificação.

A maior limitação desta pesquisa está no ineditismo do Certifica Minas Café, que iniciou a sua implementação há dez anos, sendo, portanto, recente para que os resultados até o momento identificados sejam conclusivos. Pesquisas futuras poderão acompanhar a evolução das propriedades, com o propósito de estudar como os produtores têm reagido à atuação estatal e se a mudança no paradigma do relacionamento entre os órgãos estatais e os produtores rurais está se traduzindo em maior sustentabilidade ambiental na cafeicultura. Na mesma seara, poderão ser realizadas pesquisas com foco estritamente jurídico, a fim de aprofundar a discussão sobre a necessidade de

criar instrumentos legais específicos ao suporte legal do programa CMC. Pode ser relevante ainda a realização de pesquisas que comparem propriedades certificadas e não certificadas quanto uso de agrotóxicos. Outras áreas associadas à certificação não foram abordadas, sugerindo a realização de novas pesquisas, por exemplo, quanto aos aspectos trabalhistas, tais como registros de empregados, situações das áreas de convívio nas propriedades (locais de refeição e moradias), existência de instalações sanitárias adequadas e de medidas de prevenção aos acidentes de trabalho, que não foram abordados neste trabalho.

5 REFERÊNCIAS

ABREU, P. H. de. **O agricultor familiar e o uso (in) seguro de agrotóxicos no município de Lavras - MG**. Campinas: Ed. UNICAMP, 2014.

ALMEIDA, L. T. O debate internacional sobre instrumentos de política ambiental e questões para o Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO, 2., 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Eco-Eco, 1997. p. 3-21.

ÁVILA, R. A. de et al. Trabalho rural e agrotóxicos: estudo de caso na microbacia do córrego Água Limpa, município de Campos Altos, Minas Gerais. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 19, p. 73-80, 2009.

AYRES, M. et al. **Programa BioEstat 5.0:** aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e biomédicas. Belém: Brasil Sociedade Civil Mamirauá, 2007.

BRASIL. **Decreto nº 24.114**, de 12 de abril de 1934. Aprova o Regulamento de Defesa Sanitária Vegetal. Rio de Janeiro, 1934. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D24114.htm>. Acesso em: 25 abr. 2017.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

_____. **Decreto nº 5.360**, de 31 de janeiro de 2005. Promulga a Convenção sobre Procedimento de Consentimento Prévio Informado para o Comércio Internacional de Certas Substâncias Químicas e Agrotóxicos Perigosos, adotada em 10 de setembro de 1998, na cidade de Roterdam. Brasília, 2005a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5360.htm>. Acesso em: 30 ago. 2016.

_____. **Decreto nº 5.472**, de 20 de junho de 2005. Promulga o texto da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes, adotada, naquela cidade, em 22 de maio de 2001. Brasília, 2005b. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq_seguranca/_arquivos/conveno_de_estocolmo___pops.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2016.

_____. **Lei n° 7.802**, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos. Brasília, DF, 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7802.htm>. Acesso em: 30 ago. 2016.

_____. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 d. Brasília, DF, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 30 ago. 2016.

_____. Lei º 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 25 abr. 2017.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. **Agravo em recurso especial nº 215.010**. Agravante: Ednilson Azevedo Bitencourt. Agravado: Fazenda Pública do Estado de São Paulo. Relator: Ministro Arnaldo Esteves Lima. Brasília, DF: Diário de Justiça, 2012.

CANTO, L. T. Estudo sobre os programas de certificação no agronegócio café: seus impactos e resultados. **Cadernos Universidade do Café**, Patrocínio, v. 5, p. 27-38, 2011.

CARVALHO, K. G. **Direito constitucional**. 12. ed. Belo Horizonte: Del Rey, 2006.

CARVALHO FILHO, J. dos S. **Manual de direito administrativo**. 13. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Série histórica de área plantada, produtividade e produção:** café. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1534&t=2#this%253E>. Acesso em: 31 ago. 2016.

DI PIETRO, M. S. Z. **Direito administrativo**. São Paulo: Atlas, 2012.

FARIA, N. M. X.; RODRIGUES DA ROSA, J. A.; FACCHINI, L. A. Intoxicações por agrotóxicos entre trabalhadores rurais de fruticultura, Bento Gonçalves, RS. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 335-344, 2009.

FARIAS, P. J. L. O apagão e a cobrança pelo uso da água: um estudo sociojurídico da ineficiência do estado na proteção ambiental e do crescente uso de instrumentos econômicos no Brasil. **Revista da Fundação da Escola Superior do Ministério Público do Distrito Federal**, Brasília, v. 18, p. 150-172, 2001.

GOMES, M. A. F.; BARIZON, R. R. M. **Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil:** cenário 1992/2011. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2014. 36 p.

HERBERT, R. **Confidence interval calculator**. Disponível em: <http://www.pedro.org.au/portuguese/downloads/confidence-interval-calculator>. Acesso em: 8 nov. 2016.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA. **Minas Gerais tem 1.487 propriedades cafeeiras certificadas**. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <http://www.ima.mg.gov.br/acontece-no-ima/1803-minas-gerais-possui-1487-propriedades-cafeeiras-certificadas>. Acesso em: 26 fev. 2016.

_____. Portaria IMA 650, de 16 de junho de 2004. Disciplina o cadastro de agrotóxicos e afins destinados ao uso nos setores de produção agropecuária, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, agroindústrias e na proteção de floresta. **Diario Oficial [do] Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 2004. Disponível em: <http://www.ima.mg.gov.br/portarias/doc_details/1640-portaria-no-650-de-16-de-junho-de-2004>. Acesso em: 25 abr. 2017.

_____. Portaria IMA 862, de 29 de agosto de 2007. baixa normas para registro de estabelecimento de agrotóxico e afim, armazenamento, exposição, comercialização de agrotóxico e afim e destinação de suas embalagens vazias. **Diario Oficial do Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <http://www.ima.mg.gov.br/portarias/doc_details/2914-portaria-no-862>. Acesso em: 25 abr. 2017.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. 11. ed. São Paulo: Malheiros, 2003.

MELLO, C. M. de. **Cafeicultura no Sul de Minas Gerais:** estudo transversal sobre a saúde dos agricultores expostos a agrotóxicos. Itajubá: Ed. UNIFEI, 2011.

MELLO, C. M. de; SILVA, L. F. Fatores associados à intoxicação por agrotóxicos: estudo transversal com trabalhadores da cafeicultura no sul de Minas Gerais. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 609-620, 2013.

MILDER, J. C. et al. An agenda for assessing and improving conservation impacts of sustainability standards in tropical agriculture. **Conservation Biology**, Malden, v. 29, n. 2, p. 309-320, 2015.

MINAS GERAIS. Decreto nº 41.203, de 8 de agosto de 2000. Aprova o Regulamento da Lei nº 10.545, de 13 de dezembro de 1991, que dispõe sobre produção, comercialização e uso de agrotóxico e afins e dá outras providências. **Diario Oficial [do] Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 2000a. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=1692>. Acesso em: 25 abr. 2017.

_____. Decreto 41.475, de 19 de dezembro de 2000. Altera e consolida as disposições do Programa Mineiro de Incentivo à Certificação de Origem do Café - CERTICAFÉ-, criado pelo Decreto nº 38.559, de 17 de dezembro de 1996. **Diario Oficial [do] Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 2000b. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num=41475&ano=2000>. Acesso em: 25 abr. 2017.

_____. Decreto nº 44.844, de 25 de junho de 2008. Estabelece normas para licenciamento ambiental e autorização ambiental de funcionamento, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos e estabelece procedimentos. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=7966>. Acesso em: 25 abr. 2017.

_____. Lei 10.545, de 13 de dezembro de 1991. Dispõe sobre produção, comercialização e uso de agrotóxico e afins e dá outras providências. **Diario Oficial [do] Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 1991. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=Lei&num=10545&ano=1991>. Acesso em: 25 abr. 2017.

_____. Lei nº 10.594, de 7 de janeiro de 1992. Cria o Instituto Mineiro de Agropecuária - IMA - e dá outras providências. **Diario Oficial [do] Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 1992. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LEI&num=10594&ano=1992>. Acesso em: 25 abr. 2017.

_____. **Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado - PMDI**. Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <http://www.serha.mg.gov.br/images/documentos/pmdi/pmdi_2007-2023.pdf>. Acesso em: 5 set. 2016.

_____. **Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado - PMDI**. Disponível em: <http://www.planejamento.mg.gov.br/images/phocadownload/planomineirodedesenvolvimento integrado-pmdi2016-2027-vol.1.pdf>. Acesso em: 2 set. 2016.

_____. **Regulamento Certifica Minas Café:** 8ª revisão. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://intranet.ima.mg.gov.br/nova/gec/outros_documentos/Cafe/Regulamentocertificaminascafe-versao8.pdf>. Acesso em: 2 set. 2016.

PANAYOTOU, T. **Economic instruments for environmental management and sustainable development:** report submitted to United Nations Environment Programme. Massachusetts: Harvard Institute for International Development, 1994.

PINTO, L. F. G.; PRADA, L. de S. Fundamentos da Certificação. In: ALVES, F. (Ed.). **Certificação socioambiental para a agricultura:** desafios para o setor sucroalcooleiro. São Carlos: EdufSCar, 2008. p. 20-37.

PRADO, A. S. **Boas práticas agrícolas e certificação na cafeicultura**. Lavras: Ed. UFLA, 2014.

PREZA, D. D. L. C.; AUGUSTO, L. G. D. S. Vulnerabilidades de trabalhadores rurais frente ao uso de agrotóxicos na produção de hortaliças em região do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 37, n. 125, p. 89-98, 2012.

SAM, K. G. et al. Effectiveness of an educational program to promote pesticide safety among pesticide handlers of South India. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, Berlin, v. 81, n. 6, p. 787-795, 2008.

SANTOS, G. E. de O. **Cálculo amostral:** calculadora on-line. Disponível em: <http://www.calculoamostral.vai.la>. Acesso em: 6 set. 2016.

SHIMONOKOMAKI, F. K.; COSTA, C. Verificação de armazenamento de defensivos agrícolas em fazendas certificadas de café em Monte Carmelo, MG. **GETEC**, Monte Carmelo, v. 5, n. 10, p. 99-111, 2016.

VASCONCELOS, M. V.; FREITAS, C. F.; SILVEIRA, C. A. Trabalhadores rurais. **Saúde**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 87-96, 2014.

CICLO PRECOCE DE MATURAÇÃO E PRODUTIVIDADE EM GENÓTIPOS DE CAFÉ DERIVADOS DE C1195-5-6-2

Elder Andreazi[1], Fernando Cesar Carducci[2], Tumoru Sera[3], Carlos Theodoro Motta Pereira[4], Valdir Mariucci Junior[5], Filipe Gimenez Carvalho[6], Luciana Harumi Shigueoka[7], Willian Gabriel dos Santos[8], Inês Cristina de Batista Fonseca[9], Gustavo Hiroshi Sera[10]

(Recebido: 19 de dezembro de 2016; aceito: 21 de fevereiro de 2017)

RESUMO: O objetivo nesse estudo foi identificar cafeeiros com ciclo de maturação precoce e muito precoce com alta produtividade, em progênies de café arábica portadoras de genes de *C. racemosa*. O experimento de campo foi instalado no IAPAR, em setembro de 2007, em Londrina, PR, Brasil. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições e parcelas de cinco plantas no espaçamento de 2,5 x 0,5 m. Foram avaliadas 17 progênies F1RC6 derivadas de retrocruzamentos de diferentes genótipos de café arábica com uma planta F2 do genótipo C1195-5-6-2. Como padrões comparativos foram utilizadas as cultivares IAPAR 59, IPR 99 e Catuaí Vermelho IAC 81 que possuem, respectivamente, ciclos de maturação semiprecoce, semitardio e tardio. Foram avaliadas as características produtividade vigor vegetativo e ciclo de maturação. As avaliações de maturação e vigor foram realizadas através de escala de notas e a produtividade em volume de frutos. As progênies H0509, H0501, H0518, H0513, H0508, H0510, H0505, H0506, H0514 e H0504 foram mais precoces do que seus parentais. Entre elas, as progênies H0518, H0507 e H0508 foram mais produtivos do que as testemunhas e não diferiram estatisticamente quanto ao vigor vegetativo. Foram identificadas 10 progênies F1RC6 de café arábica, portadoras de genes de *C. racemosa* com potencial para se tornarem cultivares com ciclo precoce e muito precoce. A característica de ciclo precoce de maturação dos frutos de *C. racemosa*, presente no C1195-5-6-2, permaneceu após os diversos ciclos de cruzamento com *C. arabica*.

Termos para Indexação: *Coffea arabica*, *Coffea racemosa*, cultivares, melhoramento.

EARLY RIPENING CYCLE AND YIELD IN COFFEE GENOTYPES DERIVATIVES FROM C1195-5-6-2

ABSTRACT: *The aim in research study was to identify coffee plants with early and very early ripening cycle with high yield in Arabica coffee progenies carriers of C. racemosa genes. The field trial was carried out on IAPAR in September 2007 in Londrina, PR, Brazil. The experimental design was a randomized blocks design with three replicates and five plants per plot in the spacing of 2.5 x 0.5 m. We evaluated 17* F_1RC_6 *progenies derived from backcrosses of different Arabica coffee genotypes with a* F_2 *plant of the genotype* C1195-5-6-2*. As comparative controls were used cultivars* IAPAR 59, IPR 99 *and* Catuaí Vermelho IAC 81 *which have, respectively, semi-early, semi-late and late ripening cycles. The traits evaluated were yield, vegetative vigor and ripening cycle. The ripening cycle and vegetative vigor assessments were performed using scale grades and yield in volume of fruits. The progenies* H0509, H0501, H0518, H0513, H0508, H0510, H0505, H0506, H0514 *and* H0504 *were earlier than their parentals. Among them, the progenies H0518, H0507 and H0508 were more productive than the controls and did not differ for vegetative vigor trait. Ten* F1RC6 *progenies, carriers of C. racemosa genes, with potential to become cultivars with early and very early cycle were identified. The early ripening cycle trait of C. racemosa, present in* C1195-5-6-2 *remained after the crossing cycles of C. arabica.*

Index Terms: *Breeding, Coffea arabica, Coffea racemosa, cultivars.*

1 INTRODUÇÃO

Em café, o ciclo de maturação dos frutos é uma característica poligênica que sofre grande influência ambiental, como região de cultivo, face de exposição do terreno, disponibilidade de nutrientes e incidência de agentes bióticos, entre outros, podendo variar de um ano para o outro em uma mesma lavoura (GUERREIRO-FILHO et al., 2008; PEREIRA et al., 2010).

Entre os cafeeiros arábica existem diferenças quanto aos ciclos de maturação dos frutos. Atualmente, as cultivares disponíveis possuem ciclos de maturação muito precoce, precoce, médio, tardio e muito tardio (AGUIAR et al., 2004; GUERREIRO-FILHO et al., 2008). A maior parte delas, no entanto, apresentam ciclo médio, tardio e precoce, com algumas poucas de ciclo muito tardio, como é o caso de 'Acauã', 'Obatã Vermelho *IAC 1669-20*' e 'Obatã Amarelo

[1,5,6,7,9]Universidade Estadual de Londrina / UEL - Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380, s/n - Campus Universitário - Londrina - PR 86.057-970 - inescbf@uel.br
[2,3,4,8,10]Instituto Agronômico do Paraná / IAPAR - Rodovia Celso Garcia Cid, Km 375 - Três Marcos - Londrina/PR - 86.047-902 elderfsp@gmail.com, fernando.carducci@hotmail.com, tsera@iapar.br,carlosthpereira@hotmail.com, mariuccivaldir@gmail.com, filipegcarvalho@hotmail.com, lucianashigueoka@yahoo.com.br, gustavosera@iapar.br

IAC 4739', sendo raro as de ciclo muito precoce (CARVALHO et al., 2008).

O uso de cultivares com diferentes ciclos de maturação dos frutos reduz custos com mão de obra, infraestrutura e equipamentos, além de aumentar a qualidade da bebida pois proporciona o escalonamento da colheita, o que diminui a probabilidade da mesma ocorrer integralmente em períodos chuvosos (MATIELLO et al., 2005; MEDINA-FILHO; BORDIGNON; CARVALHO, 2008; PEREIRA et al., 2010; SERA, 2001).

Em regiões de maior altitude e temperaturas mais amenas o ciclo de maturação dos frutos é mais longo e absorção de nutrientes mais lenta (LAVIOLA et al., 2007; NUNES et al., 2010). Essas características podem comprometer o desenvolvimento de cultivares de café tardias ou muito tardias, pois a colheita pode coincidir com o início da floração, além do risco de ocorrer geadas no período em que os frutos ainda estão verdes. Por outro lado, cultivares de ciclo médio e tardio geralmente são mais produtivas que as de ciclo precoce, portanto, é de grande importância o desenvolvimento de cultivares de café com alta produtividade e ciclos precoces e muito precoces (MEDINA-FILHO; BORDIGNON; CARVALHO, 2008).

O tempo médio de duração do ciclo floração-maturação para cultivares de café arábica de ciclo médio, médio-tardio e tardio é de, aproximadamente, 214, 217 e 234 dias respectivamente (NUNES et al., 2010). No entanto, o tempo necessário para completar o ciclo de frutificação em cafeeiros pode ser muito amplo. O período de maturação de 16 cultivares de *Coffea arabica* L. variou, em média, entre 205 e 243 dias em Londrina, onde a temperatura média anual está em torno de 21 ºC (PETEK; SERA; FONSECA, 2009).

Cultivares precoces apresentam maior uniformidade de maturação em relação as cultivares de ciclo intermediários e tardios (SÁGIO et al., 2013). Essa característica é muito interessante do ponto de vista da colheita, pois aumenta o rendimento da derriça evitando que a mesma seja realizada várias vezes. A uniformidade de maturação também afeta direta e positivamente a qualidade de bebida.

Em *Coffea racemosa* Lour., o período que compreende o início da antese até a maturação dos frutos, dura em torno de 90 a 100 dias. Intervalo que pode ser considerado muito curto quando comparado aos aproximados 220 dias necessários para que o mesmo ciclo ocorra em *C. arabica* (MEDINA-FILHO et al., 1984). O Instituto Agronômico (IAC) identificou um híbrido F1 natural (C1195-5) entre *C. arabica* cv. blue mountain e *C. racemosa* (C1195). O híbrido C1195-5 foi retrocruzado, naturalmente, duas vezes com *C. arabica* originando as progênies F_1RC_2 denominadas C1195-5-6-1 e C1195-5-6-2, as quais foram utilizados nos programas de melhoramento do Brasil, visando transferir a resistência ao bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*) para cultivares de café arábica por meio de retrocruzamentos (GUERREIRO FILHO et al., 1990).

A espécie *C. racemosa*, além de ser resistente ao bicho-mineiro, também possui tolerância à seca e ciclo de maturação dos frutos muito precoce (MEDINA-FILHO; CARVALHO; MEDINA, 1977). A precocidade de maturação de *C. racemosa* foi mantida em progênies derivadas do genótipo C1195 através de sucessivas gerações de cruzamentos com *C. arabica* (GUERREIRO FILHO et al., 1990). Um exemplo de sucesso é o '*Siriema 842*', cultivar muito precoce, portadora de genes de *C. racemosa* (CARVALHO et al., 2008), que, no entanto, não apresenta produtividade tão elevada e é pouca adaptada a ambientes desfavoráveis (MOURA et al., 2013, 2014).

O programa de melhoramento do IAPAR efetuou vários retrocruzamentos de diferentes cultivares com uma planta F_2 (IAPAR 81185) do genótipo F_1RC_2 (C1195-5-6-2 c.950 Ep209) visando transferir a resistência ao bicho-mineiro e os ciclos de maturação precoce e muito precoce para cultivares de ciclos mais tardios e suscetíveis para esse inseto. O objetivo desse estudo foi identificar cafeeiros com ciclo de maturação precoce e muito precoce e com alta produtividade, em genótipos F_1RC_6 derivados de retrocruzamentos de diferentes genótipos de café arábica, com uma planta F_2 do genótipo C1195-5-6-2.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi instalado na estação experimental do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), em setembro de 2007, no município de Londrina (23º 22' S, 51º 10" W), no Estado do Paraná, Brasil, em latossolo vermelho distroférrico. O clima é classificado segundo Koppen como Cfa, com altitude de 585m, temperatura média anual de 21,1 ºC e precipitação média anual de 1605mm.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições e parcelas de 5 plantas no espaçamento de 2,5 x 0,5 m (8.000 plantas/ha). Foram avaliadas 17 progênies F_1RC_6 derivadas de retrocruzamentos (RCs) de diferentes genótipos de café arábica com uma planta F_2 do genótipo C1195-5-6-2 (Tabela 1). Como padrões comparativos foram utilizadas as cultivares IAPAR 59, IPR 99 e Catuaí Vermelho IAC 81 que possuem, respectivamente, ciclos de maturação precoce, semitardio e tardio (SERA et al., 2013).

A produção e o vigor vegetativo foram avaliados nos meses de junho entre 2010 e 2013. As avaliações dos ciclos de maturação dos frutos foram nos anos de 2010, 2012 e 2013. Não foi considerada a avaliação da maturação dos frutos no ano de 2011 devido a baixa produtividade.

A produtividade foi avaliada com base no volume em litros de frutos cereja por planta. Os dados foram convertidos em sacas beneficiadas de 60 $kg.ha^{-1}$ (P), com base no espaçamento de plantio, utilizando a seguinte fórmula: P = V.N/500, em que V representa o volume médio em litros de café por planta e N o número de plantas por hectare, calculado com base no espaçamento das plantas. Nesta fórmula foi utilizado o fator 500, pois 450 a 500 litros de café cereja rendem 60 kg de café beneficiado (BARTHOLO et al., 1989).

Para avaliação do vigor vegetativo dos cafeeiros foram atribuídas notas de 1 a 10, das mais depauperadas para as plantas de melhor desenvolvimento, respectivamente. Essas notas foram baseadas no aspecto vegetativo geral das plantas utilizando critérios como altura da planta e diâmetro dos ramos e copa, enfolhamento, ramificações plagiotrópicas secundárias, coloração e espessura das folhas.

TABELA 1 - Identificação (Nº) das progênies F_1RC_6 derivadas de retrocruzamentos de diferentes genótipos de café arábica com uma planta F_2 do genótipo C1195-5-6-2, portadora de genes de *C. racemosa*, que foram avaliadas para ciclo de maturação dos frutos, produção e vigor vegetativo em Londrina-PR-Brasil.

Nº	Planta mãe [(1)]	Polinizador [(1)]
H0501	‘IAPAR 59’ x [‘Tupi’ x (C1195-5-6-2 x ‘Tupi’)]	‘IAPAR 59’
H0502	‘Tupi’ x [‘Tupi’ x (C1195-5-6-2 x ‘Tupi’)]	‘Tupi’
H0503	‘Icatu 3282’ x [‘Tupi’ x (C1195-5-6-2 x ‘Tupi’)]	‘Icatu 3282’
H0504	‘Catuaí IAC 81’ x [‘Tupi’ x (C1195-5-6-2 x ‘Tupi’)]	“Catuaí Amarelo”
H0505	‘Catuaí IAC 81’ x [‘Tupi’ x (C1195-5-6-2 x ‘Tupi’)]	“Catuaí Amarelo”
H0506	‘Catuaí IAC 81’ x [‘Tupi’ x (C1195-5-6-2 x ‘Tupi’)]	“Catuaí Amarelo”
H0507	‘Acaiá IAC 474-19’ x [‘Tupi’ x (C1195-5-6-2 x ‘Tupi’)]	‘Acaiá IAC 474-19’
H0508	‘IPR 98’ x [‘Tupi’ x (C1195-5-6-2 x ‘Tupi’)]	‘IPR 98’
H0509	‘IPR 107’ x [‘Tupi’ x (C1195-5-6-2 x ‘Tupi’)]	‘IPR 107’
H0510	‘IPR 108’ x [‘Tupi’ x (C1195-5-6-2 x ‘Tupi’)]	‘IPR 108’
H0513	(F_1 de “Etiópia” x “Catuaí”) x [‘Tupi’ x (C1195-5-6-2 x ‘Tupi’)]	(F_1 de “Etiópia” x “Catuaí”)
H0514	(F_1 de “Etiópia” x “Catuaí”) x [‘Tupi’ x (C1195-5-6-2 x ‘Tupi’)]	(F_1 de “Etiópia” x “Catuaí”)
H0516	‘Tupi’ x [‘Tupi’ x (C1195-5-6-2 x ‘Tupi’)]	‘Tupi’
H0517	‘IPR 104’ x [‘Tupi’ x (C1195-5-6-2 x ‘Tupi’)]	‘IPR 104’
H0518	‘IPR 104’ x [‘Tupi’ x (C1195-5-6-2 x ‘Tupi’)]	‘IPR 104’
H0520	(F_1 de “Etiópia MP” x ‘Tupi’) x [‘Tupi’ x (C1195-5-6-2 x ‘Tupi’)]	(F_1 de “Etiópia MP” x ‘Tupi’)
H0521	(F_1 de “Etiópia MP” x ‘IPR 98’) x [‘Tupi’ x (C1195-5-6-2 x ‘Tupi’)]	(F_1 de “Etiópia MP” x ‘IPR 98’)
	IPR 99 (Cultivar testemunha semitardia)	
	IAPAR 59 (Cultivar testemunha precoce)	
	Catuaí Vermelho IAC 99 (Cultivar testemunha tardia)	

[(1)] C1195-5-6-2 c.950 Ep209 = planta F_2 do cruzamento [(*C. arabica* x *C. racemosa* C1195) x *C. arabica*] x *C. arabica*; ‘Tupi’ = ‘Tupi IAC 1669-33’; ‘Icatu 3282’ = ‘Icatu Precoce IAC 3282’; ‘Catuaí IAC 81’ = ‘*C*atuaí Vermelho IAC 81’; “Etiópia” = *C. arabica* da Etiópia; “Etiópia MP” = *C. arabica* da Etiópia com ciclo de maturação dos frutos muito precoce.

Plantas com notas de 1 a 3 foram plantas pequenas, raquíticas, com pouco enfolhamento e pouca ramificação com ramos plagiotrópicos muito finos e folhas com coloração amarelada. Notas 9 a 10 foram atribuídas para os cafeeiros mais vigorosos que apresentaram tamanho maior 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).

O ciclo de maturação dos frutos foi avaliado em junho de 2010, junho de 2012 e setembro de 2013, utilizando uma escala de notas de 1 a 5, baseado no estudo de Aguiar et al. (2004) modificado, onde: nota 1 = muito tardio; nota 2 = tardio, similar às cultivares do "Catuaí" e 'IPR 103'; nota 3 = médio, similar à cultivar Mundo Novo IAC 379-19; nota 4 = precoce, similar ao 'Acaiá IAC 474-19', 'Icatu Precoce IAC 3282' e 'IAPAR 59'; nota 5 = muito precoce. Foi estimada a porcentagem de plantas com as respectivas notas médias (anos 2010, 2012 e 2013) de avaliação do ciclo de maturação dos frutos.

Na análise de variância do ciclo de maturação dos frutos foram utilizadas as seguintes variáveis: maturação de 2010 (M10), 2012 (M12) e 2013 (M13); maturação média dos anos 2010, 2012 e 2013 (M10-12-13). As médias dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância através do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo teste Scott-Knott a 5% foi possível separar os tratamentos em três grupos de maturação pela variável M10 e somente dois grupos pelas variáveis M12 e M13, indicando que M10 seria uma variável melhor para classificar os genótipos com diferentes ciclos. Com base na variável M10-12-13 foi possível separar os genótipos em quatro grupos, indicando que essa é uma boa variável para classificar os ciclos de maturação. Considerando as variáveis M10, M12, M13, e M10-12-13, a testemunha 'Catuaí Vermelho IAC 81' ('Catuaí') foi classificada no grupo de tratamentos com ciclo mais tardio. A testemunha 'IPR 99' foi classificada no grupo dos mais tardios nas variáveis M10 e M13. A testemunha IAPAR 59 foi classificada no grupo de tratamentos com ciclo mais precoce nas variáveis M12, M13 e M10-12-13, porém não diferiu estatisticamente de 'IPR 99' na variável M12, indicando que 2012 não foi um bom ano para agrupar os genótipos quanto aos diferentes ciclos de maturação, pois conforme Sera et al. (2013) 'IPR 99' é mais tardio do que 'IAPAR 59' (Tabela 2).

'IAPAR 59' apresentou 60% das plantas com nota média entre 3,00 a 3,99 e 40% das plantas com nota média entre 4,00 a 5,00. Para 'IPR 99' foram observadas 6,66% de plantas com notas médias entre 2,00 a 2,99, 80% com notas médias entre 3,00 a 3,99 e 13,33% entre 4,00 a 5,00. 'Catuaí' apresentou 60% das plantas entre 2,00 a 2,99 e 40% entre 3,00 e 3,99 (Tabela 3).

Os genótipos classificados no grupo dos mais precoces, com base em M10-12-13, foram: H0509, H0521, H0501, H0520, H0503, H0518, H0513, H0508, 'IAPAR 59', H0507 e H0510. Os genótipos que foram classificados no grupo dos mais precoces em todas as variáveis e diferiram estatisticamente da testemunha 'IAPAR 59' nas variáveis M10, foram: H0509, H0521, H0501, H0520 e H0513 (Tabela 2). Esses quatro genótipos apresentaram mais que 70% das plantas com notas médias entre 4,00 e 5,00, enquanto que 'IAPAR 59' apresentou 40% (Tabela 3). O genótipo H0513 só não foi mais precoce que IAPAR 59 em M13. (Tabela 2).

Os genótipos classificados em um grupo intermediário do ciclo de maturação, que diferiram estatisticamente e foram mais precoces do que 'Catuaí' em todas as variáveis, com exceção de M13, foram: H0502, H0516, H0517, H0505, H0506 e H0514 (Tabela 2).

Para produtividade foram formados dois grupos, sendo H0502, H0504, H0507, H0508, H0516, H0517 e H0518 as progênies mais produtivas e que diferiram das demais, inclusive das testemunhas IAPAR 59, IPR 99 e Catuaí. Em relação ao vigor, foram formados dois grupos, sendo que H0509, H0501, H0503, H0513, H0510 e H0517 foram menos vigorosas que as demais progênies e que as testemunhas (Tabela 2).

Com base nesses dados pode-se destacar as progênies H0518, H0508 e H0507 que, além de mais produtivas e mais vigorosas, foram mais precoces que IAPAR 59 em todas os anos de avaliação, com exceção de 2010, e mais precoces também na média de todos os anos. H0502, H0516, H0517 e H0504, apesar de serem menos precoces, foram estatisticamente mais produtivas que IAPAR 59 e estão no grupo das mais vigorosas (Tabela 2).

Também destacam-se as progênies H0509, H0521, H0501 e H0520 que tiveram produtividade similar às cultivares Catuái e IAPAR 59, consideradas padrões de produtividade e, ao mesmo tempo, mais precoces que IAPAR 59, dentre essas, H0521 e H0520 também estão entre as mais vigorosas (Tabela 2).

TABELA 2 - Progênies F_1RC_6 de café arábica, portadoras de genes de *C. racemosa*, avaliadas para as variáveis ciclo de maturação dos frutos em 2010 (M10), 2012 (M12), 2013 (M13), médias de 2010, 2012 e 2013 (M10-12-13), produtividade (scs.ha^{-1}) (P) e vigor vegetativo (V) em Londrina-PR-Brasil.

Progênies F1RC6/ P.Recor. [1]	M10[2]	M12[2]	M13[2]	M10-12-13[2]	P [2,3]	V [2,3]
H0509 / 'IPR 107'	4,66a	4,73a	3,53a	4,31a	34,72b	6,75b
H0521/ EtMP x 'IPR98'	4,93a	4,60a	3,33a	4,29a	30,24b	6,94a
H0501/ 'IAPAR 59'	4,65a	4,58a	3,50a	4,25a	31,36b	6,44b
H0520/ EtMP x 'Tupi'	5,00a	4,43a	3,06a	4,16a	35,68b	7,05a
H0503/ 'Icatu IAC 3282'	4,40b	4,24a	3,80a	4,15a	26,72b	5,99b
H0518/ 'IPR 104'	4,40b	4,71a	3,33a	4,14a	46,40a	7,63a
H0513/ Et x "Catuaí"	4,65a	4,66a	2,93b	4,08a	32,32b	6,76b
H0508/ 'IPR 98'	4,06b	4,64a	3,43a	4,04a	44,00a	7,60a
'IAPAR 59' (precoce)	4,06b	4,46a	3,33a	3,95a	33,28b	7,35a
H0507/ 'Acaiá'	4,33b	4,39a	3,10a	3,94a	43,04a	7,04a
H0510/ 'IPR 108'	4,31b	4,69a	2,53b	3,85a	24,48b	6,20b
H0502/ 'Tupi'	4,20b	4,36a	2,80b	3,78b	44,64a	7,52a
H0516/ 'Tupi'	4,26b	4,11a	2,90b	3,76b	51,20a	7,41a
H0517/ 'IPR 104'	4,00b	4,70a	2,60b	3,76b	43,36a	7,55a
H0505/ "Catuaí"	4,00b	4,16a	2,80b	3,65b	30,56b	6,60b
H0506/ "Catuaí"	4,00b	4,21a	2,73b	3,65b	25,60b	6,82a
H0514/ Et x "Catuaí"	4,20b	4,40a	2,33b	3,64b	31,04b	6,98a
H0504/ "Catuaí"	3,80c	4,00a	2,73b	3,51b	44,00a	7,59a
'IPR 99' (semitardia)	3,46c	4,37a	2,36b	3,40c	35,68b	7,04a
'Catuaí Vermelho IAC 81' (tardia)	3,26c	2,89b	2,16b	3,05d	35,68b	7,07a
Média	4,26	4,34	2,97	3,87	36,00	7,02
CV (%)	7,27	20,27	15,14	6,74	29,42	9,97

[1] P. Recor. = parental recorrente dos dois últimos retrocruzamentos. "EtMP" = *C. arabica* da Etiópia com ciclo de maturação dos frutos muito precoce; 'Tupi' = 'Tupi IAC 1669-33'; "Et" = *C. arabica* da Etiópia; 'Acaiá' = 'Acaiá IAC 474-19'. Genótipos ordenados decrescentemente, do mais precoce para o mais tardio, com base na média da variável M10-12-13.

[2] Médias seguidas pela mesma letra pertencem a um mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5%.

[3] Médias das avaliações dos anos de 2010, 2011, 2012 e 2013.

Os ciclos de maturação dos genótipos H0509, H0501, H0518, H0513, H0508, H0510, H0505, H0506, H0514 e H0504 foram mais precoces do que os respectivos parentais utilizados nos dois últimos retrocruzamentos (RCs), ou seja, que possuem cerca de 75% dos genes de seus parentais. H0509 foi mais precoce do que 'IAPAR 59' na variável M10, mesmo utilizando 'IPR 107' nos dois últimos RCs, que é de ciclo médio (SERA; SERA, 2013), ou seja, um pouco mais tardio do que 'IAPAR 59'.

O mesmo ocorreu em H0501, cujos parentais dos dois últimos RCs foi 'IAPAR 59', porém esse genótipo foi mais precoce que seu parental recorrente na variável M10. 'IPR 98' é de ciclo médio (SERA et al., 2008), porém H0508 foi de ciclo precoce, similar à 'IAPAR 59'.

O parental F_1 de "Etiópia" x "Catuaí", utilizado nos dois últimos RCs de H0513 e H0514 é de ciclo tardio, similar às cultivares do 'Catuaí', porém foram mais precoces do que a testemunha 'Catuaí Vermelho IAC 81', com destaque para

H0513 que foi mais precoce do que 'IAPAR 59' em M10. Em H0504, H0505, H0506 foram utilizadas cultivares do grupo "Catuaí" nos dois últimos RCs e em H0510 foi utilizada 'IPR 108', cujos ciclos de maturação são tardios (AGUIAR et al., 2004) e supertardio, respectivamente. Entretanto, nessas quatro progênies foram observados ciclos de maturação médio, similar ao das cultivares do "Mundo Novo", ou seja, mais precoces do que a testemunha tardia 'Catuaí Vermelho IAC 81', com destaque para H0510 com ciclo similar à testemunha precoce 'IAPAR 59'.

Os parentais 'Icatu Precoce IAC 3282' "Etiópia MP" x 'Tupi IAC 1669-33' e "Etiópia MP" x 'IPR 98' utilizados, respectivamente, nos dois últimos RCs de H0503, H0520 e H0521, são de ciclo precoce e mantiveram a precocidade nas progênies retrocruzadas, sendo mais precoce do que a testemunha 'IAPAR 59', com destaque para H0520 e H0521 que foram mais precoces que 'IAPAR 59' pela variável M10.

Como já relatado anteriormente, os ciclos de maturação dos frutos de várias progênies F_1RC_6, foram mais precoces do que os respectivos parentais utilizados nos dois últimos RCs. A espécie *C. racemosa* possui ciclo de maturação dos frutos muito precoce (MEDINA-FILHO; CARVALHO; MEDINA, 1977) e foi responsável por transferir o(s) gene(s) que aceleraram o ciclo. Com esses dois últimos RCs efetuados, era esperado que cerca de 75% dos genes fossem dos parentais retrocruzados, mas mesmo assim, a maioria das progênies foram de ciclo mais precoce do que os respectivos parentais retrocruzados. Isso é um indicativo que o(s) gene(s) do ciclo de maturação precoce e muito precoce da espécie *C. racemosa* são de caráter dominante e podem ser facilmente transferidos por retrocruzamentos como já observado anteriormente por Guerreiro Filho et al. (1990).

Além disso, é provável que sejam genes de caráter quantitativo, pois nas progênies H0504, H0505, H0506 e H0514, cujos parentais dos dois últimos RCs eram de ciclo tardio, apresentaram ciclo mais precoce do que as testemunhas 'IPR 99' e 'Catuaí', porém foram mais tardios do que 'IAPAR 59'. Se o ciclo de maturação dos frutos de *C. racemosa* fosse um caráter monogênico e dominante, esses quatro genótipos seriam precoces ou mais precoces do que 'IAPAR 59'.

Esses genótipos classificados como mais precoces do que 'IAPAR 59' são muito importantes, pois seriam uma alternativa para regiões com temperaturas mais amenas ou com risco de geada, pois existe uma escassez de cultivares dos ciclos precoce e muito precoce, dificultando o escalonamento da colheita em regiões cafeeiras com temperaturas médias anuais entre 18 e 19ºC.

Os genótipos H0509, H0521, H0501 e H0520, classificados no grupo dos mais precoces em todas as variáveis e que diferiram estatisticamente da testemunha 'IAPAR 59' na variável M10, não diferiram estatisticamente das cultivares testemunhas IAPAR 59, IPR 99 e Catuaí Vermelho IAC 81 para a variável produção, demonstrando que esses genótipos tem grande potencial produtivo.

Os genótipos H0518, H0507 e H0508 foram mais produtivos do que as três testemunhas e não diferiram estatisticamente quanto ao vigor vegetativo. Todos os genótipos (H0509, H0521, H0501, H0520, H0503, H0518, H0513, H0508, H0507 e H0510) classificados no grupo dos mais precoces, com base em M10-12-13, apresentam potencial de se tornarem cultivares de ciclo precoce ou muito precoce, pois apresentaram produção similar às três testemunhas ou foram mais produtivas e o ciclo foi similar ao de 'IAPAR 59' ou mais precoce.

Além do ciclo de maturação dos frutos, outras características agronômicas de interesse podem estar presentes nessas progênies F_1RC_6, pois os parentais recorrentes dos dois últimos RCs de H0509, H0521, H0501, H0520, H0503, H0518, H0513, H0508, H0507 e H0510 foram, respectivamente, 'IPR 107', F_1 de "Etiópia muito precoce" x 'IPR 98', 'IAPAR 59', F_1 de "Etiópia muito precoce" x 'Tupi IAC 1669-33', 'Icatu Precoce IAC 3282', 'IPR 104', F_1 de "Etiópia" x "Catuaí", 'IPR 98', 'Acaiá IAC 474-19' e 'IPR 108' (SERA et al., 2010; SERA et al., 2007; SHIGUEOKA et al., 2014; GOMES et al., 2015). Nas progênies H0509, H0521, H0501, H0520, H0518 e H0508 os parentais recorrentes utilizados nos dois últimos RCs apresentam resistência completa à ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) (SERA et al., 2010, 2007; SHIGUEOKA et al., 2014).

Adicionalmente, as progênies H0521, H0520 e H0513 podem apresentar resistência à bacteriose mancha aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*), presente nos parentais F_1 de "Etiópia muito precoce" x 'IPR 98', F_1 de "Etiópia muito precoce" x 'Tupi IAC 1669-33' (ANDREAZI et al., 2015) e F_1 de "Etiópia" x "Catuaí" (PETEK et al., 2006). Além disso, plantas individuais dessas progênies F_1RC_6 possuem resistência ao bicho-mineiro e podem apresentar tolerância à seca, ambas originadas do genótipo C1195-5-6-2 (MEDINA-FILHO; CARVALHO; MEDINA, 1977). Plantas individuais com resistência ao bicho-mineiro dessas 10 progênies F_1RC_6 serão avançadas para a geração F_2RC_6 visando obter cultivares de café arábica com ciclo de maturação precoce ou muito precoce e com alta produtividade.

TABELA 3 - Porcentagem de plantas das progênies F_1RC_6 segundo as notas médias do ciclo de maturação dos frutos.

	Frequência de plantas (%) segundo notas médias de maturação			
Progênies F1RC6/ P.Recor. [(1)]	1,00 a 1,99	2,00 a 2,99	3,00 a 3,99	4,00 a 5,00
H0509 / 'IPR 107'	0,00	0,00	20,00	80,00
H0521/ EtMP x 'IPR98'	0,00	0,00	20,00	80,00
H0501/ 'IAPAR 59'	0,00	0,00	26,67	73,33
H0520/ EtMP x 'Tupi'	0,00	0,00	13,33	86,67
H0503/ 'Icatu IAC 3282'	0,00	0,00	46,67	53,33
H0518/ 'IPR 104'	0,00	0,00	40,00	60,00
H0513/ Et x "Catuaí"	0,00	6,67	20,00	73,33
H0508/ 'IPR 98'	0,00	0,00	33,33	66,67
25 ('IAPAR 59')	0,00	0,00	60,00	40,00
H0507/ 'Acaiá'	0,00	0,00	33,33	66,67
H0510/ 'IPR 108'	0,00	0,00	40,00	60,00
H0502/ 'Tupi'	0,00	0,00	46,67	53,33
H0516/ 'Tupi'	0,00	0,00	46,67	53,33
H0517/ 'IPR 104'	0,00	0,00	60,00	40,00
H0505/ "Catuaí"	0,00	0,00	78,57	21,43
H0506/ "Catuaí"	0,00	0,00	80,00	20,00
H0514/ Et x "Catuaí"	0,00	0,00	60,00	40,00
H0504/ "Catuaí"	0,00	7,14	85,72	7,14
22 ('IPR 99')	0,00	6,67	80,00	13,33
28 ('Catuaí Vermelho IAC 81')	0,00	60,00	40,00	0,00

[(1)] P. Recor. = parental recorrente dos dois últimos retrocruzamentos. "EtMP" = *C. arabica* da Etiópia com ciclo de maturação dos frutos muito precoce; 'Tupi' = 'Tupi IAC 1669-33'; "Et" = *C. arabica* da Etiópia; 'Acaiá' = 'Acaiá IAC 474-19'. Genótipos ordenados decrescentemente, do mais precoce para o mais tardio, com base na média da variável M10-12-13.

4 CONCLUSÕES

Foram identificadas 10 progênies F_1RC_6 de café arábica, portadoras de genes de *C. racemosa*, com potencial para se tornarem cultivares com ciclo precoce e muito precoce, além de apresentarem produção igual ou superior às testemunhas 'IAPAR 59', 'IPR 99' e 'Catuaí Vermelho IAC 81'.

A característica de ciclo precoce de maturação dos frutos de *C. racemosa*, presente na progênie C1195-5-6-2, permanece após várias gerações de cruzamentos com *C. arabica*.

5 REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. T. da E. et al. Caracterização de cultivares de *Coffea arabica* mediante utilização de descritores mínimos. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 179-192, 2004.

ANDREAZI, E. et al. Desempenho de híbridos F1 de café arábica com resistência simultânea a ferrugem, mancha aureolada e bicho mineiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 3, p. 375-382, jul./set. 2015.

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.

CARVALHO, C. H. S. de et al. Cultivares de café arábica de porte baixo. In: CARVALHO, C. H. S. de (Ed.). **Cultivares de café:** origem, características e recomendações. Brasília, DF: EMBRAPA Café, 2008. p. 157-226.

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

GOMES, C. de A. et al. Seleção de progênies do cruzamento entre cultivares de cafeeiros Icatu e Catuaí. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n.1, p. 62-70, jan./fev. 2015.

GUERREIRO-FILHO, O. et al. Características utilizadas para a identificação de cultivares de café. In: CARVALHO, C. H. S. de (Ed.). **Cultivares de café:** origem, características e recomendações. Brasília, DF: EMBRAPA Café, 2008. p. 141-156.

_____. Melhoramento do cafeeiro: XLIII., seleção de cafeeiros resistentes ao bicho mineiro (*Perileucoptera coffeella*). **Bragantia**, Campinas, v. 49, p. 291-304, 1990.

LAVIOLA, B. G. et al. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em quatro altitudes de cultivo: cálcio, magnésio e enxofre. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1451-1462, 2007.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil:** novo manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA; Varginha: PROCAFÉ, 2005. 434 p.

MEDINA-FILHO, H. P.; BORDIGNON, R.; CARVALHO, C. H. S. Desenvolvimento de novas cultivares de café arábica. In: CARVALHO, C. H. S. (Ed.). **Cultivares de café:** origem, características e recomendações. Brasília, DF: EMBRAPA Café, 2008. p. 79-102.

MEDINA-FILHO, H. P.; CARVALHO, A.; MEDINA, D. M. Germoplasma de *C. racemosa* e seu potencial no melhoramento do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 36, p. 43-46, 1977.

MEDINA FILHO, H. P. et al. Coffee breeding and related evolutionary aspects. In: JANICK, J. (Ed.). **Plant breeding reviews**. Westport: AVI, 1984. v. 2, p. 157-193.

MOURA, W. de M. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de café no cultivo orgânico em Minas Gerais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 11, p. 1936-1942, nov. 2014.

_____. Desempenho de cultivares de café em sistema de cultivo orgânico na zona da mata mineira. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 256-264, jul./set. 2013.

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

PEREIRA, A. A. et al. Cultivares: origem e suas características. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da (Ed.). **Café arábica do plantio à colheita**. Lavras: Ed. EPAMIG, 2010. v. 1, p. 167-221.

PETEK, M. R. et al. Seleção de progênies de *Coffea arabica* com resistência simultânea à mancha aureolada e à ferrugem alaranjada. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 65-73, 2006.

PETEK, M. R.; SERA, T.; FONSECA, I. C. B. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arabica*. **Bragantia**, Campinas, v. 68, p. 169-181, 2009.

SÁGIO, S. A. et al. Physiological and molecular analyses of early and late *Coffea arabica* cultivars at different stages of fruit ripening. **Acta Physiologiae Plantarum**, Copenhagen, v. 35, p. 3091-3098, 2013.

SERA, G. H. et al. Resistência à ferrugem alaranjada em cultivares de café. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 59-66, jan./abr. 2010.

_____. 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.

SERA, T. Coffee genetic breeding at IAPAR. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 1, n. 2, p. 179-199, 2001.

SERA, T. et al. IPR 98: rust-resistant dwarf arabica coffee cultivar for dense spacing. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 8, p. 242-244, 2008.

_____. IPR 99: dwarf arabica coffee cultivar resistant to coffee ringspot virus. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 13, p. 91-94, 2013.

SERA, T.; SERA, G. H. IPR 107: dwarf arabic coffee cultivar with resistance to coffee leaf rust. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 13, p. 215-217, 2013.

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.

ISSN 1809-6875