

INSTITUTO FEDERAL
Sul de Minas Gerais

eISSN 2316-1817

Indexada em

AGRIS - Information System for the Agricultural Sciences and Technology
SUMÁRIOS.ORG
LATINDEX
REDIB
DOAJ
GOOGLE ACADÊMICO

Afiliada à Associação Brasileira de Editores Científicos (ABEC)

Revista

AGROGEOAMBIENTAL

Publicação Trimestral Científica e Tecnológica - IFSULDEMINAS

v.12 – n.2 – junho / 2020

Pouso Alegre – Minas Gerais – Brasil



Ministério da Educação
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais

Presidente da República
Jair Messias Bolsonaro

Ministro da Educação
Milton Ribeiro

Secretário de Educação Profissional e Tecnológica
Wandemberg Venceslau Rosendo Dos Santos

Reitor do IFSULDEMINAS
Marcelo Bregagnoli

Pró-Reitor de Administração e Planejamento
Honório José de Moraes Neto

Pró-Reitor de Gestão de Pessoas
Luiz Ricardo de Moura Gissoni

Pró-Reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação
Sindynara Ferreira

Pró-Reitor de Ensino
Giovane José da Silva

Pró-Reitor de Extensão
Cléber Ávila Barbosa

Ficha Catalográfica

R454	Revista Agrogeoambiental / Instituto Federal do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS). Vol. 12, n.2 (jun. 2020) -. - Pouso Alegre (MG) : IFSULDEMINAS, 2020 - . Trimestral. Endereço eletrônico < https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/ > e-ISSN 2316-1817 versão eletrônica. 1. Meio ambiente. 2. Agrárias. 3. Agronomia. 4. Engenharia agrícola. 5. Geomática. 6. Geologia. 7. Silvicultura. 8. Zootecnia. 9. Ecologia. I. Instituto Federal do Sul de Minas.
------	--

Revista

AGROGEOAMBIENTAL

e-ISSN 2316-1817 – Indexação: AGRIS – DOAJ - Sumários.org - REDIB – Latindex – Google Acadêmico

Expediente

Editor-chefe

Miguel Angel Isaac Toledo del Pino

Bibliotecária

Rosimeire Ribeiro

Assistentes editoriais

Kélica Andréa Campos de Souza

Alan Silva Fialho

Revisão

Monalisa Aparecida Pereira

Comissão editorial

Cristiane Fortes Gris

Jane Piton Serra Sanches

Wellington Marota Barbosa

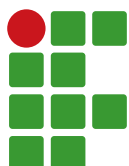
Diagramação

Julia Ahmed e Pamela Silva | Tikinet

Comissão editorial

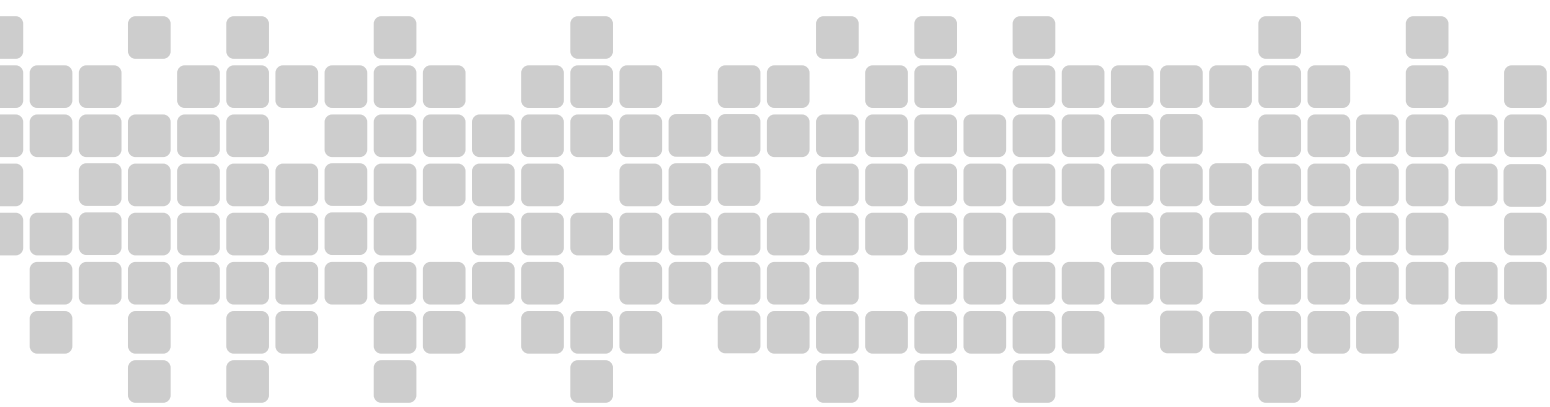
Abdon Santos Nogueira	IFBAIANO	Bruno Corrêa Barbosa	UFJF
Ademir Fontana	EMBRAPA	Caio de Teves Inácio	EMBRAPA
Aderlan Gomes da Silva	IFMG	Carlos Andres Leguizamón Rojas	UNA - Paraguai
Alan Silva Fialho	IFSULDEMINAS	Carlos Cezar da Silva	IFSULDEMINAS
Alessandro Salles Carvalho	UFJF	Carlos Edward de Carvalho Freitas	UFAM
Ana Cristina Ferreira Moreira da Silva	IFSULDEMINAS	Carolina Mariane Moreira	IFSULDEMINAS
Ana Paula Dias Turetta	EMBRAPA	Claudino Ortigara	IFSULDEMINAS
Anderson Ricardo Trevizam	UFLA	Cleber Kouri de Souza	IFSULDEMINAS
André Delly Veiga	IFSULDEMINAS	Cleber Lázaro Rodas	UFLA
André Luis da Silva Castro	IFG	Cleiton Lourenço de Oliveira	IFSULDEMINAS
Anita Cristina Costa da Silva	IFSUDESTE - MG	Cristiane Fortes Gris Baldan	IFSULDEMINAS
Antônio Sérgio da Costa	IFSULDEMINAS	Daniel Fernandes da Silva	UFLA
Arcângelo Loss	UFSC	Danielle Martins Duarte Costa	IFSULDEMINAS / UNIFEI
Ariana Vieira Silva	IFSULDEMINAS	Diego César Terra de Andrade	IFSULDEMINAS
Arionaldo Sá Júnior	IFSULDEMINAS	Diego Maia Zacardi	UFOPA
Aureliano de Albuquerque Ribeiro	UFC	Dulcimara Carvalho Nannetti	IFSULDEMINAS
Aurélio Ferreira Borges	IFRO	Éder Clementino dos Santos	IFSULDEMINAS
Brígida Monteiro Vilas Boas	IFSULDEMINAS	Edu Max da Silva	IFSULDEMINAS

Eduardo Ferreira Molina	UNIFRAN	Luciana Faria	IFSULDEMINAS
Eliana Fortes Gris	UnB	Luciana Maria Vieira Lopes Mendonça	IFSULDEMINAS
Elisa de Souza Junqueira Rezende	UNICAMP	Luiz Eugenio Veneziani Pasin	UNIFEI
Eugênio José Gonçalves	IFSULDEMINAS	Marcelo Bregagnoli	IFSULDEMINAS
Everton Vinicius Zambiazzi	UFLA	Marcos Caldeira Ribeiro	IFSUDESTE - MG
Fábio Janoni Carvalho	IFTM	Marcos Magalhães de Souza	IFSULDEMINAS
Fábio Mesquita de Souza	IFMA	Marcos Valério Gebrá da Silva	UNIFAJ
Fábio Oseias dos Reis Silva	UFLA	Mário de Oliveira Rebouças Neto	IFPI
Fabricio Gomes Gonçalves	UFES	Mireile Reis Santos	IFSULDEMINAS
Felipe Santana Machado	UFLA	Michael Silveira Thebaldi	UNIFOR
Flávia Monteiro Coelho Ferreira	IFSUDESTE - MG	Miguel Angel Isaac Toledo del Pino	IFSULDEMINAS
Franciane Diniz Cogo	UFLA	Nara Cristina de Lima Silva	IFTM
Francisco César Gonçalves	IFSUDESTE - MG	Narayana de Deus Nogueira	IFSULDEMINAS
Givago Coutinho	UNICERRADO	Patrícia de Oliveira Alvim Veiga	IFSULDEMINAS
Guilherme Oberlender	IFSULDEMINAS	Paulo Oswaldo Garcia	IFSULDEMINAS
Hugo Renan Bolzani	IFSULDEMINAS	Pedro Luiz Terra Lima	LANCASTER UNIVERSITY - UK
Igor Souza Pereira	IFTM	Rafael Nogueira Scoriza	UFRRJ
Inêz Pereira da Silva	EPAMIG	Raphael Antônio Prado Dias	IFSULDEMINAS
Iran Dias Borges	UFSJ	Raphael Maia Aveiro Cessa	IFMT
Isabel Ribeiro do Valle Teixeira	IFSULDEMINAS	Raphael Nogueira Rezende	IFSULDEMINAS
Ivelize Cunha Tannure Nascimento	IFSULDEMINAS	Raul Henrique Sartori	IFSULDEMINAS
Jader Ribeiro Pinto	IFSul	Renata Brito	UFRRJ
Jamil de Moraes Pereira	IFSULDEMINAS	Renata Mara de Souza	IFSULDEMINAS
Jane Piton Serra Sanches	IFSULDEMINAS	Roger Nabeyama Michels	UTFPR
João Antônio Granja	UFLA	Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto	EMBRAPA
João Batista Tavares Júnior	IFG	Rosângela F. de Paula Vitor Marques	UFLA
João Célio de Araújo	IFC	Rosival Barros de Andrade Lima	UFRPE
João Mateus de Amorim	IFTM	Sanderley Simões da Cruz	IFPA
João Olympio de Araújo Neto	IFSULDEMINAS	Saul Jorge Pinto de Carvalho	IFSULDEMINAS
João Vieira Monteiro	FATEC	Silvio Henrique Delleposte Andolfato	UTFPR
José Antonio Dias Garcia	IFSULDEMINAS	Sindynara Ferreira	IFSULDEMINAS
José Luiz de Andrade Rezende Pereira	IFSULDEMINAS	Tatiana de Oliveira Ramos	UNESP
José Mauro Costa Monteiro	IFSULDEMINAS	Vanessa Leite Rezende	UFMG
Joice Fernanda Lübke Bonow	UFPelotas	Tatiane Tagliatti Maciel	UFJF
Juan Jose Bonnin Acosta	UNA - Paraguai	Vanessa Martins	UFPI
Käthery Brennecke	UNICASTELO / USP	Verônica Soares de Paula Moraes	IFSULDEMINAS
Kátia Regina de Carvalho Balieiro	IFSULDEMINAS	Walbert Júnior Reis dos Santos	IFSULDEMINAS
Leandro Campos Pinto	UFLA	Walnir Gomes Ferreira Júnior	IFSULDEMINAS
Leonardo Rubim Reis	IFSULDEMINAS	Wellington Marota Barbosa	IFSULDEMINAS
Lilian Karla de Oliveira	UNIFRAN		
Lilian Vilela Andrade Pinto	IFSULDEMINAS		



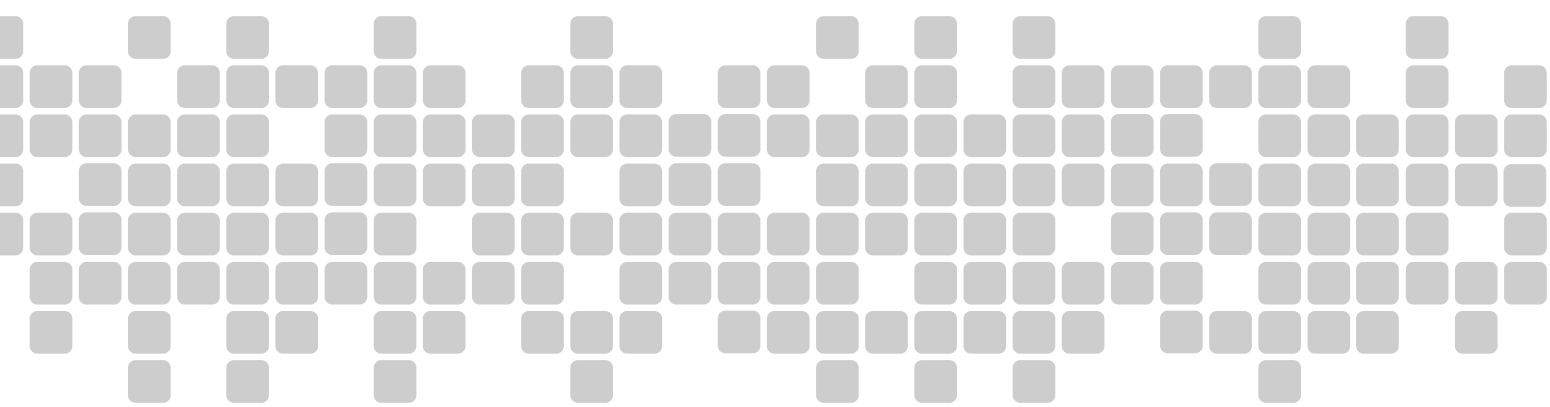
Summary

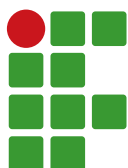
Efficient Microorganisms in lettuce cultivation	9
Westefann dos Santos Sousa, José Roberto Verginio de Pontes, Osmanny Francisco Pereira de Melo	
Seeder-fertilizer performance with two furrowing mechanisms and sowing speed	18
Antonio Luiz Viegas Neto, Cristiano Márcio Alves de Souza, Sálvio Napoleão Soares Arcoverde, Izidro dos Santos de Lima Junior, Lígia Maria Maraschi da Silva Piletti	
Multivariate analysis of bathymetry in the evaluation of reservoirs in Serra Talhada, Pernambuco, Brazil	27
Alan César Bezerra, Renata Akemi Shinozaki-Mendes, Geber Barbosa de Albuquerque Moura	
Evaluation of the productivity and plant health of pruned coffee intercropped with annual crops	37
Marcela Cristina Silva de Oliveira, Paula Tristão Santini, Ana Paula da Silva Rezende, Miguel Funchal, Tiago Teruel, José Marcos Angélico de Mendonça	
Herbicidal potential of <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertoloni) Otto Kuntze in lettuce seedlings in vitro	49
Nayara Clarete da Penha, Priscila Pereira Botrel, Jéssica Azevedo Batista	
Production of <i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina dry matter estimated through NDVI ..	59
João Lucas Aires Dias, Paulo Alexandre Rodrigues Pereira, Izaías de Macedo Barros, Pedro Matheus Barboza Barros, Sabino Pereira da Silva Neto	
Pig manure in the production of banana seedlings	70
Waleska Silva Torsian, Leandro da Silva Almeida, Nara Cristina de Lima Silva, Marcelly Ferreira Nascimento, Vanessa Cristina Caron	
Economic feasibility for wastewater treatment system composed of wetlands for the wastewater reuse: a case study	79
Robson Muniz McMahon Waite, Eduardo Gomes Salgado, Dirlane de Fátima do Carmo	
Silicon in the morphometry and germination of corn seeds for silage.....	93
Kathery Brennecke, Letícia Sarro, Paulo Henrique Moura Dian, Maria Helena Ferrari, Liandra Maria Abaker Bertipaglia, Weberson Donizete de Castro Amancio	
Susceptibility of four <i>Ipomoea</i> genus weed species to the herbicides saflufenacil or flumioxazin	106
Saul Jorge Pinto de Carvalho, Leonardo Ferreira Nery, Carlos Alberto Borges Madeira, Jeisiane de Fátima Andrade, Jéssica Cursino Presoto	





Artigos científicos





Efficient Microorganisms in lettuce cultivation

Westefann dos Santos Sousa¹

José Roberto Vergínio de Pontes²

Osmanny Francisco Pereira de Melo³

Abstract

Efficient Microorganisms are shown to be an effective, alternative, sustainable, safe, and low-cost technique to increase the productivity of organic foods, and their use is a good option for agroecological management. Based on this context, this work had as main objective to evaluate the efficiency of the application of a biological cocktail from Efficient Microorganisms in the cultivation of lettuce. In the capture of the Efficient Microorganisms and the manufacture of the biological cocktail, a methodology proposal in the agroecology used by Brazilian Ministry of Agriculture, Cattle and Supplying (MAPA, in Portuguese, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). The adopted experimental design was randomized blocks containing 8 blocks and 3 treatments. The T1 treatment, application of the Efficient Microorganisms, obtained a greater fresh mass of the aerial part of the plants sampled in the two cycles, resulting in a higher productivity in tons/hectare. The results proved to be advantageous for the productivity of the lettuce that received application of the biological cocktail from Efficient Microorganisms, when the biomass parameters were analyzed.

Keywords: *Lactuca sativa*. Organic production. Biological cocktail.

Introduction

Organic food started to gain space in the vegetable market, since techniques that respect the environment and aim at food quality are used throughout the production process, no pesticides or any other type of product that may cause some damage to the health of producers and consumers are administered (PEREIRA et al., 2015).

Pereira et al. (2014) stated that one of the biggest challenges of organic production is the fertilization of crops. In this context, efforts have been made to replace mineral fertilizers with natural sources of nutrients, ensuring high productivity, maintaining the efficiency and sustainability of the production system. The authors affirmed the effectiveness of the use of Efficient Microorganisms (EMs) as an alternative, sustainable, safe and low cost technique to increase the productivity of organic foods, being its use a good option for agroecological management.

The product composed of Efficient Microorganisms had its origin in Japan and was developed by Professor Dr. Teruo Higa. According to Mitsui (2006), this organic technology has been used in organic agriculture since the 1980s, and despite this product in its commercial form (EM[®]),

1 Universidade Estadual de Goiás (UEG), mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. westefann santos@hotmail.com. Rodovia GO-330, Km 241, Anel Viário, Ipameri – GO.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), Campus de Conceição do Araguaia - PA. Professor Doutor. jr vpontes@hotmail.com.

3 Universidade Estadual de Goiás (UEG), mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. osmanny16@gmail.com.

produced and distributed in Brazil by the Mokiti Okada Foundation, there is an empirical method to capture these Efficient Microorganisms and production of the biological cocktail (ANDRADE, 2011). For family farming, this technology might be more adaptable to local conditions, becoming accessible due to the low cost and the facilities of its production.

According to Andrade (2011), EM is composed of four distinct groups: Yeasts, which use substances necessary for plant growth; Actinomycetes, which act as a controller of fungi and pathogenic bacteria and also give plants greater resistance; Lactic acid-producing bacteria, which has the capacity to eliminate microorganisms that induce phytopathogenic diseases; photosynthetic bacteria, which is an independent and autonomous group, the useful substances developed by these bacteria include amino acids, nucleic acid, bioactive substances and sugars, which in addition to boosting plant growth, increase populations of other efficient microorganisms, such as nitrogen fixers, actinomycetes and mycorrhizal fungi.

Efficient microorganisms are known to favor mineralization and the availability of essential nutrients for plants, activating metabolism and root growth. According to Pugas et al. (2013), EM constitutes a set of organisms that, when added to the soil, increase their microbiological diversity, playing the role of inducing the decomposition of organic material and, consequently, releasing nutrients with greater efficiency for plants.

For this research, lettuce (*Lactuca sativa* L.) was chosen, as it is one of the most consumed leafy vegetables today, being grown in almost the whole country. In addition, it has an important role in the income of small producers, presenting a great commercial value and it can be sold directly at fairs (INAGAKI et al., 2011).

According to Sampaio (2013), lettuce, as well as other vegetables produced under organic techniques, can be just as productive as conventional ones, in addition to having a different price in marketing. Therefore, it is of utmost importance to deepen research on the application of agroecological techniques in the production of vegetables, aiming at the production of sustainable food, which can benefit the producer, the consumer and the environment.

Based on this context, this study had as its main objective to evaluate the application of a biological cocktail from Efficient Microorganisms in the cultivation of lettuce.

Material and methods

The research was carried out in the municipality of Conceição do Araguaia, Southeast Region of Pará, with municipal headquarters located at 08°16'S; 49°16'W coordinates. The region's climate falls into the dry humid equatorial category in winter, type Aw. The average annual temperature is 26.1°C, and it has an average annual rainfall of 1,734 mm.

The study began in the first semester of 2018 and it was completed in the second semester of the respective year, under field conditions, on a property belonging to a vegetable-growing family in the municipality.

For the capture of the Efficient Microorganisms and the manufacture of the biological cocktail, it was adopted the methodology used by Leite and Meira (2016), reported in the agroecological records of the by Brazilian Ministry of Agriculture, Cattle and Supplying (MAPA, in Portuguese: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento).

A substrate made with 1kg of cooked rice without salt and without oil was used, spread on tiles and covered with a sombrite type canvas. Then, the location in the forest was chosen, and by

removing the organic material from the soil, an opening was made to deposit the tiles containing the cooked rice. The containers were covered by the same organic material and left to rest for 15 days.

After the deadline, the tiles were discovered and the portions of rice were separated according to the colors of the molds, which covered the substrate. According to Leite and Meira (2016), pink, blue, yellow and orange molds are used as efficient microorganisms. The portions of rice with dark colors (gray, brown and black) were discarded in the forest itself, as they consist of non-beneficial microorganisms.

For the manufacture of the biological cocktail, the material of interest, captured in the forest with the aid of the substrate made of rice, was mixed and distributed in four 600 mL bottles, adding 50 g of brown sugar to each bottle and completing the volume with clean water. The bottles were closed, left in a shady place and opened every two days to remove the gas produced by the fermentation process of the microorganisms.

The biological cocktail was ready for use when there was no more gas production inside the bottles (from 10 to 20 days), and when the smell had a sweet and pleasant odor of lactic and acetic fermentation, with an orange color. Siqueira and Siqueira (2013) stated that this product, in its handmade form, can remain stored for up to one year, and when it has a bad smell, it should not be used in production.

The experimental design adopted was randomized blocks containing 8 blocks and 3 treatments. The treatments used were: T1 – weekly spraying of biological cocktail from the Efficient Microorganisms; T2 – weekly spraying of a mineral fertilizer (NPK 30-10-10); T3 – witness, without any fertilization.

Each block had 8 m² and plots of 2.52 m². The plots corresponding to each treatment, drawn and randomly distributed, were composed of 28 plants, with a spacing of 0.30m x 0.30m between plants and lines.

For each plot of the T1 treatment, 5L of biofertilizer were prepared with a mixture of 10mL of the Efficient Microorganism stored in PET bottles, 10 mL of molasses and 5 L of water, according to the recommendations by Leite et al. (2016). The application of the biological cocktail was conducted weekly, in the volume of 5L per application, in the coolest hours of the day, during the two cycles of the culture, from transplanting to harvest.

In the T2 treatment, each plot received 5L of the mineral fertilizer syrup NPK 30-10-10 weekly. For the preparation of the syrup, according to the recommendation described on the product, 15g of the formulated was used for 5L of water.

In the application of the treatments, a plastic watering can with fine sieves was used. In the T3 treatment, no type of fertilization was used, being it considered the control. All treatments received daily irrigation in the same proportion, using the micro sprinkler system (ballerinas). Assessments were made on two consecutive lettuce cycles.

The variety of lettuce used in the experiment is Lucy Brown from the group “Americana Repolhuda”. The seedlings were produced by sowing in styrofoam trays with 128 cells, using commercial substrate, in protected cultivation (greenhouse with plastic film). The beds, also in protected cultivation, were prepared concurrently with the formation of the seedlings, remaining in “rest” until the moment of transplanting, which occurred 20 days after sowing. The soil preparation was manual, and the operation was common to all treatments.

During the culture cycles, cleaning was performed to manual (weeding) of weeds, in order to avoid competition for light and nutrients as much as possible, and no chemical product was used for phytosanitary control. Harvest was carried out 30 days after transplanting the seedlings, in both crop cycles.

Three representative samples of lettuce were selected in each plot, preferably from the central part, excluding the edges, resulting in 72 sample plants. For them, it was carried out the physical analysis of the plant part, to verify the following parameters: fresh mass of the aerial part (FMAP), obtained by weighing the leaves and stalk; fresh root mass (FRM), obtained by weighing the roots; number of leaves per plant (NLP), obtained by counting all commercial leaves over 5cm in length; stem length (SL), obtained by using a ruler; number of viable plants per plot (NVPP), at which the number of commercial plants in each plot of the experiment was counted.

Therefore, it was possible to estimate the productivity of the plants submitted to the different treatments, the total sum of the fresh mass values of the aerial part of the plants sampled in the plots of each treatment and the total amount of viable plants in all plots were obtained. Taking into account that 8 plots of a given treatment resulted in 20m², the values of fresh mass of all sampled plants (km²) were extrapolated to tons (t ha⁻¹).

All the results of the evaluated parameters were analyzed by means of analysis of variance (ANOVA) and later by the Tukey's means comparison test at the level of 5% probability. These analyzes were performed in the Sisvar program, version 5.6 (FERREIRA, 2001).

Results and discussion

According to Table 1, with the significance level of the variables arranged, it is possible to say that in the first cycle of lettuce, at least, one of the treatments showed a significant difference at 1% of probability for the observed variables of fresh mass of the aerial part (FMAP), number of leaves (NL) and number of viable plants per plot (NVPP). In the second cycle of culture, the same variables of the first cycle obtained significance, adding the variable stem length (SL), which previously had not obtained significant differentiation by the Tukey test.

Table 1 – Significance level (SL) and coefficient of variation (CV) for the variables fresh mass of the aerial part (FMAP), fresh roots mass (FRM), number of leaves (NL), stem length (SL) and number of viable plants per plot (NVPP) in the first and second lettuce cycle.

Variables	1° Cycle		2° Cycle	
	SL	CV (%)	SL	CV (%)
FMAP	0.0022**	11.72	0.0001**	10.19
FRM	0.5178 ns	22.72	0.5178 ns	27.72
NL	0.0024**	5.22	0.0000**	3.96
SL	0.1207 ns	10.64	0.0000**	5.82
NVPP	0.0001**	3.37	0.0002**	3.61

Significance level values followed by the initials "ns" did not obtain significance and the values followed by two asterisks (**) obtained significance at 1% probability, using the Tukey test.

Source: Sousa et al. (2020).

In the data obtained from the coefficient of variation for the variables FMAP, NL, SL and NVPP, the data dispersion is considered average and the experimental precision is optimal. In the variable fresh roots mass, for which there was no significance by the Tukey test, the data dispersion was considered high and the accuracy regular (PIMENTEL GOMES; GARCIA, 2002).

The results of the averages obtained and the statistical analysis carried out for the biomass parameters of the lettuce in the two cycles are shown in Table 2.

Table 2 – Test of means for the variables fresh mass of the aerial part (FMAP), fresh roots mass (FRM), number of leaves (NL), stem length (SL) and number of viable plants per plot (NVPP), in the two cycles of lettuce.

Treatments	1° Cycle				
	FMAP	FRM	NL	SL	NVPP
	g	g	qty	cm	qty
T1	235.75 a	0.008 a	19.37 a	4.31 a	26.75 a
T2	220.56 a	0.009 a	17.87 b	4.58 a	25.75 a
T3	182.14 b	0.008 a	17.37 b	4.85 a	24.00 b
Treatments	2° Cycle				
	FMAP	FRM	NL	SL	NVPP
	g	g	qty	cm	qty
T1	254.17 a	0.008 a	20.37 a	5.33 a	26.50 a
T2	217.72 b	0.009 a	17.87 b	4.37 b	24.75 b
T3	185.86 c	0.008 a	17.50 b	4.27 b	23.87 b

Means with the same letter in the column do not differ statistically, using the Tukey test at the level of 5% ($p < 0.05$). T1 – weekly spraying of efficient microorganisms; T2 – weekly spraying of a mineral fertilizer; T3 – Witness, without any fertilization.

Source: Sousa et al. (2020).

In the first cycle, with respect to the variable fresh mass of the aerial part, the treatments that received weekly sprays of biological cocktail (EM) and mineral fertilizer presented the highest averages, equivalent to their fresh mass (235.75 and 220.56 g, respectively).

The plants submitted to the T1 treatment responded with a greater number of leaves when compared to the other treatments and the highest number of viable plants per plot occurred for the T1 and T2 treatments. The means of the variables fresh roots mass and stem length did not present statistical difference.

The cultivar used in this experiment has as its main characteristic the curly and very consistent leaves, forming a compacted head. Therefore, it can be said that the number of leaves is directly linked to the formation of the head of the lettuce, what according to Queiroz et al. (2017), it is an important characteristic to cultivate, considering the consumer's preference for heads of larger volume and size when purchasing the product.

In the second cycle, the results proved to be advantageous for the treatment that received weekly spraying of the biological cocktail from Efficient Microorganisms. The variables fresh mass of the aerial part, number of leaves, length of stem and number of viable plants per plot obtained averages above the other treatments, not resulting in the observed root development variable (FRM). These results are similar to that obtained by Battisti and Santos (2011), who verified increases in the number of leaves, stem length and fresh mass of the aerial part of lettuce plants submitted to the treatment with Efficient Microorganisms.

As stated by Yuri et al. (2001), among the desirable characteristics of a cultivar, the length of the stem is important, since plant with an excessively long stem does not present good compactness and makes it difficult to process, affecting the final quality of the product. Resende et al. (2015), also stated that shorter lengths are desirable, both from a commercial point of view, and in relation to the material's resistance to premature flowering.

Considering the aforementioned statements, the result obtained for the treatment that received the application of the biological cocktail for the stem length and that stood out from the other treatments in the second cycle would not be a positive result under this perspective. However, the means for this variable, which were 4.31 cm and 5.33 cm, in the first and second cycles, respectively, are considered

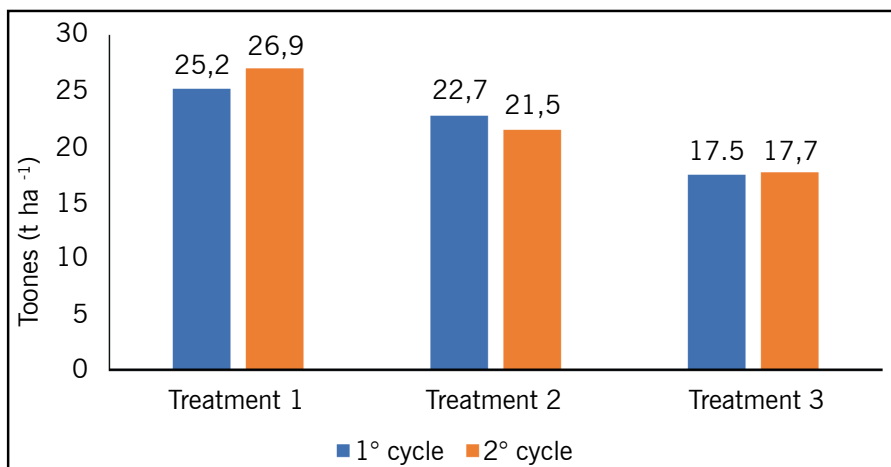
adequate, according to Resende et al. (2008), who reported that the appropriate length of the lettuce stem is up to 6 cm, being acceptable up to 9 cm.

The results were not conclusive in relation to the variable FRM, the harvest may have been a factor that interfered, as it was observed that much of the root system remained in the soil when performing the manual plucking of plants.

In the second cycle, it was observed that the T1 treatment (Efficient Microorganisms) provided higher values of fresh mass of the aerial part, number of leaves, length of the stem and quantity of viable plants per plot, differing significantly from the other treatments (conventional fertilization and without fertilization). This was due to the progressive action on the soil involving EMs; according to Andrade (2011), these microorganisms require a certain amount of time to enable system stability as well as to guarantee greater uniformity in production.

Based on the fresh mass of the aerial part of all plants sampled in the different treatments and the size of the area corresponding to the plots, productivity was estimated in the two crop cycles (FIGURE 1).

Figure 1 – Estimated productivity in $t\ ha^{-1}$, in the two crop cycles, according to the treatments applied.



Treatment 1 – Weekly application of Efficient Microorganism; Treatment 2 – Weekly application of mineral fertilizer; Treatment 3 – Control, without any fertilization.

Source: Sousa et al. (2020).

The T1 treatment, application of Efficient Microorganism, obtained greater fresh mass of the aerial part of the plants sampled in the two cycles, resulting in greater productivity in tons/hectare. Regarding the two cycles, it is possible to observe that in the T1 treatment, the lettuce productivity increased in relation to the first cycle, while in the T2 treatment, the result behaved in a decreasing way and in T3 there were no great variations.

This increase in productivity for the treatment with Efficient Microorganisms may be related to what is stated by Osorio Filho et al. (2015), that the EMs favor the synthesis of nutrients necessary for plant growth and production, moreover, this complex of efficient microorganisms has substances that act in a similar way to phytohormones, promoting physiological responses in plants (OLIVEIRA, 2006). Thus, it is very likely that the greater vegetative growth presented by the T1 treatment at the end of the experiment is related to these factors.

Conclusions

The biological cocktail, from Efficient Microorganisms, proved to be an efficient and effective technical application for the cultivation of American lettuce. The plants submitted to this product obtained a greater increase in the biomass of the aerial part, resulting in a greater productivity of the culture. Efficient Microorganism is a product that can be used as a biofertilizer in lettuce cultivation, diversifying from other effective agroecological techniques.

Microrganismos Eficientes no cultivo de alface

Resumo

Os Microrganismos Eficientes se mostram como uma técnica eficaz, alternativa, sustentável, segura e de baixo custo para aumentar a produtividade dos alimentos orgânicos, sendo sua utilização uma boa opção de manejo agroecológico. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo principal analisar a eficiência da aplicação de um coquetel biológico proveniente de Microrganismos Eficientes no cultivo de alface. Na captura dos Microrganismos Eficientes e fabricação do coquetel biológico, utilizou-se da metodologia disposta nas fichas agroecológicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com 8 blocos e 3 tratamentos. O tratamento T1, aplicação dos Microrganismos Eficientes, obteve maior massa fresca da parte aérea das plantas amostradas nos dois ciclos, resultando em uma maior produtividade em ton ha⁻¹. Os resultados se mostraram vantajosos para a produtividade da alface que recebeu aplicação do coquetel biológico proveniente de Microrganismos Eficientes, quando analisados os parâmetros de biomassa.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*. Produção orgânica. Coquetel biológico.

References

ANDRADE, F. M. C. **Cadernos dos microrganismos eficientes (EM):** Instruções práticas sobre o uso ecológico e social do EM. 2 ed. Viçosa: [s.n.], 2011. 32 p. Disponível em: <<http://estaticog1.globo.com/2014/04/16/caderno-dos-microrganismos-eficientes.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

BATTISTI, M. B.; SANTOS, M. G. **Avaliação da eficiência da aplicação de microrganismos eficientes EM•1® em cultivo de alface.** 2011. 41 p. Monografia (TCC) - Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/459>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

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

INAGAKI, A. M.; DIAMANTE, M. S.; SEABRA JÚNIOR, S.; NUNES, M. C. M.; SILVA, M. B.; NEVES, S. M. A. S. Identificação, mapeamento e comercialização de alface em Cáceres, Mato Grosso – Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 353-361, 2011.

LEITE, C. D.; MEIRA, A. L.; MOREIRA, V. R. R. **Uso de microrganismos eficientes em Plantas, Sementes e Solo**. Fichas Agroecológicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, n. 32, 2016.

LEITE, C. D.; MEIRA, A. L. **Preparo de microrganismos eficientes (EM)**. Fichas Agroecológicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, n. 31, 2016.

MITSUIKI, C. **Efeito de sistemas de preparo de solo e do uso de Microrganismos Eficazes nas propriedades físicas do solo, produtividade e qualidade de batata**. 2006. 98 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-26022007-151401/pt-br.php>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

OLIVEIRA, S. A. S. **Aplicação foliar de nitrato e de Microrganismos Eficazes (EM) e seus efeitos sobre a partição de nutrientes em variedades de milho (Zea mays L.) cultivadas com resíduo industrial**. 2006. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp006919.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

OSORIO FILHO, B. D.; NETA, A. N. O.; ROSA, C. A.; HUFF, F. H.; RICHA, G. C.; DAMASCENO, R.; SÁ, E. L. S. Capacidade de rizóbios na promoção de crescimento de plantas de alface. In: V CONGRESSO LATINOAMERICANO DE AGROECOLOGIA, 2015. **Anais...** [s.l.]: [s.n.], 2015. p. 1-5. Disponível em: <<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/53104>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

PEREIRA, E. G.; DIAS, A. S.; PEREIRA, D. S.; SANTOS, J. S. Desenvolvimento inicial do Rabanete submetido à adubação orgânica e microrganismos eficientes. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA, 4., 2015. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2015. p. 10-13. Disponível em: <<http://www.simposioppgagroecologia.ufv.br/wp-content/uploads/Anais-do-IV-SIMPA-20152.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

PEREIRA, T. G.; SILVA, S.; MORAIS, E. G.; LOPES, M. A. P.; PEREIRA, J. G.; GONÇALVES, L. D. Utilização de microrganismos eficientes (EM) na produção de alimentos orgânicos. In: SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFMG, 7. **Anais...** Bambuí: IFMG, 2014. p. 1-5. Disponível em: <[http://bambui.ifmg.edu.br/jornada_cientifica/2014/resumos/Agronomia/Utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20Microrganismos%20eficientes%20\(EM\)%20na%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20.pdf](http://bambui.ifmg.edu.br/jornada_cientifica/2014/resumos/Agronomia/Utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20Microrganismos%20eficientes%20(EM)%20na%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2019.

PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: Exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: Fealq, 2002. 309 p.

PUGAS, A. S.; GOMES, S. S.; DUARTE, A. P. R.; ROCHA, F. C. R.; SANTOS, T. E. M. S. Efeito dos microrganismos eficientes na taxa de germinação e no crescimento da Abobrinha (Curcubita PepoL.). **Cadernos de Agroecologia**, [s.l.], v. 8, n. 2, p.1-5, nov. 2013.

QUEIROZ, A. A.; CRUVINEL, V. B.; FIGUEIREDO, K. M. E. Produção de alface americana em função da fertilização com organomineral. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, p.1053-1063, 2017.

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; COSTA, N. D.; GOMES, A. S. **Alface:** Qual cultivar?. 2015. Embrapa Semiárido. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1013085/1/Milanez.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J. Resposta da alface tipo americana a doses e épocas de aplicação de Molibdênio em cultivo de inverno. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p.143-148, 2008.

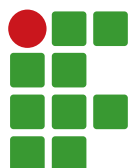
SAMPAIO, B. S. **Biofertilizante na produção de Alface.** 2013. 85 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.ufes.br/handle/10/5196>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

SIQUEIRA, A. P. P.; SIQUEIRA, M. **Bokashi:** adubo orgânico fermentado. Niterói: Programa Rio Rural, 2013. 18 p. Disponível em: <http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/40_Bokashi_Adubo_organico_fermentado.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

YURI, J. E.; SOUZA, R. J.; FREITAS, S. A. C.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; MOTA, J. H. Comportamento de cultivares de alface tipo americana em Boa Esperança. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p.229-232, 2001.

Received in: July 18, 2019

Accepted in: September 3, 2019



Seeder-fertilizer performance with two furrowing mechanisms and sowing speed

Antonio Luiz Viegas Neto¹

Cristiano Márcio Alves de Souza²

Sálvio Napoleão Soares Arcoverde³

Izidro dos Santos de Lima Junior⁴

Lígia Maria Maraschi da Silva Piletti⁵

Abstract

The displacement velocity of the tractor-seeder set, associated with the furrowing mechanism, influences the plant distribution and the establishment of a correct plant stand in the field. The objective of this study was to evaluate the operational performance of a seeder-fertilizer in the non-tillage sunflower crop, according to sowing speeds and furrow mechanisms. The experimental design used was the randomized blocks, with treatments arranged in a split-plot scheme, where the plots were the furrowing mechanisms (chisel openers and double disk) and the subplots were the sowing speeds (3.2; 4.6; 6.2 and 7.0 km h⁻¹), with three replicates. The following were determined in this study: the emergence speed index, the emergence in the field, the average distance between the plants, plant height, plant population and the longitudinal distribution of plants. Sunflower sowing using a chisel openers provides greater emergence in the field, emergence speed index and, consequently, greater plant population. Sowing speed ranging from 3.2 to 7.0 km h⁻¹ do not influence field emergence, emergence speed index, height and population of sunflower plants.

Keywords: *Heliantus annuus* L. Longitudinal distribution. No-tillage system. Plant emergence.

Introduction

Several factors affect the performance of sunflower with high productive potential, such as the sowing time, the cultivar, the adequate management of soil fertility and environmental conditions, such as the uniform water distribution over the crop cycle (BEZERRA et al., 2014).

Sowing is a fundamental operation for the crop establishment in the field as it is associated with the uniformity of longitudinal distribution of plants and the final stand (ARCOVERDE et al., 2017). Operational factors related to sowing, such as error in the distribution, deposition and depth of seeds made by the sower may be influenced by the sowing speed (VIAN et al., 2016).

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS). Professor EBTT. antonio.viegas@ifms.edu.br. Rod. BR 463, s/n, Km 14, C. P.: 287, 79909-000.

2 Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Professor associado. csouza@ufgd.edu.br.

3 UFGD. Pós-doutorado. salvionapoleao@gmail.com.

4 IFMS. Professor EBTT. izidro.lima@ifms.edu.br.

5 IFMS. Professor EBTT. ligia.piletti@ifms.edu.br.

The use of seeders at speed greater than 7.0km h⁻¹ open larger furrows, revolve wider strips and hinder soil compression with the seed by the compacting wheel (NASCIMENTO et al., 2014), damaging germination, seedling emergence and plant population (SANTOS et al., 2016).

In the non-tillage system, the seeder-breaking mechanisms start to perform, in addition to furrow opening for the deposition of seeds, but the localized preparation of the soil. Thus, the action of the furrowing mechanisms, in addition to minimizing the demand for traction power and promotion of an adequate soil mobilization improve seed germination, seedling emergence and crop productivity (FURLANI et al., 2013). Therefore, the furrowing mechanisms must be studied in different edaphoclimatic and operational conditions, as the efficiency of such mechanisms depends on factors such as type of soil, depth of sowing and fertilization, sowing speed, soil water content and soil tillage (FURLANI et al., 2013).

Considering the little information related to the performance of seeder-fertilizer machines in the sunflower crop under different operating conditions, the objective of this study was to evaluate the operational performance of a seeder-fertilizer machine in sunflower growing in non-tillage system as a function of four sowing velocities and two furrowing mechanisms.

Material and methods

The experiment was carried out on the Experimental Farm of the Federal University of Grande Dourados, municipality of Dourados, state of Mato Grosso do Sul (MS). The climate in the region is classified by the international system of Köppen as Am-type, monsoon, with dry winter and average annual rainfall of 1,500 mm and average annual temperature of 22°C (ALVARES et al., 2013).

The soil in the area was classified as Distroferic Red Latosol, with a very clayey texture (65.3% clay, 17.4% silt and 17.3% sand), a representative class of most of the soils in the south-central region of the state of Mato Grosso do Sul, with an average slope of 2% (EMBRAPA, 2013). Sunflower was grown in the experimental area, where there were residues of soybean crops grown as a summer crop (earlier crop).

The tests were carried out using a trailed seeder-fertilizer spreader, model Solografic DIRECTA 4000, with nine sowing lines spaced by 0.45m, equipped with a horizontal perforated-disc type seed dispenser. The machine allows the use of two furrow-opening mechanisms: furrowing-rod and double-disc. The compactor wheel used was a V-shaped smooth metal wheel. The seeder-fertilizer machine was pulled by a 4x2 TDA tractor, with nominal power of 125hp (91.9kW) at 2,300rpm.

In relation to the sunflower sowing, cv. Embrapa 122-V2000 (Striated Grain) was used, with an oil content between 40% to 44% (GIRASSÓIS, 2007), 90-day cycle, population of 45,000 plants ha⁻¹ (DALCHIAVON et al, 2016). The seeder was regulated to distribute 230kg ha⁻¹ of the formulated 8-20-20 + micro. The weed was controlled in pre-emergence, with the herbicide glyphosate, at the dose of 3L ha⁻¹ of commercial product, not needing further applications. Pest control was carried out according to the occurrence.

The experimental design was the randomized blocks, with treatments arranged in a split-plot scheme, in which the plots were the types of furrow (chisel openers and double disc) and the subplots were the sowing speeds (3.2; 4.6; 6.2 and 7.0km h⁻¹), with three replicates. The experimental unit

consisted of five sowing rows spaced by 0.9m apart, by 50.0m in length. Each experimental unit occupied an area of 225.0m².

Sowing was carried out at soil water content of 0.28 kg kg⁻¹. The water content was determined through the gravimetric method (standard greenhouse method), according to the relationship between the water mass and the soil dry mass at 105°C. The soil density was $1.28 \pm 0.11 \text{ Mg m}^{-3}$. Seed germination was evaluated before sowing for experimental control by taking a sample from the seed lot used. The test evaluation was performed according to the recommendations of the Rules for Seed Analysis (BRASIL, 2009). The seeds used in the experiment had a germinating power of 80%.

After sowing, the seed depth was measured in the sowing line in one meter for all treatments, using a 1-mm graduated ruler with four replicates. To measure the depth of the seed, the soil was carefully removed from the sowing line until they were found, considering the distance between the surface of the soil and the deposited seed as the depth.

The emergency speed index was determined by counting the sunflower seedlings in 3-m of seeded line, in two central lines of each experimental unit, with seven field measurements, from the 5th to the 21st day after the emergency. The determination of the seedling emergence speed index was performed using the Maguire equation (TROGELLO et al., 2013), while the total number of seedlings emerged in the last count was used for field emergence.

The average distance between the plants was made by measuring the distance between all sunflower plants found in 4.0m of seeded line, in the two central lines of each experimental unit. A 1-mm resolution measuring tape was used in the measurement. At the end of the sunflower crop cycle, plant height assessments were carried out up to the point of insertion of the head with the aid of a 0.01-m precision measuring tape.

The longitudinal distribution of plants was evaluated by determining the percentages of the multiple, normal and defective spacing, which were analyzed using the adapted classification of Kurachi et al. (1989), at which the following percentage of spacing corresponding to the classes: acceptable or normal ($X_{ref} < X_i < 1.5 X_{ref}$), multiple ($X_i < 0.5 X_{ref}$) and defective ($X_i > 1.5 X_{ref}$), based on the reference spacing (X_{ref}) according to the seeder-fertilizer regulation for a population of 45,000 plants ha⁻¹. Thus, the spacing between plants (X) was classified as normal ($0.098\text{m} < X \leq 0.296\text{m}$), multiple ($X \leq 0.098\text{m}$) and defective ($X > 0.296\text{m}$).

The data were subjected to analysis of variance, and when significant at the 5% probability level by the F test, regression analysis was performed for the quantitative factors.

Results and discussion

A significant effect was observed in the furrowing mechanism for emergence in the field, emergence speed index, average distance between plants, sowing depth and plant population, and no influence on plant height. The sowing speeds did not influence the evaluated factors and an interaction was found between the furrowing mechanisms and the sowing speeds only for the sowing depth (TABLE 1).

Table 1 – Summary of analysis of variances of the data on emergency on the field (EF), emergence speed index (ESI), average distance between plants (PD), plant height (PH), sowing depth (DEPTH) and plant population (PP) according to the furrowing mechanism and the sowing speed. Dourados/MS, 2016.

	EF	ESI	PD	PH	DEPTH	PP
Furrower						
Furrowing-rod	86.4 A	1.79 A	38.9 A	112.9 ^{ns}	7.5 A	47,993.80 A
Double disc	59.4 B	1.42 B	35.7 B	108.3	5.6 B	33,024.70 B
Speed (km h ⁻¹)						
3.2	75.0 ^{ns}	1.49 ^{ns}	36.8 ^{ns}	109.7 ^{ns}	6.3 ^{ns}	41,666.60 ^{ns}
4.6	66.1	1.58	39.4	114.4	6.5	36,728.4
6.2	75.5	1.82	35.1	109.8	6.5	41,975.3
7.0	75.0	1.54	37.9	108.5	6.9	41,666.6
Furrower x Speed	72.91 ^{ns}	1.61 ^{ns}	37.3 ^{ns}	110.6 ^{ns}	6.5*	40,509.2 ^{ns}
C.V. (%)	20.3	12.3	18.1	3.8	8.8	20.2

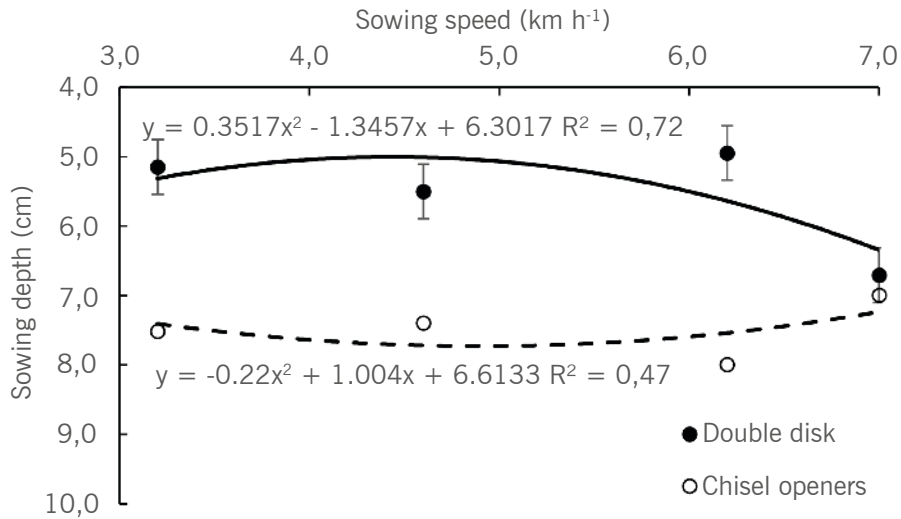
*Significant at 5% probability, ^{ns} not significant by the F test.

Source: Elaborated by the authors (2019).

The furrowing-rod provided higher values in the emergency in the field, the emergency speed index, and the plant population. The chisel openers provide a better contact between the soil and the seed, promoting better conditions for the germination of the seeds, consequently favoring the ESI and, at the end, final plant population. Similar results were obtained by Trogello et al. (2012), when evaluating the performance of a seeder-fertilizer in clayey soil. The authors found a greater emergence of plants when the chisel openers were used. Santos et al. (2016) observed that the action of the chisel openers can provide better seed distribution at adequate sowing speeds, consequently, favoring the emergence of the plants.

Plant height was not influenced by the evaluated factors, showing a mean of 110.6cm. Nobre et al. (2012), when carrying out tests with different cultivars in the North of Minas Gerais, and Dalchiavon et al. (2016), when carrying out tests with different cultivars in the Chapadão de Parecis region in the state of Mato Grosso, reported means that were higher than those observed in this study, ranging from 170.0 to 200.0cm and from 142.0 to 198.5 cm, respectively. According to Dalchiavon et al. (2016), the smallest plant height in the sunflower facilitates the crop management and reduces the losses in mechanized harvesting. However, they emphasize that the variation of this characteristic depends on the most efficient cultivars in terms of the response to the edaphoclimatic conditions of their cultivation. Also, according to Ivanoff et al. (2010), this is a reflection of nutrition in the stem elongation period.

An interaction was found between the furrowing mechanism and the sowing speed (FIGURE 1). The furrowing rod provided greater sowing depth than the use of the double disc for all speeds from 3.2 to 7.0km h⁻¹. Garcia et al. (2011), when evaluating the sowing of the corn crop at different sowing speeds, observed that the increment in the speed from 2.5 to 4.4km h⁻¹ provided an increase in depth of 30.2%. Koakoski et al. (2007), Mion and Benez (2008) and Modolo et al. (2013) also observed higher values of seed deposition depth for the rod-type furrowing mechanism, in comparison to the double-disc type mechanism. These results may be related to the greater penetration capacity of the furrow, which, due to its physical characteristics, provided greater efficiency in the breaking of the superficial layers of the soil, causing a greater penetration of the seeds in the furrow.

Figure 1 – Sowing depth (PS) as a function of the furrowing mechanism and sunflower sowing velocity.


Source: Elaborated by the authors (2019).

A significant effect of the furrow mechanism was found on the longitudinal distribution of plants, therefore, affecting the percentage of multiple and defective spacing. The use of the furrowing-rod provided a lower percentage of multiple spacing, but a higher percentage of defective spacing. There was interaction between the furrowing mechanisms and the sowing speeds for the percentage of normal spacing (TABLE 2).

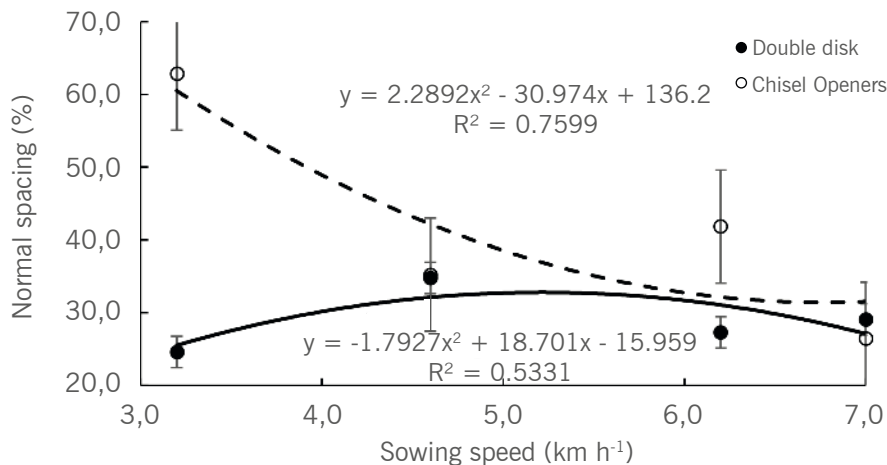
Table 2 – Summary of analysis of variances of the percentage data of multiple, normal, and defective spacing for the furrowing mechanisms and seeding speed. Dourados/MS, 2016.

	Multiple	Normal	Defective
Furrower			
Furrowing-rod	8.8 A	41.6	49.6 B
Double disc	3.0 B	29.0 ^{ns}	67.0 A
Speed (km h ⁻¹)			
3.2	1.1 ^{ns}	43.7 ^{ns}	55.2 ^{ns}
4.6	2.4	35.0	62.6
6.2	5.5	34.6	59.9
7.0	14.8	27.8	57.4
Furrower x Velocity	5.9 ^{ns}	35.3*	58.8 ^{ns}
C.V. (%)	39.5	26.8	19.2

*Significant at 5% probability, ^{ns} not significant by the F test; C.V. coefficient of variation.

Source: Elaborated by the authors (2019).

Figure 2 shows the interaction between the furrowing mechanism and sowing speeds. The use of chisel openers and planting speeds from 3.2 to 5.0 km h⁻¹ resulted in normal spacing greater than 40.0%. These results are similar to Furlani et al. (2013), at which almost half of the seeds deposited at an adequate spacing was obtained.

Figure 2 – Normal spacing percentage as a function of the furrowing mechanism and sunflower sowing speed.

Source: Elaborated by the authors (2019).

Conclusions

The use of chisel openers in sunflower sowing provides greater emergence in the field, emergence speed index and a larger plant population than the use of the double disk.

Sowing speeds of 3.2 to 5.0 km h⁻¹ and with the use of the chisel openers provided better plant distribution.

Desempenho de semeadora-adubadora com dois mecanismos sulcadores e velocidades de semeadura

Resumo

A velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora, associada ao mecanismo sulcador utilizado, influencia a distribuição de plantas e o estabelecimento de um estande correto de plantas em campo. Objetivou-se avaliar o desempenho operacional de uma semeadora-adubadora na semeadura direta do girassol, em função de velocidades de semeadura e mecanismos sulcadores. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com tratamentos arranjados em esquema de parcelas subdivididas, em que as parcelas foram os mecanismos sulcadores (haste sulcadora e disco duplo) e as subparcelas as velocidades de semeadura (3,2; 4,6; 6,2 e 7,0 km h⁻¹), com três repetições. Foram determinados: o índice de velocidade de emergência, a emergência a campo, a distância média entre as plantas, a altura de plantas, a população de plantas e a distribuição longitudinal de plantas. A semeadura do girassol utilizando-se de haste sulcadora proporciona maior emergência a campo, índice de velocidade de emergência e conseqüentemente maior população de plantas. As velocidades de semeadura de 3,2 a 7,0 km h⁻¹ não influenciam a emergência a campo, o índice de velocidade de emergência, a altura e a população de plantas do girassol.

Palavras-chave: *Heliantus annus* L. Distribuição longitudinal. Emergência de plantas. Plantio direto.

References

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAVOREK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 5, p. 711-728, 2013. Disponível em: <https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil>. Acesso em: 28 jul. 2020.
- ARCOVERDE, S. N. S.; SOUZA, C. M. A. de.; CORTEZ, J. W.; MACIAK, P. A. G.; NAGAHAMA, H. J. Qualidade e variabilidade especial na semeadura do milho de segunda safra. **Energia na agricultura**, v. 32, n. 4, p. 386-392, 2017. Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2761>>. Acesso em: 28 jul. 2020.
- BEZERRA, F. T. C.; DUTRA, A. S.; BEZERRA, M. A. F.; OLIVEIRA FILHO, A. F.; BARROS, G. L. de. Comportamento vegetativo e produtividade de girassol em função do arranjo espacial das plantas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 2, p. 335-343, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rca/v45n2/a15v45n2.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análises de sementes**. MAPA. SDA. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 399 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.
- CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; LOPES, A. Distribuição longitudinal de sementes de soja e características físicas do solo no plantio direto. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 2, p. 502-510, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/eagri/v26n2/19.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.
- DALCHIAVON, F. C.; MALACARNE, B. J.; CARVALHO, C. G. P. de. Características agrônômicas de genótipos de girassol (*Heliantus annuus* L.) em segunda safra no Chapadão do Parecis – MT. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v39n1/v39n1a20.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. 353p. 2013.
- EUCLYDES, R. F. SAEG - **Sistema para análises estatísticas**, versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes/UFV, 2007. 287p
- FURLANI, C. E. A.; CANOVA, R.; CAVICHIOLI, F. A.; BERTONHA, R. S.; SILVA, R. P. Demanda energética por semeadora-adubadora em função da haste sulcadora na semeadura do milho. **Revista Ceres**, v. 60, n. 6, p. 885-889, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rceres/v60n6/17.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.
- GARCIA, R. F.; VALE, W. G.; OLIVEIRA, M. T. R.; PEREIRA, E. M.; AMIM, R.; BRAGA, T. C. Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão no Norte Fluminense. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 3, p. 417-422, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/asagr/v33n3/v33n3a05.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

GAZZONI, D. L. Óleo de girassol como matéria-prima para biocombustíveis. In: Girassol no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2008. p. 145-162.

GIRASSÓIS Agrobrel. Rio Verde, GO: Ceapar Cerrado Sementes, 2007. 2 p. Informativo distribuído pela Ceapar.

IVANOFF, M. E. A.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; SMIDERLE, O. J.; SEDIYAMA, T. Formas de aplicação de nitrogênio em três cultivares de girassol na savana de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 319-325, 2010. Disponível em: < <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/827/448>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

KOAKOSKI, A.; SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L.; SOUZA, L. C. F.; REIS, E. F. Desempenho de uma semeadora-adubadora utilizando-se dois mecanismos rompedores e três pressões da roda compactadora. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 725-731, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/pab/v42n5/16.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento e dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, v. 48, n. 2, p. 249-262, 1989. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/brag/v48n2/11.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

MION, R. L.; BENEZ, S. H. Esforços em ferramentas rompedoras de solo de semeadoras de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1.594-1.600, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/cagro/v32n5/36.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

MODOLO, A. J.; FRANCHIN, M. F.; TROGELLO, E.; ADAMI, P. F.; SCARSI, M.; CARNIELETTO, R. Semeadura de milho com dois mecanismos sulcadores sob diferentes intensidades de pastejo. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 6, p. 1200-1209, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/eagri/v33n6/13.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

NASCIMENTO, F. M.; RODRIGUES, J. G.; FERNANDES, J. C.; GAMERO, C. A.; BICUDO, S. J. Efeito de sistemas de manejo do solo e velocidade de sementeira no desenvolvimento do sorgo forrageiro. **Revista Ceres**, v. 61, n. 3, p. 332-337, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rceres/v61n3/a05v61n3.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

NOBRE, D. A. C.; RESENDE, J. C. F.; BRANDÃO JUNIOR, D. S. S.; COSTA, C. A. Desempenho agrônomico de girassol no norte de Minas Gerais. **Revista Agro Ambiente**, v. 6, n. 2, p. 140-147, 2012. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/781/782>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

REIS, E. F. dos; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES, H. C.; NAIME, J. M.; ARAÚJO, E. F. Densidade do solo no ambiente solo-semente e velocidade de emergência em sistema de sementeira de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 777-786, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n5/03.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

SANTOS, V. C.; SANTOS, P. R. A.; LIMA, I. O.; PEREIRA, V. R. F.; GONÇALVES, F. R.; CHIODEROLI, C. A. Desempenho de semeadora-adubadora em função da velocidade de deslocamento e do mecanismo sulcador de fertilizantes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 286-291, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v20n3/1415-4366-rbeaa-20-03-0286.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E. M.; SCARSI, M.; SGARBOSSA, M. Desenvolvimento inicial e produtividade da cultura do milho no sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 286-291, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rceres/v59n2/19.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

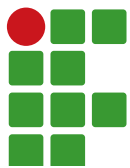
TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; SCARSI, M.; DALLACORT, R. Manejos de cobertura, mecanismos sulcadores e velocidades de operação sobre a semeadura direta da cultura do milho. **Bragantia**, v. 72, n. 1, p. 101-109, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/brag/v72n1/aop_1579_13.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

VIAN, A. L.; SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; SIMON, D. H.; DAMIAN, J. M.; BREDEMEIER, C. Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 464-471, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/cr/v46n3/1678-4596-cr-46-03-00464.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

WEIRICH NETO, P. H.; SCHIMANDEIRO, A.; GIMENEZ, L. M.; COLET, M. J.; GARBUIO, P. W. Profundidade de deposição de semente de milho na região dos Campos Gerais, Paraná. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 782-786, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/eagri/v27n3/a22v27n3.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

Received in: June 27, 2019

Accepted in: September 12, 2019



Multivariate analysis of bathymetry in the evaluation of reservoirs in Serra Talhada, Pernambuco, Brazil

Alan César Bezerra¹

Renata Akemi Shinozaki-Mendes²

Geber Barbosa de Albuquerque Moura³

Abstract

The constant demand for water resources has increased the need for research and adoption of new water use and management practices. In this sense, this work utilizes multivariate cluster analysis to identify the correlation of respective depths of bodies of water in Serra Talhada city, over different periods of rainfall. In order to achieve this, four bathymetric surveys were carried out during one year for three reservoirs within the municipality of Serra Talhada, then cluster analysis and multiple modeling were used to identify the most influential variables on reservoir depth. Based on our results, the multivariate grouping technique can be used to define periods of higher and lower water storage, through bathymetric data, as well as to understand the effects of regional precipitation variability on the water levels of reservoirs. In addition, the generated model indicated a clear influence of the previous month's precipitation on the bathymetry of the reservoirs.

Keywords: Cluster analysis. Semiarid. Water resources.

Introduction

Increasing demand for water resources to meet the need of human consumption, as well as industrial and agricultural uses, has required research and adoption of improved water use practices. These include water resource utilization and management strategies that take advantage of knowledge of the regional physical structure specificities in order to facilitate sustainable water management.

According to Lima et al. (2013), Brazil has several reservoirs that were formed mainly by the damming of rivers in order to meet certain objectives, such as water supply, course regulation, electricity generation, irrigation, navigation and recreation, with the greatest concentration of these reservoirs being constructed in northeastern Brazil in order to meet the specific needs of this region.

In this sense, bathymetry, which is the science of determining depth of bodies of waters such as oceans, seas, lakes, and rivers, can help understanding the dynamics of bodies of water. Once the water depth level information is available, it becomes possible to characterize the physical traits of specific reservoirs, which is a vital tool for evaluating hydrological behavior (CIGAGNA; BONOTTO; STURARO, 2014) in relation to the reserve capacity.

Understanding the dynamics and behavior of reservoirs can help in better reservoir water management and in semiarid and arid regions, which is even more important. Since these regions

1 Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Docente. alan.bezerra@ufrpe.br.

2 Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Docente. renataasm@gmail.com.

3 Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia. geber.moura@ufrpe.br.

have a great variability of frequency and intensity of precipitation, as well as high evaporation rates. In addition, the water supply of cities and agricultural activities depends on the quantity and quality of these waters, which requires constant monitoring and management (BRAGA et al., 2015).

Thus, it becomes possible to envision measures consistent with the current reality of environmental pressures on these bodies of water in order to facilitate the sustainable use of these resources. In this sense, it is necessary to aggregate bathymetric data for the respective bodies of water for analysis by means of multivariate statistical techniques.

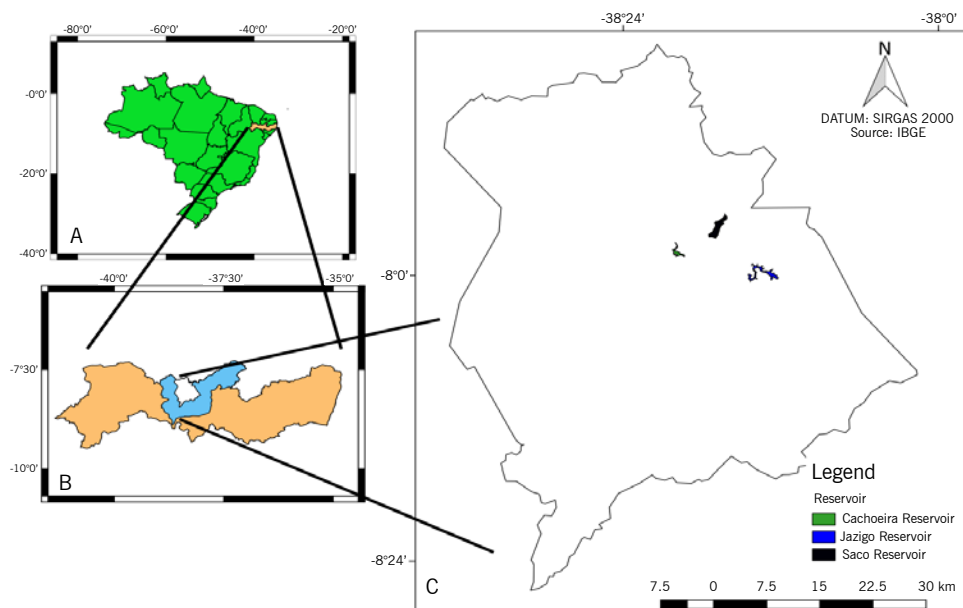
Some studies have used multivariate techniques to group together different bodies of water based on hydrochemical parameters in several conditions, such as works developed by Almeida and Frischkorn (2015) and Almeida et al. (2016). However, there are no current studies of bathymetric monitoring of bodies of water which utilize this technique. It is our belief that this application can ensure better monitoring and earlier identification of impacts, such as silting, than traditional analyzes, such as the study carried out in the same region of the present study by Lima and Shinozaki-Mendes (2017).

Therefore, the present work utilizes multivariate analysis to identify the relation between the depths of bodies of water within the municipality of Serra Talhada, in association with different periods of rainfall.

Material and methods

The bathymetric data was obtained between the years 2010 and 2013 in three reservoirs located in the municipality of Serra Talhada in the state of Pernambuco, Brazil, located at average coordinates of 07°59'07"S and 38°17'34"W at an altitude of 444 m, and at the semi-arid Brazilian Pajeú microregion (Figure 1). According to Köppen, the climate is typical of the semi-arid region, which is hot and dry, with average rainfall of 657 mm year⁻¹ and an average annual temperature of 25.8°C (CRUZ NETO et al., 2017).

Figure 1 – Map of Brazil highlighting the state of Pernambuco (A), Map of Pernambuco highlighting Pajeú microregion and Serra Talhada – PE (B), Map of Serra Talhada with Cachoeira, Jazigo and Saco reservoirs (C).



Fonte: Elaborated by the authors (2019).

Bathymetric survey data was obtained from across the reservoir in zigzag movements from shore to shore, based on a Global Positioning System (GPS), and the location of each reservoir, acquisition dates and amount of points used can be found in Table 1. It was utilized the points inside the reservoirs in order to minimize the effects of the edges and get the depths of the deepest areas. Sonar bathymetric surveys of the reservoirs were carried out using a Garmin Fishfinder 90, Dual-beam (80/200 kHz) sonar capable and Maximum depth 182,88 meters, with the aid of a motorized watercraft. Since the analysis in each reservoir considered one year of evaluation, the contribution of sedimentation or silting processes was considered null.

Table 1 – Location and Collection dates on reservoirs in Serra Talhada city, Brazil.

Reservoirs	Latitude	Longitude	Data Collection Dates	Amount of Points Used
Jazigo	08°0'13" S	38°14'8" W	Sep/2012 Dec/2012 Mar/2013 Jun/2013	51
Cachoeira	07°57'57" S	38°19'54" W	Dec/2012 Mar/2013 Jun/2013 Aug/2013	41
Saco II	07°55'55" S	38°16'49" W	Sep/2010 Dec/2010 Mar/2011 Jun/2011	69

Fonte: Elaborated by the authors (2019).

Precipitation data were obtained via the combined rainfall observation stations of IPA (Saco) in Serra Talhada, maintained by the Pernambuco State Agency for Water and Climate (Agência Pernambucana de Água e Clima - APAC). For incomplete data (data loss by the system), supplemental data were obtained from the nearest station of the National Institute of Meteorology (INMET), located at the geographic coordinates 09°23'17.96"S and 40°31'23.74"W, at an altitude of 373m.

The clustering of similar categories was used as a classification technique in order to identify homogeneous water bodies using the ascending order of depths of all points collected. The choice of this criterion is because it is intended to classify the seasons only.

To utilize the clustering technique, hierarchical grouping criterion was the Ward method, in which the measure of similarity was Euclidean distance. The Ward criterion (1963) allows groups to be created by minimizing dissimilarities or by minimizing the square of the total sum within each group. As such, a grouping of different bodies of water within the study area was carried out, based on the depth, to identify reservoirs with similar depths and at what times of the year these bodies of water present similarities.

The hierarchical grouping technique interconnects samples according to their associations, producing a dendrogram, at which samples are grouped together according to the similarity of chosen variables. This technique is best understood by the principle that greater resemblance is denoted by decreased distance between objects. The cut-off point was determined according to the criterion of half the longest distance, as proposed by Comunello et al. (2013). The multivariate statistic was calculated in R version 3.4.1, in an integrated Rstudio development environment.

To analyze the possible influence of the quarter of the year (T1: 1st quarter, T2: 2nd quarter, T3: 3rd quarter, T4: 4th quarter), body of water (JD: Jazigo Reservoir, CR: Cachoeira Reservoir, SR: Saco Reservoir), total rainfall during the month of bathymetry (P) and rainfall during the month prior to bathymetry (PP) in the value of maximum depth (Depth, in meters), the following multiple model (Equation 1) was used (MCCULLAGH, NELDER, 1989):

$$\text{Depth} = \beta_0 + \beta_1 T1 + \beta_2 T2 + \beta_3 T3 + \beta_4 CR + \beta_5 JD + \beta_6 P + \beta_7 PP + \varepsilon \quad (1)$$

At which: β_n are the parameters of the model (1), ε is the error. The quarter variables were inserted as dummy variables, and T4 was not inserted as a variable so that the matrix determinant was not zero. The bodies of water were also inserted with dummy, and SR was not inserted.

To select the significant variables in the model, the stepwise process was used. To evaluate the consistency of the model, the “F” statistic of the variance analysis for regression ($p < 0.05$) and the residual analysis was based on the Durbin-Watson (DW) statistic (DURBIN; WATSON, 1950).

Results and discussion

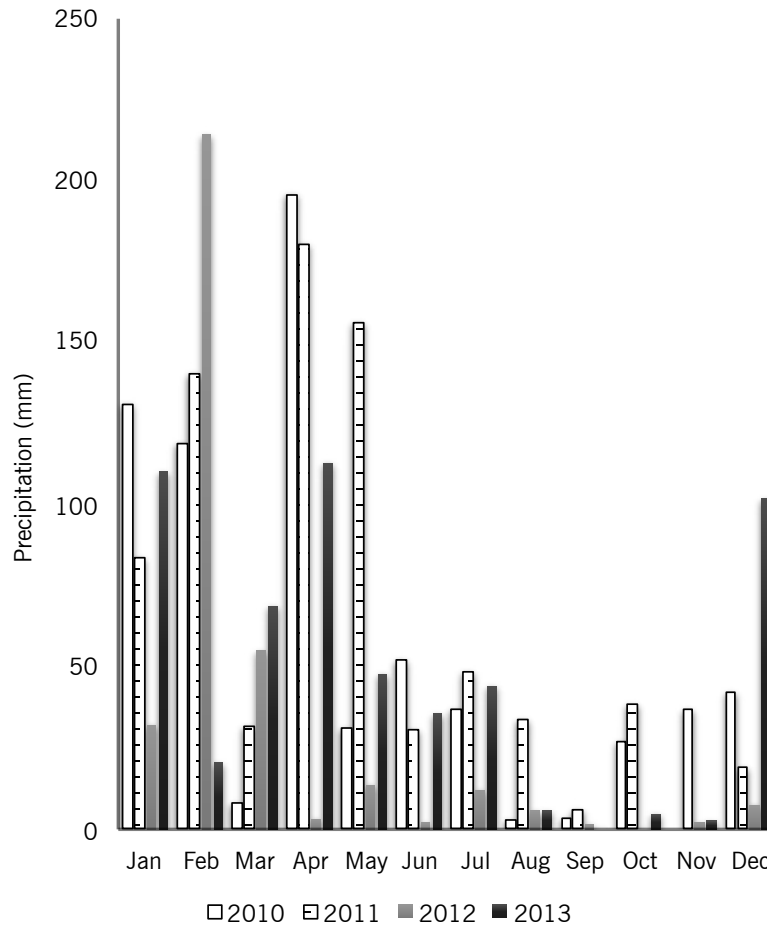
When analyzing the depth values (Table 2), the Saco Reservoir presented the highest average values and the greatest variation for the evaluated months while Cachoeira and Jazigo had very similar depth values during the evaluation period. For all the reservoirs, the deepest months is attributed to the precipitation cycle of the region, as there is a tendency for the months with greatest depths to coincide with the heaviest precipitation period for the region (Figure 2).

Table 2 – Mean Depth (m) of bathymetric surveys of the reservoirs in the present study, measured during the period from September 2010 to August 2013.

Jazigo Reservoir (m)				
Average	Sep/2012	Dec/2012	Mar/2013	Jun/2013
	6.52	4.92	3.50	6.08
Cachoeira Reservoir (m)				
Average	Dec/2012	Mar/2013	Jun/2013	Aug/2013
	10.4	10.10	6.04	7.06
Saco Reservoir (m)				
Average	Sep/2010	Dec/2010	Mar/2011	Jun/2011
	31.00	29.20	8.52	31.80

Fonte: Elaborated by the authors (2019).

Figure 2 – Monthly precipitation for Serra Talhada during the 2010-2013 research period.

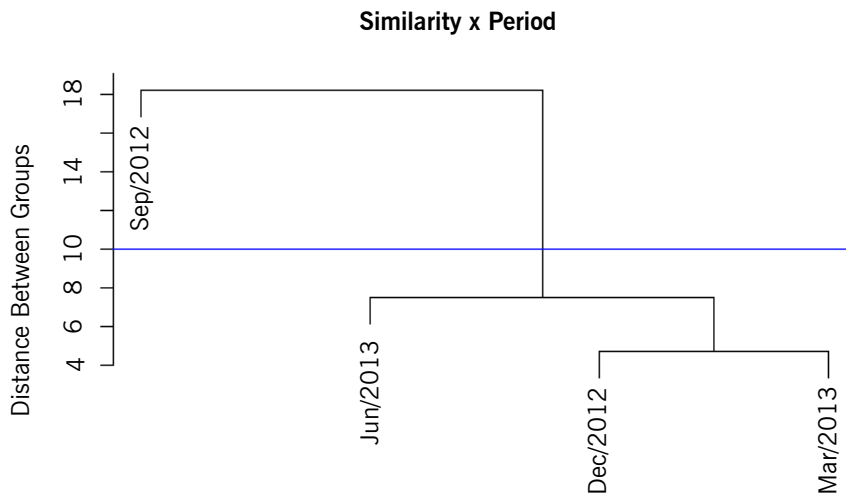


Fonte: Elaborated by the authors (2019).

Next, a more detailed study of each reservoir was carried out in order to determine the monthly similarities. From the cluster analysis of the monthly reservoir data, based on the Euclidian distance and Ward algorithm, the points of class division were determined. For each reservoir, the number of classes was determined to be approximately two, which was adopted for all reservoirs.

Thus, the first reservoir to be studied was the Jazigo, for which the monthly dendrogram is shown in Figure 3. To complement this analysis, a summary of the bathymetric survey statistics is available for the corresponding months.

Figure 3 – Dendrogram with 4 months of evaluation, as produced from the hierarchical grouping method, for the Jazigo Reservoir.



Fonte: Elaborated by the authors (2019).

Based on these results, the four months were divided into two groups, referring to two periods of greater homogeneity. Class A refers to the month of September 2012, as the period of greatest depth, and class B refers to the months of December 2012 and March and June of 2013 as the period of lower depth of the reservoir (Table 2).

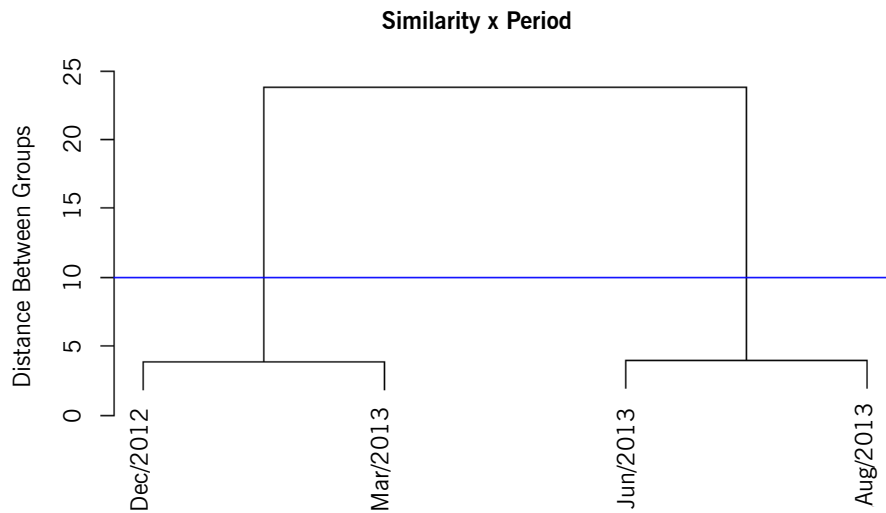
The class formations may be related to the prior year's precipitation characteristics and months of bathymetry evaluation. Annual precipitation for 2010 and 2011 was, respectively, 646 mm and 803 mm, which are close values, each above the historical average of the region (Figure 2). While the accumulated precipitation in 2012 prior to September was 338 mm, about 97% of the annual precipitation, this period marked the beginning of a drought in the region (MARENGO et al., 2015).

Thus, for the month of December/2012 and March/2013, the term with the most critical values for the evaluation period of this reservoir, the rainfall that occurred during this period was insufficient to significantly increase the reservoir's water level. For June/2013, there is a notable increase in water level due to a greater distribution of precipitation during the months immediately prior to data collection (Figure 2), however, this was not enough to distinguish this evaluation month from the more critical class, as observed in Figure 3.

For the Cachoeira Reservoir, the division of the dendrogram denotes a division into two symmetrical groups (Figure 4). Class A refers to December/2012 and March/2013, which are months with high water levels, while class B refers to months with lower water levels (Table 2).

The first months, which compose group A, flood period, of the Cachoeira Reservoir, present the highest values for the period evaluated probably due to the precipitation of the previous years (Figure 2), especially in the case of 2011, and coinciding with the rainy season (Figure 2). On the other hand, class B, drought period, dendrogram for the Cachoeira Reservoir may have been influenced by the temporal proximity between the evaluated months, even so, it is noticed that for August/2013 there was an increase in water level caused by greater distribution of rainfall in 2013, especially in the month of July, which presented a precipitation of 30mm.

Figure 4 – Dendrogram for 4 months of evaluation, resulting from the hierarchical grouping method, for the Cachoeira Reservoir.

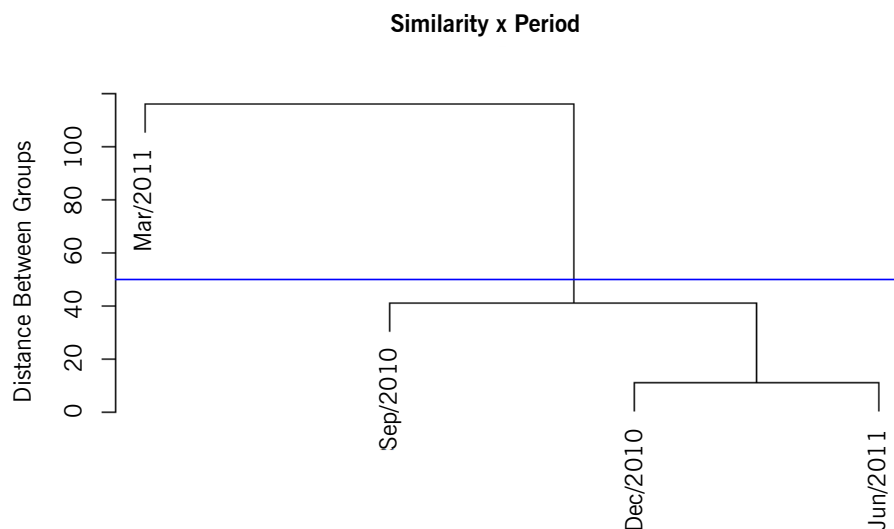


Fonte: Elaborated by the authors (2019).

The grouping analysis for the Saco Reservoir also presents a division into two groups (Figure 5). There is a clear division for Class A of the dendrogram for the Saco Reservoir formed by the month of March/2011, during the period with lower water level, while class B is composed by the months of September and December of 2010 and June of 2011, during the period with higher water levels (Table 2).

Unlike the other reservoirs, in which the months of December and March tended to be grouped into the same class, in the Saco Reservoir the month of March is isolated in class A. This isolation can be attributed to the fact that 2010 was marked by drought while 2011 had greater than average precipitation (MARANGO et al., 2016), but with the rainfall concentrated in the months of March, April and May (Figure 2).

Figure 5 – Dendrogram for 4 months of evaluation, resulting from the hierarchical grouping method, for the Saco Reservoir.



Fonte: Elaborated by the authors (2019).

In the semiarid region, there is a concentration of rainfall from January to March and May extend until April (COSTA et al., 2017), however, this characteristic was not verified in the separation of the periods in all reservoirs, with the tendency of the rainy season (March) as more critical. As Silva and Tonello (2014) point out, the hydrological behavior of a hydrographic basin can be directly attributed to specific geomorphological characteristics, such as shape, relief and drainage network, soil cover type and vegetation formation.

Thus, in order to complement this study, it is suggested to apply this technique under different conditions, such as years marked by drought, normal rainfall or heavy rainfall. This will make it possible to better separate the periods of higher and lower water storage and thus improve the development and implementation of sustainable water management measures.

In generating a multiple model by stepwise process, the following model (2) was obtained:

$$\text{Depth} = 10.330 + 0.214T1 - 1.079T2 - 0.840T3 - 1.325CR - 4.336JD - 0.013P + 0.003PP \quad (2)$$

With reliability of 0.5542 (R^2) and a positive correlation ($DW = 1.0945$), the model can be used for estimate depth for the three reservoirs when it cannot be directly measured (different from the Table 2 data that were measured on site).

This model estimates a depth of 10.3 m for the Saco Reservoir, in the fourth quarter of the year, in the absence of rainfall contributions during the month of bathymetry as well as the month prior. The first quarter of the year presents the greatest volumes, with the lowest values observed in the second and third quarters of the year. The Saco Reservoir presents the greatest depths, followed by the Cachoeira with 1.3 m less and finally by the Jazigo with 4.3 m lower water levels. The rainfall of the previous month positively influenced volume, while rainfall during the month of bathymetry had a negligible positive influence.

Utilizing a multiple model makes it possible to more easily obtain values without the need to collect direct data from the field and estimate values which approximate the real values. In case of an on-site measurement, this application also facilitates silting analysis, since a significantly lower actual volume as compared to the estimate may indicate the occurrence of sedimentation in the reservoir. Similarly, a real higher-than-predicted real volume may indicate the occurrence of desorption, allowing a better understanding of the structure and functioning of aquatic environments (LIMA; SHINOZAKI-MENDES, 2017), as well as the application of sustainable management measures for these environments.

Conclusions

The multivariate clustering technique can be used to define periods of higher and lower water storage from bathymetric data, as well as to understand the effects of regional variability of precipitation in the storage of these reservoirs. It is suggested to the public authorities' greater attention in the management of water resources in the first quarter of year, because it presents itself as more critical. Continuous long-term monitoring is recommended for bodies of water in order to better identify potential sedimentation processes and define sustainable management strategies for the maintenance of these reservoirs. Also, it should be noted that partnerships with government agencies and research institutions are fundamental to the advancement of further analysis and achieving optimal resource outcomes.

Análise multivariada de batimetria na avaliação de corpos hídricos em Serra Talhada, Pernambuco, Brasil

Resumo

A demanda constante por recursos hídricos tem estimulado a pesquisa e a adoção de práticas que visam aperfeiçoar seu uso e sua gestão. Nesse sentido, este trabalho busca identificar a similaridade entre profundidades dos corpos hídricos, em associação à pluviometria, em diferentes períodos, no município de Serra Talhada/PE, por meio da técnica da análise de agrupamento multivariado e modelo múltiplo. Para tanto, foram realizados quatro levantamentos batimétricos durante um ano em cada açude em três açudes do município de Serra Talhada e aplicada uma análise de cluster e uma modelagem múltipla para identificação das variáveis de maior influência na profundidade dos açudes. Com base nos resultados, a técnica multivariada de agrupamento pode ser utilizada para definição de períodos de maior e menor nível de armazenamento de água, a partir de dados batimétricos, bem como perceber os efeitos da variabilidade de precipitação da região no armazenamento desses reservatórios. Além disso, o modelo gerado permitiu comprovar a influência da precipitação nos meses anteriores à batimetria dos açudes.

Palavras-chave: Análise de Cluster. Recursos hídricos. Semiárido.

References

ALMEIDA, J. B.; BARROS, J. F.; MESQUITA, B. A. D.; SILVA, C. M. S. V.; MENDES FILHO, J.; FRISCHKORN, H.; SANTIAGO, M. M. F. Cluster analysis and geochemical processes for the characterization of the aquifer system in Maracanã/São Luis/MA. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**, v. 21, n. 4, p. 832-840, out./dez. 2016.

ALMEIDA, J. R. F. de; FRISCHKORN, H. Agrupamento da qualidade da água de poços de um pequeno aquífero aluvial: estudo de caso da bacia do riacho Forquilha em Quixeramobim/CE/Brasil. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**. v. 8, n. 1, p. 114-130, 2015.

BRAGA, G. G.; BECKER, V.; OLIVEIRA, J. N. P. D.; MENDONÇA JUNIOR, J. R. de; BEZERRA, A. F. M.; TORRES, L. M.; GALVÃO, A. M. F.; MATTOS, A. Influence of extended drought on water quality in tropical reservoirs in a semiarid region. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 1, p. 15-23, 2015.

CIGAGNA, C.; BONOTTO, D. M.; STURARO, J. R. Batimetria e estudo de parâmetros morfométricos do reservatório da floresta estadual "edmundo navarro de andrade" (FEENA) Rio Claro/SP. **Geociências**, v. 33, n. 4, p. 720-732, 2014.

COMUNELLO, E.; ARAÚJO, L. B.; SENTELHAS, P. C.; ARAÚJO, M. F. C.; DIAS, C. T. S.; FIETZ, C. R. O uso da análise de cluster no estudo de características pluviométricas. **Sigmae**, v. 2, n. 3, p. 29-37, 2013.

CRUZ NETO, J. F. da; MORAIS, J. E. F. de; SOUZA, C. A. A. de; SOUSA CARVALHO, H. F. de; RODRIGUES, C. T. A.; SILVA, T. G. F. da. **Aplicabilidade de indicadores agrometeorológicos para análise do incremento de água por irrigação em sistemas de produção da palma forrageira, cv. Miúda**. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 2, p. 98-106, 2017.

DURBIN, J.; WATSON, G. S. Testing for Serial Correlation in Least Squares Regression, I. **Biometrika**, v. 37, n. 3-4, p. 409-428, 1950.

LIMA, F.; AMANAJÁS, J.; GUEDES, R.; SILVA, E. Análises de Componente Principal e de Agrupamento para estudo de ventos para a geração de energia eólica na região do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 5, p. 188-201, 2010.

LIMA, J. R. C.; SHINOZAKI-MENDES, R. A. Variação sazonal do perfil batimétrico do Açude do Saco, município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. **Revista Agrogeoambiental**, v. 9, n. 3, p. 81-92, 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n32017992>.

LIMA, J. R. C.; SHINOZAKI-MENDES, R. A.; ALMEIDA, A. Q. de. Estimativa da batimetria do açude do Saco-PE com auxílio de dados orbitais. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 5, 2013.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A.; CAMARGO, H.; RIVEROS, M. P.; PABLÓ, A. D. Two contrasting severe seasonal extremes in tropical South America in 2012: flood in Amazonia and drought in northeast Brazil. **Journal of climate**, v. 26, n. 22, p. 9137-9154, 2013.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Climanálise**, v. 3, p. 1-6, 2016.

MCCULLAGH, P.; NELDER, J. A. **Generalized Linear Models**, 2nd. Edition, Chapman and Hall: London, 1989.

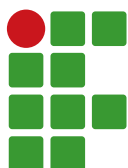
SILVA, J. L.; TONELLO, K. C. Morfometria da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Pinheirinhos, Brotas-SP. **Irriga**, v. 19, n. 1, p. 103, 2014.

SOUZA COSTA, A. de; BRITO COSTA, W. L. de; BRAGA, C. C.; DANTAS, M. P. Temporal space variability for precipitation in the state of Pernambuco. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 7, n. 1, p. 1-7, 2017.

WARD, J. H. Hierarchical grouping of optimize an objective function. **Journal American Statistical Association**, v. 58, p. 236-244, 1963.

Received in: April 11, 2019

Accepted in: September 25, 2019



Evaluation of the productivity and plant health of pruned coffee intercropped with annual crops

Marcela Cristina Silva de Oliveira¹

Paula Tristão Santini²

Ana Paula da Silva Rezende³

Miguel Funchal⁴

Tiago Teruel⁵

José Marcos Angélico de Mendonça⁶

Abstract

Alley intercrop with annual crops is a usual practice in coffee cultivation, especially in periods of renewal of the crop by pruning. Its purpose is to make better use of the area, decrease costs of implantation and renovation, mainly in coffee plantations with open lines, through the production of subsistence food with generation of additional and immediate income of the producer. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the productivity and plant health of pruned coffee crop in consortium with annual crops in different spacings. The experiment was carried out at the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho, in the 2016/17 and 2017/2018 crop years, in a coffee plant of Catuaí Vermelho cultivar 144, 12 years old, pruned in 2014. Three intercrops (corn, chia and beans) in two spacings (30.0cm and 60.0cm) plus two additional treatments without intercropping (slashing or applying herbicide) were implanted in the soil. In the crop year 2016/17, a delay in the fruit maturation was observed in the treatment with intercropping spaced at 30.0cm, when compared to the same crops at 60.0cm spacing. The maturation of the fruits in the 2017/18 crop year was delayed in the treatments of consorts spaced at 60.0cm, when compared with the additional treatment. There was an expressive increase of cercosporiosis with cropping culture spacing 60.0cm. It was also observed that the average yield of coffee in the 2016/17 and 2017/18 crop years was affected by the interplant cultures implanted in the spacing of 30.0cm. In general, regardless of the spacings, intercropping negatively influenced the productivity of coffee in both 2016/17 and 2017/2018 crop years.

Keywords: Beans. Chia. Coffee. *Coffea arabica* L. Corn. Yield.

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), Campus Muzambinho, IFSULDEMINAS. Discente em Engenharia Agrônômica. marcelaagronoma@gmail.com.

2 Universidade Federal de Lavras (UFLA). Doutoranda. paulatsantini@gmail.com. Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal, caixa postal 3037, 37200-000, Lavras/MG.

3 IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho. Discente em Engenharia Agrônômica. anapaulasreagro20@gmail.com.

4 IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho. Discente em Engenharia Agrônômica. miguel9009@gmail.com.

5 Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS). Professor. tiago.rezende@unifenas.br.

6 IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho. Professor. jose.mendonca@muz.ifsuldeminas.edu.br.

Introduction

Brazil, as the largest coffee producer and exporter (*Coffea* spp.), occupies the second position in consumption behind the United States of America, becoming increasingly influential in agribusiness at the international level. High costs of agricultural inputs combined with inadequate crop management practices increase the cost of production, making coffee farmers seek new alternatives to reduce these costs and, consequently, increase profitability (NADALETI, 2017).

Intercropping is a usual practice in coffee growing, especially during periods of planting or renewal by pruning (ASTEN, 2011). The initial phase of implantation of the coffee plant has a very high cost, in addition, its economic return begins only at the third year (OUMA, 2009). The renewal of the crop interrupts the production of coffee up to two years, but the situation is complicated by very dense crops, which require periodic pruning from coffee growers (CARVALHO, 2010).

The main purpose of intercropping is to make better use of the area, to decrease the costs of implantation and renovation, especially in crops with open lines, through the production of subsistence food with the generation of additional and immediate income to the producer (SANTOS et al., 2008; CHUNG et al., 2013) through better use of the area, especially in small properties. The coffee consortium can also provide other benefits, such as improvements in soil moisture conservation conditions, reduction of damage caused by winds (DaMATTA; RAMALHO, 2006; PEZZOPANE et al., 2010), possibility of improving soil fertility (VAAST et al., 2005), reduction in the occurrence of spontaneous plants (SILVA et al., 2013), improvement in the use of labor (APARECIDO et al., 2014) and favoring financial return.

Crops intercropped with coffee are intended to favor the main crop. In its adoption, agronomic, economic, and ecological aspects of the production system are considered. However, depending on the species and management, they may bring additional benefits or undesirable losses, directly influencing the potential of the crop (SANTOS et al., 2008).

The adherence to this cultivation system must be based on technical criteria that involve the analysis of several factors, such as the choice of the appropriate species/cultivar, the level of shading, fertility, irrigation, altitude, and climate. Although intercropping has some advantages, both intercropping and coffee cultivation must be well planned for the success of using this practice (CARVALHO et al., 2007). However, the difficulties of mechanization and execution of phytosanitary treatments, the competition of intercalary crops for water, nutrients and light, in addition to the consequent reduction in the growth and production of coffee trees (PAULO et al., 2004), make the recommendation of cultures intercalations in coffee plantations controversial.

Among the intercrop crops most planted in coffee plantations, rice, beans, corn, soybeans, and peanuts stand out. As for the number of rows of intercropping, it basically depends on the species to be introduced and the spacing of the coffee plantation, with a free strip of planting with a width of half a meter, in addition to the projection of the coffee canopy on each side of its lines (SANTOS et al., 2008).

Adopting techniques for growing intercrop crops in coffee plantations based on the most up-to-date recommendations, such as varieties, stands and spatial arrangements, the present study aims to evaluate the intercropping of coffee received with intercrop crops (chia, beans and corn) in different spacing and to evaluate their effect on coffee productivity and plant health in the region of Muzambinho, for two harvests of the coffee crop.

Material and methods

The experiment was developed at the Coffee Industry Sector of the Federal Institute of Education, Science and Technology of the South of Minas Gerais - Campus Muzambinho, in an area with geographical coordinates of 21°20'32.64 "South and 46°32'00.99" West, average altitude of 1,023 meters, humid temperate climate with dry winter and moderately hot summer (Cwb), according to Köppen (SÁ JUNIOR et al., 2012).

The experiment was conducted in the crop years 2016/17 and 2017/2018, in an area cultivated with coffee (*Coffea arabica* L.), of the cultivar Catuaí Vermelho IAC-144 12 years of age, with 3.8m x 1.0m spacing, and received in September 2014.

A randomized block design was adopted, in a factorial scheme 3 x 2 + 2 in plots subdivided in space and with 3 replications, with 3 types of intercropping crops (corn, beans and chia) in two inter-row spacing of the crops (30cm and 60cm), plus two additional treatments (dried with glyphosate or just brushed).

The spacing factor was randomized in the plots and the interim crop factor and the additional ones in the subplots, totaling 8 treatments (combinations of the types of interim crops and the spacing plus the additional ones) and 24 plots. Each plot consisted of 18 plants (3 lines with 6 plants each), the useful plot consisting of 4 plants from the central line, and the others, from borders.

Initially, a soil sampling from the experimental field was carried out in order to characterize its fertility, the fertilizations of the coffee tree and the intercropping of the crop year 2016/17 were made according to the analysis of the soil in depth from 0 to 20cm (TABLE 1) and the fertilizations for the 2017/18 crop year were made according to soil analysis in depth from 0 to 20cm (TABLE 2). Both analyzes were carried out at the Soil and Leaf Laboratory of the Federal Institute of Education, Science and Technology of the South of Minas Gerais - Campus Muzambinho.

Table 1 – Chemical attributes of the soil, at a depth of 0-20 cm, from the experimental area. Muzambinho/MG, august 2015.

Prof.	pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	T	P-rem	V	M	M.O.
	H ₂ O	mg dm ⁻³				cmolc dm ⁻³				mg L ⁻¹	%		dag kg ⁻¹
0-20 cm	5.8	47	333	0.0	4.59	0.96	2.60	6.4	9	21.9	71.1	0.0	2.74

Extraction methods: pH: water; M.O.: S. Sulfurosa; P, K, Cu, Fe, Mn, Zn: Mehlich-I; P-rem: CaCl₂; Ca, Mg, Al: KCl; H + Al: SMP buffer; SB: Hot water.

Source: Elaboration of the authors (2017).

Table 2 – Chemical attributes of the soil, at a depth of 0-20 cm, from the experimental area. Muzambinho/MG, august 2016.

Prof.	pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	T	P-rem	V	M	M.O.
	H ₂ O	mg dm ⁻³				cmolc dm ⁻³				mg L ⁻¹	%		Dag kg ⁻¹
0-20 cm	6,24	64,4	146	0,0	4,77	0,96	2,63	6,1	8,7	23,2	69,9	0,0	2,61

Extraction methods: pH: water; M.O.: S. Sulfurosa; P, K, Cu, Fe, Mn, Zn: Mehlich-I; P-rem: CaCl₂; Ca, Mg, Al: KCl; H + Al: SMP buffer; SB: Hot water.

Source: Elaboration of the authors (2017).

It was not necessary to apply lime in the experimental area to correct the soil. The soil preparation was carried out in a conventional manner, using a roto-enchanter and leveling harrow, in order to leave the soil in suitable conditions for sowing. For crop year 2016/17, interim crops were established on December 14, 2015 and for crop year 2016/17, they were implanted on December 06, 2016.

The fertilization of corn and chia was carried out according to Raij et al. (1997), and the chia fertilization was based on the culture of mint and spearmint, as they are from the same botanical family. Fertilizers of coffee and beans were made according to Ribeiro et al. (1999), considering level 3 of technology for the fertilization of common bean. The phytosanitary management of coffee followed the pattern carried out by the coffee sector of the Federal Institute of Education, Science and Technology of the South of Minas Gerais - Campus Muzambinho.

The population density of chia and beans, in the spacing of 30.0cm, was 6 plants m^{-1} and in the spacing of 60.0cm, it was 12 plants m^{-1} , whereas the density for corn culture in the spacing of 30.0cm was 1,65 plants m^{-1} and in the spacing of 60.0cm it was 3.3 plants m^{-1} . Regardless of the spacing between the consortiums, they were all implanted at a minimum distance of 50.0cm from the projection of the coffee canopy.

To evaluate the maturation of the fruits, 100.0mL of coffee fruits were harvested from each useful plant of the evaluated plots, totaling 400.0mL of fruits per sample, in the months of June and July 2016 and in the months of May, June and August of 2017. The fruits were quantified and qualified as: Green (fruits with green and greenish exocarp, until the stage of physiological maturity), Ripe (fruits with reddish, red and dark red exocarp) and dried (fruits that had already passed physiological maturity, with brown exocarp and / or dehydrated aspect).

The coffee productivity was evaluated right after the harvest of the experimental plots, carried out in July 2016 and August 2017, quantifying the total fruits harvested in each useful plot in liters, disregarding the sweeping coffee. The values were transformed into productivity, using as a reference the value of 450 liters of “da roça” coffee fruits for each 60kg bag of processed coffee (11% b.u.) (NADALETI, 2017).

The coffee yield was obtained by the ratio between the weight of the processed coffee (11% b.u.) and the volume of “da roça” coffee in liters. For this purpose, 10 liters of “da roça” coffee fruits from each plot were put to dry in suspended terraces until reaching the recommended humidity, later they were benefited and calculations were made to transform the values into yield (NADALETI, 2017).

The physical classification as to the type and intrinsic defects was made according to Brasil (2003). In the presence of more than one defect class in the same grain, the one with the highest equivalence was considered. Defective grains were individually weighed for all defect classes. The granulometric classification of the grains was made in samples of 100 g and was obtained by the percentage of grains retained in the circular sieves (18, 17, 16, 15, 14 and 13) for flat grains and oblong sieves (13,12, 11, 10 and 9) for round grains (mocha) (SILVA et al., 2010).

In order to monitor the dynamics of pests and diseases in coffee plants, evaluations were carried out from January to June, both in the crop year 2016/17 and in the crop year 2017/18, totaling six assessments per year. The sampling was carried out in the middle third of the plant, 3 plagiotropic branches were chosen at random on the north face, plus 3 random branches on the south face, evaluating the 3rd and 4th pair of leaves, which were classified by level of incidence, that is, the presence or absence of pests and diseases in the plant tissue.

The evaluations were made monthly in order to monitor pests and diseases such as: Bicho Mineiro (*Leucoptera coffeella*), Cercosporiosis (*Cercospora coffeicola*), Rust (*Hemileia vastatrix*),

Phoma spot (*Phoma* spp.), Aureolada spot (*Pseudomonas syringae* pv. *Garcae*) and Phoma Tarda (*Ascochyta coffeae*). It was considered present leaves that have the pathogenic agent already installed on them and absent leaves free of infestations or with an onset of attack not yet developed (ROCHA, et al., 2013).

For statistical analysis, analysis of variance was performed for the response variables, with a significance level of 5% (p-value). For the variables that had a significant effect of the intercropping factor or the interaction “spacing and intercropping”, the averages were subjected to the Scott-Knott test at the 5% probability level. For variables that had a significant effect of the spacing factor and/or additional treatments, the means were separated according to the F test, at a significance level of 5% (p-value). All procedures for carrying out statistical analyzes were performed using software R version 3.4.1 (R CORE TEAM, 2017).

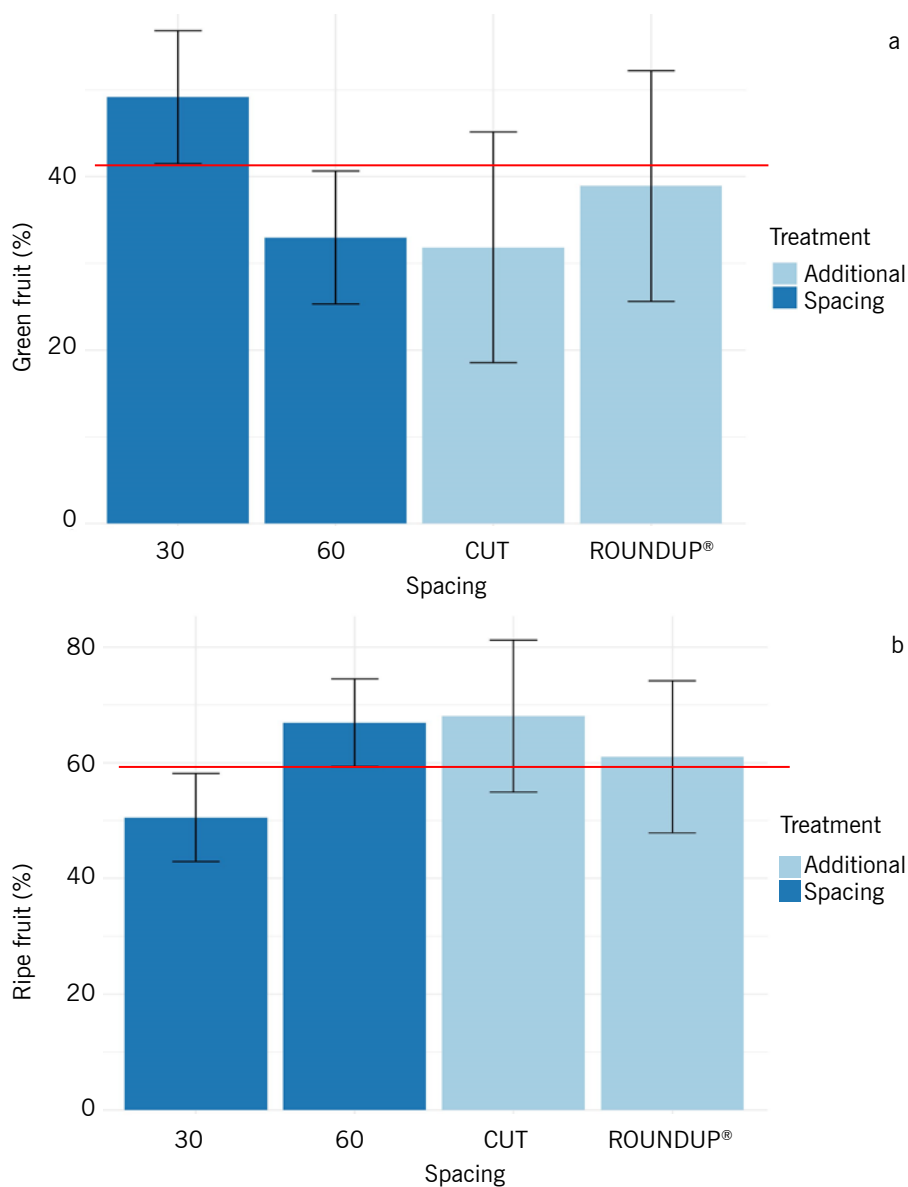
Results and discussion

In crop year 2016/17, based on analysis of variance, significant effects were observed only for the maturation variable and, in crop year 2017/18, there were significant results for the parameters maturation, grain size and incidence of cercosporiosis.

Fruit ripening in crop year 2016/17 was influenced by the spacing factor of the intercrop crop, with a higher percentage of green fruits in treatments in which the consorts were spaced 30cm apart and a higher percentage of ripe fruits in the consorts spaced 60cm (FIGURE 1).

The difference in the results is probably due to the fact that in treatments with consorts spaced at 30cm, that is, with 6 crop lines between those of the coffee tree, there was a greater light interception than in the treatment of consorts spaced at 60cm, with only 3 rows of intercropping. Therefore, this greater shading in the coffee tree may have contributed to the delay in maturation. These results corroborate the studies carried out by Carvalho et al. (2007), at which the authors determined the number of rows and the fertilizer dose of beans intercalated with dense coffee, reporting a shading of the coffee according to the increase in lines of the intercropping, decreasing production and increasing the diameter of the coffee stem.

Figure 1 – Percentage of green (a) and ripe (b) fruits harvested on July 5, 2016 from coffee trees conducted with intercropping in different spacing. Muzambinho/MG, crop year 2016/17.



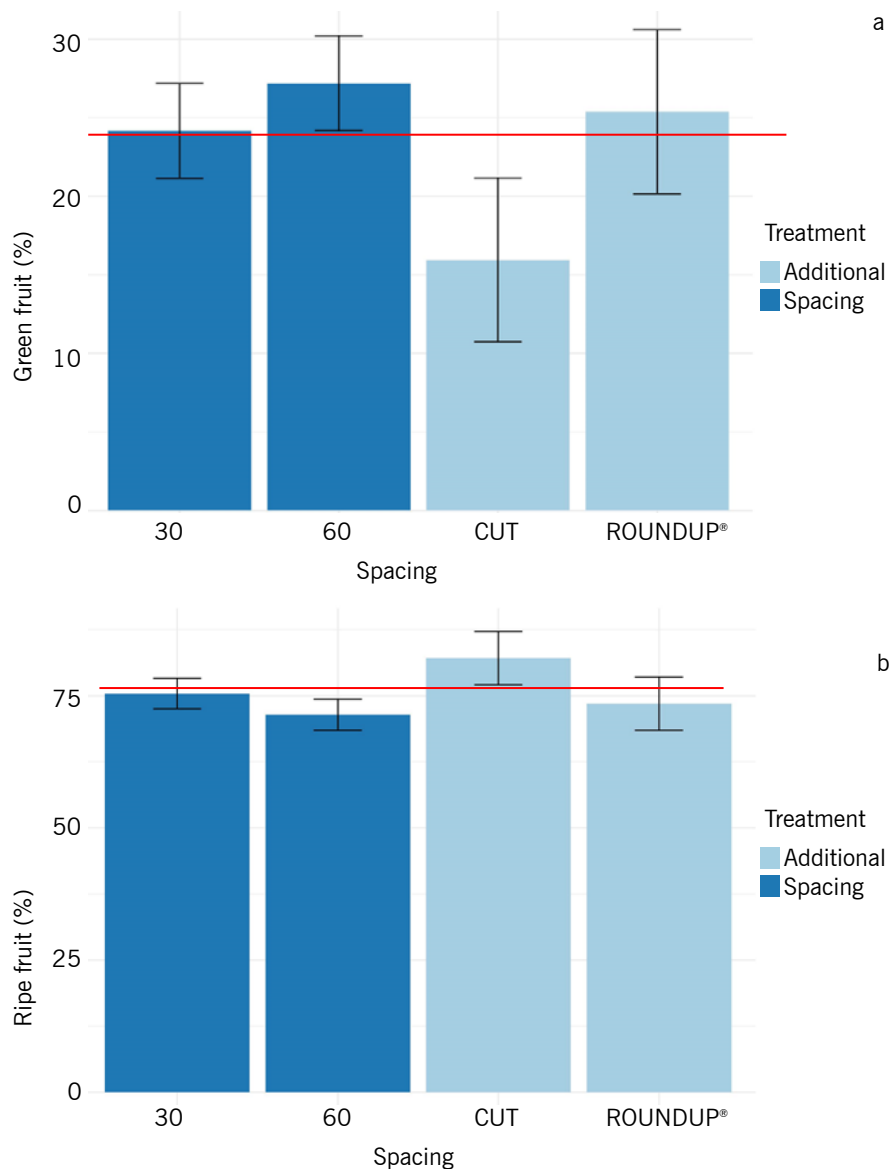
The bars of the treatment averages are within the confidence intervals (95%). Thus, the means in which the confidence interval bars overlap are statistically equal and those that do not overlap are different.

Source: Elaborated by the authors (2017).

In the maturation of the fruits of the 2017/2018 crop year, the percentage of green and ripe fruits showed significance between the additional treatments and the treatments with intercrop crops, with a higher percentage of green fruits in the treatments with consorts spaced 60cm and higher percentage of ripe fruits in the additional grazing treatment (FIGURE 2).

The explanation for this result is that possibly in the cleared plots, there was no interference in the maturation process, since the coffee, being cleared, does not suffer interference from shading, leading to greater maturation, as seen by Pezzopane et al. (2010). In the 60 cm treatment, with three rows of intercropping, a shadier environment was registered, which may have contributed to the delay in maturation.

Figure 2 – Percentage of green (a) and ripe (b) fruits harvested on June 23, 2017 in coffee plants conducted with intercrop crops under different spacing. Muzambinho/MG, crop year 2017/2018.



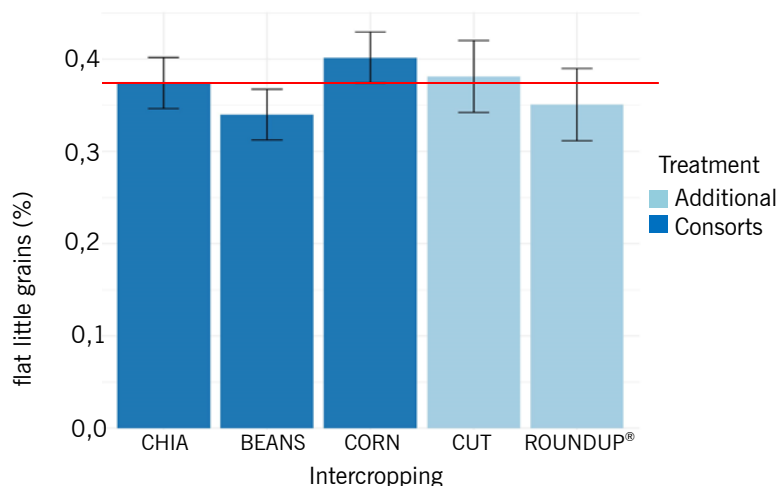
The bars of the treatment averages are within the confidence intervals (95%). Thus, the means in which the confidence interval bars overlap are statistically equal and those that do not overlap are different.

Source: Elaborated by the authors (2017).

The grain size classification for the 2017/2018 crop year showed significant results for the intercrop species grown, with a higher percentage of small flat grains observed in treatments implanted with corn than in those implanted with beans (FIGURE 3), regardless of the spacing of interim crops.

The difference in results is probably due to the fact that the corn crop is more demanding than the bean crop, that is, it has greater demands for water, nutrients and light, so there was a greater interspecific competition with the coffee tree, which directly interfered in the size of the coffee beans (AMARAL FILHO et al., 2005).

Figure 3 – Percentage of small flat beans in the granulometric classification of coffee from coffee plants grown with intercropping in different spacing. Muzambinho/MG, crop year 2017/2018.

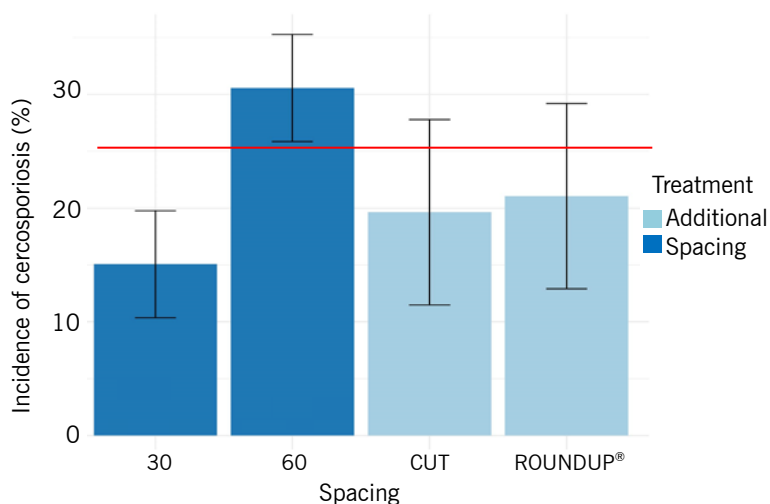


The bars of the treatment averages are within the confidence intervals (95%). Thus, the means in which the confidence interval bars overlap are statistically equal and those that do not overlap are different.

Source: Elaborated by the authors (2017).

Regarding the dynamics of coffee pests and diseases, there was a significant effect of treatments only in the month of May of the 2017/2018 crop year on the incidence of cercosporiosis for the different spacing, a period that coincided with the high crop year. As shown in Figure 4, the incidence was higher in treatments with 60cm than in those with 30cm. This can be explained by the fact that crops at 60cm allowed an environment with greater insolation than in treatments with 30cm, and high insolation promotes ideal conditions for the development of cercosporiosis (SILVA et al., 2013).

Figure 4 – Incidence of cercosporiosis in May 2017 in coffee plants conducted with intercrop crops in different spacing. Muzambinho/MG, crop year 2017/2018.



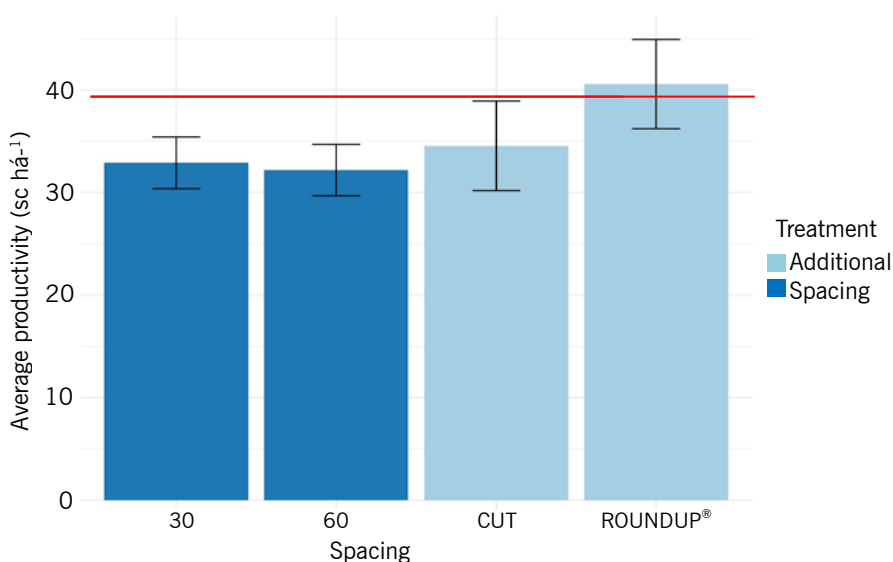
The bars of the treatment averages are within the confidence intervals (95%). Thus, the means in which the confidence interval bars overlap are statistically equal and those that do not overlap are different.

Source: Elaborated by the authors (2017).

Considering the averages of productivity and yields for the sequenced crop years (2016/17 and 2017/18), significant results were observed.

It was observed that the average productivity for this period was influenced by the treatments, with significantly higher averages being reached for glyphosate management compared to intercrop crops (FIGURE 5). Both interim crops implanted in the 60cm spacing and those implanted in the 30 cm spacing negatively influenced the average coffee yield, which can be explained by the greater competition of intercrop cultures for water, nutrients and light (PAULO et al., 2004).

Figura 5 – Average productivity achieved in the two years of evaluation of coffee plants conducted with intercrop crops in different spacing. Muzambinho/MG, crop years 2016/17 and 2017/18.

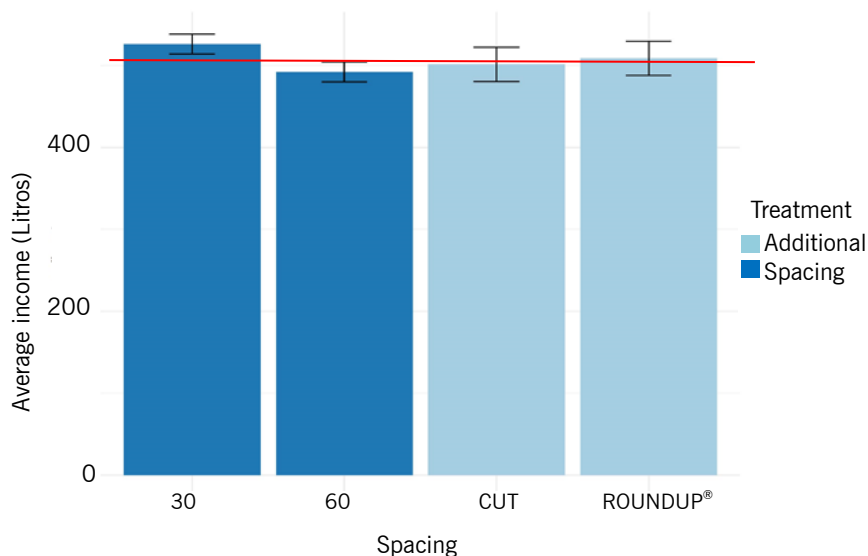


The bars of the treatment averages are within the confidence intervals (95%). Thus, the means in which the confidence interval bars overlap are statistically equal and those that do not overlap are different.

Source: Elaborated by the authors (2017).

It was observed that the average yield for this period was influenced by the spacing, as the yield was lower in treatments with spans spaced at 30cm, than in those of 60cm (FIGURE 6), demonstrating that where there was a greater number of lines of interim crops, greater competition was observed with coffee. For this reason, there was a need for a greater quantity of coffee in natura to produce a 60kg bag of processed coffee (11% b.u.). Similar results were found by Pezzopane (2010), who obtained a lower yield of coffee combined with macadamia.

Figure 6 – Average yield of fruits harvested in the two years of evaluation, in liters, necessary to produce a 60kg bag of processed coffee 11% b.u. in coffee plants conducted with intercrop crops in different spacing. Muzambinho/MG, crop years 2016/17 and 2017/18.



The bars of the treatment averages are within the confidence intervals (95%). Thus, the means in which the confidence interval bars overlap are statistically equal and those that do not overlap are different.

Source: Elaborated by the authors (2017).

Conclusion

In the crop year 2016/17, there was a delay in fruit maturation in treatments with consorts spaced at 30cm, when compared to the same consorts at 60 cm spacing. In the evaluation of the ripening of the fruits of the 2017/18 crop year, there was a delay in the treatments of consorts spaced at 60cm, when compared with the additional treatment.

The corn crop compared to the bean crop in the 2017/18 crop year negatively interfered in the coffee grain size, as it resulted in a higher percentage of small flat beans. The incidence of cercosporiosis in the month of May of crop year 2017/18 was more severe in interim crops with 60cm than in those of 30 cm.

It was also observed that the average coffee yield in crop years 2016/17 and 2017/18 was affected by the interim crops implanted in the spacing of 30cm. Regardless of the spacing, the intercrop crops negatively influenced the average coffee productivity in crop years 2016/17 and 2017/18, requiring further studies on these crops in relation to coffee cultivation.

Avaliação da produtividade e da fitossanidade do cafeeiro receitado submetido a diferentes cultivos intercalares

Resumo

O cultivo intercalar é prática usual na cafeicultura, principalmente em períodos de renovação da lavoura pela realização de podas. Tem por finalidade fazer um melhor aproveitamento da área e diminuir custos de implantação e renovação, principalmente em lavouras cafeeiras com entrelinhas abertas, por meio

da produção de alimentos de subsistência com geração de renda adicional e imediata ao produtor. O objetivo deste trabalho foi fazer uma consorciação do cafeeiro recepado com culturas intercalares em diferentes espaçamentos e avaliar seus efeitos na produtividade e fitossanidade do cafeeiro. O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Muzambinho, nos anos-safra 2016/2017 e 2017/2018, em lavoura cafeeira da cultivar Catuaí Vermelho 144, com 12 anos de idade, recepada no ano de 2014. Foram implantados três consortes (milho, chia e feijão) em dois espaçamentos (30,0cm e 60,0cm) mais dois tratamentos adicionais (roçado e herbicida). No ano-safra 2016/2017, observou-se um atraso na maturação dos frutos nos tratamentos com culturas intercalares espaçadas em 30,0cm, quando comparado aos mesmos cultivos em espaçamento de 60,0cm. Na avaliação de maturação dos frutos do ano-safra 2017/18, houve um atraso nos tratamentos de consortes espaçados a 60,0cm, quando comparados com o tratamento adicional roçado. Teve aumento expressivo de cercosporiose nos cultivos intercalares com 60,0cm. Observou-se ainda que o rendimento médio do cafeeiro nos anos-safra 2016/2017 e 2017/2018 foi prejudicado pelas culturas intercalares implantadas no espaçamento de 30,0cm. De maneira geral, independente dos espaçamentos, as culturas intercalares influenciaram negativamente a produtividade média do cafeeiro nos anos-safra 2016/2017 e 2017/2018.

Palavras-chave: Café. Chia. *Coffea arabica* L. Feijão. Milho. Rendimento.

References

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 29, p. 467-473, 2005.

APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; SOUZA, P. S. Épocas de florescimento e colheita da noqueira-macadâmia para áreas cafeeícolas da Região Sudeste. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 170-178, 2014.

ASTEN, P. J. A. V; WAIREGI, L. W. Y.; MUKASA, D.; URINGI, N. O. Agronomic and economic benefits of coffee-banana intercropping in Uganda's smallholder farming systems. **Agricultural Systems**, Dordrecht, v. 104, n. 4, p. 326-334, 2011.

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

CARVALHO, A. J.; ANDRADE, M. J. B.; GUIMARÃES, R. J.; MORAIS, A. R. Sistemas de produção de feijão intercalado com cafeeiro adensado em período de formação ou após recepa. **Revista Ceres**, v. 57, n. 3, p. 383-392, maio/jun., 2010.

CARVALHO, A. J.; ANDRADE, M. J. B.; GUIMARÃES, R. J. Sistemas de produção de feijão intercalado com cafeeiro adensado recém-plantado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 133-139, jan./fev., 2007.

CHUNG, K. H.; SHIN, K. O.; HWANG, H. J.; CHOI, K. S. Chemical composition of nuts and seeds sold in Korea. **Nutrition Research and Practice**, v. 7, n. 2, p. 82-88, 2013.

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

NADALETI, D. H. S. **Resposta ao esqueletamento de progênies de *Coffea arabica* L.: produtividade e qualidade**. 2017. 54 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

PEZZOPANE, J. R. M.; MARSETTI, M. M. S.; SOUZA, J. M.; PEZZOPANE, J. E. M. Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com nogueira macadâmia. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1257-1263, 2010.

OUMA, G. Intercropping and its application to banana production in East Africa: a review. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, Tampa, v. 1, n. 1, p. 13- 15, 2009.

PAULO, E. M.; SEVERIANO, B. R.; CAVICHIOLI, J. C.; KASAI, F. S. Comportamento do cafeeiro apoatã em consórcio com culturas anuais. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 275-281, 2004.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 03 ago. 2017.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Boletim Técnico 100**: Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. 2ª edição ver. ampl. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1997. 285p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

ROCHA, L. M.; SOARES, A. G. G.; NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H. Monitoramento de pragas e doenças do cafeeiro no estado do Paraná. VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 8. Salvador – BA. 25 a 28 de Novembro de 2013.

SÁ JUNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, F. F.; ALVES, M. C. Application of the Köppen Classification for climatic zoning in the stat of Minas Gerais, Brasil. **Theoretical and Applied Climatology**. v. 108, p. 1-7, 2012.

SANTOS, J. C. F.; MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S. Cobertura do solo no controle de plantas daninhas do café. **Documentos Embrapa Cerrados**, v. 226, p. 56, 2008.

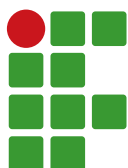
SILVA, A. C.; LIMA, L. A.; EVANGELISTA, A. W. P.; MARTINS, C. P. Características produtivas do cafeeiro arábica irrigado por pivô central na região de lavras/MG. **Coffee Science**, v. 6, n. 2, p. 128-136, maio/ago. 2011.

SILVA, V. C.; PERDONÁ, M. J.; SORATTO, R. P.; NEGRISOLI, E. Ocorrência de plantas daninhas em cultivo consorciado de café e nogueira-macadâmia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 441-449, 2013.

VAAST, P.; BERTRAND, B.; PERRIOT, J. J.; GUYOT, B.; GÉNARD, M. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 2, p. 197-204, 2005.

Received in: July 31, 2018

Accepted in: January 22, 2019



Herbicidal potential of *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze in lettuce seedlings in vitro

Nayara Clarete da Penha¹

Priscila Pereira Botrel²

Jéssica Azevedo Batista³

Abstract

Araucaria angustifolia (Bertoloni) Otto Kuntze plants are a viable source of potentially active secondary metabolites; however, deep studies and researches about the activity of these compounds are needed. The objective of this work was to assess the herbicidal activity of ethanolic extracts of plants of the species *A. angustifolia* in lettuce seedlings in vitro. Ethanolic extracts at different concentrations (0,0%, 12.5%, 25.0%, 50.0%, and 100.0%) were prepared using barks and leaves. A semisolid MS medium with pH adjusted to approximately 5.7 was prepared, solidified with 8g L⁻¹ of agar, and autoclaved at 1.6atm for 20 minutes. The extracts were added to the culture medium during their preparation before the autoclaving, using an automatic pipette containing 0.1mL of *A. angustifolia* extract per lettuce seedling. The number of leaves per seedling, seedling height, chlorophyll content, root and shoot dry weights, and mortality percentage was determined at 20 days after inoculation. The results showed that the extract from leaves or barks of *A. angustifolia* plants has herbicidal activity in lettuce seedlings in vitro, and the extract concentration of 100% presented the best inhibitory results for the variables evaluated.

Keywords: Biological activity. Araucaria. In vitro culture. Plant mortality. *Lactuca sativa* L.

Introduction

Araucaria angustifolia (Bertoloni) Otto Kuntze is a typical Brazilian coniferous tree species; its trees are large and have perennial leaves and straight and almost cylindrical trunks (AQUINO, 2005). Taxonomically, *A. angustifolia* belongs to the Coniferae order, Coniferopsida class, and Araucariaceae family, and it is popularly known as Brazilian pine or Parana pine (ANGELI; STAPE, 2003).

This species is a viable source of potentially active secondary metabolites; however, deep studies and researches about the activity of these compounds are needed (ALMEIDA, 2003).

Distilled *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze compounds present some pharmacological activities, such as anticancer, antimicrobial, antifungal, and antiviral (LIN et al., 1999; GRYNBERG et al., 2002). According to Lucho et al. (2009), ethanolic extracts of *A. angustifolia* present insecticide potential against *Leurolestes circunvagans*.

According to Seccon et al. (2010), the barks of *A. angustifolia* trees have high concentration of flavonoids, and their leaves contain proanthocyanidins (FREITAS et al., 2009). The resin of these trees

1 Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), mestranda em Ciências Ambientais. nayara.clarete.p@gmail.com. Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Alfenas-MG, 37130-001.

2 IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho. Professora. botrelpp@gmail.com.

3 IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho. Laboratorista. batistaja7@gmail.com.

contains phenolic acids, hydroquinone, and ferruginol (YAMAMOTO et al., 2004 apud SOUZA, 2013). Approximately 50% of the resin of some coniferous plants is composed of resin acids, 20% to 30% is volatile monoterpenes, and part of it is composed of terpenoid and fat acid esters (KLOCK; ANDRADE, 2013). In addition, *A. angustifolia* trees contain several terpenoids (germacrene-D, diterpenes, and phyllocladene), termed araucaroids, which are present in the volatile oil of their leaves (BROPHY et al., 2000 apud RAMOS; BORTOLUZZI; MANTOVANI, 2010).

Weed management is important to achieve high yields of agricultural crops. The losses can be significant, depending on the species, density, and distribution of the weeds, mainly due to competition for solar radiation, water, and nutrients, hindering the harvest and quality of agricultural products (EMBRAPA, 2003).

The discovery of natural herbicides enables the formulation of efficient products that can be less persistent in the environment and present lower toxicity than molecules of chemical products. In addition, natural herbicides can decrease natural selection of resistant or tolerant plant biotypes, which cause crop yield losses. These resistances are usually caused by the continuous use of a single herbicide (EMBRAPA, 2014).

Considering the substances already identified in the different parts of *A. angustifolia* plants and their biological potential, and the importance of discovering new herbicidal molecules, the objective of this work was to assess the herbicidal activity of ethanolic extracts of plants of the species *A. angustifolia* in lettuce seedlings in vitro. Despite some studies found in the literature report the use of *A. angustifolia* plants for growth inhibition of lettuce plants, these researches are divergent in relation to the part of the plant to be used and are not conclusive, mainly because they use ex vitro tests.

Material and methods

Location of the experiment and preparation of extracts of *A. angustifolia*

The experiment was conducted in May 2017 at the Laboratory of Biotechnology/Plant Tissue Culture of the Federal Institute of Education, Science, and Technology of South of Minas Gerais (IFSULDEMINAS), in Muzambinho, MG, Brazil.

Leaves and barks of *A. angustifolia* plants were collected from adult plants in Muzambinho, in the morning period, at 8:00 a.m., focused on a standardization of the collection time, since this factor can affect the chemical composition of the plant part. The extracts were obtained from plants dried in a forced-air circulation oven at 40 °C for 72 hours. The dried plant parts were then ground in a knife Willey mill, dissolved in ethylic alcohol, and stored in the dark in a refrigerator for 12 hours.

All extracts were prepared using 100 grams of the plant part for each 900 mL of ethylic alcohol, corresponding to the gross extract, concentration of 100%. The extracts were filtrated to remove large particles and, then, diluted to obtain the concentrated solutions of 12.5%, 25.0%, 50.0%, and 100.0%. The effect of these concentrations was compared to the effect of distilled water (control treatment).

Preparation of the culture medium and procedures for in vitro culture of lettuce seeds

A semisolid MS medium (MURASHIGE; SKOOG, 1962) with pH adjusted to approximately 5.7 was prepared, solidified with 8g L⁻¹ of agar, and autoclaved at 1.6atm for 20 minutes. The extracts were added to the culture medium during their preparation before the autoclaving, using an automatic

pipette containing 0.1 mL of the *A. angustifolia* extract per in vitro lettuce seedling, totaling 2.0 mL of extract for each treatment.

Two hundred lettuce seeds of the commercial cultivar Regina were used. The asepsis of these seeds was carried out using 1.25% active chloride for 15 minutes, followed by washing of the seeds four times with distilled autoclaved water in a laminar flow cabinet.

The lettuce seeds were inoculated in bottles containing 40 mL of culture medium. Each bottle contained five seeds; after inoculation, they were kept in a BOD chamber under photoperiod of 16 hours and temperature of 25 °C.

Experimental design and statistical analysis

A completely randomized experimental design was used, in a 2×5 factorial arrangement (leaves and barks × concentrations of ethanolic extract), totaling 10 treatments, with four replications, using five plants per plot.

The shoot and root dry weights, seedling height (cm), number of leaves, chlorophyll content, and mortality percentage were evaluated at 20 days of in vitro culture. Chlorophyll content was measured using a Clorofilog device. The statistical analyses were carried out using the Sisvar program (FERREIRA, 2011) with fitting of regression for the ethanolic extract concentrations as a function of the different plant parts (leaves and barks) of *A. angustifolia*.

Results and discussion

The interaction between plant parts (barks and leaves) of *A. angustifolia* and the different ethanolic extract concentrations was not significant for number of leaves and chlorophyll content, but it was significant for the lettuce seedling height. Significant difference was not found for the variables of the lettuce seedlings, considering the analysis of variance for the plant parts; whereas the concentrations of the extracts of these plant parts affected the number of leaves, seedling height, and chlorophyll content (TABLE 1).

Table 1 – Mean square and coefficient of variation of residues for number of leaves, seedling height, and chlorophyll content in lettuce seedlings as a function of plant parts, extract concentrations, and their interaction. IFSULDEMINAS, Muzambinho/MG, Brazil, 2018.

Source of variation	Mean square			
	DF	Number of leaves	Seedling height (cm)	Chlorophyll content
Plant parts (PP)	1	6.480000 ^{ns}	0.393384 ^{ns}	3.892050 ^{ns}
Extract concentrations (EC)	4	130.192500*	78.017884*	425.025750*
PP×EC	4	3.192500 ^{ns}	5.492234*	33.153800 ^{ns}
Error	190	2.085263	0.866725	31.536466
Coefficient of variation (%)		45.55	51.13	89.60

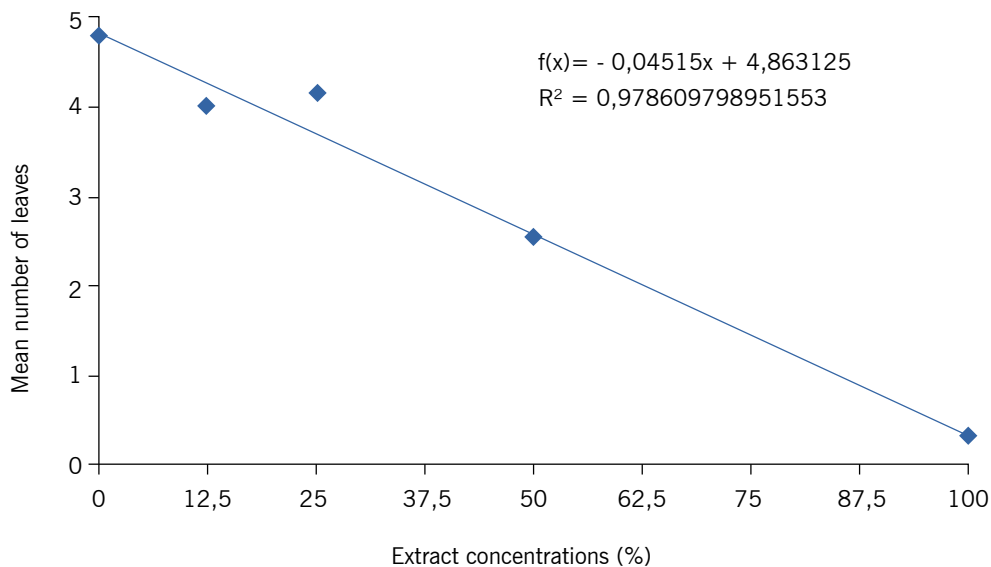
DF = degrees of freedom; ^{ns} = not significant; * = significant by the analysis of variance at 5% probability level.

Fonte: Elaborated by the authors (2018).

The number of leaves of the lettuce seedling decreased linearly as the extract concentration increased. The extract concentration of 25% presented the second highest number of leaves, after the

control, in which only distilled water was used. The extract concentration of 100% showed the best results, with the lowest number of leaves per plot, differing from the other concentrations (Figure 1).

Figure 1 – Mean number of leaves in lettuce seedlings as a function of treatments with different extract concentrations of *A. angustifolia* plants, IFSULDEMINAS, Muzambinho/MG, Brazil, 2018.

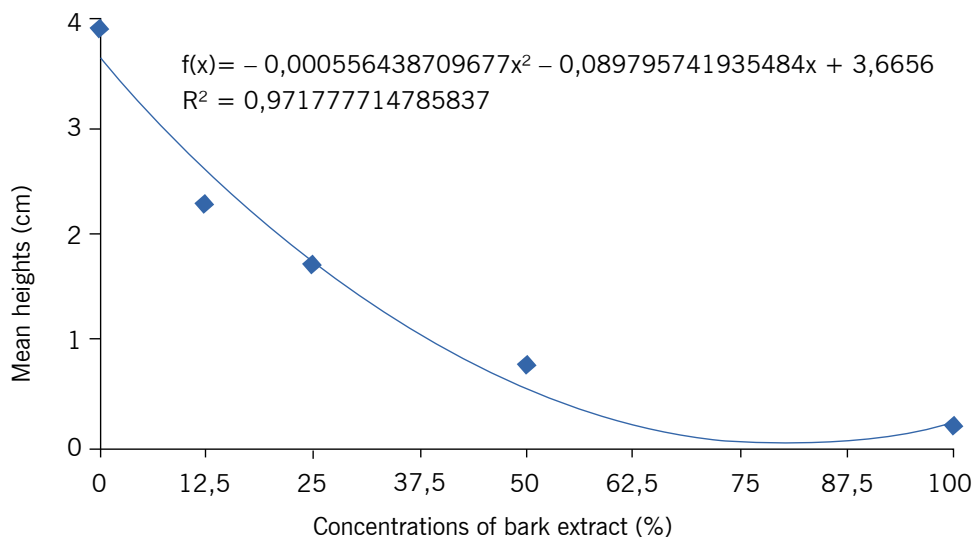


Fonte: Elaborated by the authors (2018).

According to Silveira et al. (2014), aqueous extracts from leaves of *A. angustifolia* plants have inhibitory effects on germination rate, germination speed, and initial growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.), which are similar to the results found in the present work.

Figure 2 shows that the mean seedling height tends to decrease as the concentration of the extract from the barks of *A. angustifolia* plants is increased. The lowest lettuce seedling height was found for the estimated extract concentration of 80.7%.

Figure 2 – Mean lettuce seedling heights as a function of treatments with different extract concentrations of *A. angustifolia* plants using their barks. IFSULDEMINAS, Muzambinho/MG, Brazil, 2018.

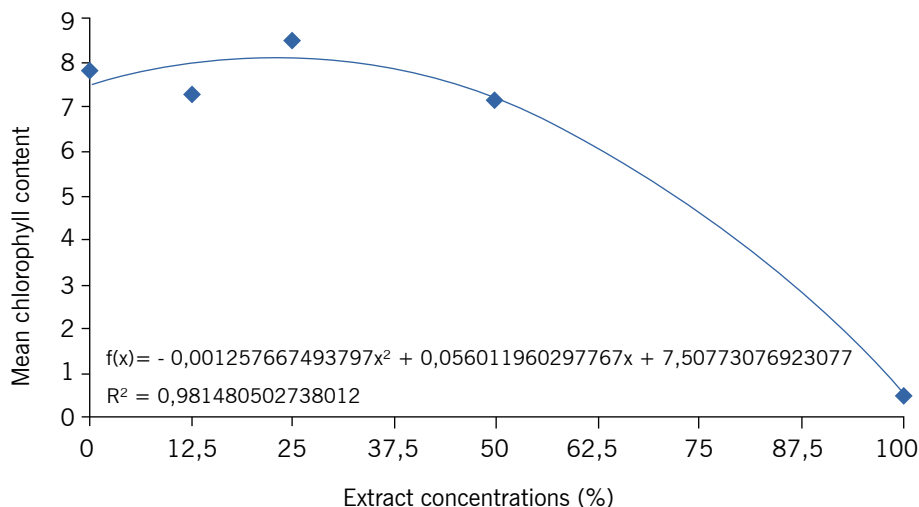


Fonte: Elaborated by the authors (2018).

According to Klein et al. (2017), the aqueous extract from peels of fruits of *A. angustifolia* can efficiently inhibit seed germination in lettuce (*Lactuca sativa* L.), denoting its natural herbicidal potential.

The chlorophyll content means fitted to a quadratic model. The highest chlorophyll content (8.13%) was found when using the estimated concentration of 22.27% of the *A. angustifolia* extract. The concentration 100% resulted in the lowest chlorophyll content (Figure 3).

Figure 3 – Mean chlorophyll content in lettuce seedlings as a function of treatments with different extract concentrations of *A. angustifolia* plants, IFSULDEMINAS, Muzambinho/MG, Brazil, 2018.



Fonte: Elaborated by the authors (2018).

Chlorophyll and carotenoid contents in leaves indicate the damage level that a stress cause to the plant; chlorosis is usually a first symptom (CATUNDA et al., 2005). Hendry et al. (1987 cited by CATUNDA et al., 2005) report that stress situations caused by herbicides destroy chlorophylls with higher intensity than carotenoids; thus, the ratio between chlorophyll and carotenoid concentration can be used as a factor to evaluate damages to plants.

The interaction between plant parts (barks and leaves) of *A. angustifolia* and different extract concentrations was not significant for mean shoot dry weight, mean root dry weight, and mean mortality percentage. Differences for these variables as a function of plant parts (barks and leaves) of *A. angustifolia* were not found through the analysis of variance. However, the concentrations of their extracts affected significantly all these variables (Table 2).

Table 2 – Mean square and coefficient of variation of residues for shoot dry weight (SDW), root dry weight (RDW) and mortality percentage (MP) of lettuce seedlings as a function of plant parts, extract concentrations, and their interaction, IFSULDEMINAS, Muzambinho/MG, Brazil, 2018.

Source of variation	Mean square			
	DF	SDW	RDW	MP
Plant parts (PP)	1	0.000004 ^{ns}	1.9600000E-0007 ^{ns}	360.0 ^{ns}
Extract concentrations (EC)	4	0.000043*	0.000005*	9050.0*
PP×EC	4	0.000004 ^{ns}	0.000001 ^{ns}	110.0 ^{ns}

(continue...)

Table 2 – Continuation

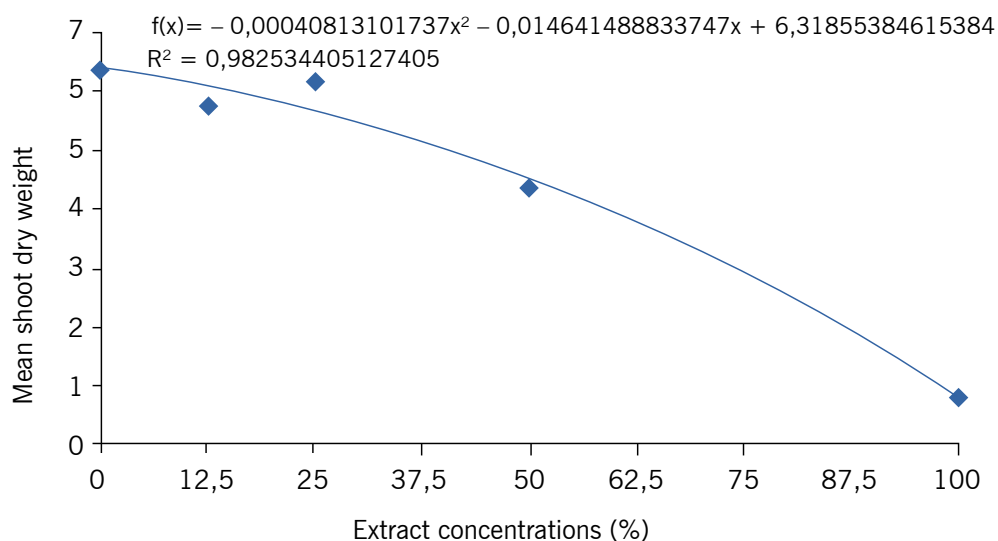
Source of variation	Mean square			
	DF	SDW	RDW	MP
Error	30	0.000002	0.000001	413.333333
Coefficient of variation (%)		28.65	80.23	81.32

DF = degrees of freedom; ns = not significant; * = significant by the analysis of variance at 5% probability level.

Fonte: Elaborated by the authors (2018).

The lowest shoot dry weight of lettuce seedlings was found for the extract concentration of 100%. The shoot dry weight tended to decrease (quadratic model) as the extract concentration was increased (Figure 4).

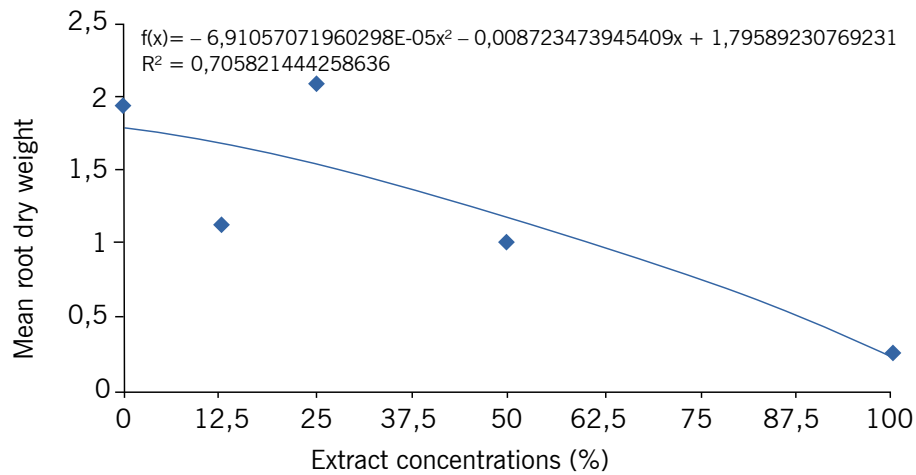
Figure 4 – Mean shoot dry weight of lettuce seedlings (mg) as a function of treatments with different extract concentrations of *A. angustifolia* plants, IFSULDEMINAS, Muzambinho/MG, Brazil, 2018.



Fonte: Elaborated by the authors (2018).

The lowest root dry weight was found for the extract concentration of 100%, with mean root dry weight near zero, lower than that of the seedlings in the control treatment (Figure 5).

Figure 5 – Mean root dry weight of lettuce seedlings (mg) as a function of treatments with different extract concentrations of *A. angustifolia* plants, IFSULDEMINAS, Muzambinho/MG, Brazil, 2018.

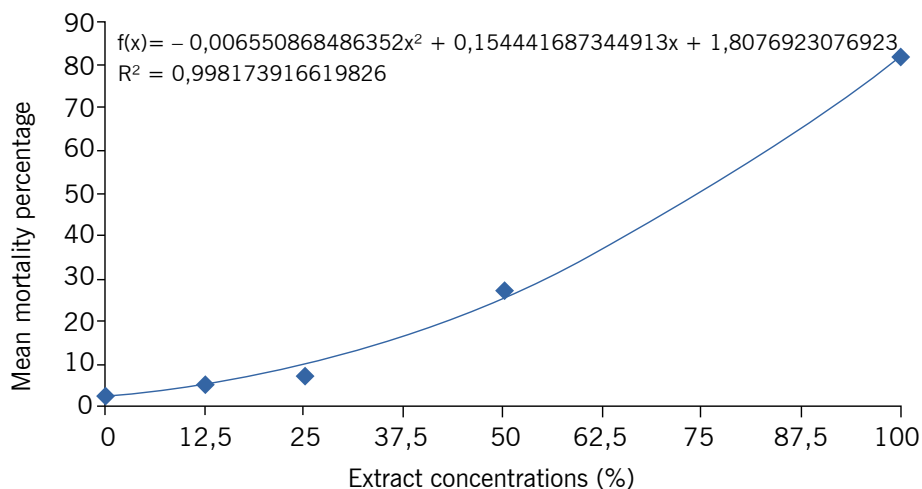


Fonte: Elaborated by the authors (2018).

Braine et al. (2011) also found inhibitory effects of substances found in *A. angustifolia* plants on lettuce plants when testing the contact of whole and powdered senesced aciculae with the lettuce seeds, and they pointed out that the aciculae decreased the seed germination speed and affected the root system size of the plants.

The highest mortality percentage of lettuce seedlings was found for the extract concentration of 100% (FIGURE 6). The means fitted to the quadratic model, with an increasing mortality percentage of lettuce seedlings as the extract concentration was increased. The lowest mortality percentage (0.89%) was found for the estimated extract concentration of 11.79%.

Figure 6 – Mean mortality percentage of lettuce seedlings as a function of treatments with different extract concentrations of *A. angustifolia* plants, IFSULDEMINAS, Muzambinho/MG, Brazil, 2018.



Fonte: Elaborated by the authors (2018).

The inhibitory effects of the *A. angustifolia* on the development of other plant species is probably due to the presence of catechin, which is a chemical compound found in aqueous extract of bract

plants (MICHELON et al., 2012 apud SOUZA, 2013). Taiz et al. (2017) reported that catechin is an allelopathic phytotoxic secondary metabolite that inhibits root growth of other plants.

Conclusions

The ethanolic extracts of barks and leaves of plants of the species *Araucaria angustifolia* present herbicidal activity in lettuce seedlings in vitro; they decreased shoot and root dry weights, plant growth, number of leaves, and chlorophyll content, and increased mortality percentage after they were applied to the lettuce seedlings.

The *A. angustifolia* extract concentration of 100% presented the best inhibitory effects, considering the variables evaluated.

Acknowledgements

The authors thank the Minas Gerais State Agency for Research and Development (FAPEMIG), for granting scientific initiation scholarships and financial support for this project; and the Federal Institute of Education, Science, and Technology of South of Minas Gerais (IFSULDEMINAS), Muzambinho campus, for providing the infrastructure for the experiments.

Avaliação do potencial herbicida de *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze in vitro em plântulas de alface

Resumo

A *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze é uma fonte viável para a obtenção de metabólitos secundários que são potencialmente ativos, o que justifica o aprofundamento de estudos e pesquisas de atividades relacionadas a esses compostos. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de verificar a atividade herbicida de extratos etanólicos da espécie *A. angustifolia* em plântulas de alface cultivadas in vitro. Os extratos etanólicos foram preparados utilizando cascas e folhas nas concentrações 0%, 12%, 5%, 25%, 50% e 100%. Preparou-se o meio MS semissólido (MURASHIGE; SKOOG, 1962), o qual teve o pH ajustado para aproximadamente 5,7 e foi solidificado com 8 g L⁻¹ de ágar e autoclavado a 1,6atm por 20 minutos. A adição das concentrações dos extratos no meio de cultura foi realizada durante sua confecção e antes da autoclavagem, por meio de uma pipeta automática, contendo o volume final de 0,1mL de extrato de *A. angustifolia* por plântula de alface. Após 20 dias da inoculação, determinou-se o número de folhas por plântulas, altura, teor de clorofila, biomassa seca da raiz e parte aérea e porcentagem de mortalidade. Os resultados demonstraram que tanto o extrato das folhas quanto o de cascas de *A. angustifolia* possuem atividade herbicida em plântulas de alface cultivadas in vitro e que a concentração 100% dos extratos foi a que apresentou os melhores resultados inibitórios para as variáveis analisadas.

Palavras-chave: Atividade biológica. Araucária. Cultivo in vitro. Mortalidade de plantas. *Lactuca sativa* L.

References

- ALMEIDA, M. T. R. **Isolamento e identificação de substâncias ativas *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze com potencial atividade antiviral.** 2003. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/86288>>. Acesso em: 10 nov. 2016.
- ANGELI, A.; STAPE, J. L. ***Araucaria angustifolia* (Araucaria).** 2003. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/araucaria.angustifolia.asp>>. Acesso em: 30 out. 2016.
- AQUINO, F. M. **Cultivo da *Araucaria angustifolia* : viabilidade econômico-financeira e alternativas de incentivo.** 2005. Disponível em: <http://novosite.fepese.org.br/portaldeeconomia-sc/arquivos/links/madeira_moveis_papel/2005_Cultivo_da_araucaria_SC.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2016.
- BRAINE, J. W.; AGUIAR, A. C.; BEDNARZUK, M. H.; WACHOWICZ, C. M. Germinação de sementes de alface na presença de acículas de *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Estudos de Biologia**, v. 32, n. 76, p. 67-72, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/estudosdebiologia/article/view/22868/21972>>. Acesso em: 14 jul. 2018.
- CATUNDA, M. G.; FREITAS, S.P.; OLIVEIRA, J.G.; SILVA, C.M.M. Efeitos de herbicidas na atividade fotossintética e no crescimento de abacaxi (*Ananas comosus*). **Planta daninha**, v. 23, n. 1, p. 115-121, 2005.
- EMBRAPA. **A busca por herbicidas de base natural.** 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2219356/the-search-for-natural-based-herbicides>>. Acesso em: 15 nov. 2016.
- EMBRAPA. **Controle das plantas daninhas.** 2003. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/controle.htm>>. Acesso em: 15 nov. 2016.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FREITAS, A. M.; ALMEIDA, M. T.; ANDRIGHETTI-FRÖHNER, C. R.; CARDOZO, F. T.; BARARDI, C. R.; FARIAS, M. R.; SIMÕES, C. M. Antiviral activity-guided fractionation from *Araucaria angustifolia* leaves extract. **Journal Of Ethnopharmacology**, v. 126, p. 512-517, 2009.
- GRYNBERG, N. F.; CARVALHO, M. G.; VELANDIA, J. R.; OLIVEIRA, M. C.; MOREIRA, I. C.; BRAZ-FILHO, R.; ECHEVARRIA, A. DNA topoisomerase inhibitors: biflavonoids from *Ouratea* species. **Braz J Med Biol Res**, v. 35, n. 7, p. 819-822, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-879X2002000700009>. Acesso em: 14 nov. 2016.
- KLEIN, M. I.; BIONDO, E.; KOLCHINKI, E. M.; SANT'ANNA, V. Efeito alelopático de extrato aquoso de resíduos industriais de noz-pecã [*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch] e de pinhão (*Araucaria angustifolia*). **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 3, n. 3, p. 495-507, set. 2017.
- KLOCK, U.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira.** 2013. Disponível em: <[http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Quimica da Madeira 2013.pdf](http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Quimica_da_Madeira_2013.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2016.

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

LIN, Y.; FLAVIN, M. T.; SCHURE, R.; CHEN, F. C.; SIDWELL, R.; BARNARD, D. L.; HUFFMAN, J. H.; KERN, E. R. Antiviral activities of biflavonoids. **Planta Médica**, v. 65, n. 2, p.120-125, 1999. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10193201>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

LUCHO, A. P. B.; PERDOMO JÚNIOR, J. D.; SÜRMER, G. D.; BUGS, C. A.; BELO, C. A. D. **Avaliação Da Atividade Inseticida do extrato etanólico de Araucária angustifólia em baratas da espécie *Leurolestes circumvagans***. 2009. Disponível em: <<http://seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/view/5412>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A. A revised medium for a rapid growth and bioassays with tobacco tissues cultures. **Plant Physiology**, n. 1, p. 437-496, 1962.

RAMOS, D. M.; BORTOLUZZI, R. L. C.; MANTOVANI, A. Plantas medicinais de um remascente de floresta ombrófila mista altomontana, Urupema, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 3, p. 380-397, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722010000300016>. Acesso em: 14 jul. 2018.

SECCON, A.; ROSA, D. W.; FREITAS, R. A.; BIAVATTI, M. W.; CRECZYNSKI-PASA, T. B. Antioxidant activity and low cytotoxicity of extracts and isolated compounds from *Araucaria angustifolia* dead bark. **Redox Report**, v. 15, p. 234-242, 2010.

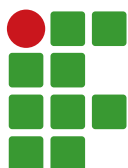
SILVEIRA, B. D.; HOSOKAWA, R. T.; NOGUEIRA, A. C.; WEBER, V. P. Atividade alelopática de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 79-85, 2014.

SOUZA, M. D. O. **Caracterização química, atividade antioxidante e antígenotóxica de extrato de brácteas de *Araucária angustifolia* (bert.) O. Kuntze**. 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/663/DissertacaoMarciaDenizeOliveiradeSouza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Received in: April 8, 2019

Accepted in: October 7, 2019



Production of *Andropogon gayanus* cv. Planaltina dry matter estimated through NDVI

João Lucas Aires Dias¹

Paulo Alexandre Rodrigues Pereira²

Izaías de Macedo Barros³

Pedro Matheus Barboza Barros⁴

Sabino Pereira da Silva Neto⁵

Abstract

Pasture management studies seldom use remote sensing, especially for *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. This work aimed to investigate whether a single-chip digital camera converted into multispectral equipment could measure and perceive differences in the normalized difference vegetation index (NDVI) in *Andropogon gayanus* cv. Planaltina grass subjected to different doses of nitrogen. In a greenhouse with a randomized block design, the research team subjected the cultivar to 5 different doses of nitrogen (treatments), with four replications. The group compared the NDVI measurements of canopies carried out with a GreenSeeker® HCS-100 active optical sensor and a Canon PowerShot A495 single-chip camera that was converted into a multispectral device by replacing the glass filter that blocks the passage of the infrared by a filter that allows the passage of the red and near infrared wavelengths. Both measurements were correlated with nitrogen doses, stem and leaf blades dry matter and dead material production, and cultivar height. The study concluded that the multispectral camera, as well as the active optical sensor, measured the NDVI and noticed differences in the production of stem, leaf blades and dead material dry matter, and *Andropogon gayanus* cv. Planaltina plant height when subjected to different doses of nitrogen.

Keywords: Field. Forage dry mass. Precision grazing.

Introduction

Brazil stands out in the world agribusiness as one of the top food producers and exporters. In this context, Brazilian cattle breeding plays an essential role since it has the second largest herd in the world. The herd in Brazil has 214.8 million heads that are kept mainly under grazing, in areas that occupy 171.8 million hectares (IBGE, 2017).

1 Universidade Federal do Tocantins, *Campus* Gurupi. Graduando curso de Engenharia Florestal. jlucas.florestal@gmail.com. Rua 18A entre as avenidas Rio Branco e Guaporé, Gurupi-TO, 77410350.

2 Universidade Federal do Tocantins, *Campus* Gurupi. Graduando curso de Agronomia. rodriguespereira23@gmail.com.

3 Universidade Federal do Tocantins, *Campus* Gurupi. Graduando curso de Agronomia. izaias_macedo11@hotmail.com.

4 Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Viçosa. Graduando curso de Agronomia. pedrogpi12@gmail.com.

5 Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus* Gurupi. Professor doutor. sabino.pereira@ifto.edu.br.

The cattle in Brazil have native and cultivated pastures as their primary food source. Farmers use estimates of available grass biomass to determine stocking rates for grazing animals (SANTOS et al., 2008). This prediction is usually performed by sampling the grass, in a chart with a known area. In this sample, farmers determine the availability of dry matter, which will be the reference for forage supply estimates in the entire pasture (DEMINICIS, 2015), and, based on it, they adjust the stocking rate.

New practices and technologies used mainly in precision agriculture are being adopted to monitor pasture biomass; among them, the use of active optical sensors for spectral reflectance of the forage canopy to estimate the pasture productivity stands out (SENA JÚNIOR et al., 2007). Those sensors use the normalized difference vegetation index (NDVI) as an indirect measure of forage supply.

The emergence and development of sensors allowed for higher capacity for data collection in the field, as they neither perform destructive sampling nor have high costs for an extended period. Besides the active optical sensors, there are passive sensors, such as multispectral cameras that can detect the NDVI of the cultures as well (FONSECA et al., 2015).

The main advantage of the multispectral cameras, if compared to the active optical sensors, is the ability to map the horizontal variability of the dry matter supply in the pasture, since these can be loaded in unmanned aerial vehicles (UAVs). This characterization allows us to distinguish the levels of biomass supply of the pasture in the horizontal plane adequately and, consequently, enables us to predict the patterns of displacement and performance of animals in grazing.

Cameras with two or more chips that capture the different wavelengths can obtain the NDVI measurements that allow us to calculate the index. A drawback is that those cameras have a sophisticated optical design, which increases their purchase value. Therefore, the present study aimed to assess the correlation of the NDVI obtained through a conventional single-chip camera, which operates with a multispectral optical filter, with some structural characteristics such as the leaf and stem of *Andropogon gayanus* cv. Planaltina as a function of nitrogen doses.

Material and methods

The experiment was carried out from January 14 to May 19, 2015, in a greenhouse at the Federal Institute of Tocantins, where the research team grew *Andropogon gayanus* cv. Planaltina grass in polyethylene 5-liter pots without holes, containing washed sand and vermiculite in the proportion of 2:1 w^{-1} as substrate. In the establishment phase of the culture, plant thinning was performed periodically so that up to five plants per pot remained (SOUZA et al., 2009).

The experimental design used was completely randomized blocks, with five treatments and four replications. The treatments consisted of five doses of nitrogen in the form of urea, corresponding to 0.0; 62.5; 125.0; 87.5 and 250.0 $mg\ dm^{-3}$, based on the capacity of the pots and the substrate proportion, divided into four applications, with an interval of 7 days between applications. Apart from the five treatments, during sowing, all pots were fertilized with a single dose of 200 $mg\ dm^{-3}$ of phosphorus, receiving simple superphosphate as a source, and the first application of nitrogen. One week after the sowing, 300 $mg\ dm^{-3}$ of potassium in the form of potassium chloride and 2.25 $mg\ dm^{-3}$ of domilitic limestone per pot were applied.

On February 24, 2015, 42 days after the plants emerged, the team cut it uniformly at 10cm from the ground. The effects of nitrogen doses and NDVI values on the grass dry matter production

were studied during three successive cuts: March 24, April 21, and May 19, 2015, with a 28-day interval between each cut. All plant materials collected in these cuts were weighed and placed to dry in a forced air convection oven, at 65°C, until reaching constant weight.

The normalized difference vegetation index (NDVI) was used to analyze the spectral reflectance of the forage canopy (BRANDÃO et al., 2005). NDVI data were collected at 0.60m high from the top of the grass canopy. The data was obtained with a Canon® Powershot A495 10-megapixel camera, fixed on a metal structure pole. We converted the original camera into a multispectral camera by replacing the glass filter that blocks the passage of the infrared wavelength by a Schott® bg3 glass filter, allowing the passage of the red and near-infrared wavelengths. The images of the canopies of the grasses were processed and converted into images that inform the NDVI value. Therefore, the program ImageJ (image processing and analysis in Java), which converts the images to colors at gray values was used, determining the NDVI through coloring. The spectral reflectance measurements were obtained in the same periods, between 9 a.m. and noon, thus minimizing the effect of changes related to the daylight period.

To verify the efficiency of the multispectral camera to analyze the spectral reflectance, the research team used an active optical sensor GreenSeeker® model HCS-100, which has two light-emitting diodes (LED) that emit active radiation in two wavelengths centered in the red (660nm) and near-infrared (770nm), with a 25nm spectral width, to measure the NDVI. This equipment generates NDVI values that are automatically calculated through Equation 1:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

At which, NIR is the reflectance in near-infrared, and RED is the reflectance in red.

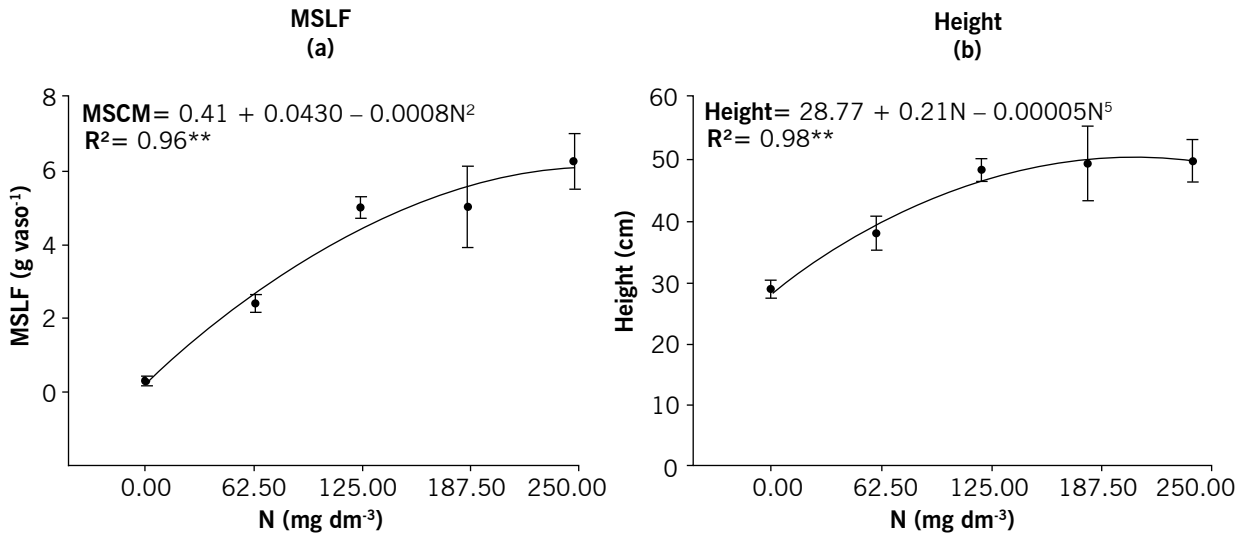
According to Cardoso (2014), the NDVI principle is related to the absorption of radiation in the red spectral region by chlorophylls existing in plant cells and to the scattering or reflectance by the leaves of radiation in the near-infrared region.

After the periodic collections, the data were subjected to analysis of variance and regression to verify the significance of the effect of nitrogen doses on NDVI values. The regression equation was chosen based on the coefficient of determination (R^2), the significance of the regression and its coefficients, tested at 1% and 5% probability level. The data of the structural characteristics of the *Andropogon gayanus* cv. Planaltina were submitted to a simple correlation study through the Pearson test at 5% and 1% probability between the NDVI values of the multispectral camera and the active optical sensor.

Results and discussion

The regression analysis of the leaf blade dry matter production (MSLF) and plant height of the *Andropogon gayanus* cv. Planaltina shows that the nitrogen (N) changed those productive variables, which adjusted to the quadratic model, and those equations had regression coefficients of 0.96 and 0.98, respectively (Figure 1).

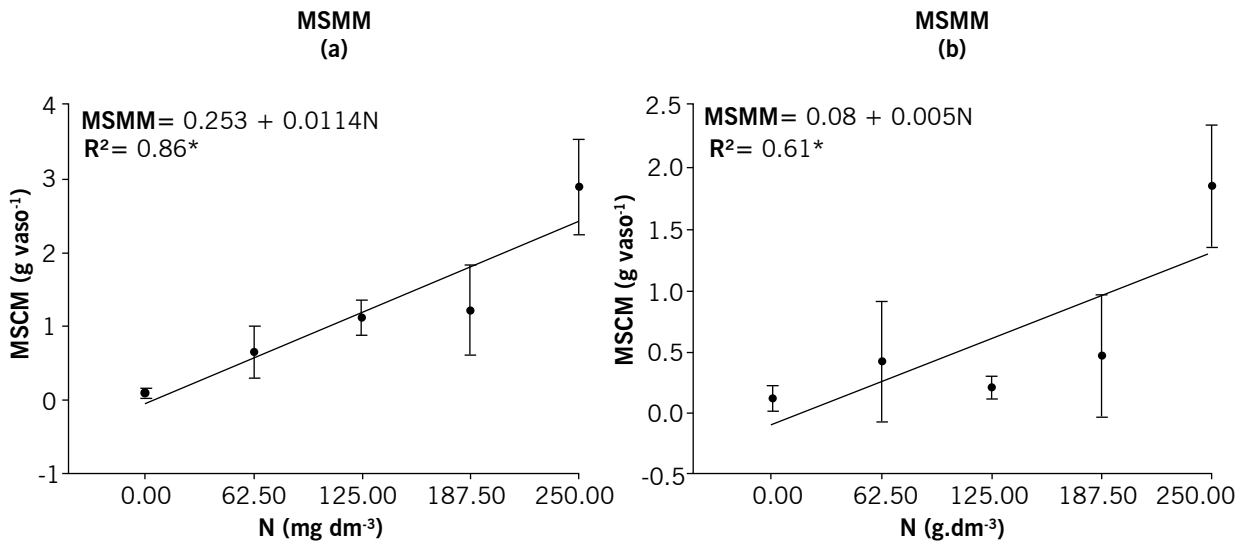
Figure 1 – Leaf blade dry matter production – MSLF (1a) and plant height (1b) of *Andropogon gayanus* cv. Planaltina as a function of nitrogen doses. Significance of regression at 1% (**) and 5% (*) probability level.



Source: Elaborated by the authors (2019).

The production of stem dry matter (MSCM) and dead material (MSMM) adjusted to the linear model with coefficients of determination equal to 0.86 and 0.61, respectively (Figure 2).

Figure 2 – Production of stem dry matter - MSCM (2a) and dead material - MSMM (2b) of *Andropogon gayanus* cv. Planaltina as a function of nitrogen doses. Significance of regression at 1% (**) and 5% (*) probability level.

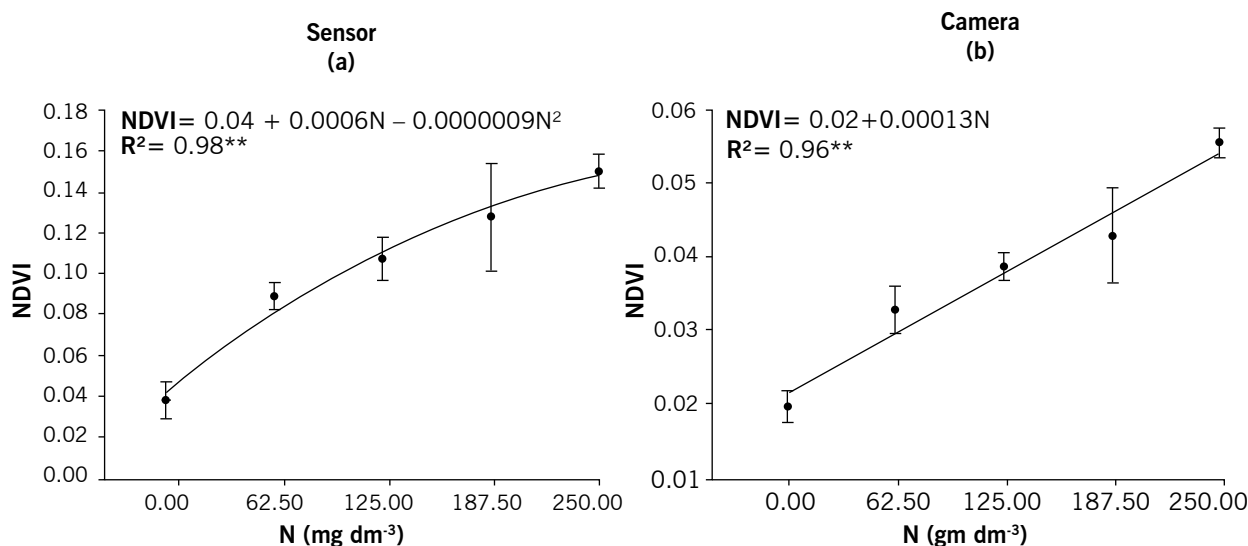


Source: Elaborated by the authors (2019).

The nitrogen fertilization positively influences the production of leaf and stem dry matter of the *Andropogon* grass (MAGALHÃES et al., 2002). Simões et al. (2015) observed that the dry matter of Tifton grass was influenced by nitrogen fertilization, presenting an equation according to a quadratic model.

The results of the regression analysis show an effect of N doses on the spectral characteristics of *Andropogon gayanus* cv. Planaltina (Figure 3).

Figure 3 – Normalized difference vegetation index - NDVI obtained by an active optical sensor (3a) and a multispectral camera (3b) of the canopy of *Andropogon gayanus* cv. Planaltina as a function of nitrogen doses. Significance of regression at 1% (**) and 5% (*) probability level.



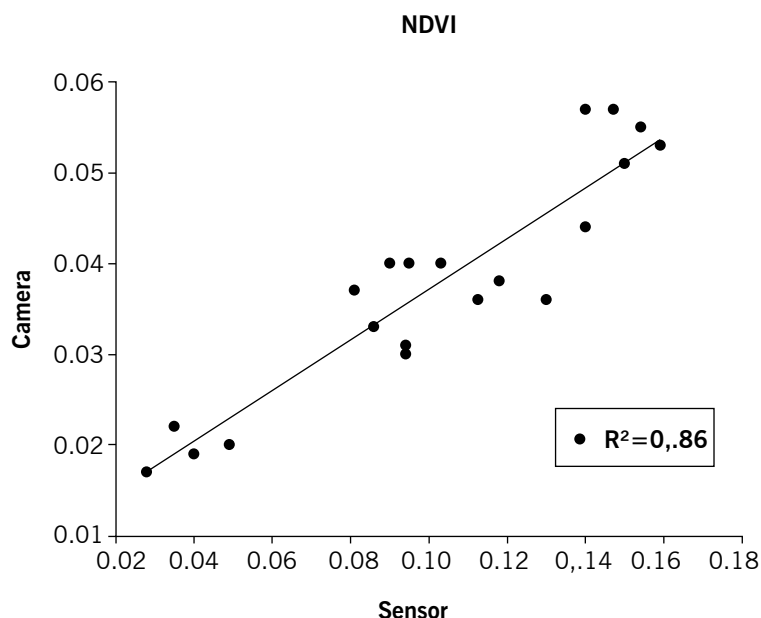
Source: Elaborated by the authors (2019).

The study shows that the spectral response alters with the variation of the biomass (FONSECA et al., 2002), because chlorophyll increases when N is applied to the plant. Therefore, the absorption of radiation in the region of the visible spectrum is greater, making NDVI to increase (READ et al., 2003). Thus, those spectral changes were detected by both the active optical sensor and the multispectral camera.

In conclusion, this study revealed the possibility of using those technologies that can gradually replace or complement traditional methods to monitor the nitrogen status of forage plants. Furthermore, it can define the best time for nitrogen application for tropical forage grasses, because nitrogen deficiency changes the development and composition of plant leaves and, indirectly, alters the spectral distribution of the radiation reflected by the leaves of deficient plants (TARPLEY et al., 2000).

The regression equations indicate that, although the application of N influences the spectral responses of the canopies of the Planaltina de *Andropogon gayanus* cultivar, they showed different mathematical behaviors regarding the methods to obtain the NDVI values (FIGURE 2). Thus, when the active optical sensor was used, the NDVI values adjusted to the quadratic mathematical model, with the coefficient of determination equal to 0.98. The NDVI responses of the converted multispectral camera, on the other hand, showed linear mathematical behavior and regression coefficient equal to 0.96. However, those two methods have a high correlation between the NDVI values of the plant canopies under investigation (Figure 4).

Figure 4 – Correlation between measures of the normalized difference vegetation index - NDVI obtained by an active optical sensor and multispectral camera of the *Andropogon gayanus* cv. Planaltina canopies.



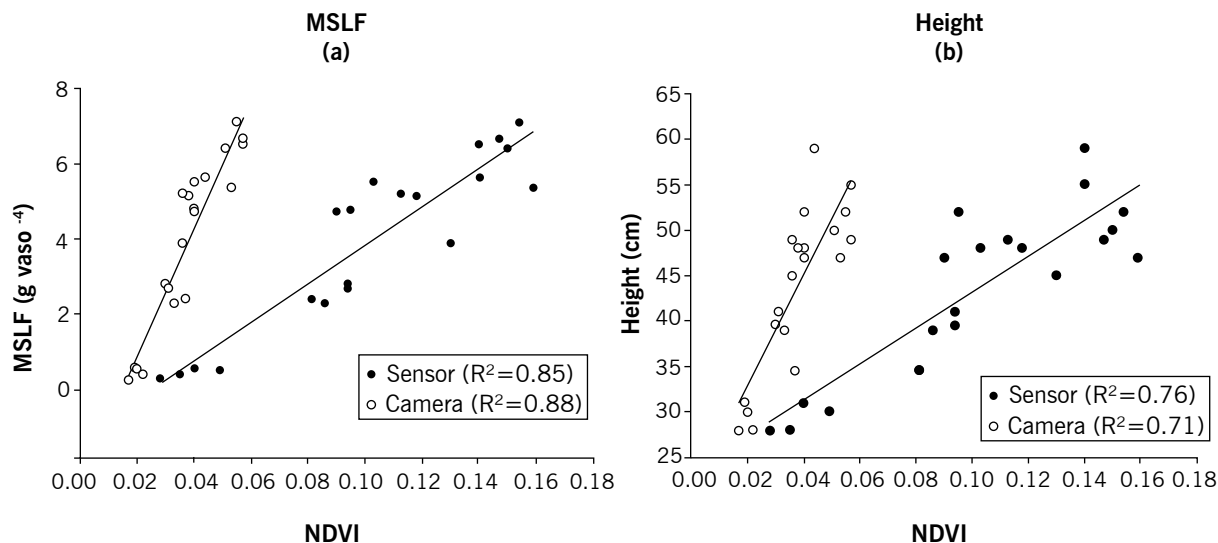
Source: Elaborated by the authors (2019).

The optical sensor is a device already established in the market. We can see that the multispectral camera values approached the optical sensor values (Figure 4), showing the camera's ability to observe reflected spectra. In this sense, we suggest that the NDVI values obtained by the camera can assist in the spatial and temporal monitoring of pastures.

Within the pasture management techniques, animal load and stocking rate adjustments are essential tools to settle the defoliation intensity that the pastures will suffer during animal grazing. Therefore, several factors must be considered: animal category, area size, number of hectares of pasture, available forage, grazing method, among others (CARVALHO et al., 2008). Farmers use estimates of available grass biomass to determine the stocking rates for animal grazing (SANTOS et al., 2008). In this sample, the availability of dry matter that will be the reference for estimates of forage supply across the pasture is determined (DEMINICIS, 2015).

Thus, to validate the ability of the multispectral camera to estimate the structural characteristics of the *Andropogon* grass using NDVI values, a simple correlation analysis between these variables was performed (Figure 5). The study revealed that the production of leaf blades dry matter (MSLF) and plant height of the *Andropogon* correlated positively with high values for both devices used to measure the NDVI of forage canopies.

Figure 5 – Correlation of the normalized difference vegetation index (NDVI) obtained by an active optical sensor and a multispectral camera and the production of leaf blade dry matter - MSLF (5a) and height (5b) of *Andropogon gayanus* cv. Planaltina plants.



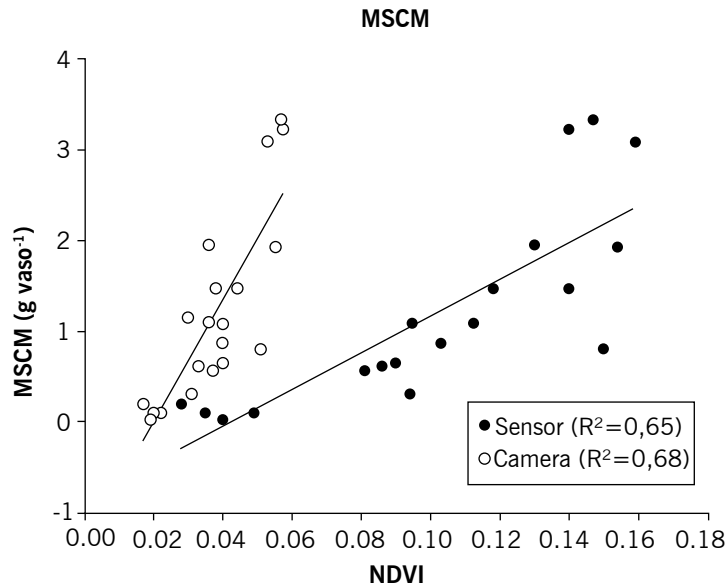
Source: Elaborated by the authors (2019).

The grass leaf blade is the main fraction used to adjust the stocking rate of grazing animals (MARTHA JÚNIOR et al., 2004). Thus, the NDVI values can be used as a pasture management tool, since the knowledge of the availability of the MSLF is essential for the management of grazing animals (ZHAO et al., 2007). Therefore, we observe that NDVI values have excellent potential for indirect estimates of the availability of forage dry matter.

From this perspective, the study's responses indicate that plant height can also be estimated through NDVI values. Typically, the height variable is used to determine pasture management practices such as adjusting animal load or even the moment of entry and exit of animals from a grazing area (MACHADO; KICHEL, 2004).

Regarding the stem dry matter variable (MSCM), a significant and positive correlation was also observed (FIGURE 6). The availability of the stem fraction, as well as leaves and dead material, has a significant variation in a pasture, which generates changes in the quality of the animals' diet since this morphological component is less digestible.

Figure 6 – Correlation of the normalized difference vegetation index - NDVI obtained by an active optical sensor and a multispectral camera and the production of stem dry matter - MSCM of *Andropogon gayanus* cv. Planaltina plants.

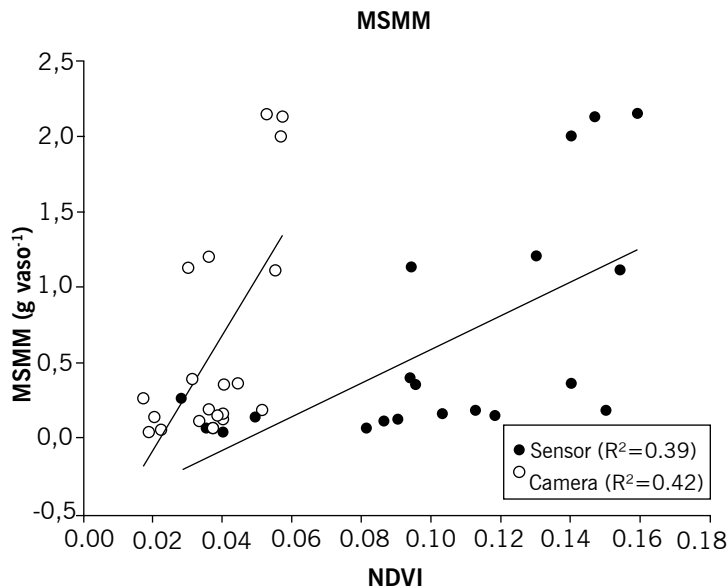


Source: Elaborated by the authors (2019).

Thus, the NDVI can detect variations in the availability of stem dry matter, which helps the pasture manager to adopt actions that minimize changes in the diet quality of grazing animals.

The dry matter of dead material presented the lowest coefficient of correlation (FIGURE 7), which was an expected result, considering that the leaves that have grown old are at the base of the grass.

Figure 7 – Correlation of the normalized difference vegetation index - NDV obtained by an active optical sensor and a multispectral camera and the production of dead dry matter - MSMM of *Andropogon gayanus* cv. Planaltina plants.



Source: Elaborated by the authors (2019).

Silva Jr. et al. (2008) found that the dry matter production of the *Urochloa decumbens* Stapf. correlated positively with the NDVI values obtained by spectral cameras. Abrahão et al. (2009) also observed a positive correlation between NDVI and dry matter production in Tanzania grass. The active optical sensor also shows significant correlations between the NDVI and pasture productivity in terms of green or dry matter (SERRANO et al., 2016).

However, the study revealed that there is a difference in the graphs' prediction when the data are collected through the multispectral camera and the active optical sensor. Such data variation may bring doubts to the producer when the multispectral camera is indicated to estimate the biomass in *Andropogon gayanus* cv. Planaltina grass pastures.

The differences between the NDVI values of both the optical sensor and the camera are due to some technical characteristics such as the difference in the area of coverage, light available when capturing data, and the area to be studied. The optical sensor captures the physical characteristics of the plant because it represents the capture area in the shape of an ellipse and has its radiation, regardless of the use of sunlight to obtain data when collecting reflectance. The multispectral camera, on the other hand, captures the soil around the plant and depends on the sunlight at the time the image is taken.

Therefore, it is possible to generate an availability model of grass dry matter through NDVI readings, both from the multispectral camera and the active optical sensor, under different doses of N.

Conclusions

The NDVI values captured by a multispectral camera correlate with the structural characteristics of the *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. Therefore, using the NDVI values of the canopy in *Andropogon* grass pasture can help pasture management.

The multispectral camera measured the normalized difference vegetation index (NDVI) and showed differences in the production of stem, leaf blades, and dead material dry matter, and the plant height of *Andropogon gayanus* cv. Planaltina when subjected to different doses of nitrogen.

Produção de matéria seca do capim *Andropogon gayanus* cv. Planaltina estimadas por meio do NDVI

Resumo

A utilização do sensoriamento remoto em estudos de manejo de pastagens é escassa, especialmente para *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. O objetivo do trabalho foi averiguar se uma câmera digital de chip único, convertida em equipamento multiespectral, seria capaz de medir e de perceber diferenças no índice vegetativo da diferença normalizada (NDVI) no capim *Andropogon gayanus* cv. Planaltina submetida a diferentes doses de nitrogênio. Conduziu-se um experimento em casa de vegetação com delineamento em blocos casualizados, submetendo o cultivar a 5 diferentes doses de nitrogênio (tratamentos), com 4 repetições. Medições de NDVI foram realizadas sobre os dosséis utilizando um sensor óptico ativo GreenSeeker® modelo HCS-100 e comparadas com as medições da câmera Canon PowerShot A495 de chip único, convertida em equipamento multiespectral por meio da remoção do filtro de vidro que bloqueia a passagem do comprimento de onda do infravermelho. Em seu lugar, inseriu-se o filtro que permite a passagem dos comprimentos de ondas do vermelho e infravermelho próximo. As medições de ambos os equipamentos foram correlacionadas com as doses de nitrogênio,

produção de matéria seca do colmo, lâminas foliares, material morto e altura do cultivar. Semelhante ao sensor óptico ativo, concluiu-se que a câmera multiespectral mediu o NDVI e percebeu diferenças na produção de matéria seca do colmo, de lâminas foliares e de material morto e da altura de plantas do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina quando submetidas a diferentes doses de nitrogênio.

Palavras-chave: Campo. Massa seca de forragem. Pastejo de precisão.

References

ABRAHÃO, S. A.; PINTO, F. A. C.; QUEIROZ, D. M.; SANTOS, N. T. S.; GLERIANI, J. M.; ALVES, E. A. Índices de vegetação de base espectral para discriminar doses de nitrogênio em capim-tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 9, p. 1637-1644, 2009.

BRANDÃO, Z. N.; BEZERRA, M. V. C.; FREIRE, E. C.; SILVA B. B. Determinação de Índices de Vegetação usando Imagens de Satélite para uso em Agricultura de Precisão. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 5. CBA, Salvador, BA, 2005. **Anais...** Campina Grande: CNPA, 2005. CD-ROM On-line.

CARDOSO, R. S.; AMORIM, M. C. C. T. Avaliação dos índices NDVI, NBDI e NDWI como ferramentas ao mapeamento do uso e cobertura da terra. In: Congresso Brasileiro de Geógrafos, 7, Vitória, ES, 2014.

CARVALHO, R. C. R.; ATHAYDE, A. A. R.; VALERIANO, A. R.; MEDEIROS, L. T.; PINTO, J. C. Método de determinação da disponibilidade de forragem. **Ciência et Praxis**, Passos, MG, v. 1, n. 2, p. 7-10, 2008.

DEMINICIS, B. B. Novas tecnologias aplicadas na produção e qualidade de forragens. In: KUHN, O. J.; NUNES, R. V.; STANGARLIN, J. R.; RAMPIM, L.; FEY, R.; COSTA, N. V.; COSTA, P. B.; GUIMARÃES, V. F.; ZAMBOM, M. A. **Ciências agrárias: tecnologias e perspectivas**. Marechal Cândido Rondon: Editora Unioeste, 2015. p. 247-256.

FONSECA, C. R.; DIAS, J. L. A.; SILVA, T. L.; BARROS, P. M. B.; SILVA NETO, S. P. Câmera multiespectral discrimina alterações espectrais do dossel do capim-Marandu em função da adubação nitrogenada. In: Reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. **Anais...** São Carlos, SP. SBPC, 2015.

FONSECA, E. L.; ROSA, L. M. G.; FONTANA, D. C. Caracterização espectral de *Paspalum notatum* em diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 365-371, 2002.

IBGE: Pesquisa pecuária municipal. **Efetivo do rebanho bovino em 2016**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua>>. Acesso em 13 ago. 2016.

MACHADO, L. A. Z.; KICHEL, A. N. **Ajuste de lotação no manejo de pastagens**. Dourados, MT: Embrapa Gado de Corte, 2004. 55 p.

MAGALHÃES, R. T. de; OLIVEIRA, I. P. de; KLIEMANN, H. J. Relações da produção de massa seca e as quantidades de nutrientes exportados por *Brachiaria brizantha* em solos sob o manejo pelo sistema "Barreirão". **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 32, n. 1, p. 1320, 2002.

MARTHA JR., G. B.; CORSI, M.; BARIONI, G. L.; VILELA, L. Intensidade de desfolha e produção de forragem do capim-tanzânia irrigado na primavera e no verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 927-936, 2004.

READ, J. J.; WHALEY, E. L.; TARPLEY, L.; REDDY, R. Evaluation of a hand-held radiometer for field determination of nitrogen status in cotton. In: SCHERPERS, J.; VANTOAI, T. Digital Imaging and Spectral Techniques: Applications to Precision Agriculture and Crop Physiology. **American Society of Agronomy Special Publication**, n. 66, 2003. p. 177-195.

SANTOS, S. A.; DESBIEZ, A.; ABREU, U. G. P.; CRISPIM, S. M. A. **Guia para estimativa da taxa de lotação e pressão de pastejo em pastagens nativas do Pantanal**. Corúmba, MS: Embrapa Pantanal, 2008. 26 p.

SENA JUNIOR, D. G.; PINTO, F. A. C.; QUEIROZ, D. M.; ALVES, E. A.; MAGALHÃES, J. R. Influência do solo na identificação de doses de nitrogênio em trigo utilizando classificadores multivariados com base em imagens digitais. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 21-26 abr. 2007, **Anais...** Florianópolis, Brasil, INPE, p. 385-392.

SERRANO, J. M.; BARRETO, S.; SHAHIDIAN, S.; SILVA, J. M.; Avaliação do sensor óptico de vegetação OptRx® na monitorização da variabilidade espacial e temporal de pastagens. **Revista de Ciências Agrárias**, 2016, v. 39, n. 2, p. 261-280, 2016.

SILVA JUNIOR, M. C.; PINTO, F. A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. M.; MACIEL, B. F. Detecção do efeito da adubação nitrogenada em *Brachiaria decumbens* Stapf. Utilizando um sistema de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 37, n. 3, p. 411-419, 2008.

SILVA JUNIOR, C. A.; FRANK, T.; RODRIGUES, T. C. S. Discriminação de áreas de soja por meio de imagens EVI/MODIS e análise baseada em geo-objeto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 44-53, 2014. DOI: [dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000100007](https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000100007).

SIMÕES, C. R.; ROSSIELLO, R. O. P.; GRACIOSA, M. G.; MACHADO, M. L.; SILVA, C. F. Imagens multiespectrais para avaliação de índice de área foliar e massa seca do capim 'Tifton 85', sob adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 697-703, 2015.

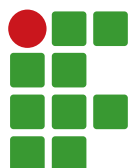
SOUZA, H. D. F.; ANDRADE, R. P. A.; KARIA, C. T. Seed production of pojugrass as influenced by crop establishment techniques. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3 Santa Maria, 2009.

TARPLEY, L.; REDDY, K. R.; SASSENATH-COLE, G. F. Reflectance indices with precision and accuracy in predicting cotton leaf nitrogen concentration. **Crop Science**, v. 40, n. 6, p.1814-1819, 2000.

ZHAO, D.; STARKS, P. J.; BROWN, M. A.; PHILIPS, W. A.; COLEMAN, S. W. Assessment of forage biomass and quality parameters of bermudagrass using proximal sensing of pasture canopy reflectance. **Grassland Science**, v. 53, n. 1, p. 39-49, 2007.

Received in: June 22, 2019

Accepted in: October 21, 2019



Pig manure in the production of banana seedlings

Waleska Silva Torsian¹

Leandro da Silva Almeida²

Nara Cristina de Lima Silva³

Marcelly Ferreira Nascimento⁴

Vanessa Cristina Caron⁵

Abstract

Pig breeding generates waste that, if not handled correctly, can cause serious environmental problems. The application of these residues in the soil appears as a sustainable alternative, since the manure, being rich in organic matter and mineral nutrients, promotes the improvement of the physical, chemical and biological quality of the soil avoiding the contamination of natural resources if it is released in the water or directly on the ground without proper treatment. The objective of this study was to evaluate the development of banana seedlings fertigated with pig slurry (PS) analyzing its efficiency compared to conventional treatment (chemical). The experiment was carried out in a completely randomized design with six treatments and six replications (3 seedlings per repetition), the doses being defined based on the fertilizer recommendation for the production of banana seedlings and the nutrient in greater concentration in the manure, which, in this case, was nitrogen, considered as the dose limiter. The results showed that PS was efficient in supplying nutrients to the banana seedlings and it can be used as a substitute for chemical fertilizer. The treatment with manure corresponding to 25.0% of the nitrogen recommended to produce banana seedlings provided the greatest development.

Keywords: Fertigation. *Musa* ssp. Pig waste. Sustainability.

Introduction

The demand for meat in the world is increasing and it is expected to double by 2050 (FAO, 2006). Choi (2007) reports that 40.0% of the meat consumed in the world is pork. According to the Brazilian Animal Protein Association (ABPA, acronym in Portuguese, 2017), Brazil occupies the fourth position in the world ranking of pork production, lagging behind China, the European Union and the United States, which in 2016 produced approximately 53, 23 and 11 million tons of meat, respectively. In the same year, Brazilian production was approximately 3.7 million tons.

This high demand for pork production is directly responsible for the generation of pig slurry (PS), which are characterized by the mixture of faeces, urine, feed waste and washing

1 Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Graduanda em Agronomia. walleskatorsian@hotmail.com. Fazenda Sobradinho s/n – Zona Rural – Cx. Postal 1020 – CEP: 38.400-970, Uberlândia – MG.

2 Universidade Federal de Uberlândia, Doutorando em Agronomia. almeidalean26@gmail.com

3 Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Docente. nara.lima@iftm.edu.br

4 Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Docente. marcelly@iftm.edu.br

5 Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Docente. vanessacaron@iftm.edu.br

residues, which can cause serious problems of contamination in water, air and soil if thrown into the environment without proper treatment (CERUTTI et al., 2011). Thus, in recent years, due to the pressure exerted by sectors of civil society to contain the contamination of the environment by PS, the main forms of treatment and destination of this waste have been the subject of studies by several researchers (KUNZ et al., 2009).

Because it is a waste that has high levels of organic matter and various nutrients, especially nitrogen, potassium and phosphorus, the PS has the capacity to improve the physical properties and the chemical and biological characteristics of the soil, enabling its use in agriculture as a supplier of nutrients and elements favorable to the development and production of plants (AMIRI; FALLARI, 2009; SCHERER et al., 2007).

Thus, the use of fertigation with PS as a final disposal of this waste is a good alternative, as this effluent has nutrients that can be used in agricultural crops, replacing or reducing the use of chemical fertilizers and, consequently, expenses with fertilizers. In addition, it can prevent contamination of natural resources.

The banana tree is one of the most cultivated crops, being one of the most consumed and produced fruits in the world, also a demanding crop for soils rich in nutrients and organic matter. The main nutrients demanded by the crop are nitrogen and potassium (TUNER; BARKUS, 1980), besides that, it needs a high amount of water and good physical soil conditions. Thus, banana fertigation with PS is a viable alternative for the disposal of this manure as fertilizer.

Given the above, the objective of this study was to evaluate the development of banana seedlings during the acclimatization period, fertigated with different doses of PS, comparing this development with conventional (chemical) treatment and thus verifying the possibility of using PS in the production of banana tree seedlings.

Material and methods

The experiment was conducted in a greenhouse located at the Federal Institute of Triângulo Mineiro (IFTM, in Portuguese) – Uberlândia campus, located in the city of Uberlândia, state of Minas Gerais, Brazil, whose geographic coordinates are: 18°45'54.17" south latitude and 48°17'19.28" west longitude, with an average altitude of 660 meters.

The climate of the municipality of Uberlândia, according to Köppen (1948), is of the Cwa type (Tropical climate), with two well-defined seasons: rainy season, from October to April; and the dry period, from May to September. The average atmospheric precipitation is around 1,540 mm and has an average annual temperature of 22.9 °C.

The PS was obtained from the pig farm of the IFTM - campus Uberlândia, being collected in the settling pond. In order to obtain a representative sample, the PS was collected in an integrated manner with samples in different positions in relation to the width, length and depth of the pond, to determine its average composition or total load. The collection was carried out with a bucket and other safety equipment.

The PS dosages used in each treatment were based on the nutritional (chemical) recommendation for conducting banana seedlings and the nutrient with the highest concentration in the PS, which in this case was nitrogen, was a limiting element in the dosage. Thus, at the beginning of the experiment, its chemical characterization was carried out, with the following parameters being determined: pH, density, organic matter, organic carbon, total nitrogen, C/N ratio, total phosphorus, water-soluble potassium, calcium, magnesium, sulfur, sodium, boron, copper, iron, manganese and

zinc. The characterization of swine manure was carried out at FERLAB® Agricultural Laboratory, located in the municipality of Araguari/MG, following the recommendations of the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater from the American Public Health Association (2005). The average chemical composition of PS is shown in Table 1.

Table 1 – Chemical characterization of pig slurry (PS) from Sobradinho farm – Uberlândia –MG

Determination	Unity	Result
pH index	pH	7.00
Density	g/L	0.99
Organic Matter	%	0.09
Organic Carbon (C)	%	0.05
Total Nitrogen (N)	%	0.35
C/N Ratio	%	0.14
Total Phosphorus (P ₂ O ₅)	%	0.07
Water-soluble Potassium (K ₂ O)	%	0.18
Calcium (Ca)	%	0.11
Magnesium (Mg)	%	0.03
Sulfur (S)	%	0.00
Sodium (Na)	mg/L	140.00
Boron (B)	mg/L	0.84
Copper (Cu)	mg/L	25.00
Iron (Fe)	mg/L	20.00
Manganese (Mn)	mg/L	9.00
Zinc (Zn)	mg/L	7.00

Source: Elaborated by the authors (2019).

The micropropagated banana seedlings (*Musa* spp.) used in this research were from the cultivar BRS Platina and they were acquired in the commercial nursery Multiplantas Tecnologia Vegetal Ltda®, in April 2017. They were stored in plastic containers with a capacity of three liters of substrate in the greenhouse. The substrate was composed of soil and sand in a 2:1 ratio. The initial chemical composition of the substrate is shown in Table 2.

Table 2 – Chemical composition of the substrate.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	S.B	T	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
H ₂ O	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³				%		mg dm ⁻³			
6.4	111	48	9.8	2.8	0	12.7	14.3	89	0.15	1.1	8	1.1	0.2

P = Mehlich Method 1, P. K. Na = [HCl 0.05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0.0125 mol L⁻¹], S-SO₄ = [Monobasic Calcium Phosphate 0,01 mol L⁻¹], Ca, Mg, Al = [KCL 1 mol L⁻¹] / H + Al = [Buffer Solution SMP at pH 7,5], M.O. = Colorimetric Method, S.B= Base sum, V = Base saturation; T = CIC pH 7,0;

Source: Elaborated by the authors (2019).

The PS dose was determined in proportion to the chemical fertilizer dose recommended in the production of banana seedlings in Brazil, which is 5.0 kg m⁻³ of NPK substrate (NOMURA et al., 2009),

being that the treatments corresponded to 100.0%, 75.0%, 50.0%, 25.0% and 0% of the nitrogen dose recommended for banana cultivation (this being the nutrient in greater proportion in PS) and the sixth treatment consisted of 100.0% of the fertilizer dose applied in the chemical fertilizer formula NPK 14:14:14. The experiment was conducted in a completely randomized design with 6 treatments and 6 replications. Table 3 shows a summary of treatments.

Table 3 – Treatments and doses of PS and chemical fertilizer used in the experiment

Treatment	% of the recommended fertilizer dose ¹
PS -0	0.0
PS -25	25.0
PS -50	50.0
PS -75	75.0
PS -100	100.0
Chemical - Subject	Fertilizer 14-14-14

¹Dose calculated based on the recommendation of 5.0kg of N m⁻³ and the chemical composition of PS.

Source: Elaborated by the authors (2019).

After determining the dosages, PS was applied in installments every 15 days for better use of manure by the plants, in the total period of 60 days. The seedlings were kept in the field capacity during the time they remained in the greenhouse.

Throughout the experiment, the following variables were evaluated: the height of the seedlings with the aid of a graduated ruler; the number of leaves; and the diameter of the pseudostem using a digital caliper. For the data of these evaluations, the general averages of each treatment and the average increments of development were calculated, which refer to the average of the results at the end of the experiment, less the average data found at the beginning of the experiment.

At the end of the experimental period, the fresh and dry mass of the banana seedlings were evaluated, and chemical analyzes of the substrates of the treatments were performed to verify if there were changes in their chemical attributes.

The results obtained related to the development of the plants were submitted to the analysis of variance test at 5.0% probability and, when they presented statistical difference, they were submitted to the Dunnett test at 5.0% significance, comparing the doses of PS to the standard chemical fertilizer, using the Assistat[®] program (SILVA; AZEVEDO, 2016). The results of increment of dry and fresh matter within the treatments only with PS and the treatments of PS with the best result were subjected to analysis of variance with a probability of 5% and, when they presented statistical difference, they were submitted to regression analysis, through the SISVAR[®] program (FERREIRA, 2014).

Results e discussion

There was a significant difference between the use of PS and the standard chemical fertilizer. The treatment that stood out in relation to the chemical treatment (subject) was 25.0% of the chemical fertilizer dose, which, at the end of the experiment, provided higher averages of height, diameter and number of leaves and, consequently, a greater increase of these attributes over the studied period, as can be seen in Table 4.

Table 4 – Morphological development of banana seedlings (*Musa* spp.) fertigated with PS compared to chemical fertilization

Treatment	Morphological Development					
	Height (cm)		Diameter (mm)		N° of Leaves	
	Average	Increase	Average	Increase	Average	Increase
PS – 0	14.44	7.21	14.16	5.91	4.42	0.80
PS – 25.0%	18.56*	11.64*	18.93*	11.39**	7.27**	3.00*
PS – 50.0%	15.94	9.61	14.90	7.18	5.53	1.52
PS – 75.0%	15.48	8.84	16.44	8.02	6.55**	2.38*
PS – 100.0%	15.09	8.92	14.92	7.22	6.33**	2.22*
Chemical (subject)	15.44	8.83	14.58	6.92	4.44	0.33
CV ¹	18.66	39.48	15.07	33.08	21.13	35.98

** significant at the 1% probability level and * significant at the 5% level of significance by the Dunnett Test (bilateral) in relation to the chemical subject. 1- coefficient of variation.

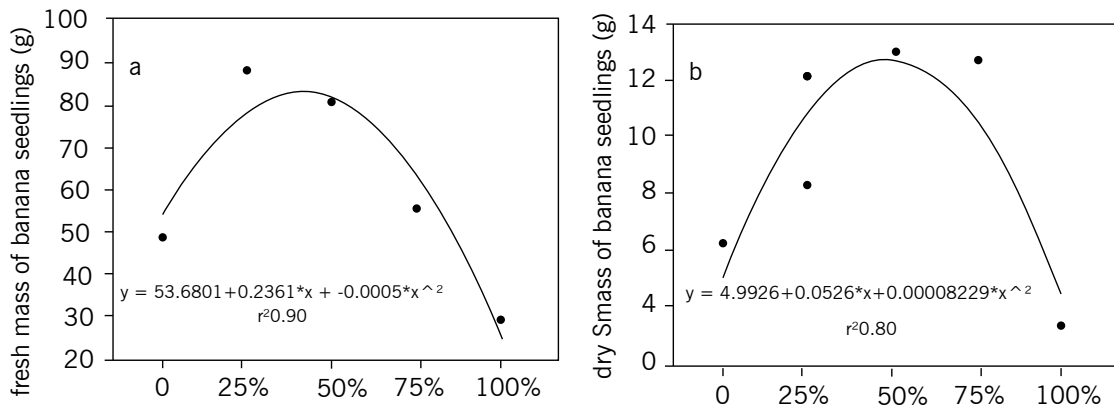
Source: Elaborated by the authors (2019).

As for the number of leaves, there was a similar behavior between treatments PS (25.0%), PS (75.0%) and PS (100.0%), with increments higher than the subject, and the final average of the number of leaves was also higher in these treatments. Again, there was an emphasis on seedlings belonging to the PS 25.0% treatment, which at the end of the study reached an average of 7.27 leaves per seedling, with an increase of 3 leaves in relation to the initial evaluation. In contrast, in seedlings that received chemical treatment, there was an average increase of less than half a leaf per seedling (0.33 leaves), reinforcing the greatest advantage of the PS treatment (25.0%) in the development of the seedlings.

The initial development of seedlings also leads to greater photosynthetic activity and, consequently, a more vigorous seedling and a greater possibility of adaptation to the field, leading to greater initial productivity. Zenatti et al. (2012) concluded that the application of PS in the culture of Tifton 85 enabled greater production when compared to the use of other fertilizers, among them, the chemical fertilizer.

The application of increasing doses of PS in the fertigation of banana seedlings caused a peak in the accumulation of fresh and dry matter. However, as the PS dose increased, there was a severe drop in this accumulation (FIGURE 1). As the substrate used in the experiment was rich in nutrients (TABLE 2), the excess of some of these nutrients may have caused an imbalance in the absorption of the others (NOVAIS et al., 2007). However, the substrates of the different treatments with application of PS, at the end of the study, did not show significant difference in their chemical attributes in relation to the initial substrate. Thus, there was no significant change in the conditions of the substrate at the time the experiment was conducted.

Figure 1 – Accumulation of fresh (a) and dry matter (b) due to the increase in the applied dose of PS.

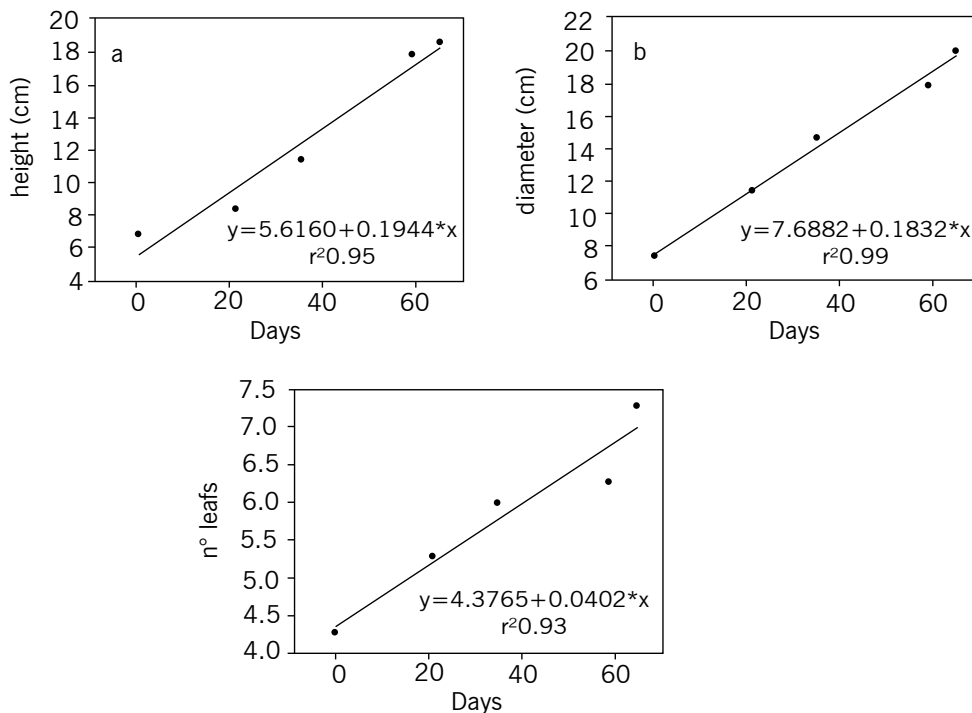


Source: Elaborated by the authors (2019).

The dose of PS that provides the greatest benefits to cultures is very uncertain. In a study conducted in southern Brazil by Lourenzi (2014) with several cultures (corn, beans, oats, millet, sunnhemp and vetch), there was an oscillation of more than 400% in the dose that provided the best development between cultures. The authors also emphasize that the best dose also depends on the stage of development of the cultures.

In the initial conduction of micropropagated banana seedlings (*Musa* spp.) of the BRS Platina variety, the best treatment was the PS (25.0%) which provided a very linear growth during the 60 days of acclimatization in a greenhouse (Figure 2).

Figure 2 – Equations and regression model throughout the experiment considering the PS treatment – 25.0% for the evaluated characteristics: A - height (cm); B - diameter (mm); C - number of leaves.



Source: Elaborated by the authors (2019).

During the 60-day period, with only 25.0% of the recommended dose of N for conducting seedlings, when produced with chemical fertilizer, it was possible to obtain banana seedlings with better morphological characteristics (TABLE 4). This way, the use of PS as a fertilizer certainly contributes to the correct disposal of manure and to the production of quality banana seedlings.

In addition to this benefit, fertigation with PS can anticipate the production of seedlings, since in the treatment of PS (25.0%) they have developed in a much more pronounced way. Similar results have also been observed in a study conducted with Eucalyptus seedlings, in which the seedlings were anticipated by approximately 30 days using PS (PELLISSARI et al., 2009). This anticipation is yet another benefit of using PS in the production of banana seedlings, as these, growing faster, can be transported earlier to the field and, consequently, optimize the use of greenhouses.

The results obtained show the importance of intensifying studies with the use of PS in order to know its behavior in the soil-plant system. In this study, in which a substrate with good fertility was used, it was observed that the lowest dose was the one that provided the greatest development. Further studies in different substrate, climate and management conditions are necessary for a better understanding of the benefits of using PS in acclimatizing banana seedlings.

Conclusion

The PS was efficient in supplying nutrients to the banana seedlings and can be used instead of chemical fertilizers.

The dose of PS that represents 25.0% of the nitrogen dose of the chemical fertilizer was the one that provided the best development conditions for the banana seedlings during the acclimatization period.

Dejeto de suínos na produção de mudas de bananeiras

Resumo

A criação de suínos gera resíduos que, se não manejados corretamente, podem causar sérios problemas ambientais. A aplicação destes resíduos no solo surge como uma alternativa sustentável, uma vez que o dejetos, por ser rico em matéria orgânica e em nutrientes minerais, promove a melhoria da qualidade física, química e biológica do solo, evitando a contaminação dos recursos naturais, caso seja lançado na água ou no solo diretamente sem tratamento adequado. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de mudas de bananeiras fertirrigadas com dejetos líquidos de suínos (DLS), analisando sua eficiência em comparação com o tratamento convencional (químico). O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e seis repetições (3 mudas por repetição), sendo as doses definidas com base na recomendação de fertilizante para a produção de mudas de bananeiras e o nutriente em maior concentração no dejetos, que, neste caso, foi o nitrogênio, considerado como o limitante da dose. Os resultados mostraram que o DLS foi eficiente no fornecimento de nutrientes para as mudas de bananeira, podendo ser utilizado como substituto do fertilizante químico. O tratamento com dejetos correspondente a 25,0% do nitrogênio recomendado para a produção de mudas de bananeira foi o tratamento que proporcionou o maior desenvolvimento das mudas de bananeira.

Palavras-chave: *Musa ssp.* Resíduos de suíno. Fertirrigação. Sustentabilidade.

References

- AMIRI, M. E.; FALLAHI, E. Impact of animal manure on soil chemistry, mineral nutrients, yield, and fruit quality in 'golden delicious' apple. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32, n. 4, p. 610-617, 2009.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: APHA, 2005. 1207p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL -ABPA. **Relatório Anual ABPA. 2017**. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/suinocultura/publicacoes/relatorios-anuais>>. Acesso em: 09 jan. 2017.
- CERUTTI, A. K.; BAGLIANI, M. BECCARO, G. L.; GIOELLI, F.; BALSARI, P.; BOUNOUS, G. Evaluation of the sustainability of swine manure fertilization in orchard through Ecological Footprint Analysis: results from a case study in Italy, **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 4, p. 318-324, 2011.
- CHOI. E. **Piggery Waste Management**. IWA Publishing: London, UK, 2007. 10p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), **Livestock's Long Shadow - Environmental Issues and Options**. United Nations Report. (2006). Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM>. Acesso em: 05 mar. 2018.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra: Fondo de Cultura Econômica. México: Editora, 1948. 479p.
- KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R.L.R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil, **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5485-5489, 2009.
- LOURENZI, C. R. **Dejetos de suínos: produção de culturas, efeitos na matéria orgânica e na transferência de formas de fósforo**. 2014. 127 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- NOMURA, E. S.; LIMA, J. D.; RODRIGUES, D. S.; GARCIA, V. A.; FUZITANI, E. J. Influência do substrato e do tipo de fertilizante na aclimação de mudas de bananeira "prata-anã". **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 773-779, 2009.
- NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, 1017p.
- PELLISSARI, R. A. Z.; SAMPAIO, S. C.; GOMES, S. D.; CREPALLI, M. S. Lodo Têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* (W, Hill ex Maiden). **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 288-300, 2009.

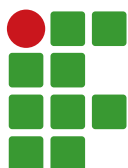
SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; DIAS, L. F. X. Método rápido para determinação da qualidade fertilizante do esterco de suínos a campo. **Revista Agropecuaria Catarinense**, Itacorobi, v. 8, n. 2, p. 40-43, 2007.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

ZENATTI, R.; GONÇALVES JR., A.; NACKE, H.; RAMIRES, I. Produtividade e fitodisponibilidade de nutrientes na TIFTON 85 (*Cynodon dactylon*) fertilizada com dejetos provenientes da suinocultura. **Scientia Agraria**, v. 13, n. 2, p. 1519-1125, 2012.

Received in: July 15, 2019

Accepted in: November 6, 2019



Economic feasibility for wastewater treatment system composed of wetlands for the wastewater reuse: a case study

Robson Muniz McMahon Waite¹

Eduardo Gomes Salgado²

Dirlane de Fátima do Carmo³

Abstract

Water is an asset that is becoming scarce and its reuse is an alternative to preserve it. Social and environmental feasibility motivate the adoption of reuse, but the financial factor can be limited to its use. The objective of this study was to evaluate the economic and financial feasibility for the investment in a domestic wastewater treatment system in which the constructed wetlands could be used aiming at the reuse for irrigation. Instruments such as the minimum attractiveness rate, discounted payback, the internal rate of return and the profitability index were used. The treatment system composed of an equalization tank, a septic tank, horizontal subsurface flow constructed wetland, subsurface flow constructed wetland, and a maturation pond comprising 52 m², demonstrating that it is able to meet the criteria required for reuse. The organic load affluent to the system was projected to 220 mg L⁻¹ at a flow rate of 600 L day⁻¹ of sewage, obtaining removal efficiency above 98% for all parameters, except nitrogen and phosphorus. In the analysis of economic and financial feasibility, it was found that the internal rate of return found for the cash flow considered was 98% and the profitability index according to the present value was 3.28. It was found that the total employed would be recovered in up to two years. With the use of the system, 180 m³ of water would be saved annually, reducing the pressure on the public supply system, in addition to the sewage treatment and the scenic beauty provided by wetlands. Therefore, the system is not limited only to economic gains, but also to social and environmental gains.

Keywords: Reutilization. Sewage. Economic viability.

Introduction

In recent years, water scarcity in Brazil has been constantly presented in the media. The granting of rights to use water resources and charging for that use, instruments established by the National Water Resources Policy in 1997, led many industries and commercial establishments to a new model of water management, based on strategies for the conservation of this resource, based mainly on rationalization and reuse (AQUINO; 2015; WEBER; CYBIS; BEAL, 2010; DEMAJOROVIC; CARUSO; JACOBI, 2015).

Thus, for industries, reusing their effluents after appropriate treatment as far as possible is a more attractive option, with lower installation and operating costs than those associated with capturing and water treatment from springs or purchasing water offered by sanitation companies, both for drinking

1 Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente, *Campus da Praia Vermelha*, Niterói/RJ. robsonwaite@hotmail.com.

2 Universidade Federal de Alfenas. Professor associado. egsalgado@yahoo.com.br.

3 Universidade Federal Fluminense. Professora Associada. dirlanefc@id.uff.br.

systems and for water reuse systems (FIESP, 2005). Water reuse programs in the industry can reduce the consumption of this resource by up to 80% (RIBEIRO, 2012). However, according to Ribeiro (2012), the growth of reuse in Brazil is still very small concerning its potential.

In Brazil, there is still no federal legislation on reuse. The non-potable water reuse is allowed as a rationalization practice, and the guidelines for that are established in Resolution n. 54 of the National Council of Water Resources (CNRH, 2005), presenting, among other advantages, the reduction in the discharge of pollutants in receiving bodies and the conservation of water resources for public supply and other uses that demand higher quality. However, for the planned direct reuse, presented in Resolution n. 54 (CNRH, 2005), there is a need to invest in treatment, whether through biological, physical-chemical, or mixed systems. However, processes that use little or no energy are rare; they do not require the use of chemical; it has a low cost of implementation, operation, and maintenance. Therefore, the system of constructed wetlands (CW) should be noted, which is able to mix all these characteristics and can become a natural solution for most of the difficulties found.

Modern constructed wetlands are systems designed to emphasize and improve specific characteristics of natural water purification and waste management systems, with the decomposition and capture of nutrients and contaminants (RUSSI et al., 2013). There are, therefore, different configurations: to the flow (surface or subsurface flow); vegetation (floating, emergent or submerged plants); flow (horizontal or vertical) (WALLACE; KNIGHT, 2006).

The treatment efficiency of pollutants varies from one model to another. According to Kayombo et al. (2004), subsurface flow constructed wetlands are appropriate systems for the treatment of primary effluents, since there is no contact between the effluent and the atmosphere, whereas surface flow constructed wetlands are indicated for the secondary and tertiary effluent treatment and to provide habitat for living beings. The pollutant removal mechanisms found in wetlands are diverse: sedimentation, filtration, precipitation, and chemical adsorption, in addition to microbial interactions and complexation (MARQUES, 1999).

Wetlands do not usually meet the standard of effluents discharge required by law, such as the one presented in Resolution n. 430 of the National Environment Council (CONAMA, 2011). In general, constructed wetlands have been used as after treatment or polishing systems, which is considered a tertiary treatment, and their application to wastewater with a high organic load is still limited (CHIEMCHAI SRI et al., 2009). The greater interest in the use of wetlands in recent decades is due to the relatively low cost of construction and management compared to other alternatives (JOHANSSON et al., 2004). As wetlands are constructed using local labor and material, it is not possible to present estimates of universal costs, applicable to all treatment systems (WALLACE; KNIGHT, 2006), but it is possible to make a study of the economic and financial viability that will allow, through projections and figures, indicate the potential return on investment.

Although Brazil has enormous potential for the use of CW, since it is located in the tropics without snow in winter in most of its territory, little research is done on the use of CW in the country when compared to other kinds of treatment. In the National Basic Sanitation Plan, for example, when presenting the investment needs for sewage treatment units considering the base years of 2014, 2018, 2023 and 2033, the combination of technologies involving upstream flow anaerobic reactors, percolator biological filters, stabilization ponds and activated sludge system (PLANSAB, 2013), as they are commonly used in the country. Thus, the sizing methods for the construction of wetlands used in Brazil are, for the most part, modeled for the temperate region, as the methods of Reed et al. (1995), Kadlec and Knight (1996) and Platzer (1998).

The environmental and aesthetic advantages of using CW for wastewater treatment are highlighted in several studies, but the economic viability assessments of their use are still incipient.

According to Padoveze (2005), the investment in a project must be evaluated concerning its return. Thus, according to economic criteria, projects with greater acceptance will have a positive net present value (NPV) or equal zero, or will have the highest internal rate of return, at the company's discretion. Additionally, according to Salles (2004), the financial analysis of projects is usually based on estimates for the future project cash flow, obtained from forecasts for several variables. The cash flow initial analysis is made through representative values for the considered variables, allowing the calculation of deterministic financial indicators. Also, according to Salles (2004), in order to obtain sufficient creditors' financing to guarantee the cost of preparing a project, to convince them to invest, it is necessary to prove the economic and the enterprise financial viability and its ability to guarantee credit for the payment of the financing debt.

The application of the economic and financial feasibility study, therefore, can assist in the decision to implement a project that presents environmental and social feasibility. Costa et al (2014), for example, demonstrated the feasibility of implementing a chemical waste treatment and recovery laboratory in a public agency with the application of economic and financial feasibility study.

Thus, the present study aims to evaluate the economic and financial feasibility of using wetlands with the aid of a maturation pond and a septic tank for the domestic wastewater treatment for reuse. Instruments such as the minimum attractiveness rate were used; discounted payback; the internal rate of return and the profitability index for investing in a wastewater treatment system where CW could be used for water treatment and reuse.

Material and methods

For the development of this study, Eletrobrás Electric Energy Research Center (CEPEL) was chosen as a case study, located in the university city, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro. CEPEL was created in 1974, on the initiative of Eletrobrás. The selection of CEPEL had as criteria its importance in the scenario of pioneering sustainable energy, its representativeness since it is the largest electric energy center in South America and its contribution to the promotion of sustainable development (CEPEL, 2015).

A dimension for part of the wastewater generated aiming at reuse was made. The wastewater generated at Fundão Unit of Cepel are not classified as industrial, because despite having laboratories, the wastewater generated by them is stored in approved plastic drums and destined for a licensed treatment company. To carry out this study, the average values of domestic wastewater were used, as indicated by Metcalf and Edy (2003), as shown in Table 1:

Table 1 – Characterization of the estimated effluent for dimensioning the CEPEL treatment system

Parameters	Units	Average values
TSS	mg.L ⁻¹	220.0
Turbidity	UNT	160.0
BOD	mg L ⁻¹	220.0
COD	mg L ⁻¹	500.0
Total nitrogen	mg L ⁻¹	40.0
Total phosphorus	g L ⁻¹	8.0
Total coliforms (Ct)	Org 100mL ⁻¹	10 ⁹

Source: Elaborated by the authors (2015).

In the treatment system proposal, the objective was to reuse it for irrigation, because it would require less treatment and it would be more economical, besides not requiring major reforms in Cepel's hydro-sanitary installation. Considering the estimated consumption of $15\text{m}^3\text{ month}^{-1}$, the utilization of water reuse would represent savings of $180\text{ m}^3\text{ year}^{-1}$. There was, therefore, a need for an adequate minimum quality that would not be achieved only with wetlands. Thus, the system was composed of biological reactors to maintain a low operating cost, being as follows: an equalization tank (EQT), a septic tank (ST), horizontal subsurface flow constructed wetland (HSFCW) and a surface flow constructed wetlands (SFCW) and finally a maturation pond. The equalization tank was dimensioned according to Embrapa (2015) and the septic tank according to the Brazilian standard of the Brazilian Association of Technical Standards - ABNT NBR 7229/93 (ABNT, 1993). The CWs were dimensioned using the equations model by Reed et al. (1995) for both types of CW. Additionally, the maturation pond was dimensioned using the method proposed by Von Sperling (2006). The design parameters adopted are shown in Table 2 for a daily sewage affluent volume of 600 L day^{-1} :

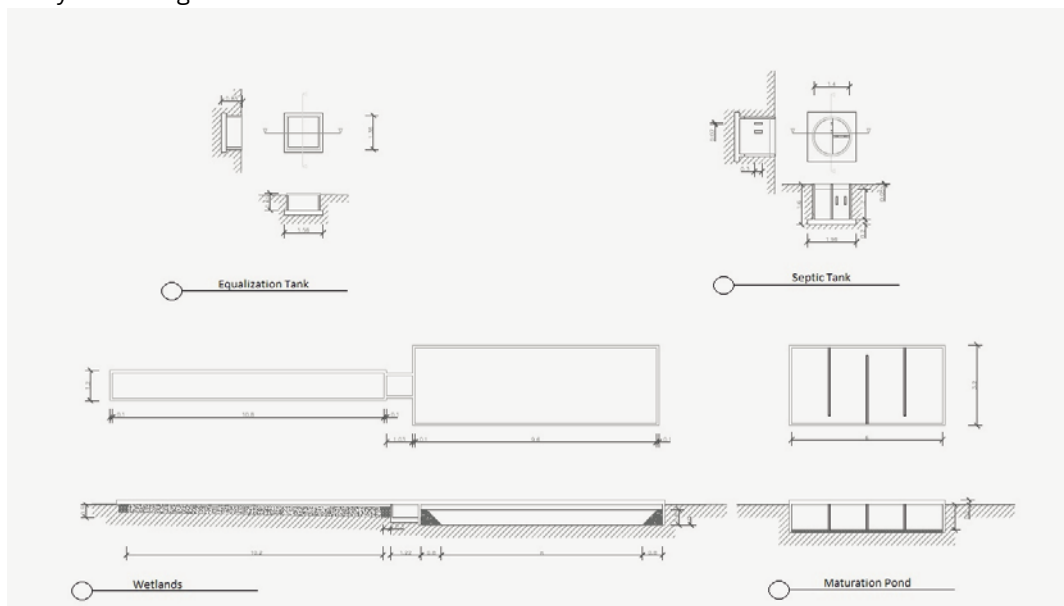
Table 2 – Basic parameters used for the reactor design

Reactors	Holding time (days)	Affluent volumetric organic load (mg L^{-1})
EQT	1	220.00
ST	1	220.00
HSFCW	2	88.00
SFCW	11	14.33
Maturation pond	20	0.00

Source: Elaborated by the authors (2015).

Figure 1 shows the components of the system used in the present study:

Figure 1 – System designed to treat CEPEL wastewater.



Source: Elaborated by the authors (2015).

As this study aims to evaluate the technical and economic feasibility of a system proposed for reuse without major changes in the company's hydraulic structure, it was dimensioned to meet the consumption of irrigation in the gardens (0.6 m³ day⁻¹) and to fit in class II recycled water of the Brazilian Association of Technical Standards - NBR 13.696 (ABTN, 1997).

The 52 m² treatment system was budgeted with the Volare software for budgeting, planning, and control of works. Volare works with data from the National System of Costs Survey and Indexes of Construction (SINAPI) that allows users to prepare budgets with compositions accepted by the main public agencies in Brazil.

For the economic and financial feasibility study, the minimum attractiveness rate (MAR) was used, which is a rate that varies according to the policy practiced by each company, which can be defined as the discount rate, or the MAR most appropriate for investment decisions, such as the rate of the cost of capital (SCHROEDER, 2005). In the present study, a value for the MAR was stipulated according to the annual savings rate in Brazil in 2015 (6% p.a.), as it is the most stable and secure application in the financial market. 4.5% of risk (referring to the inflation rate in Brazil in 2015) was added because it is a system with considerable risk. Therefore, MAR equals to 10.5% a.a.

The discounted payback was another instrument used. Discounted payback is the exact time required for the company to recover the initial investment, from the cash inflows, using the attractiveness rate previously defined, in order to consider the value of money over time.

And, finally, the internal rate of return (IRR) and the profitability index (PI) were used. The internal rate of return is the calculation of the discount rate that would have a given cash flow to equal its net present value to zero, that is, the rate of return on the investment made, while the profitability index is the relative measure between the present value of the cash flows received and the initial investment. The IRR can be calculated according to the following expression by Rêgo et al. (2013):

$$IRR = \sum_{n=1}^N \frac{Ct}{(1 + RoR)^n} = 0 \quad (1)$$

At which:

Ct = Cash Flow

N = Holding Period

RoR = Rate of return

n = Each Period

The method, or discounted cash flow method (DCF), according to Rêgo et al. (2013), aims to understand the cash flow of a project. Therefore, if the NPV is positive the project is accepted, that is, we have the investment recovered and remunerated at a rate that exceeds the MAR. The NPV is given by the following equation by Rêgo et al. (2013):

$$NPV = -I + \sum_{t=1}^N \frac{NCt}{(1 + r)^t} + \frac{RV}{(1 + r)^n} \quad (2)$$

at which:

I = initial investment

NCt = net cash flow on date "t"

N = duration of the project

n = number of project periods

t = each period

r = capital cost defined by the company

RV = residual value of the project at the end of the analysis period

The profitability index method considers the ratio between the present value of the cash flow and the initial value of the investment. It can be calculated using the following formula by Rêgo et al. (2013):

$$PI = \frac{PV}{I_0} \quad (3)$$

at which:

PI = profitability index

PV = present value

I₀ = Initial investment of the project

The project will be recommended whenever the PI is greater than one (1). If the PI is equal to one, it means that the amount invested will be paid only, and finally, the project will prove unfeasible for PI values below one.

Results and discussion

In assessing the application of reuse at CEPEL's facilities, it was found that the main alternatives would be for washing cars, flushing toilets, and irrigating gardens. However, based on data provided by CEPEL, gardens irrigation would not require major renovation in the hydro-sanitary installation and would imply a reduction in the consumption of 15m³ month⁻¹ of water supply, which would result in savings of 180m³ year⁻¹.

The system was structured in such a way that the equalization tank sized according to EMBRAPA (2015) with 0.6 m³ of useful volume, functioned as an inlet flow regulator, while the septic tank, sized according to NBR 7229 (ABNT, 1993), of cylindrical shape with three chambers of 1.8 m³ of useful volume, had the main function of reducing the amount of total suspended solids (TSS) of the horizontal subsurface flow constructed wetland (HSFCW). It should be noted that clogging the discharge zone is a common problem in HSFCW, and it is expected that with the septic tank that will not happen.

The septic tank theoretical efficiency was established from literature data collected by Ávila (2005). Thus, an efficiency of 80% (176 mg L⁻¹) for the removal of total soluble solids was estimated; 74% (118.40 unT) to reduce turbidity; 60% for the removal of BOD and COD (respectively, 132.00 and 300.00 m L⁻¹); 12% (4.8 mg L⁻¹) removal for total nitrogen; 6.70% (0.536 mg L⁻¹) efficiency in removing total phosphorous; and 25.30% (2.53 x (10)⁻⁷ Tc Org.100 ml⁻¹) efficiency for the removal of total coliforms.

The HSFCW preceding the SFCW was also positioned that the effluent would only come into contact with the atmosphere in the third treatment stage, in order to avoid the bad smell. CWs were dimensioned using the equations model by Reed et al. (1995) for both types of CW. The model assumes that the chemical transformations are irreversible and occur at a homogeneous rate proportional to the concentration of particles, that is, with first-order kinetic reactions. According to the model described by Reed et al. (1995), it was considered that the reactions would occur with non-zero inlet flow and equal to the outflow, with the particle retention time equal to the hydraulic detention time, that is, with a piston-type hydraulic flow model. This approach, that CWs function as piston flow reactors with first-order reactions, ignores the influence of factors such as precipitation, evapotranspiration, and non-ideal flow patterns (CHAGAS, 2011).

The surface area was estimated according to Troesch et al. (2012), which recommends values of 2 m² per taxpayer. The flow of 0.6 m³ day⁻¹ used for the project according to NBR 7229 (ABNT, 1993) refers to 12 contributors, considering that for this type of enterprise the contribution per person is 50 liters. Soon 24m² would be needed, which would be divided between HSFCW and SFCW. However, due to the desired quality since the proposal was effluent reuse, an area of 10 m² was adopted for HSFCW and the area of SFCW was increased to 24m² in order to achieve the planned efficiency.

The macrophytes expected to be used in HSFCW and SFCW were, respectively, cattail (*Typha* sp), and water hyacinth (*Eichornia crassipes*), with depths according to the needs of the roots, that is, the depth of 0.30 m (BRAZIL et al., 2007) and that of the 0.6 m water hyacinth (RIBEIRO, 1986).

The dimensioning method from Reed et al. (1995) does not have equations to calculate the reduction in chemical oxygen demand (COD), total nitrogen (NT), and turbidity, thus, the efficiency of these items was also estimated from data from the literature. Jorge (2013) indicates that for an SFCW that uses water hyacinth as vegetation there is an efficiency of 95% to reduce turbidity, 98.50% to reduce COD, and 6% reduction to NT (JORGE, 2013). Table 2 summarizes the theoretical efficiency of each stage of the proposed system.

To finish the system, a maturation pond with 18m³ was dimensioned for polishing the effluents, especially for removing fecal coliforms.

It can be seen from Table 2 that the proposed system, due to the quality of the effluent generated, can meet the criteria required for classification in class II of water reuse of NBR 13,696 (ABTN, 1997). The removal efficiency values are above 98% for all parameters, except for nitrogen and total phosphorus, which is beneficial, since the reuse of the intended effluent is in the garden's irrigation and both are nutritional elements for vegetation. Therefore, it is a technically feasible system to meet the goal of reuse.

Table 2 – Efficiency of the system by weighting each part of it:

Parameters	Cepel Effluent	Ts	SFCW	SFCW	Lm	Cepel Effluent
	Entrada		Remoção			Saída
TSS (mg L ⁻¹)	220	176*	38.17 ¹	5.13 ¹	0	0.69
Turbidity (unT)	160	118.4*	0,00	39.52*	0	2.08
BOD (mg L ⁻¹)	220	132*	73.67 ¹	14.25 ¹	0	0.07
COD (mg L ⁻¹)	500	300*	0.00	197*	0	3.00
Nt (mg L ⁻¹)	40	4.8*	0.00	21.12*	0	14.08
Ft (mg L ⁻¹)	8	0.536*	2.72 ¹	3.15 ¹	0	1.59
Tc org 100ml ⁻¹	1 x 10 ⁸	2.53 x 10 ⁷ *	5.27 x 10 ⁷ **	2.5 x 10 ⁷ **	1.5 x 10 ⁶ **	300.41

* estimated values; ¹ theoretical values

Source: Elaborated by the authors (2015).

The basic project budget for the proposed treatment system was prepared with the necessary services separated into the following groups: earthmoving; waterproofing; pre-treatment; masonry and additional services.

For the earthmoving, it would be necessary to excavate 75.04 m³, from which only 7.07 m³ would return to the ditch, the rest (67.97 m³) should be removed by trucks.

The waterproofing service would require 86.40 m² of 2.5 mm thick high-density polyethylene geomembrane to ensure the integrity of any existing water table and 53.69 m² of waterproofing paint would still be applied to the entire masonry.

The pretreatment system would require 39.76 m² of wooden forms since there is no bespoke system, prefabricated parts are not found on the market, and 6.43m³ of concrete would also be needed for its construction.

The CWs were designed with flower pots delimiting them in order to contain any extrapolation of effluent, as well as to differentiate the CW from the other gardens. Thus, it was accounted for 52.56 m² of masonry.

The additional services would include the services of the required hydrosanitary system and other small services within the execution of the project. The final amount including all social charges, security requirements for workers, and other fees were estimated at \$ 10,006.92, with an estimated project construction time of 30 days (one month).

Based on the \$ 10,006.92 value of the basic project budget, and considering a 10% annual increase in the first year expenses (\$ 2,766.57) in the cash flow, an inflation-based increase rate in 2015, and also considering that the gains (\$ 12,861.24) were not changed, since it was assumed that the organization size is constant, the study of the economic and financial viability demonstrated that the period of return on investment is only two years, as it can be seen in Table 3 discounted payback, considering a minimum attractiveness rate (MAR) of 10.5% per year.

The Internal Rate of Return (IRR) found for the considered cash flow was 98%, approximately ten times higher than the value of the (MAR) (98% > 10.5%). Thus, it turns out that the project is economically viable.

The profitability index found (PI), considering the present value, was 3.28. According to Rêgo et al. (2013), the PI > 1 value means that the investment will be recovered, remunerated at least at the required rate and there will also be an increase in wealth. The feasibility of the project is determined by the value of IRR > MAR.

Table 3 – Discounted Payback

Time Year	Cash flow (dollar)	Present value (dollar)	Aggregate value (dollar)
0	-10,006.92	-10,006.92	-10,006.92
1	10,094.66	9,135.44	-871.48
2	9,818.01	8,040.79	7,169.31
3	9,513.68	7,051.18	14,220.49
4	9,178.93	6,156.63	20,377.12
5	8,810.70	5,348.09	25,725.21
6	8,405.64	4,617.40	30,342.61
7	7,960.09	3,957.14	34,299.75
8	7,469.97	3,360.63	37,660.38
9	6,930.84	2,821.80	40,482.18
10	6,337.81	2,335.16	42,817.34

Source: Elaborated by the authors (2015).

Therefore, the project economic feasibility study showed that the total investment will be recovered in up to two years and that the project's viability is guaranteed with a profitability index four times higher than the amount needed to recover. An increase in wealth and an internal rate of return ten times higher than the minimum rate of attractiveness are also expected.

To compare this study with others, it was necessary to make currency conversions. Thus, the value of euro considered was 1.10 dollars (pricing on August 11th, 2015, at 07:32 PM) and 3.47 reais (pricing on August 11th, 2015 at 08:18 PM).

Due to the scarcity of economic evaluations of projects using CW in Brazil, we used studies carried out outside the country in order to compare their results with the data obtained in the present study. Two projects were found with a feasibility study for comparison, one of them comprises a standard septic tank and an SFCW with two 25 m² beds, designed by Hoddinott (2006) for a house with 5 contributors without reusing the effluent in the state of Ohio (United States), with an area of approximately 50 m². The second was a project by Albold (2011), referring to a decentralized station constructed in Vidrare, Bulgaria that comprised an 18 m³ septic tank with 3 m² in the area and two SFCW beds with 133 m² dimensioned using the German National Guide for sustainable treatment options. Albold's 2011 system aimed at serving a community with 95 contributors, with an area of approximately 269 m². Both systems include primary and secondary treatment, with the final destination being discharged into rivers.

Table 4 summarizes the results obtained in the present study and those used for comparison. It can be seen that the price per contributor at this study (CEPEL) is not very different from the prices of Albold's 2011 project, but it is almost half the value per contributor of Hoddinott's 2006 project.

Table 4 – Cost of the projects used for comparison with those of the present study

Project	Albold (2011)	Hoddinott (2006)	CEPEL
Number of Contributors	95	5	12
CW used area	266 m ²	50 m ²	52 m ²
Septic Tank Volume	18 m ³		2.4 m ^{3*}
Project Construction Services	Cost		
Excavation and Plumbing	\$ 13,264.69	ud	\$ 2,606.90
Pre-Treatment (concrete)	\$ 6,632.34	ud	\$ 1,432.83
Soil waterproofing	\$ 6,632.34	ud	\$ 1,035.02
Substrate in Constructed Wetland	\$ 7,737.74	ud	\$ 1,553.76
Hydrosanitary installations	\$ 15,475.47	ud	\$ 3,378.41
Total	\$ 49,742.58	\$ 8,000.00	\$ 10,006.92
Cost per Contributor	\$ 523.61	\$ 1,600.00	\$ 833.91

ud – unreported data; * equalization tank + septic tank

Source: Elaborated by the authors (2015).

The projects of Albold (2011) and CEPEL allow a more complete comparison for having more detailed information. The excavation cost of the Albold's 2011 project was estimated at \$ 49.87 per square meter, roughly the same value as CEPEL's project of \$ 50.13 per square meter. The

pretreatment of Albod's project was estimated at \$ 368.46 per cubic meter, a slightly lower value than the CEPEL project value of \$ 597.01, but the pretreatment of the CEPEL project counts also with an equalization tank system. The soil waterproofing of the Albod's 2011 project was budgeted at \$ 24.93 per square meter, while the CEPEL project was at 19.90. The cost of the substrate in Albod's project was \$ 29.09 per square meter, which is very close to the CEPEL project value of \$ 29.88. Hydro-sanitary installations were not compared because the system developed for Albod's 2011 project is not known in detail.

The comparison between the projects reinforces that the system proposed by the present study has budgetary data very close to the real ones, and that the disagreements between the studies can be attributed to the differences between the labor laws, by the year of the projects execution.

Conclusions

The treatment system designed for the wastewater reuse at CEPEL, consisting of a septic tank followed by two wetlands and a ripening pond, is technically and economically viable.

With the use of the system, 180 m³ of water would be saved annually, which could be reallocated, reducing the pressure on the public water supply system and consequently on the environmental systems, in addition to the treatment of the sewage generated and the scenic beauty provided by the wetlands. Therefore, the system is not limited only to economic gains, but also to social and environmental gains.

With the achieved results in carrying out this work, as well as the knowledge acquired in the development of the study, it is possible to suggest the following studies to be developed: Evaluate in other public establishments the feasibility of using constructed wetlands (CW) system for wastewater polishing; evaluate the feasibility of using the treated effluent reuse in constructed wetlands (CW) for storage and use in crops; compare the economic, financial and technical study of wetlands with other sustainable methodologies used for wastewater treatment.

One of the limitations found was the impossibility of comparing the efficiency system of the projects of Albod (2011), Hoddinott (2006), and CEPEL, since in the first two projects the objective was not the reuse and, because of that, they had a lower frame value.

Viabilidade econômica de sistema de tratamento de esgoto composto com *wetlands* visando ao reúso de efluente: estudo de caso

Resumo

A água é um bem que vem se tornando escasso e o reúso é uma alternativa para preservá-la. A viabilidade social e a ambiental motivam a adoção do reúso, mas o fator financeiro pode ser limitante ao seu emprego. O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade econômica financeira para o investimento em um sistema de tratamento de efluente doméstico em que as *wetlands* construídas pudessem ser empregadas visando ao reúso para irrigação. Foram utilizados instrumentos como a taxa mínima de atratividade; o *payback* descontado; a taxa interna de retorno e o índice de lucratividade. O sistema de tratamento, composto por um tanque de equalização, um tanque séptico, uma *wetland* construída de fluxo subsuperficial horizontal, uma *wetland* construída de fluxo superficial e uma lagoa de maturação, compreendeu 52,0 m², demonstrando ser capaz

de atender aos critérios exigidos para reúso. A carga orgânica afluyente ao sistema foi projetada para 220,0 mgL⁻¹ em uma vazão de 600,0 L dia⁻¹ de esgoto, obtendo-se eficiência de remoção superior a 98% para todos os parâmetros, exceto nitrogênio e fósforo. Na análise de viabilidade econômica e financeira (EVEF), verificou-se que a taxa interna de retorno encontrada para o fluxo de caixa considerado foi de 98,0% e o índice de lucratividade acatando o valor presente foi de 3,28. Verificou-se que o total investido seria recuperado em até dois anos. Com a utilização do sistema seriam poupados anualmente 180,0 m³ de água, reduzindo a pressão sobre o sistema de abastecimento público, além do tratamento do esgoto e da beleza cênica proporcionados pelas *wetlands*. Portanto, o sistema não se limita apenas a ganhos econômicos, mas também a ganhos sociais e ambientais.

Palavras-chave: EVEF. Reutilização. Água residuária.

References

ALBOLD, A.; WENDLAND, C.; MIHAYLOYA, B.; ERGUNSEL, A.; GALT, H. **Constructed wetlands: sustainable wastewater treatment for rural and peri-urban communities in Bulgaria, case study.** Bulgaria: Women in europe for a common future, 2011. 21 p.

AQUINO, V. Reúso, solução para escassez x legislação e regulamentação deficitária. **Revista Tae**, fevereiro de 2015. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/8761-noticias>> Acesso em 23. Jul. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7229:** Construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993. 15 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13696:** Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. 60 p.

ÁVILA, R. O. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico – filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte.** 2005, 166 p. Tese. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

BCB – BANCO CENTRAL DO BRAIL. **Cotações e boletins.** Disponível em: <<https://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpsq.asp?frame=1>>. Acesso em: 11 ago. 2015.

BRASIL, M. S.; MATOS, A. T.; SOARES, A. A. Plantio e desempenho fenológico da taboa (*thypha* sp.) utilizada no tratamento de esgoto doméstico em sistema alagado construído. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 266-272, jul/set 2007.

CEPEL, 2015. Disponível em: <http://www.cepel.br/>. Acesso em: 10 jul. 2015.

CHAGAS, R. C.; MATOS, A. T.; CECON, P. R.; LO MONACO, P. A. V.; FRANÇA, L. G. F. Cinética de remoção de matéria orgânica em sistemas alagados construídos cultivados com lírio amarelo. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental.** Campina Grande, v. 15, n. 11, p. 1186–1192, 2011.

CHANG, D.; MA, Z. Wastewater reclamation and reuse in Beijing: Influence factors and policy implications. **Desalination**, 297, p. 72–78, 2012.

CHIEMCHAISRI, C; CHIEMCHAISRI, W.; JUNSOD, J.; THREEDEACH, S.; WICRANARACHCHI, P.N. Leachate treatment and greenhouse gas emission in subsurface horizontal flow constructed wetland. **Bioresource Technology**, 100, p. 3808–3814, 2009.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CNRH. Resolução n. 54. **Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água**. 28 de novembro de 2005.

COSTA, L. T.; SALGADO, E. G.; CARMO, D. F.; GUERRA, M.; EVANGELISTA, M.; SILVEIRA, K. (2014). Laboratório de tratamento e recuperação de resíduos químicos: alternativa para resíduos industriais do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, v. 2, n. 2, p. 225-243, 2015.

DEMAJOROVIC, J.; CARUSO, C.; JACOBI, P. R. Cobrança do uso da água e comportamento dos usuários industriais na bacia hidrográfica do Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **Rev. Adm. Pública**, v. 49, n. 5, p. 1193-1214, set./out. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema de tratamento e compostagem**. Sistema de tratamento de dejetos suínos: inventário tecnológico. 2015. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/invtec/35.html>>. Acesso em: 10 jul. 2015.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de conservação e reúso de água em edificações**. São Paulo: Gráfica, 2005. 152 p.

HODDINOTT, B. C. **Horizontal subsurface flow constructed wetlands for on-site wastewater treatment**. Dissertação de mestrado, Wight State University, Ohio, 2006. 84 p.

JOHANSSON, A. E.; GUSTAVSSON, A. M.; QUIST, M. G. O; SVENSSON, B. H. Methane emissions from a constructed wetland treating wastewater—seasonal and spatial distribution and dependence on edaphic factors. **Water Research**. v. 38, p. 3960–3970, 2004.

JORGE, C. M. B. P. Tratamento das águas residuais dos dejetos de suínos com aguapé, um estudo de caso no campus Nilo Peçanha. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, IX, 2013, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 2013, 15 p. Disponível em: http://www.excelenciaemgestao.org/portals/2/documents/cneg9/anais/t13_2013_0016.pdf Acesso em: 5 de jul. 2015.

KAYOMBO, S. MBWETTE, T. S. A.; KATIMA, J. H. Y.; LADEGAARD, N.; JRGENSEN, S. E. **Waste stabilization ponds and constructed wetlands design manual**. University of dar es salaam, Copenhagen, Denmark, 2004, 59 p.

MARQUES, D. M. Terras úmidas construídas de fluxo Sub-superficial. In: CAMPOS, J.R. (coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Prosab, 1999. P. 409-435.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse**. 4. ed. New York, McGraw - Hill Book, 1815 p. 2003

PADOVEZE, C. L. **Planejamento orçamentário: texto e exercícios**. São Paulo: Pioneira/ Thomson Learning, 2005.

PLANSAB – **Plano Nacional de Saneamento Básico**. Brasília: dezembro, 2013. 173 p.

PLATZER, C.; HOFFMANN, H.; CARDIA, W. O wetland como componente de ecosan- experiências com o uso e dimensionamento no clima subtropical. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE SANITATION: FOOD AND WATER SECURITY FOR LATIN AMERICA, Fortaleza, 2007. **Proceedings...** Fortaleza: ECOSANLAC/IWA, 2007.

REED, S. C.; CRITES, R. W.; MIDDLEBROOKS, E. J. **Natural Systems for Waste Management and Treatment** – 2. ed. McGraw Hill, New York, 1995.p. 173-284.

REGO, R. B.; PAULO, G. P.; SPRITZER, I. M. P. A.; ZOTES, L. P. **Viabilidade econômico-financeira de projetos**. FGV, 4. ed. 2013. 172 p.

RIBEIRO, M. C. M. Mercado de reúso de água no brasil: é possível assegurar um crescimento sem a definição de um arcabouço normativo e legal? **Revista Dae**, 2012, p. 4-9.

RIBEIRO, M. D.; KAWAI, H.; TINEL, P. R.; ROSSETTO, R. Experimento piloto da lagoa aguapé para tratamento de esgoto bruto. **Revista Dae**, v. 46, 1986.

RUSSI, D.; BRINK, P. T.; FARMER, A.; BADURA, T.; COATES, D.; FÖRSTER, J.; KUMAR, R.; DAVIDSON, N. **The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) for Water and Wetlands**. 2013. 84 p.

SALLES, A. C. N. **Metodologias de análise de risco para avaliação financeira de projetos de geração eólica**. 2004, **93 p**. Tese de doutorado. Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

SCHROEDER, J. T.; SCHROEDER, I.; COSTA, R. P.; SHINODA, C. O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento. **Revista Gestão Industrial**. v. 1, n. 2, 2005.

TROESCH, S.; ESSER, D. Constructed wetlands for the treatment of raw wastewater: the French experience, **Sustainable Sanitation Practice**, p. 9-15, 2012.

VOLARE, 205. Disponível em: <<http://pinisistemas.pini.com.br>>. Acesso em: 15 maio 2015.

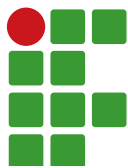
VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização**. 2. ed. 2. reimpressão. Belo horizonte. Departamento de engenharia sanitária e ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais. 196 p. 2006.

WALLACE, S. D.; KNIGHT, R. L. **Small-scale constructed wetland treatment systems: feasibility, design criteria and O&M requirements**. 2006. WERF – Water Environment Research Foundation. 304 p.

WEBER, C. C.; CYBIS, L. F.; BEAL, L. L. Conservação da água aplicada a uma indústria de papelão ondulado. **Eng Sanit Ambient**, v. 15, n. 3, 2010, p. 291-300.

Received in: August 7, 2019

Accepted in: November 8, 2019



Silicon in the morphometry and germination of corn seeds for silage

Kathery Brennecke¹

Letícia Sarro²

Paulo Henrique Moura Dian³

Maria Helena Ferrari⁴

Liandra Maria Abaker Bertipaglia⁵

Weberson Donizete de Castro Amancio⁶

Abstract

As a forage, the objective of this study was to evaluate corn plant, seed development and seed germination in response to silicon application at different doses pathway leaf. The experimental design was randomized blocks with four treatments of different doses of silicon, equivalent to 0.0, 100.0, 200.0 and 300.0kg ha⁻¹ of calcium silicate, at 22%, and four replications, applied pathway leaf. It was observed that the applied silicon did not influence any of the plant morphometric variables, however it altered the ear characteristics regarding weight and diameter, at which the best response was observed in the application equivalent to 100kg silicate⁻¹ ha⁻¹. The applied silicon doses showed no significant differences in morphological characteristics such as plant height, first ear height, stem diameter, number, and leaf angles. Significant differences were found in the weight of one thousand grains, and by increasing the silicon dose, there was an increase in the weight of one thousand grains and in the germination; in 7 days, it was found a decrease in germination percentage as well as in the percentage of normal seedlings when increasing the calcium silicate doses. It was concluded that the application of calcium silicate via leaf increased the stem diameter, the ear of corn and the weight of one thousand seeds and decreased the germination percentage in seven days and the appearance of normal seedling.

Keywords: Beneficial element. Morphology. Plant's development. Zea Mays.

Introduction

Silicon is classified as an element that benefits plants; however, the context of good forage production must consider all essential mineral elements to the plant, as well as the benefits. Silicon is directly involved to the plant's physical functions, such as evapotranspiration regulation and physical barriers formation resistant to fungi invasion and bacteria inside the plants, besides it partially does not allow plagues attack (EPSTEIN, 2001; MELO et al., 2003; COSTA; COSTA, 2009).

1 Universidade Brasil, *Campus* Descalvado, Programa de Mestrado Stricto sensu em Produção Animal. Docente. kathery.brennecke@universidadebrasil.edu.br. Avenida Hilário da Silva Passos, s/n. Jardim Universitário, Descalvado/SP, 13699-000.

2 Universidade Brasil, *Campus* Descalvado. Discente do curso de Agronomia. lesarro18@outlook.com.

3 Universidade Brasil, *Campus* Descalvado. Programa de Mestrado Stricto sensu em Produção Animal. Docente. phmdian@yahoo.com.br.

4 Universidade Brasil, *Campus* Descalvado. Programa de Mestrado Stricto sensu em Produção Animal. Discente. maria.helena@ifro.edu.br.

5 Universidade Brasil, *Campus* Descalvado. Programa de Mestrado Stricto sensu em Produção Animal. Docente. liandramab@gmail.com.

6 Universidade Brasil, *Campus* Descalvado. Programa de Mestrado Stricto sensu em Produção Animal. Discente. amancio1974@live.com.

The silicon accumulation in the cuticle (epidermis) determines changes in the plants architecture, turning it more upright, what avoids lodging, the photosynthesis increase, resulting in more chlorophyll accumulation and, in plants of greener colors, it becomes more intense (KORNDÖRFER; DATNOFF, 2000).

This structural function provides anatomic changes in the issues, as epidermal cells with cell walls thicker due to the silicon deposition on them, and according to Blauch and Grundhofer (1998), mentioned by Pozza (2004), this condition is what favors the best architecture of the plant, the increasing of the photosynthetic capacity and resistance to plagues and diseases.

Ferreira (2006) states that silicon may be one of the reasons why dry matter increases, due to the greater photosynthetic activity it provides. In this case, the photosynthetic capacity of the plant can be increased by the greater absorption of silicon which improves the leaf architecture by increasing the capture of radiant energy.

Higher photosynthetic activity also occurs with the reduction of the distance between the plants, increasing the population density, which results in higher light interception. This can be obtained by a better spatial arrangement between the plants and the foliar area, increasing the area unit in initial phenological stages (MOLIN, 2000). The reduction of the distance between the plants limit weeds development, through the light's transmission reduction in the vegetal canopy (BALBINOT; FLECK, 2005).

On the other hand, according to Ribeiro et al. (2005), plants' density implements increase the culture's susceptibility to the lodging and stems breaking.

Based on that, this experiment is justified by working with the hypothesis that the triple crop of corn (BM 3061), which has high potential for silage production, planted in reduced spacing, may have its growth, in addition to changes in the ear of corn and in the germinative issue, influenced by the silicon fertilization. Therefore, the aim of this study was to evaluate the morphometric characteristics of the plants and corn cob and seed germination by the cultivator BM 3061, applying different doses of calcium silicate on its leaves.

Material and methods

The experiment was performed at the experimental field of the University Brazil, *Campus Descalvado/SP*, from January to April, with a variety suitable as both conventional maize and off-season.

Before the experiment performance, soil analyses at the deep of 0-20 cm was conducted to determine chemicals' characteristics. The results obtained were: phosphorus 4.0 mg dm^{-1} ; 13.0 g kg^{-1} of MO; 5.1 pH in CaCl_2 ; 3.0; 24.0; 8.0; 31.0; $7.8 \text{ mmolc dm}^{-3}$ of K, Ca, Mg, H+Al, CTC, respectively, and V% = 53.0%.

The pluvial data obtained during the experiment performance is shown in Table 1, characterized by a typical y corn cob in the region, in terms of weather and rainfall.

Table 1 – Rainfall data of the municipality of Descalvado/SP

Climatological Monitoring: Beginning of season: from 01/01/2006 to 14/09/2015													
County: Descalvado/SP													
Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
2014	59.1	48.9	135.3	42.0	52.8	4.3	30.3	-	71.7	21.4	211.8	170.9	848.5
2015	173.7	256.2	146.5	71.1	83.6	35.4	52.7	10.7	119.4	-	-	-	949.3
Average	116.4	152.55	140.9	56.55	68.2	19.85	41.5	10.7	95.55				

Source: CIIAGRO online. Disponível em: www.ciiagro.sp.gov.br. (2019).

After that, the soil was corrected with 20.10kg of limestone, that was applied and incorporated in the total area. After, parcels were divided. The experimental design was adopted in randomized blocks, in a total of 16 plots, with 4 replicates in each parcel, totaling 60 plants. The experimental plots consisted of 4 lines of 4.0 meters in length, and 4 meters in width (16 m²), considering the 2 central lines as useful area.

The crop fertilizing followed Rajj et al. (1997) recommendation, adopting 66.34 kg ha⁻¹ of N, 333.0kg ha⁻¹ of P₂O₅, and 51.89 kg ha⁻¹ of K₂O. As source of N, P₂O₅, K₂O and urea (45.0% of N), simple superphosphate (18.0% of P₂O₅ and 12.0% of S) was used as well as potassium chloride (60.0% of K₂O), respectively, and also it was applied 44.40kg ha⁻¹ of N in cover, using urea as source (45.0% of N).

It was adopted a reduced spatial of 0.50 m between the lines and 0.25m between the plants for the seedling, using a triple hybrid BM 3061 by Biomatrix.

The silicon source used was the calcium silicate which contains 22.0% of Si. The silicon doses were 0.0, 60.0, 120.0 and 180.0g of silicon/parcel (equivalent to 0.0, 100.0, 200.0, 300.0kg of silicon per ha⁻¹), in form of calcium silicate. For applying the silicon treatments, it was used a 10L capacity costal pulverizer, with regulated flow in order to propose the same volume to each application.

The silicon application was conducted on cover via leaf when the plants were between the phenological development stage 2 (4th leaf), according to Cruz and Turpin (1982), in the referred doses.

The following variables were evaluated: plant height and first corn cob insertion, both measurements occurred at the time of full flowering, and the distance between the soil surface and the floral tassel insertion of 32 plants was measured, the distance between ground surface and first corn cob insertion was also measured (DEMETRIO et al., 2008).

Leaf angulation was always measured below the corn cob in phase 4 of development, using a protractor, following the methodology of Freitas et al. (2011).

The stem diameter was measured from the first internode of the corn plant, which was about 5.0cm above the ground, using a tape measure. The total number of leaves was counted at the time of complete flowering.

With the aid of a caliper, 6 corn cobs of each plot were measured to verify the diameter of the corn cob. Corn cob grains were counted by assessing the number of seeds in length (seeds per row) and then multiplying by the number of seeds in diameters (rows) (VAZQUES et al., 2012).

Corn cob weight was evaluated using a digital scale, six corn cobs from each plot were weighed.

The weight of one thousand seeds was determined using ten repetitions of 100 seeds for each treatment, weighed with a precision of 0.001g. The conduction of the test was according to Brasil (1999), and the average of the data was expressed in grams.

The germination test was conducted at a temperature of 20.0 ° C in a germination chamber. The readings occurred on the 4th and 7th days after the test facilities, considering the number of normal seedlings to determine the germination percentage according to the procedure established in the rules for seed analysis (BRASIL, 2009).

The data were submitted to the variance analyses, by regression test to the level of 1% probability, supported by ASSISTAT software version 7.7 (SILVA, 2009).

Results and discussion

Medium results to the plants morphometric variables found in the experiment is shown in Table 2, it can be noticed that there were not meaningful differences to the tested variables, when applied different doses of calcium silicate.

Table 2 – Height of the plant, height of the first corncob (cm), stem diameter (cm), number of leaves (n°) and leaf angulation (°), as a function of Si applied via leaf.

Treatments	Plant Height	Corn cob Height	Diameter of the Stem	Number of Leaf	Leaf Angulation
kg/ha		(cm)		(n°)	(°)
0	118.88	64.25	6.25	10.12	35.62
100	122.50	54.16	5.80	10.37	33.25
200	121.38	51.19	6.37	10.00	36.75
300	121.73	53.37	6.56	9.75	37.00
Linear Regression	0.77 ^{ns}	3.96 ^{ns}	1.12 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.36 ^{ns}
Quadratic regression	0.30 ^{ns}	2.35 ^{ns}	0.97 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.31 ^{ns}
Coefficient of variation (%)	5.77	14.36	10.11	15.53	15.02

^{ns}not significant by the F test; **significant at the 1% probability level ($p < .01$); *significant at the 5% probability level ($.01 \Rightarrow p < .05$).

Source: Elaborated by the authors (2019).

The present results of works carried out, in relation to the first corncob, corroborates the results of Freitas et al. (2011). On the other hand, Teodoro et al. (2014), when evaluating silicon doses via leaf, did not find meaningful results to that variable. Freitas et al. (2011), evaluating the plant's height and stem diameter applying silicon different dosage equivalent to 130.0, 260.0, 390 and 520.0g ha⁻¹ of S (sulfur) via leaf, and in three different application season (plants showing 2, 5, and 8 expanded leaves), did not find out meaningful results to those variables. The same occurred to Teodoro et al. (2014), who evaluated the same variables, working with treatments constituted by the grouping of leaf fertilization with and without silicon, and eleven corn hybrids.

In relation to the stem diameter, it was not found meaningful statistic differences. These results corroborate the ones from Chaves and Vasconcelos (2006), who evaluating the stem diameter in the corn's culture under the effect of retorted schist (57.0% in weight of silicon dioxid SiO₂), did not observe meaningful effects to that variable. On the other hand, Neri et al. (2009) observed an increase in the stem diameter of the corn's plant fertilized with silicon, and Medeiros et al. (2008) found out a reduction in sugar cane stem diameter fertilized with rising silicon dosage.

The silicon dosage did not influence the leaf number. In the literature, it is hard to find information on works carried out conducted with number of leaf in relation to the silicon fertilizing in the corn's culture; however, Camargo and Pereira (2003), working with applying calcium silicon with two sugar cane varieties, evaluating the number of leaves in initial and maximum growing periods, observed meaningful results.

The use of silicon has promoted improvement in the plants architecture and an increase in the photosynthesis (DEREN et al., 1994), resulted from a shorter leaf opening, leaves more upright, reducing the self-shading, especially in conditions of high population density and high nitrogen dosage (BALASTA et al., 1989); however, in this experiment, it was not observed meaningful differences related to the evaluation to the leaf angle to no tested dosage compared to the testimony.

According to Maddonni and Otegui (1996), the leaf angulation can vary among corn varieties in relation to characteristics of each genotype.

Applying silicon via Leaf causes some motivation in plants, such as more upright leaves, reduction in the shelf-shading and harder structure of the issues with the mechanic resistance increasing of the cells (FRANZOTE et al., 2005).

Nunes et al. (2010), evaluating the foliar angulation and working with three facts (very earlier corn hybrids, space of 0.45 and 0.90m between the corn lines, and the weeds control in post-corn emergency) did not find meaningful differences.

It was not observed bedding in any of the experiment parcels. According to Sagoi et al. (2002), a hybrid with less energy requirement for its flowering is less affected to the effect of the density for having a shorter stature and for having a shorter height of inserting the corncob that are characteristics responsible by the plant gravity center closer to the soil level, what contributes to the non-lodging.

The corn used in the experiment has very earlier corn characteristics and requires from 830.0 to 890.0 degrees-day, the least amount of energy that normal crops need.

The average results found in the corncob analyses, with weight and corncob diameter, a Thousand grains' weight, grains quantity, can be observed in Table 3.

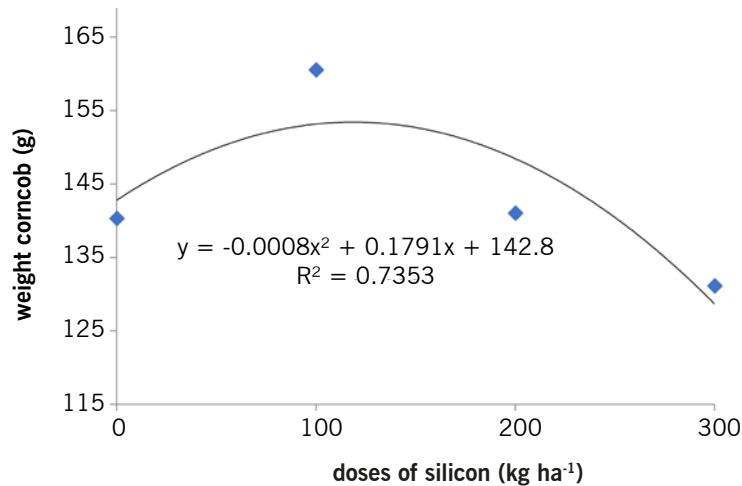
Table 3 – Mean values for corn cob weight (g), corn cob diameter (mm), weight of one thousand grains (g), quantity of grains.

Treatments	Corncob Weight (g)	Diameter of Corncob (mm)	Thousand Grain Weight (g)	Number of Grains
0	140.33	42.71	343.25	383.54
100	160.57	46.71	361.65	421.62
200	141.05	44.91	368.25	384.29
300	131.13	42.83	385.10	379.66
Linear Regression	3.9 ^{ns}	0.32 ^{ns}	29.36 ^{**}	0.83 ^{ns}
Quadratic regression	8.05 [*]	9.39 ^{**}	0,02 ^{ns}	3.16 ^{ns}
Blocks	1.64 ^{ns}	0.62 ^{ns}	0.34 ^{ns}	2.60 ^{ns}
Coefficient of variation (%)	7.42	2.53	2.99	6.12

^{ns}not significant by the F test; ^{**}significant at the 1% probability level ($p < .01$); ^{*}significant at the 5% probability level ($.01 \geq p < .05$). *ns*

Source: Elaborated by the authors (2019).

It were found meaningful differences ($p < 0,05$) when studied the corncob weight, at which the higher result was when applying 100.0kg silicon per ha⁻¹, it is also observed that with the dose increasing, it occurred a tendency to reduce the corncob weight as it is demonstrated in Figure 1.

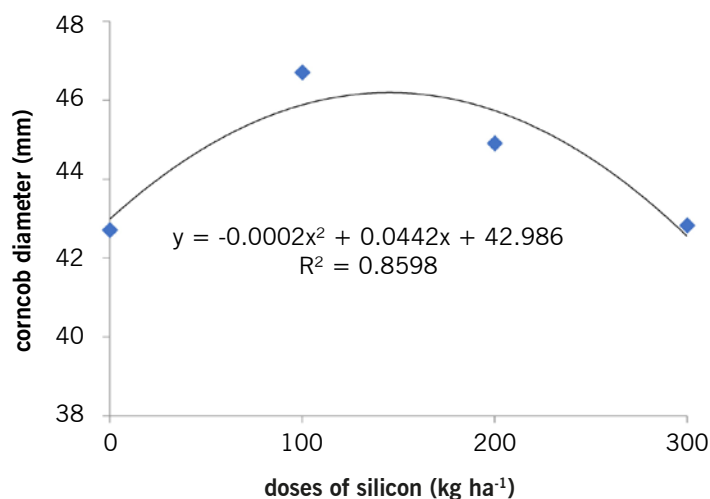
Figure 1 – Mean values found for the corn cob weight (g) as a function of the applied silicon.

Source: Elaborated by the authors (2019).

By the technic of the quadratic function derivation, it was determined a great silicone dosage of 111.94kg ha⁻¹, showing a reduction in function for the corncob weight.

Freitas et al. (2009) worked with the application of different silicon dosage, and they evaluated corncob parameters and did not find meaningful differences in terms of weight, what differs from this experiment. Therefore, the author used as silicon source the potassium silicate, which has 12.0% of silicon and 15.0% of K₂O. This experiment silicon source (Calcium silicate) has 24.2% of Si and 30.1% of Ca.

It was observed a meaningful difference ($p < 0,001$) to the corncob diameter; by increasing the applied dosage, it was noticed a tendency to reducing the diameter, as demonstrated in Figure 2.

Figure 2 – Mean values found for the corn cob diameter (mm) as a function of the applied silicon dosages.

Source: Elaborated by the authors (2019).

In relation to the corncob diameter, it was observed by the derivation technic that the higher corncob diameter was due to 110.5kg.ha⁻¹ dosage.

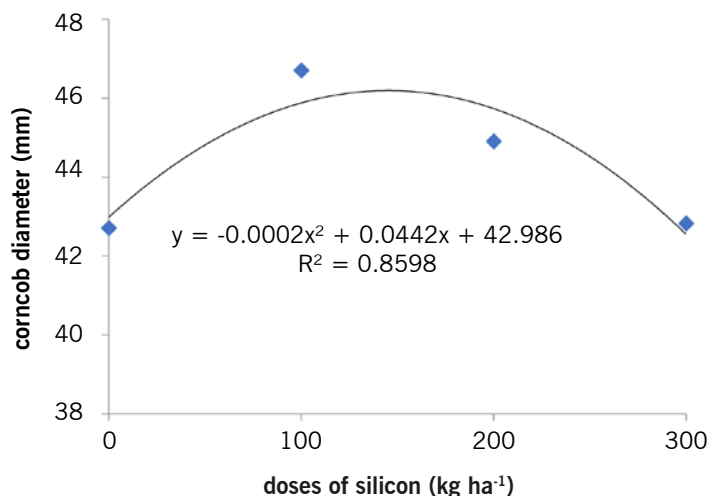
Freitas et al. (2009), while studying the corn cobs behavior in function of the silicon leaf applied, did not find meaningful results to the length parameter and the corncob diameter.

The authors comment that during the experiment it was registered 1,429mm of rain, and that this value is superior to the minimum required to maize cultivation (350mm to 500mm), they attributed to this fact the failure to observe the significant effects, because it is considered that silicon shows up better in environments of stress to plants. In the present experiment, it was found out an accumulated 645.2mm of rain, not distributed uniformly, and at the time of filling the grains, there was lack of water.

Marschner (1995) said that silicone provides some benefits to plants, for example, better photosynthetic efficiency, higher water use, and other benefits, so that it was expected higher grain filling to higher silicon doses, but it was not verified that effect.

When studying the weight of a Thousand grains, it was found out considerable statistic differences ($p < 0,001$); according to the silicon dosages applied, it was observed that increasing the dosages provided an increase in the weight of the one thousand grains evaluation, as shown in Figure 3.

Figure 3 – Average values found for the weight of one thousand grains (g) according to the applied silicon dosages.



Source: Elaborated by the authors (2019).

It is observed that the data adjust to the linear model in 97.23%, which means that the increase that occurs in a thousand grains weight can be explained by the variation in de calcium silicate doses.

Lima Filho and Tsai (2007) observed some benefits when they applied silicon in a white oat and wheat dough seed. When applying silicon dosages (0.0, 50.0, 100.0, 150.0, 200.0, 250.0, 300.0, 350.0, 400.0, 450.0 and 500.0kg ha⁻¹) in the plantation furrows, by the soybean sowing, the treatments did not provide remarkable increases to the grains productivity, a thousand seeds weight and number of seed by legume.

Prado and Konrdorfer (2003) state that the absence of responses for the silicon applying can be related to either a low absorption or to a non-absorption of the element by the plantation.

According to Carvalho and Nakagawa (2000), the size of the seeds has strong effects in terms of plants initial growing, reducing this intensity as far as their development, in other words, big seeds are those which have higher storage nutrients quantity, for the development of the embryonic phase.

Sousa et al. (2010) reported that silicon applied to the corn plant contributed to the mass of one thousand grains and increased productivity.

As demonstrated in Table 4, it was found considerable differences to the germination percentage to the 7 days and to the normal seedling percentage.

Table 4 – Mean values for germination percentage at 4 and 7 days, germination of normal seedlings.

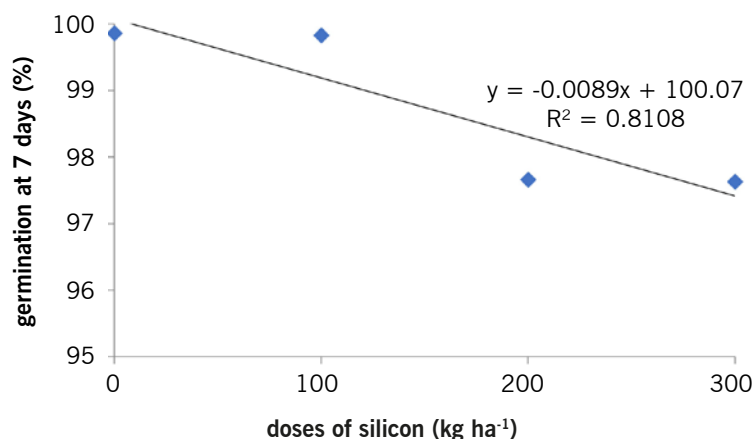
Treatments	Percentage of germination at 4 days	Percentage of germination at 7 days	Percent of Normal Seedlings
0	98.16	99.16	84.33
100	97.83	99.83	90.83
200	96.83	97.83	83.16
300	96.66	97.46	74.83
Linear Regression	0.05 ^{ns}	6.40*	7.6*
Quadratic regression	0.50 ^{ns}	0.20 ^{ns}	6.4*
Blocks	0.31 ^{ns}	0.15 ^{ns}	1.4 ^{ns}
Coefficient of variation (%)	1.94	1.11	7.04

^{ns}not significant by the F test; **significant at the 1% probability level ($p < .01$); *significant at the 5% probability level ($.01 \Rightarrow p < .05$). *ns*

Source: Elaborated by the authors (2019).

In relation to the germination tests, it was not found considerable differences in the evaluation after 4 days, but it was found considerable differences ($p < 0,05$) after 7 days of germination, at which it is observed a reduction in the germination with increase in the silicon doses as shown in Figure 4.

Figure 4 – Mean values found for the percentage of germination (%), evaluation with 7 days, as a function of the silicon dosages applied.



Source: Elaborated by the authors (2019).

It can be observed that data adjust to a line corn cob model, and that 81.08% of the plant's germination in this experiment occurred due to the silicon doses variation. It is also noticed that from this equivalent dosage to 100.0kg ha⁻¹ it occurs a decline in the germination.

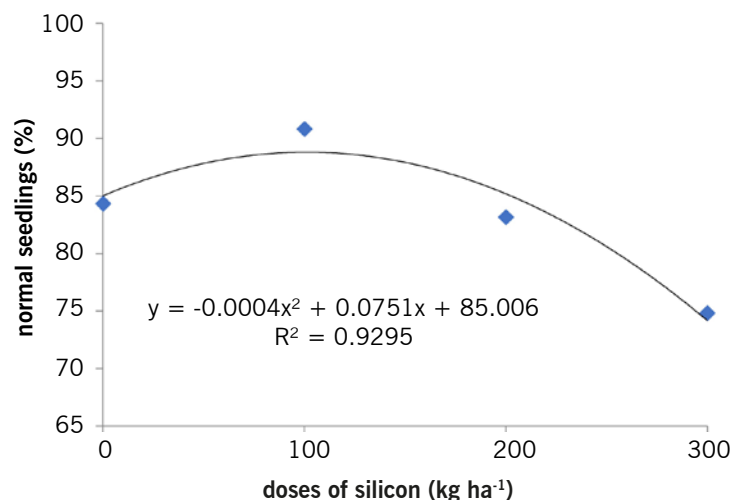
It was verified that the first germination counting did not show considerable difference ($p > 0,05$), corroborating Tavares et al. (2011), who did not find remarkable differences in the first germination counting of wheat seeds covered by silicon.

Harter and Barros (2011) showed no significant difference in the first count with doses of calcium and silicone testing the application of leaves on soybeans.

Pereira et al. (2010), working with rice and testing different silicon doses in fertilization while producing seeds, noticed that for the germination parameter, there was an increase in its percentage with the increase of Si doses applied until the $1600.0 \text{ kg ha}^{-1}$ dosage, however, above the dosage of 3200 kg ha^{-1} there was a decline in seed production.

To evaluate the normal seedlings verification, statistically significant differences were found ($p < 0,05$), it can be noticed the highest normal seedlings index in the equivalent dosage to 100.0 kg ha^{-1} of silicon, causing a decrease when increasing the dosages, as far which can be verified in Figure 5.

Figure 5 – Average values found for the percentage of normal seedlings as a function of the silicon dosages applied.



Source: Elaborated by the authors (2019).

By derivation technique, the dose that best presents normal seedlings percentage is the 93.87 kg ha^{-1} one.

Seedlings length is an important physiological parameter, because the higher the leaf area, the higher the area to light capture to perform the photosynthetic process, in addition to larger roots resulting in a greater dimension to explore and capture nutrients and water (TAIZ; ZEIGER, 2012).

Harter and Barros (2011) observed positive effect in the seeds quality that contained rice normal seedlings with silicone and calcium doses. But the ones fertilized with aluminum did not present a considerable result for physiological quality (LIMA et al., 2009).

Conclusion

The application of calcium silicate via leaf in this experiment increased the diameter of the stem, the weight of the ear of corn and the weight of a thousand seeds, as well as decreased the

percentage of germination at seven days and the percentage of normal seedling without interfering with the other characteristics studied.

Silício na morfometria e germinação de sementes de milho

Resumo

Objetivou-se avaliar o desenvolvimento de planta e sementes de milho e a germinação das sementes, em resposta à aplicação de silício, em diferentes doses, via foliar. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro tratamentos de doses diferentes de silício, equivalentes à 0,0, 100,0, 200,0 e 300,0kg ha⁻¹ de silicato de cálcio, a 22,0%, e quatro repetições, aplicadas via foliar. Observou-se que o silício aplicado não influenciou em nenhuma das variáveis morfométricas da planta, no entanto alterou as características da espiga quanto ao peso e diâmetro, em que a melhor resposta foi observada na aplicação equivalente a 100,0kg silicato⁻¹ ha⁻¹. As doses de silício aplicadas não apresentaram diferenças significativas nas características morfológicas como na altura da planta, altura da primeira espiga, diâmetro de caule, número e ângulos de folhas. Foram encontradas diferenças significativas no peso de mil grãos, em que, com o aumento da dose de silício, houve o aumento no peso de mil grãos e, na germinação aos 7 dias, foi constatada que, com o aumento das doses de silicato de cálcio, ocorreu uma diminuição na porcentagem de germinação, bem como na porcentagem de plântulas normais. Conclui-se que a aplicação de silicato de cálcio via foliar aumentou o diâmetro do caule, o peso da espiga de milho e o peso de mil sementes e diminuiu o percentual de germinação em sete dias e o aparecimento de plântula normal.

Palavras-chave: Aplicação foliar. Elemento benéfico. Potencial germinativo. Qualidade. *Zea Mays*.

References

BALASTA, M. L. F.; PEREZ, C. M.; JULIANO, B. O.; VILLREAL, P. Effects of sílica level on some proprieties of *Oriza sativa* straw and hult. **Canadian Journal of Botany**, v. 67, n. 8, p. 2356-2363, 1989. Disponível em <<https://doi.org/10.1139/b89-301>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

BALBINOT JR. A. A.; FLECK, N. G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, p. 245-252, jan./fev. 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000100042>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 1992. 365p. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf>. Acesso em 10 fev 2019.

CAMARGO, M. S.; PEREIRA, H. S. Efeito do silicato de cálcio sobre a produção e qualidade da cana-de-açúcar – Usina Equipav. Congresso Brasileiro de Ciências e Solo, 29, **Anais...**, CD Rom, 2003.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CHAVES, L. H. G.; VASCONCELOS, A. C. F. Alterações de atributos químicos do solo e do crescimento de plantas de milho pela aplicação de xisto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 84-88, mar. 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000100013>> . Acesso em: 11 mar. 2019.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; COSTA, R. R. Interação silício-imidacloprid no comportamento biológico e alimentar de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 02, p. 455-460, mar./apr. 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000200014>> . Acesso em: 20 mar. 2019.

CRUZ, I.; TURPIN, F. T. Efeito da *Spodoptera frugiperda* em diferentes estágios de crescimento da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 17, n. 3, p. 355-359, marc. 1982. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/15641>> . Acesso em: 10 mar. 2019.

DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, dec. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008001200008>> Acesso em: 10 mar. 2019.

DEREN, C. Plant genotypes, silicon concentration and silicon related responses. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. (Eds.) **Silicon in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science. v. 1, p. 149-158, 2001.

EPSTEIN, E. Silicon in plants: Facts vs. concepts. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Eds.) **Silicon in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science. p. 1-15, 2001.

FERREIRA, R. S. **Influência do silício na indução de resistência à mosca-branca Bemisia tabaci biótipo B (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) e no desenvolvimento vegetativo em dois cultivares de soja Glycine max (L.) Merrill**. 2006, 40 p., Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FRANZOTE, B. P.; SILVEIRA, L. S. M.; ANDRADE, M. J. B.; VIEIRA, N. M. B.; SILVA, V. M. P.; CARVALHO, J. G. Aplicação foliar de silício em feijoeiro comum. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, VIII, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, v. 2, 2005, p: 957-960.

FREITAS, L. B.; COELHO, E. M.; MAIA, S.C. M.; SILVA, T. R. B. Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 2, p. 262-267, mar./apr. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2011000200020>> . Acesso em: 05 abr. 2019.

HARTER, F. S.; BARROS, A. C. S. A. Cálcio e silício na produção e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n.1, p. 054- 060, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000100006>> . Acesso em: 05 abr. 2019.

KORNDORDER, G. H.; DATNOFF, L. E. Papel do silício na produção da cana-de-açúcar. In: SECAP 2000, **Seminário de cana de açúcar de Piracicaba**, 2000, Piracicaba, cd, Julho, 2000.

LIMA, B. D.; BARROS, A. C. S. A.; SILVA, J. L.; STOHLIRK, J.; BIN, F.; CICHELERO, T. Silicato de alumínio (Caulim) na qualidade fisiológica e produtividade de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.). In: Congresso de Iniciação Científica, 18. Pelotas, 2009. **Anais...** Pelotas: Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação, 2009.

LIMA FILHO, O. F.; TSAI, S. M. **Crescimento e produção do trigo e da aveia branca suplementados com silício**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Agropecuária Oeste, 41. 2007. 34 p.

MELO, S.P.; KORNDORFER, G. H.; KORNDORFER, C. M. Silicon accumulation and water deficit tolerance in *Brachiaria* grasses. **Scientia Agricola**, v. 60, p. 755-759, out/dez 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162003000400022>>. Acesso em: 05 abr. 2019.

MOLIN, R. Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura de milho. **Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária**, 2000, p. 1-2.

NERI, D. K. P.; GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; GOES, G. B.; MARROCOS, S. T. P. Influência do silício na suscetibilidade de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) ao inseticida lufenuron e no desenvolvimento de plantas de milho. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1633-1638, jun. 2009. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000111>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

NUNES, A. L.; TREZZI, M. M.; DEBASTIAN, C. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do milho. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 299-304, 2010. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000200006>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

PEREIRA JUNIOR, P.; REZENDE, P. M.; MALFITANO, S. C.; LIMA, R. K.; CORRÊA, L. V. T.; CARVALHO, E. R. Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 908-913, jul./ago. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000400016>>. Acesso em: 08 mar. 2019.

POZZA, A. A. A.; ALVES, E.; POZZA, E. A.; CARVALHO, J. G.; MONTANARI, M.; GUIMARÃES, P. T. G.; SANTOS, D. M. Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 185-188, mar/abr 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582004000200010>>. Acesso em: 02 mar. 2019.

PRADO, R. M.; KORNDORFER, G. H. Efeitos da escória de siderurgia sobre a cultura do milho (*Zeamays* L.) cultivados em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. **Científica**, v. 31, p. 9-17, 2003. Disponível em: http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/culturas/milho_areaafim_prado.pdf. Acesso em: 10 mar. 2019.

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC. (Boletim Técnico, 100), 1997, 285p.

RIBEIRO, N. A.; CASA, R. T.; BOGO, A.; SANGOI, L.; WILLE, L. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e produtividade de grãos de genótipos de milho em diferentes sistemas de

manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1003-1009, set/out 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000500004>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; GRACIETTI, M. A.; BIANCHET, P.; HORN, D. Maize stalk sustainability in maize hybrids from different eras as affected by plant density. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, 2002. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20073068420>. Acesso em: 12 maio 2019.

SOUSA, J. V.; RODRIGUES, C. R.; LUZ, J. M. Q.; CARVALHO, P.C.; RODRIGUES, T. M.; BRITO, C. H. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Bioscience Journal**. v. 26, n. 4, p. 503-513, jul/ago 2010. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7148>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

TAIZ L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. Ed. Porto Alegre, Artmed, 2012, 95 p.

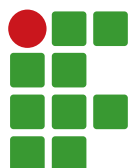
TAVARES, L. C.; BRAZ, H. S.; TUNES, L. M.; FONSECA, D. A. R.; BARROS, A. C. S. A. Desempenho de sementes de trigo recobertas com silício. In: **20º Congresso de Iniciação Científica**, II amostra científica, Pelotas. **Anais...** UFPI, 2011, p. 12-15.

TEODORO, P. E.; RIBEIRO, L. P.; CORREA, C. C. G.; TORRES, F. E. Desempenho de híbridos de milho sob aplicação foliar de silício no cerrado sul-mato-grossense. **Bioscience Journal**, supplement 1, v. 30, n. 3, suplemento, p. 224-231, 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18009>>. Acesso em: 12 abr. 2019.

VASQUEZ, G. H.; ARF, O.; SARGI, B. A.; PESSOA, A. C.O. Influência do tamanho e da forma da semente de milho sobre o desenvolvimento da planta e a produtividade de grãos. **Bioscience Journal**., Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 16-24, jan./fev. 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/11671>>. Acesso em: 12 abr. 2019.

Received in: September 2, 2019

Accepted in: November 13, 2019



Susceptibility of four *Ipomoea* genus weed species to the herbicides saflufenacil or flumioxazin

Saul Jorge Pinto de Carvalho¹

Leonardo Ferreira Nery²

Carlos Alberto Borges Madeira³

Jeisiane de Fátima Andrade⁴

Jéssica Cursino Presoto⁵

Abstract

Among weeds commonly found in Brazil that directly interfere on agriculture, those classified in Convolvulaceae Family may be highlighted, particularly *Ipomoea* L. genus, popularly known as morning glories. Flumioxazin and saflufenacil are herbicide molecules registered to control these weeds. In this context, this work was developed with the objective of evaluating the susceptibility of four *Ipomoea* genus weed species to the herbicides flumioxazin and saflufenacil. Two similar and independent experiments were performed in 2017, adopting completely randomized blocks and four replicates. Treatments were organized according to an 8x4 factorial scheme, which eight were the rates of each herbicide and four were the weed species of *Ipomoea* genus (*I. hederifolia*, *I. nil*, *I. quamoclit* and *I. triloba*). The following rates were adopted to saflufenacil (g ha⁻¹): 0, 1.5, 3.0, 6.1, 12.3, 24.5, 49.0 and 98.0. The rates adopted to flumioxazin were (g ha⁻¹): 0, 3.75, 7.5, 15.0, 30.0, 60.0, 120.0 and 480.0. *Ipomoea* genus weed species were completely controlled by the herbicides saflufenacil and flumioxazin, which may be considered excellent alternatives to control morning glories. *I. triloba* and *I. nil* were identified as the least sensible species to flumioxazin at the rate of 3.75 g ha⁻¹; lower control of *I. triloba* was also identified with 7.5 g ha⁻¹ of flumioxazin; rates equal to or higher than 15.0 g ha⁻¹ promoted total control of weeds.

Keywords: PPO. Morning glory. Chemical control. Efficacy. Post-emergence.

Introduction

In modern agriculture, several biotic factors may interfere on crop yield, and among these factors, weed competition may be detached. Losses caused by weeds are not only connected to light, water and nutrients competition, but also to a set of environmental interferences related to direct effects, like allelopathy, or indirect effects, like hosting insects or diseases and harvest problems (VASCONCELOS; SILVA; LIMA, 2012).

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – IFSULDEMINAS, *Campus* Machado. Professor Doutor. sjpcarvalho@yahoo.com.br. Rod. Machado-Paraguaiçu, km. 3, 37750-000, Machado/MG.

2 IFSULDEMINAS, *Campus* Machado. Graduado em Engenharia Agrônômica. som-leo@hotmail.com.

3 IFSULDEMINAS, *Campus* Machado. Graduado em Engenharia Agrônômica. cb.madeira@hotmail.com.

4 Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP. Aluna de Pós-graduação/Mestrado. jeisiane.eng.agronomica@gmail.com.

5 ESALQ/USP. Aluna de Pós-graduação/Mestrado. jessica.cursino_02@hotmail.com.

Yield losses related to weed interference became herbicide application an essential and generalized practice (SCOTT; VAN DEYNZE, 2017). High efficacy of herbicides minimizes yield losses and reduces the costs of production if compared to other practices of weed control.

Species classified in Convolvulaceae family are among weeds commonly found in Brazil that directly interfere on agriculture. Convolvulaceae family is constituted by 56 genera and about 1,840 species, widely distributed in tropical and temperate regions (STAPLES; BRUMMITT, 2007). These plants are herbs or shrubs, annual or perennial, frequently with climbing habit, occasionally trees or holoparasites (*Cuscuta* spp. L.). Leaves are mostly alternate, simple and with absent stipules, sometimes latex is present. Flowers are gamopetal, campanulate or infundibuliform, with prominent mesopetal veins, epipetal stamens and super-ovary and generally fruits are capsular (AUSTIN, 2004; SOUZA; LORENZI, 2005).

Convolvulaceae species of *Ipomoea* genus are commonly known as morning glories or bindweeds. These plants naturally have higher tolerance to glyphosate (EPSP-inhibiting herbicide), in order that alternative herbicides or mixtures have been adopted to reach adequate control. In Brazil, saflufenacil and flumioxazin may be highlighted among herbicides registered to control *Ipomoea* species. These molecules are inhibitors of protoporphyrinogen oxidase (PPO – Group E), which is an enzyme that oxidizes protoporphyrinogen IX (PPGIX) to produce protoporphyrin IX (PPIX) in the chloroplasts. PPO is the last enzyme in the common pathway of chlorophyll and heme biosynthesis (HAO et al., 2011), route that is also known as porphyrin and tetrapyrroles pathway (MEROTTO JÚNIOR; VIDAL, 2001).

PPO-inhibiting herbicides have some advantages to agricultural use, such as: low toxicity to mammals, efficacy in low concentrations, broad spectrum of control, fast action on weeds, and possibility of soil effect which allows weed control in pre-emergence condition. Still, PPO herbicides select weed resistance at a significantly lower rate when compared to other modes of action (HAO et al., 2011; SALAS et al., 2016).

In Brazil, PPO-inhibiting herbicides are important tools for weed control in several crops, such as soybean, dry beans, sugarcane, cotton, coffee, and rice. Due to constant identification of weeds resistant to other modes of actions, PPO-inhibiting herbicides are frequently recommended as alternative molecules to contribute on prevention and management of these reports (VIDAL; MEROTTO JÚNIOR; FLECK, 1999).

Therefore, these herbicides are considered excellent alternatives for post-emergence control of *Ipomoea* genus weed species (CHRISTOFFOLETI et al., 2006; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). However, post-emergence efficacy is subjected to factors related to the phenological stage of the plants at the time of application and to differential susceptibility of weed species (MAYO et al., 1995; CARVALHO et al., 2006).

Evaluating the susceptibility of *Ipomoea* species to new herbicide molecules becomes relevant once weed species may have differential susceptibility to herbicides (CARVALHO et al., 2006; CHRISTOFFOLETI et al., 2006). In this context, this work was developed with the objective of evaluating the susceptibility of four *Ipomoea* genus weed species to the herbicides flumioxazin and saflufenacil.

Material and methods

Two similar and independent experiments were developed in a greenhouse of the Federal Institute of Education, Science and Technology of the South of Minas Gerais, Machado Campus – State of Minas Gerais (21°40'S; 45°55'W; 850 m of altitude), Brazil. Both trials were carried out in the first semester of 2017. The first trial was conducted between February and April and it evaluated the performance of saflufenacil. The second trial evaluated the performance of flumioxazin,

between April and July. Weeds of *Ipomoea* genus (morning glory) were adopted as bioindicators, which seeds were acquired commercially.

Seeds of four morning glory species were distributed in 2.0L plastic trays, fulfilled with commercial substrate. When seedlings reached the phenological stage of one expanded leaf, they were transplanted to the plots where they remained up to the end of the trials, at the density of three plants per pot. Plots consisted of 1.0L plastic pots, filled with mixture of commercial substrate, clay sieved soil and vermiculite (6:3:1), properly fertilized. After transplant, plots were daily irrigated.

Treatments of both experiments were organized according to an 8x4 factorial scheme, which 8 were the rates of each herbicide and 4 were the species of *Ipomoea* genus (*I. hederifolia*, *I. nil*, *I. quamoclit* and *I. triloba*). The following rates were adopted to saflufenacil (g ha⁻¹): 0, 1.5, 3.0, 6.1, 12.3, 24.5, 49.0 and 98.0. Rates adopted to flumioxazin were (g ha⁻¹): 0, 3.75, 7.5, 15.0, 30.0, 60.0, 120.0 and 480.0. Experimental design of completely randomized blocks was adopted with four replicates, resulting on 128 plots each experiment.

Herbicide application was performed on plants with four expanded leaves on March 10th and May 10th, 2017, respectively, for saflufenacil and flumioxazin. Application was carried out with a CO₂-pressurized backpack sprayer, coupled to a single nozzle, model TeeJet XR 110.02, positioned at 0.50m above the targets, with relative spray consumption of 200.0 L ha⁻¹. In all treatments, deionized water was used to prepare the solutions, to avoid contamination.

Percent control was evaluated at 7, 14 and 28 days after application (DAA), as well as residual dry mass at 28 DAA. For percent control, 0% was attributed to plants with absence of symptoms and 100% to death plants, according to the recommendation of Brazilian Weed Science Society (SBCPD, 1995). Plant residual mass was collected from the plots and dried in an oven at 70°C for 72 hours. Mass of dry matter was corrected to percent values by comparing the mass obtained on herbicide treatments with mass of the check plots, considered 100%.

Independently of each experiment, data was submitted to the application of F-test in analysis of variance, followed by the cluster Test of Scott-Knott (SCOTT; KNOT, 1974). When relevant, quantitative variables were adjusted to non-linear regressions. All statistical analyzes were performed adopting 5% of significance.

Results and discussion

In both experiments, rate effect was significant at F test for all evaluations of control. However, non-linear regressions were not fitted, once efficacy values below 50% were not identified, even in the lowest rates, what is one of the assumptions of the mathematical model. In the absence of control values below 50%, the adoption of non-linear regressions becomes incorrect (CHRISTOFFOLETI et al., 2016). These results are consequence of the high efficacy PPO-inhibiting herbicides have on control of *Ipomoea* genus, according to observations of Christoffoleti et al. (2006) and Nicolai et al. (2013).

At 7 DAA, rate-species interaction effect was identified in both experiments, what justified the factorial decomposition (Tables 1 and 2). In this first evaluation, *I. hederifolia* was the least susceptible species to saflufenacil, at the rate of 6.1 g ha⁻¹. For the other species, all the rates promoted excellent control, always above 98.0% (Table 1). Regarding to flumioxazin, also at 7 DAA, lower susceptible of *I. triloba* was detected at the rates of 3.75 and 7.5 g ha⁻¹. At the rate of 3.75 g ha⁻¹, lower susceptibility of *I. nil* was also observed, without difference to *I. triloba* (Table 2).

At 14 DAA, only isolated effect of rate was identified for saflufenacil experiment, without species nor interaction effects. Saflufenacil efficacy values were completely satisfying to control all the

morning glory species (Table 3). Regarding to flumioxazin, results detected at 14 DAA were similar to those registered at 7 DAA evaluation, at which lower susceptibility of *I. triloba* was identified at the rates of 3.75 and 7.5 g ha⁻¹; and *I. nil* at the rate of 3.75 g ha⁻¹ (Table 4).

Table 1 – Efficacy of saflufenacil on four weed species of *Ipomoea* genus, evaluated at 7 days after application (DAA). Machado/MG, 2017.

Rates (g ha ⁻¹)	Species ¹			
	<i>I. hederifolia</i>	<i>I. nil</i>	<i>I. quamoclit</i>	<i>I. triloba</i>
Check Plots	0.0 C a	0.0 B a	0.0 B a	0.0 B a
1.5	99.5 A a	100.0 A a	99.3 A a	99.0 A a
3.0	100.0 A a	100.0 A a	99.0 A a	99.5 A a
6.1	94.5 B b	99.0 A a	99.0 A a	99.3 A a
12.3	99.3 A a	99.5 A a	98.5 A a	98.3 A a
24.5	99.5 A a	99.3 A a	99.5 A a	99.0 A a
49.0	99.0 A a	100.0 A a	99.3 A a	99.5 A a
98.0	99.0 A a	100.0 A a	99.3 A a	99.3 A a
F _{sp} = 4.049*	F _{rate} = 17,633.214*	F _{int} = 2.828*	CV (%) = 1.06	

*Significant at 5% of probability; ¹Means followed by the same letter, uppercase in the columns and lowercase in the rows, do not differ according to Scott-Knott's cluster test, with 5% significance.

Source: Elaborated by the authors (2017).

Table 2 – Efficacy of flumioxazin on four weed species of *Ipomoea* genus, evaluated at 7 days after application (DAA). Machado/MG, 2017

Rates (g ha ⁻¹)	Species ¹			
	<i>I. hederifolia</i>	<i>I. nil</i>	<i>I. quamoclit</i>	<i>I. triloba</i>
Check Plots	0.0 B a	0.0 C a	0.0 B a	0.0 C a
3.75	97.3 A a	90.0 B b	97.5 A a	91.0 B b
7.5	99.0 A a	98.3 A a	97.3 A a	87.5 B b
15.0	99.3 A a	99.5 A a	98.8 A a	98.3 A a
30.0	99.3 A a	99.5 A a	99.8 A a	98.8 A a
60.0	99.8 A a	99.5 A a	99.5 A a	99.8 A a
120.0	99.8 A a	99.0 A a	99.8 A a	99.5 A a
480.0	99.8 A a	99.8 A a	99.8 A a	100.0 A a
F _{sp} = 4.650*	F _{rate} = 2,361.091*	F _{int} = 2.516*	CV (%) = 3.33	

*Significant at 5% of probability; ¹Means followed by the same letter, uppercase in the columns and lowercase in the rows, do not differ according to Scott-Knott's cluster test, with 5% significance.

Source: Elaborated by the authors (2017).

Table 3 – Efficacy of saflufenacil on four weed species of *Ipomoea* genus, evaluated at 14 days after application (DAA). Machado/MG, 2017.

Rates (g ha ⁻¹)	Species ¹				Means
	<i>I. hederifolia</i>	<i>I. nil</i>	<i>I. quamoclit</i>	<i>I. triloba</i>	
Check Plots	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 C
1.5	100.0	100.0	99.8	100.0	99.9 A
3.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0 A
6.1	97.8	100.0	99.0	100.0	99.2 B
12.3	99.8	100.0	99.5	100.0	99.8 A
24.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0 A
49.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0 A
98.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0 A
$F_{sp} = 1.626^{NS}$	$F_{rate} = 40,574.652^*$	$F_{int} = 1.190^{NS}$	CV (%) = 0.70		

^{NS}Not significant at F test; *Significant at 5% of probability; ¹Means followed by the same letter in the columns do not differ according to Scott-Knott's cluster test, with 5% significance.

Source: Elaborated by the authors (2017).

At the last evaluation of efficacy, performed at 28 DAA, all the rates of saflufenacil reached 100% of control without distinction of species, what resulted on total absence of dry mass on the plots (data not presented). High susceptibility of *Ipomoea* genus weed species to PPO-inhibiting herbicides is well documented in scientific literature, however differential susceptibility may also be found frequently (CHRISTOFFOLETI et al., 2006). In this work, saflufenacil high efficacy must be detached, what became impossible to differentiate species even at the lowest rate, such as 1.5 g ha⁻¹.

Table 4 – Efficacy of flumioxazin on four weed species of *Ipomoea* genus, evaluated at 14 days after application (DAA). Machado/MG, 2017.

Rates (g ha ⁻¹)	Species ¹			
	<i>I. hederifolia</i>	<i>I. nil</i>	<i>I. quamoclit</i>	<i>I. triloba</i>
Check Plots	0.0 B a	0.0 B a	0.0 B a	0.0 C a
3.75	100.0 A a	85.8 B c	99.0 A a	92.5 B b
7.5	100.0 A a	100.0 A a	98.3 A a	88.0 B b
15.0	100.0 A a	99.5 A a	99.3 A a	99.8 A a
30.0	100.0 A a	99.3 A a	99.5 A a	99.3 A a
60.0	100.0 A a	100.0 A a	100.0 A a	99.8 A a
120.0	100.0 A a	99.3 A a	100.0 A a	100.0 A a
480.0	100.0 A a	100.0 A a	99.8 A a	100.0 A a
$F_{sp} = 3.106^*$	$F_{rate} = 2,263.570^*$	$F_{int} = 2.421^*$	CV (%) = 4.55	

*Significant at 5% of probability; ¹Means followed by the same letter, uppercase in the columns and lowercase in the rows, do not differ according to Scott-Knott's cluster test, with 5% significance.

Source: Elaborated by the authors (2017).

Silva, Monquero and Munhoz (2015) reported weed differential susceptibility to saflufenacil at 7, 14 and 21 DAA. Between five weed species, *I. purpurea* was the most susceptible one, being completely controlled by saflufenacil at the rate of 25 g ha⁻¹. However, in the same work, rates superior than 50 g ha⁻¹ were necessary to control *Merremia aegyptia* by 80.0%, which is also classified in Convolvulaceae family.

Considering other weed species, Vitorino et al. (2012) observed that control of *Richardia brasiliensis* with commercial rates of saflufenacil only became satisfactory after 14 DAA, occasion that control values overcame 89.0%.

At 28 DAA, flumioxazin efficacy was not different to previous evaluations, at which lower susceptibility of *I. triloba* and *I. nil* was detected at the rate of 3.75 g ha⁻¹, without differences between these species; at the rate of 7.5 g ha⁻¹, lower susceptibility of *I. triloba* was identified (Table 5).

Absolute control reached by all rates of saflufenacil resulted on the absence of dry matter, what did not allow collecting this variable in the plots (data not presented). For flumioxazin, only effect of herbicide rates was observed on dry matter, which rates equal to or higher than 15 g ha⁻¹ promoted total elimination of weeds, without difference between species (Table 6).

Frequently, reports of herbicide differential susceptibility are found regarding to weed species of the same genus. For Holt, Powles and Holtum (1993), mechanisms that plants developed to tolerate or to resist to a molecule are: lower herbicide absorption and/or translocation, higher metabolic capacity to convert an herbicide into less phytotoxic compounds, molecule compartmentalization, lack of herbicide affinity by the enzyme specific site of action and overproduction of the target enzyme.

Table 5 – Efficacy of flumioxazin on four weed species of *Ipomoea* genus, evaluated at 28 days after application (DAA) Machado/MG, 2017.

Rates (g ha ⁻¹)	Species ¹				
	<i>I. hederifolia</i>	<i>I. nil</i>	<i>I. quamoclit</i>	<i>I. triloba</i>	
Check Plots	0.0 B a	0.0 C a	0.0 B a	0.00 C a	
3.75	100.0 A a	81.3 B b	99.8 A a	83.8 B b	
7.5	100.0 A a	100.0 A a	99.8 A a	80.0 B b	
15.0	100.0 A a	100.0 A a	100.0 A a	100.0 A a	
30.0	100.0 A a	100.0 A a	100.0 A a	100.0 A a	
60.0	100.0 A a	100.0 A a	100.0 A a	100.0 A a	
120.0	100.0 A a	100.0 A a	100.0 A a	100.0 A a	
480.0	100.0 A a	100.0 A a	100.0 A a	100.0 A a	
F _{sp} = 4.059*		F _{rate} = 527.094*		F _{int} = 2.541*	CV(%) = 7.07

*Significant at 5% of probability; ¹Means followed by the same letter, uppercase in the columns and lowercase in the rows, do not differ according to Scott-Knott's cluster test, with 5% significance.

Source: Elaborated by the authors (2017).

Table 6 – Percentage dry mass of four weed species of *Ipomoea* genus when submitted to different rates of flumioxazin, evaluated at 28 days after application (DAA). Machado/MG, 2017.

Rates (g ha ⁻¹)	Species ¹				Means
	<i>I. hederifolia</i>	<i>I. nil</i>	<i>I. quamoclit</i>	<i>I. triloba</i>	
Check Plots	100.0	100.0	100.0	100,0	100.0 C
3.75	0.0	7.9	0.5	5,8	3.5 B
7.5	0.0	0.0	7.4	5,7	3.3 B
15.0	0.0	0.0	0.0	0,0	0.0 A
30.0	0.0	0.0	0.0	0,0	0.0 A
60.0	0.0	0.0	0.0	0,0	0.0 A
120.0	0.0	0.0	0.0	0,0	0.0 A
480.0	0.0	0.0	0.0	0,0	0.0 A
F _{sp} = 0.921 ^{NS}		F _{rate} = 1.533.691*		F _{int} = 1.210 ^{NS}	CV (%) = 26.81

^{NS}Not significant at F test; *Significant at 5% of probability; ¹Means followed by the same letter in the columns do not differ according to Scott-Knott's cluster test, with 5% significance.

Source: Elaborated by the authors (2017).

Therefore, differential susceptibility of *Ipomoea* species was detected to bentazon (McCLELLAND et al., 1978; MATHIS; OLIVER, 1980) and to carfentrazone-ethyl (CHRISTOFFOLETI et al., 2006); species of *Digitaria* presented differential susceptibility to diuron (DIAS et al., 2003); species of *Bidens* were different to chlorimuron-ethyl and imazethapyr (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2006); and species of *Amaranthus* were different to chlorimuron-ethyl and trifloxysulfuron-sodium (CARVALHO et al., 2006). In the case of saflufenacil and flumioxazin, efficacy of herbicides was so elevated that did not allow species differentiation, what lead the conclusion that commercial rates were completely adequate to all the *Ipomoea* species evaluated.

Species differential susceptibility has direct implications on the weed management to be adopted in an agricultural area (CARVALHO et al., 2006). Interspecific differences of susceptibility require correct identification of the weeds present in a crop field, especially for weeds on seedling stage, as consequence of the necessity of precise choice of the herbicides to be applied.

For sugarcane crop, several works have detached high importance, occurrence and difficult to control species from the Convolvaceae family, with special highlights to *I. triloba* (Christoffoleti et al., 2006; Kuva et al., 2007; Monquero et al., 2008).

Nicolai et al. (2013) obtained increasing levels of susceptibility for *Ipomoea* species submitted to flumioxazin, as follows: *Merremia aegyptia* < *I. hederifolia* < *I. triloba* < *I. purpurea* < *Merremia cissooides*; at which optimal rates to control 80.0% of each species were, respectively: 238.6, 173.1, 84.7, 43.8 and 16.8 g ha⁻¹.

This way, control results obtained in this study were considered completely satisfactory when analyzing the susceptibility of *Ipomoea* genus weed species to flumioxazin and saflufenacil. Rates below recommended on leaflets were enough to reach total control of the plants, so commercial rate may be considered adequate to all the species evaluated (*I. hederifolia*, *I. nil*, *I. quamoclit* and *I. triloba*).

Conclusions

Ipomoea genus weed species were completely controlled by the herbicides saflufenacil and flumioxazin, which may be considered excellent alternatives to control morning glory.

I. triloba and *I. nil* were identified as the least sensible species to flumioxazin at the rate of 3.75 g ha⁻¹; lower control of *I. triloba* was also identified with 7.5 g ha⁻¹ of flumioxazin; rates equal to or higher than 15 g ha⁻¹ promoted total control of weeds.

Acknowledgments

The authors would like to thank the Federal Institute of Education, Science and Technology of South of Minas Gerais, Campus Machado, for making this study possible.

Suscetibilidade de quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea* aos herbicidas saflufenacil e flumioxazin

Resumo

Dentre as plantas daninhas comumente encontradas no Brasil e que interferem diretamente na agricultura, destacam-se aquelas classificadas na família Convolvulaceae, particularmente no

gênero *Ipomoea* L., popularmente conhecidas por corda-de-viola. Dentre os herbicidas registrados para o controle dessas plantas daninhas, encontram-se o flumioxazin e o saflufenacil. Neste contexto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a suscetibilidade de espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea* aos herbicidas flumioxazin e saflufenacil. Dois experimentos semelhantes foram realizados em 2017, instalados em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram organizados em esquema fatorial 8x4, em que oito foram as doses de cada um dos herbicidas e quatro foram as espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea* (*I. hederifolia*, *I. nil*, *I. quamoclit* e *I. triloba*). Para o saflufenacil foi adotado (g ha⁻¹): 0, 1,5; 3,0; 6,1; 12,3; 24,5; 49,0; 98,0; para flumioxazin foi adotado (g ha⁻¹) 0; 3,75; 7,5; 15,0; 30,0; 60,0; 120,0; 480,0. As espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea* foram perfeitamente controladas pelos herbicidas saflufenacil e flumioxazin, que podem ser considerados como excelentes alternativas para controle de cordas-de-viola. Nas doses de 3,75 g ha⁻¹, detectou-se menor suscetibilidade de *I. triloba* e *I. nil* ao herbicida flumioxazin; na dose de 7,5 g ha⁻¹, o herbicida flumioxazin também promoveu menor controle de *I. triloba*; doses iguais ou superiores a 15,0 g ha⁻¹ promoveram eliminação total das plantas daninhas.

Palavras-chave: Protóx. Corda-de-viola. Controle químico. Eficácia. Pós-emergência.

References

AUSTIN, D. F. Convolvulaceae. In: SMITH, N. P.; MORI, S. A.; HENDERSON, A.; STEVENSON, D. W.; HEALD, S. V. (eds.). **Flowering plants of the Neotropics**. Princeton University Press: New York Botanical Garden, 2004. p. 113-115.

CARVALHO, S. J. P.; BUISSA, J. A. R.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Suscetibilidade diferencial de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* aos herbicidas trifloxysulfuron-sodium e chlorimuron-ethyl. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 541-548, 2006.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; BORGES, A.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S. J. P.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; MONQUERO, P. A. Carfentrazone-ethyl aplicado em pós-emergência para o controle de *Ipomoea* spp. e *Commelina benghalensis* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 83-90, 2006.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; CARVALHO, S. J. P.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; NICOLAI, M. Métodos para comprovação da resistência de plantas daninhas a herbicidas. In.: MONQUERO, P. A. (Org.) **Experimentação com herbicidas**. São Carlos: RiMa Editora, 2016. p. 99-118.

DIAS, N. M. P.; REGITANO, J. B.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; TORNISIELO, V. L. Absorção e translocação do herbicida diuron por espécies suscetível e tolerante de capim-colchão (*Digitaria* spp.). **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 293-300, 2003.

HAO, G. F.; ZUO, Y.; YANG, S. G.; YANG, G. F. Protoporphyrinogen oxidase inhibitor: an ideal target for herbicide discovery. **Chemistry in China**, v. 65, n. 12, p. 961-969, 2011.

HOLT, J. S. ; POWLES, S. B. ; HOLTUM, J. A. M. Mechanisms and agronomic aspects of herbicide resistance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 44, p. 203-229, 1993.

KUVA, M. A.; PITELLI, R. A.; SALGADO, T. P.; ALVES, P. L. C. A. Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agro ecossistema cana-crua. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 501-511, 2007.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; ABREU, A. G.; GROMBONE-GUARATINI, A. T.; TOLEDO, R. E. B.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistance and differential susceptibility of *Bidens pilosa* and *B. subalternans* biotypes to ALS-inhibiting herbicides. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 2, p. 139-145, 2006.

MATHIS, W. D.; OLIVER, L. R. Control of six morningglory (*Ipomoea*) species in soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, v. 28, n. 4, p. 409-415, 1980.

MAYO, C. M.; HORAK, M. J.; DALLAS, P. E.; BOYER, J. E. Differential control of four *Amaranthus* species by six postmergence herbicides in soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v. 9, n.1, p. 141-147, 1995.

McCLELLAND, M. R.; OLIVER, L. R.; MATHIS, W. D.; FRANS, R. E. Responses of six morningglory (*Ipomoea*) species to bentazon. **Weed Science** v. 26, n. 5, p. 459-464, 1978.

MEROTTO JÚNIOR, A.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da PROTOX. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO JÚNIOR, A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. p. 69-86.

MONQUERO, P. A.; AMARAL, L. R.; BINHA, D. P.; SILVA, P. V.; SILVA, A. C.; MARTINS, F. R. A. Mapas de infestação de plantas daninhas em diferentes sistemas de colheita de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 47-55, 2008.

NICOLAI, M.; OBARA, F. E. B.; MELO, M. S. C.; SOUZA JÚNIOR, J. A.; CANTALICE-SOUZA, R.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Suscetibilidade diferencial de espécies convolvuláceas ao flumioxazin determinada através de curvas de dose-resposta. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 157-163, 2013.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina: Grafmarke, 2011. 697p.

SALAS, R. A.; BURGOS, N. R.; TRANEL, P. J.; SINGH, S.; GLASGOW, L.; SCOTT, R. C.; NICHOLS, R. L. Resistance to PPO-inhibiting herbicide in Palmer amaranth from Arkansas. **Pest Management Science**, v. 72, n. 5, p. 864-869, 2016.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SCOTT, S. M.; VAN DEYNZE, B. Hoes to herbicides: economics of evolving weed management in the United States. **European Journal of Development Research**, v. 29, n. 3, p. 560-574, 2017.

SILVA, P. V.; MONQUERO, P. A.; MUNHOZ, W. S. Controle em pós-emergência de plantas daninhas por herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 21-32, 2015.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira. 3 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005. 640 p.

STAPLES, G. W.; BRUMMITT, R. K. Convolvulaceae. In: HEYWOOD, V. H.; BRUMMITT, R. K.; CULHAM, A.; SEBERG, O. (Eds.). **Flowering plant families of the world**. Kew: Royal Botanic Gardens, 2007. p. 108-110.

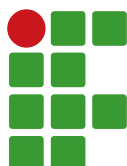
VASCONCELOS, M. C. C.; SILVA, A. F. A.; LIMA, R. S. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 1, p. 1-6, 2012.

VIDAL, R. A.; MEROTTO JÚNIOR, A.; FLECK, N. G. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas de menor risco para desenvolver problemas. CURSO DE MANEJO E RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS AOS HERBICIDAS, 2., Ponta Grossa, 1999. **Anais...** Ponta Grossa: AEACG, 1999. p.68-72.

VITORINO, H. S.; MARTINS, D.; COSTA, S. Í. A.; MARQUES, R. P.; SOUZA, G. S. F.; CAMPOS, C. F. Eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas latifoliadas em mamona. **Instituto Biológico de São Paulo**, v. 79, n.1, p. 129-133, 2012.

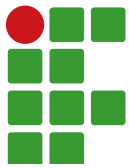
Received in: June 17, 2019

Accepted in: January 14, 2020



Sumário

Microrganismos Eficientes no cultivo de alface	117
Westefann dos Santos Sousa, José Roberto Vergínio de Pontes, Osmanny Francisco Pereira de Melo	
Desempenho de semeadora-adubadora com dois mecanismos sulcadores e velocidades de semeadura	126
Antonio Luiz Viegas Neto, Cristiano Márcio Alves de Souza, Sálvio Napoleão Soares Arcoverde, Izidro dos Santos de Lima Junior, Lígia Maria Maraschi da Silva Piletti	
Avaliação da produtividade e da fitossanidade do cafeeiro recepado submetido a diferentes cultivos intercalares	135
Marcela Cristina Silva de Oliveira, Paula Tristão Santini, Ana Paula da Silva Rezende, Miguel Funchal, Tiago Teruel, José Marcos Angélico de Mendonça	
Avaliação do potencial herbicida de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertoloni) Otto Kuntze in vitro em plântulas de alface	147
Nayara Clarete da Penha, Priscila Pereira Botrel, Jéssica Azevedo Batista	
Produção de matéria seca do capim <i>Andropogon gayanus</i> cv. Planaltina estimadas por meio do NDVI	157
João Lucas Aires Dias, Paulo Alexandre Rodrigues Pereira, Izaías de Macedo Barros, Pedro Matheus Barboza Barros, Sabino Pereira da Silva Neto	
Dejeto de suínos na produção de mudas de bananeiras.....	168
Waleska Silva Torsian, Leandro da Silva Almeida, Nara Cristina de Lima Silva, Marceley Ferreira Nascimento, Vanessa Cristina Caron	
Viabilidade econômica de sistema de tratamento de esgoto composto com <i>wetlands</i> visando ao reúso de efluente: estudo de caso.....	177
Robson Muniz McMahon Waite, Eduardo Gomes Salgado, Dirlane de Fátima do Carmo	
Suscetibilidade de quatro espécies de plantas daninhas do gênero <i>Ipomoea</i> aos herbicidas saflufenacil e flumioxazin	191
Saul Jorge Pinto de Carvalho, Leonardo Ferreira Nery, Carlos Alberto Borges Madeira, Jeisiane de Fátima Andrade, Jéssica Cursino Presoto	



Microrganismos Eficientes no cultivo de alface

Westefann dos Santos Sousa¹

José Roberto Vergínio de Pontes²

Osmanny Francisco Pereira de Melo³

Resumo

Os Microrganismos Eficientes se mostram como uma técnica eficaz, alternativa, sustentável, segura e de baixo custo para aumentar a produtividade dos alimentos orgânicos, sendo sua utilização uma boa opção de manejo agroecológico. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo principal analisar a eficiência da aplicação de um coquetel biológico proveniente de Microrganismos Eficientes no cultivo de alface. Na captura dos Microrganismos Eficientes e fabricação do coquetel biológico, utilizou-se da metodologia disposta nas fichas agroecológicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com 8 blocos e 3 tratamentos. O tratamento T1, aplicação dos Microrganismos Eficientes, obteve maior massa fresca da parte aérea das plantas amostradas nos dois ciclos, resultando em uma maior produtividade em ton ha⁻¹. Os resultados se mostraram vantajosos para a produtividade da alface que recebeu aplicação do coquetel biológico proveniente de Microrganismos Eficientes, quando analisados os parâmetros de biomassa.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*. Produção orgânica. Coquetel biológico.

Introdução

Os alimentos orgânicos passaram a ganhar espaço no mercado de hortaliças, uma vez que, em todo o processo de produção, são utilizadas técnicas que respeitam o meio ambiente e visam à qualidade do alimento, não utilizando agrotóxicos nem qualquer outro tipo de produto que possa vir a causar algum dano à saúde dos produtores e dos consumidores (PEREIRA et al., 2015).

Pereira et al. (2014) declararam que um dos maiores desafios da produção orgânica é a fertilização das culturas, visto que para garantir a produtividade, mantendo a eficiência e sustentabilidade, tem-se buscado a substituição de adubos minerais por fontes naturais de nutrientes. Os autores afirmaram a eficácia da utilização de Microrganismos Eficientes (EMs) como uma técnica alternativa, sustentável, segura e de baixo custo para aumentar a produtividade dos alimentos orgânicos, sendo sua utilização uma boa opção de manejo agroecológico.

O produto composto por Microrganismos Eficientes teve sua origem no Japão e foi desenvolvido pelo Professor Dr. Teruo Higa. De acordo com Mitsuiki (2006), essa tecnologia biológica é utilizada na agricultura orgânica desde a década de 80 e apesar deste produto na sua forma comercial (EM[®]),

1 Universidade Estadual de Goiás (UEG), mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. westefannsantos@hotmail.com. Rodovia GO-330, Km 241, Anel Viário, Ipameri – GO.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), Campus de Conceição do Araguaia - PA. Professor Doutor. jrvoptes@hotmail.com.

3 Universidade Estadual de Goiás (UEG), mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. osmanny16@gmail.com.

produzido e distribuído no Brasil pela Fundação Mokiti Okada, tem-se conhecimento de um método caseiro para captura dos Microrganismos Eficientes e para produção do coquetel biológico (ANDRADE, 2011), o que para a agricultura familiar permite que essa tecnologia seja mais adaptável às condições locais, tornando-se acessível pelo baixo custo e pelas facilidades de sua produção.

Segundo Andrade (2011), o EM é composto por quatro grupos distintos: Leveduras, utilizam substâncias necessárias ao crescimento da planta; Actinomicetos, agem como controlador de fungos e bactérias patogênicas e também conferem às plantas maior resistência; Bactérias, produtoras de ácido láctico, têm capacidade de eliminar microrganismos que induzem a doenças fitopatogênicas; Bactérias fotossintetizantes, grupo independente e autônomo, as substâncias úteis desenvolvidas por essas bactérias incluem aminoácidos, ácido nucléico, substâncias bioativas e açúcares que além de impulsionar o crescimento da planta aumentam as populações de outros microrganismos eficientes, como os fixadores de nitrogênio, os actinomicetos e os fungos micorrízicos.

Os microrganismos eficientes são conhecidos por favorecer a mineralização e a disponibilidade de nutrientes essenciais para as plantas, ativando o metabolismo e o crescimento radicular. Segundo Pugas et al. (2013), o EM constitui um conjunto de organismos que, quando adicionados ao solo, aumentam sua diversidade microbiológica, tendo o papel de indutores da decomposição do material orgânico, liberando os nutrientes com maior eficiência para as plantas.

Para a realização desta pesquisa, foi escolhida a cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), por se tratar de uma das hortaliças folhosas mais consumidas atualmente, sendo cultivada em quase todo o país. Além disso, tem papel importante na renda de pequenos produtores, apresentando um grande valor comercial, podendo ser vendida diretamente em feiras (INAGAKI et al., 2011).

De acordo com Sampaio (2013), a alface orgânica, assim como as demais hortaliças produzidas dentro de técnicas orgânicas, pode ser tão produtiva quanto as convencionais, além de terem um preço diferenciado na comercialização. Sendo assim, é de suma importância o aprofundamento da pesquisa sobre a aplicação de técnicas agroecológicas na produção de hortaliças, visando à produção de um alimento sustentável, que possa beneficiar o produtor, o consumidor e o meio ambiente.

Assim, este trabalho teve como objetivo principal analisar a aplicação de um coquetel biológico proveniente de Microrganismos Eficientes no cultivo de alface.

Material e métodos

A pesquisa foi desenvolvida no município de Conceição do Araguaia, Mesorregião Sudeste Paraense, com sede municipal situada em 08°16'S; 49°16'W. O clima da região insere-se na categoria equatorial úmido seco no inverno, tipo Aw. A temperatura média anual é de 26,1°C, com pluviosidade média anual de 1.734 mm.

O estudo se iniciou no primeiro semestre de 2018 e foi concluído no segundo semestre do respectivo ano, em condições de campo, em uma propriedade pertencente a uma família produtora de hortaliças no município.

Para a captura dos Microrganismos Eficientes e fabricação do coquetel biológico, foi empregada a metodologia disposta por Leite e Meira (2016) nas fichas agroecológicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Utilizou-se de um substrato feito com 1,0 kg de arroz cozido sem sal e sem óleo, espalhado em telhas e coberto com tela de sombreamento do tipo sombrite 50,0%. Em seguida, escolheu-se o local na mata; afastando a serrapilheira (material orgânico) do solo, fez-se uma abertura para depósito das

telhas contendo o arroz cozido. Os recipientes foram cobertos com a mesma serrapilheira e deixados em repouso por 15 dias.

Decorrido o prazo, as telhas foram descobertas e as porções de arroz foram separadas conforme as cores de bolores que cobriam o substrato. De acordo com Leite e Meira (2016), os bolores de cor rosa, azul, amarelo e laranja são os usados como Microrganismos Eficientes. As porções de arroz com cores escuras, cinza, marrom e preto foram descartadas na própria mata, por serem constituídas de microrganismos não benéficos.

Para a fabricação do coquetel biológico, o material de interesse, capturado na mata com o auxílio do substrato feito de arroz, foi misturado e distribuído em quatro garrafas pets de 600 mL, adicionando 50,0 g de açúcar mascavo em cada garrafa e completado o volume com água limpa. As garrafas foram fechadas, deixadas em local à sombra e abertas a cada dois dias para a retirada do gás produzido, resultante do processo fermentativo dos microrganismos. O coquetel biológico esteve pronto para uso quando não houve mais produção de gás no interior das garrafas (de 10 dias a 20 dias) e quando o cheiro apresentou um odor doce e agradável de fermentação láctica e acética, com coloração alaranjada. Siqueira e Siqueira (2013) declararam que o produto, em sua forma artesanal, pode ser armazenado por até um ano e, quando apresentar mau cheiro, não deverá ser utilizado na produção.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com 8 blocos e 3 tratamentos. Os tratamentos utilizados foram: T1 – Pulverização semanal de coquetel biológico proveniente dos Microrganismos Eficientes; T2 – Pulverização semanal de fertilizante mineral (NPK 30-10-10); T3 – Testemunha, sem nenhuma adubação.

Cada bloco foi formado por 1 canteiro de 8,0m² e parcelas de 2,52m². As parcelas correspondentes a cada tratamento, sorteadas e distribuídas ao acaso, foram compostas por 28 plantas, com espaçamento de 0,30m x 0,30m entre plantas e linhas.

Para cada parcela do tratamento T1 foram preparados 5,0 L de calda com a mistura de 10,0mL do Microrganismo Eficiente armazenado nas garrafas pet, 10,0 mL de melão e 5,0L de água, de acordo com o preconizado por Leite et al. (2016). A aplicação do coquetel biológico foi feita semanalmente, no volume de 5,0L por aplicação, nas horas mais frescas do dia, durante os dois ciclos da cultura, desde o transplantio até a colheita.

No tratamento T2, cada parcela recebeu semanalmente 5,0L da calda do fertilizante mineral NPK 30-10-10. Para o preparo da calda, segundo a recomendação descrita no produto, foram utilizados 15,0g do formulado para 5,0L de água.

Na aplicação dos tratamentos foi utilizado regador de plástico com crivos finos. No tratamento T3 não foi utilizado nenhum tipo de adubação, sendo considerada a testemunha. Todos os tratamentos receberam irrigação diária na mesma proporção, por meio do sistema de microaspersão (bailarinas). Foram feitas avaliações em dois ciclos consecutivos de alface.

A variedade de alface utilizada no experimento é a *Lucy Brown* do grupo “Americana Repolhuda”. As mudas foram produzidas por meio de semeadura em bandejas de isopor com 128 células, usando substrato comercial, em cultivo protegido (estufa com filme plástico). Os canteiros, também em cultivo protegido, foram preparados em concomitância com a formação das mudas, permanecendo em “descanso” até o momento do transplantio, que ocorreu 20 dias após a semeadura. O preparo foi comum a todos os tratamentos e a operação envolveu o revolvimento manual do solo.

Durante os ciclos da cultura foram efetuadas limpezas manuais para a retirada das plantas daninhas por meio de arranquio manual (monda), com a finalidade de evitar ao máximo a competição

por luz e nutrientes, e não foi utilizado nenhum produto químico para o controle fitossanitário. A colheita foi efetuada 30 dias após o transplântio das mudas em ambos os ciclos da cultura.

Foram selecionadas três amostras representativas de alface em cada parcela, preferencialmente da parte central, excluindo-se as bordas, resultando em 72 plantas amostrais, nas quais foram realizadas as análises físicas da parte vegetal, para verificar os seguintes parâmetros: massa fresca da parte aérea (MFPA), obtida pela pesagem das folhas e do caule; massa fresca das raízes (MFR), obtida pela pesagem das raízes; número de folhas por planta (NFP), obtido pela contagem de todas as folhas comerciais com comprimento acima de 5 cm; comprimento do caule (CC), obtido por uso de régua; quantidade de plantas viáveis por parcela (QPVP), em que se contou a quantidade de plantas comerciais existentes em cada parcela do experimento.

Para que fosse possível estimar a produtividade das plantas submetidas aos diferentes tratamentos, obteve-se a somatória total dos valores da massa fresca da parte aérea das plantas amostradas nas parcelas de cada tratamento e o total da quantidade de plantas viáveis em todas as parcelas. Levando em consideração que as 8 parcelas de um determinado tratamento resultaram em 20,0m², extrapolaram-se os valores de massa fresca de todas as plantas amostradas (kg m⁻²) para toneladas (t ha⁻¹).

Todos os resultados dos parâmetros avaliados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) e posteriormente pelo teste de comparação de médias de Tukey, com nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas no Programa Sisvar, versão 5.6 (FERREIRA, 2001).

Resultados e discussão

Conforme a Tabela 1, disposto o nível de significância das variáveis, é possível dizer que, no primeiro ciclo da alface, pelo menos um dos tratamentos apresentou diferença significativa a 1% de probabilidade para as variáveis observadas de massa fresca da parte aérea (MFPA), número de folhas (NF) e quantidade de plantas viáveis por parcela (QPVP). No segundo ciclo da cultura, as mesmas variáveis do primeiro ciclo obtiveram significância, acrescentando a variável comprimento do caule (CC), que anteriormente não havia obtido diferenciação significativa pelo Teste Tukey.

Tabela 1 – Nível de significância (NS) e coeficiente de variação (CV) para as variáveis massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca das raízes (MFR), número de folhas (NF), comprimento do caule (CC) e quantidade de plantas viáveis por parcela (QPVP) no primeiro e segundo ciclo da alface.

Variáveis	1º Ciclo		2º Ciclo	
	NS	CV (%)	NS	CV (%)
MFPA	0,0022**	11,72	0,0001**	10,19
MFR	0,5178 ns	22,72	0,5178 ns	27,72
NF	0,0024**	5,22	0,0000**	3,96
CC	0,1207 ns	10,64	0,0000**	5,82
QPVP	0,0001**	3,37	0,0002**	3,61

Valores de nível de significância seguidos das iniciais “ns” não obtiveram significância e os valores seguidos de dois asteriscos (**) obtiveram significância a 1% de probabilidade, pelo Teste Tukey.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Nos dados obtidos de coeficiente de variação para as variáveis MFPA, NF, CC e QPVP, a dispersão de dados é considerada média e a precisão experimental é ótima. Na variável massa

fresca das raízes, na qual não houve significância pelo Teste de Tukey, a dispersão de dados foi considerada alta e a precisão, regular (PIMENTEL GOMES; GARCIA, 2002).

Os resultados das médias obtidas e da análise estatística realizada para os parâmetros de biomassa da alface nos dois ciclos estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 – Desdobramento para as médias das variáveis massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca das raízes (MFR), número de folhas (NF), comprimento do caule (CC) e quantidade de plantas viáveis por parcela (QPVP), nos dois ciclos da alface.

1º Ciclo					
Tratamentos	MFPA	MFR	NF	CC	QPVP
	g	g	un	cm	un
T1	235,75 a	0,008 a	19,37 a	4,31 a	26,75 a
T2	220,56 a	0,009 a	17,87 b	4,58 a	25,75 a
T3	182,14 b	0,008 a	17,37 b	4,85 a	24,00 b
2º Ciclo					
T1	254,17 a	0,008 a	20,37 a	5,33 a	26,50 a
T2	217,72 b	0,009 a	17,87 b	4,37 b	24,75 b
T3	185,86 c	0,008 a	17,50 b	4,27 b	23,87 b

Médias com a mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% ($p < 0,05$). T1 – Pulverização semanal de Microrganismo Eficiente; T2 – Pulverização semanal de um fertilizante mineral; T3 – Testemunha, sem nenhuma adubação.

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

No primeiro ciclo, com relação à variável massa fresca da parte aérea, os tratamentos que receberam pulverizações semanais do coquetel biológico (EM) e fertilizante mineral apresentaram as maiores médias equivalente à massa fresca (235,75g e 220,56g, respectivamente).

As plantas submetidas ao tratamento T1 responderam com maior número de folhas quando comparadas aos demais tratamentos e a maior quantidade de plantas viáveis por parcela sobreveio nos tratamentos T1 e T2. As médias das variáveis massa fresca das raízes e comprimento do caule não obtiveram diferença estatística.

A cultivar utilizada neste experimento tem como característica principal as folhas crespas e bem consistentes, formando uma cabeça compactada. Assim, pode-se dizer que o número de folhas está diretamente ligado à formação da cabeça da alface que, segundo Queiroz et al. (2017), é uma característica importante para essa cultivar, considerando a preferência do consumidor por cabeças de maior volume e tamanho na aquisição do produto.

No segundo ciclo, os resultados se mostraram vantajosos para o tratamento que recebeu pulverização semanal do coquetel biológico proveniente de Microrganismos Eficientes. As variáveis massa fresca da parte aérea, número de folhas, comprimento do caule e quantidade de plantas viáveis por parcela obtiveram médias acima dos demais tratamentos, não resultando para a variável observada de desenvolvimento radicular (MFR). Esses resultados se assemelham ao obtido por Battisti e Santos (2011), que verificaram aumentos no número de folhas, no comprimento de caule e na massa fresca da parte aérea das plantas de alface submetidas ao tratamento com Microrganismos Eficientes.

Conforme é declarado por Yuri et al. (2001), entre as características desejáveis de uma cultivar, tem-se a importância do comprimento de caule, pois, cultivar com caule excessivamente comprido não apresenta boa compactidade e dificulta o beneficiamento da cultivar, afetando a qualidade final do produto.

Resende et al. (2015) também afirmaram que menores comprimentos são desejáveis, tanto sob o ponto de vista comercial, quanto em relação à resistência do material ao florescimento prematuro.

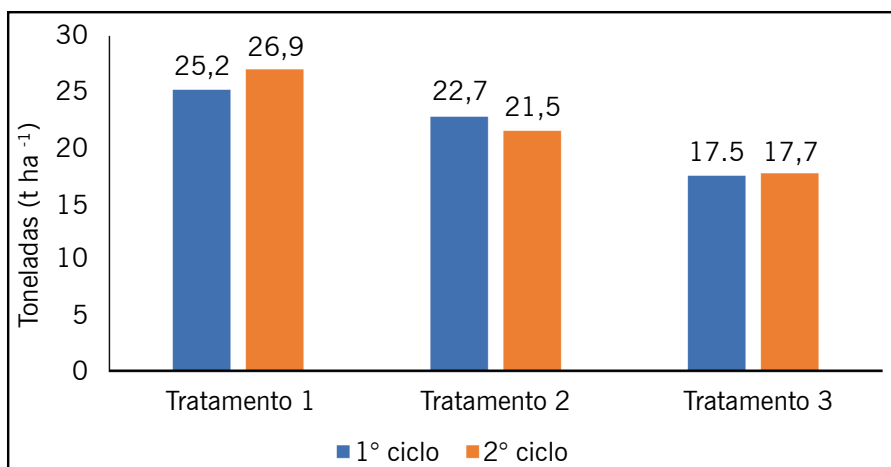
Levando em consideração as declarações citadas acima, o resultado obtido para o tratamento que recebeu aplicação do coquetel biológico, para a variável comprimento do caule, o qual se destacou dos demais tratamentos no segundo ciclo, não seria um resultado positivo nessa perspectiva. Porém, as médias para a variável, que foram de 4,31cm e 5,33cm, no primeiro e segundo ciclo, respectivamente, são consideradas adequadas conforme Resende et al. (2008), que relatam que o comprimento adequado do caule da alface é de até 6,0cm, sendo aceitável até 9,0cm.

Os resultados não foram conclusivos em relação à variável MFR, a colheita pode ter sido um fator que interferiu, pois foi observado que na realização do arranquio manual das plantas boa parte do sistema radicular permaneceu no solo.

No segundo ciclo, observou-se que o tratamento T1 (Microrganismos Eficientes) proporcionou maiores valores de massa fresca da parte aérea, número de folhas, comprimento do caule e quantidade de plantas viáveis por parcela, diferindo significativamente dos demais tratamentos (adubação convencional e sem adubação). Isso se deu por conta da ação progressiva no solo envolvendo os EMs que, segundo Andrade (2011), requerem um certo tempo para que possibilitem estabilidade do sistema, garantindo maior uniformidade na produção.

Com base na massa fresca da parte aérea de todas as plantas amostradas nos diferentes tratamentos e no tamanho da área correspondente às parcelas, estimou-se a produtividade nos dois ciclos da cultura (FIGURA 1).

Figura 1 – Estimativa da produtividade em $t\ ha^{-1}$, nos dois ciclos da cultura, de acordo com os tratamentos aplicados.



Tratamento 1 – Pulverização semanal de Microrganismo Eficiente; Tratamento 2 – Pulverização semanal de um fertilizante mineral; Tratamento 3 – Testemunha, sem nenhuma adubação.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

O tratamento T1, aplicação de Microrganismo Eficiente, obteve maior massa fresca da parte aérea das plantas amostradas nos dois ciclos, resultando em maior produtividade em $ton\ ha^{-1}$. Relacionando os dois ciclos, é possível observar que no tratamento T1 a produtividade da alface cresceu em relação ao primeiro ciclo, enquanto para T2 o resultado se comportou de forma decrescente e no T3, não se observaram grandes variações.

O aumento na produtividade para o tratamento com Microrganismos Eficientes pode estar relacionado com o disposto por Osorio Filho et al. (2015), para quem os EMs favorecem a síntese de nutrientes necessários ao crescimento e à produção vegetal; outrossim, o complexo de Microrganismos Eficientes possuem substâncias que atuam de forma similar a fitormônios, promovendo respostas fisiológicas nas plantas (OLIVEIRA, 2006). Desse modo, muito provável que o maior crescimento vegetativo apresentado pelo tratamento T1 no final do experimento esteja relacionado com esses fatores.

Conclusões

O coquetel biológico, proveniente de Microrganismos Eficientes, comprovou ser uma aplicação técnica de eficácia e de efetividade no cultivo de alface americana. As plantas submetidas a esse produto obtiveram maior incremento na biomassa da parte aérea, resultando em maior produtividade da cultura. Assim, conclui-se que Microrganismo Eficiente é um produto que pode ser utilizado como biofertilizante no cultivo de alface, contribuindo para a diversificação das técnicas agroecológicas eficazes.

Efficient Microorganisms in lettuce cultivation

Abstract

Efficient Microorganisms are shown to be an effective, alternative, sustainable, safe, and low-cost technique to increase the productivity of organic foods, and their use is a good option for agroecological management. Based on this context, this work had as main objective to evaluate the efficiency of the application of a biological cocktail from Efficient Microorganisms in the cultivation of lettuce. In the capture of the Efficient Microorganisms and the manufacture of the biological cocktail, a methodology proposal in the agroecology used by Brazilian Ministry of Agriculture, Cattle and Supplying (MAPA, in Portuguese, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). The adopted experimental design was randomized blocks containing 8 blocks and 3 treatments. The T1 treatment, application of the Efficient Microorganisms, obtained a greater fresh mass of the aerial part of the plants sampled in the two cycles, resulting in a higher productivity in tons/hectare. The results proved to be advantageous for the productivity of the lettuce that received application of the biological cocktail from Efficient Microorganisms, when the biomass parameters were analyzed.

Keywords: *Lactuca sativa*. Organic production. Biological cocktail.

Referências

ANDRADE, F. M. C. **Cadernos dos microrganismos eficientes (EM):** Instruções práticas sobre o uso ecológico e social do EM. 2 ed. Viçosa: [s.n.], 2011. 32 p. Disponível em: <<http://estaticog1.globo.com/2014/04/16/caderno-dos-microrganismos-eficientes.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

BATTISTI, M. B.; SANTOS, M. G. **Avaliação da eficiência da aplicação de microrganismos eficientes EM•1® em cultivo de alface.** 2011. 41 p. Monografia (TCC) - Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/459>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

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

INAGAKI, A. M.; DIAMANTE, M. S.; SEABRA JÚNIOR, S.; NUNES, M. C. M.; SILVA, M. B.; NEVES, S. M. A. S. Identificação, mapeamento e comercialização de alface em Cáceres, Mato Grosso – Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 353-361, 2011.

LEITE, C. D.; MEIRA, A. L.; MOREIRA, V. R. R. **Uso de microrganismos eficientes em Plantas, Sementes e Solo**. Fichas Agroecológicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, n. 32, 2016.

LEITE, C. D.; MEIRA, A. L. **Preparo de microrganismos eficientes (EM)**. Fichas Agroecológicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, n. 31, 2016.

MITSUIKI, C. **Efeito de sistemas de preparo de solo e do uso de Microrganismos Eficazes nas propriedades físicas do solo, produtividade e qualidade de batata**. 2006. 98 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-26022007-151401/pt-br.php>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

OLIVEIRA, S. A. S. **Aplicação foliar de nitrato e de Microrganismos Eficazes (EM) e seus efeitos sobre a partição de nutrientes em variedades de milho (Zea mays L.) cultivadas com resíduo industrial**. 2006. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp006919.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

OSORIO FILHO, B. D.; NETA, A. N. O.; ROSA, C. A.; HUFF, F. H.; RICHA, G. C.; DAMASCENO, R.; SÁ, E. L. S. Capacidade de rizóbios na promoção de crescimento de plantas de alface. In: V CONGRESSO LATINOAMERICANO DE AGROECOLOGIA, 2015. **Anais...** [s.l]: [s.n], 2015. p. 1-5. Disponível em: <<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/53104>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

PEREIRA, E. G.; DIAS, A. S.; PEREIRA, D. S.; SANTOS, J. S. Desenvolvimento inicial do Rabanete submetido à adubação orgânica e microrganismos eficientes. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA, 4., 2015. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2015. p. 10-13. Disponível em: <<http://www.simposioppagroecologia.ufv.br/wp-content/uploads/Anais-do-IV-SIMPA-20152.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

PEREIRA, T. G.; SILVA, S.; MORAIS, E. G.; LOPES, M. A. P.; PEREIRA, J. G.; GONÇALVES, L. D. Utilização de microrganismos eficientes (EM) na produção de alimentos orgânicos. In: SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFMG, 7. **Anais...** Bambuí: IFMG, 2014. p. 1-5. Disponível em: <[http://bambui.ifmg.edu.br/jornada_cientifica/2014/resumos/Agronomia/Utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20Microrganismos%20eficientes%20\(EM\)%20na%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20.pdf](http://bambui.ifmg.edu.br/jornada_cientifica/2014/resumos/Agronomia/Utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20Microrganismos%20eficientes%20(EM)%20na%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2019.

PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: Exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: Fealq, 2002. 309 p.

PUGAS, A. S.; GOMES, S. S.; DUARTE, A. P. R.; ROCHA, F. C. R.; SANTOS, T. E. M. S. Efeito dos microrganismos eficientes na taxa de germinação e no crescimento da Abobrinha (*Curcubita Pepo*L.). **Cadernos de Agroecologia**, [s.l.], v. 8, n. 2, p.1-5, nov. 2013.

QUEIROZ, A. A.; CRUVINEL, V. B.; FIGUEIREDO, K. M. E. Produção de alface americana em função da fertilização com organomineral. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, p.1053-1063, 2017.

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; COSTA, N. D.; GOMES, A. S. **Alface**: Qual cultivar?. 2015. Embrapa Semiárido. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1013085/1/Milanez.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J. Resposta da alface tipo americana a doses e épocas de aplicação de Molibdênio em cultivo de inverno. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p.143-148, 2008.

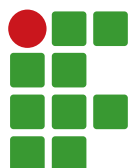
SAMPAIO, B. S. **Biofertilizante na produção de Alface**. 2013. 85 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.ufes.br/handle/10/5196>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

SIQUEIRA, A. P. P.; SIQUEIRA, M. **Bokashi**: adubo orgânico fermentado. Niterói: Programa Rio Rural, 2013. 18 p. Disponível em: <http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/40_Bokashi_Adubo_organico_fermentado.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

YURI, J. E.; SOUZA, R. J.; FREITAS, S. A. C.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; MOTA, J. H. Comportamento de cultivares de alface tipo americana em Boa Esperança. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p.229-232, 2001.

Submetido em: 18/07/2019

Aceito em: 03/09/2019



Desempenho de semeadora-adubadora com dois mecanismos sulcadores e velocidades de semeadura

Antonio Luiz Viegas Neto¹

Cristiano Márcio Alves de Souza²

Sálvio Napoleão Soares Arcoverde³

Izidro dos Santos de Lima Junior⁴

Lígia Maria Maraschi da Silva Piletti⁵

Resumo

A velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora, associada ao mecanismo sulcador utilizado, influencia a distribuição de plantas e o estabelecimento de um estande correto de plantas em campo. Objetivou-se avaliar o desempenho operacional de uma semeadora-adubadora na semeadura direta do girassol, em função de velocidades de semeadura e mecanismos sulcadores. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com tratamentos arranjados em esquema de parcelas subdivididas, em que as parcelas foram os mecanismos sulcadores (haste sulcadora e disco duplo) e as subparcelas as velocidades de semeadura (3,2; 4,6; 6,2 e 7,0 km h⁻¹), com três repetições. Foram determinados: o índice de velocidade de emergência, a emergência a campo, a distância média entre as plantas, a altura de plantas, a população de plantas e a distribuição longitudinal de plantas. A semeadura do girassol utilizando-se de haste sulcadora proporciona maior emergência a campo, índice de velocidade de emergência e conseqüentemente maior população de plantas. As velocidades de semeadura de 3,2 a 7,0 km h⁻¹ não influenciam a emergência a campo, o índice de velocidade de emergência, a altura e a população de plantas do girassol.

Palavras-chave: *Heliantus annuus* L. Distribuição longitudinal. Emergência de plantas. Plantio direto.

Introdução

Diversos fatores afetam o desempenho de girassol de elevado potencial produtivo, tais como a época de semeadura, a cultivar, o manejo adequado da fertilidade do solo e as condições ambientais, como a distribuição de água uniforme durante o ciclo da cultura (BEZERRA et al., 2014).

A semeadura é uma operação fundamental para o estabelecimento da cultura no campo, visto que está associada à uniformidade de distribuição longitudinal de plantas e ao estande final (ARCOVERDE et al., 2017). Fatores operacionais relacionados à semeadura, como erro na distribuição, deposição e profundidade das sementes feita pela semeadora, podem ser influenciados pela velocidade de semeadura (VIAN et al., 2016).

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS). Professor EBTT. antonio.viegas@ifms.edu.br. Rod. BR 463, s/n, Km 14, C. P.: 287, 79909-000.

2 Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Professor associado. csouza@ufgd.edu.br.

3 UFGD. Pós-doutorado. salvionapoleao@gmail.com.

4 IFMS. Professor EBTT. izidro.lima@ifms.edu.br.

5 IFMS. Professor EBTT. ligia.piletti@ifms.edu.br.

A utilização de semeadoras em velocidades acima de $7,0\text{km h}^{-1}$ pode abrir sulcos maiores, revolver faixas mais largas e dificultar a compressão do solo com a semente pela roda compactadora (NASCIMENTO et al., 2014), comprometendo a germinação, a emergência de plântulas e a população de plantas (SANTOS et al., 2016).

Em sistema de semeadura direta, os mecanismos rompedores de semeadoras passam a executar a abertura do sulco para a deposição de sementes e o preparo localizado do solo. Desse modo, a ação dos mecanismos sulcadores, além de minimizar a demanda de força de tração e promover a mobilização adequada do solo, pode melhorar a germinação da semente, a emergência da plântula e a produtividade das culturas (FURLANI et al., 2013). Para tanto, os mecanismos sulcadores devem ser estudados em diferentes condições edafoclimáticas e operacionais, pois a eficiência de tais mecanismos depende de fatores como o tipo de solo, a profundidade de semeadura e adubação, a velocidade de semeadura, o teor de água do solo e seu preparo (FURLANI et al., 2013).

Considerando-se que há poucas informações relacionadas ao desempenho de semeadoras-adubadoras na cultura do girassol sob distintas condições operacionais, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho operacional de uma semeadora-adubadora na semeadura direta do girassol, em função de quatro velocidades de semeadura e dois mecanismos sulcadores.

Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, município de Dourados (MS). O clima regional classificado pelo sistema internacional de Köppen é do tipo Am, monçônico, com inverno seco precipitação média anual de 1.500mm e temperatura média anual de 22°C (ALVARES et al., 2013).

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, textura muito argilosa (65,3% de argila, 17,4% de silte e 17,3% de areia), classe representativa da maioria dos solos do centro-sul do estado de Mato Grosso do Sul, com declividade média de 2% (EMBRAPA, 2013). Foi realizado o cultivo do girassol na área experimental, onde havia restos de culturais de soja cultivada como cultura de verão (antecessora).

Os testes foram realizados utilizando uma semeadora-adubadora de arrasto, modelo Solografic DIRECTA 4000, com nove linhas de semeadura espaçadas de 0,45 m, dotada com dosador de sementes tipo disco perfurado horizontal. A máquina permite a utilização de dois mecanismos de abertura do sulco: haste sulcadora e disco duplo. A roda compactadora utilizada foi do tipo roda metálica lisa em forma de V. A semeadora-adubadora foi tracionada por um trator 4x2 TDA, com potência nominal de 125 cv (91,9kW) a 2.300rpm.

Para a semeadura do girassol foi utilizada a variedade Embrapa 122-V2000 (Grão Estriado), com teor de óleo entre 40% e 44% (GIRASSÓIS, 2007), ciclo de 90 dias, população de 45.000 plantas ha^{-1} (DALCHIAVON et al, 2016). A semeadora foi regulada para distribuir 230kg ha^{-1} do formulado 8-20-20 + micro. O controle de plantas daninhas foi feito em pré-emergência, com o herbicida glyphosate, na dose de 3L ha^{-1} de produto comercial, não necessitando mais aplicações. O controle de pragas foi realizado de acordo com a ocorrência.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com tratamentos arranjados em esquema de parcelas subdivididas, em que as parcelas foram os tipos de sulcador (haste sulcadora e disco duplo) e as subparcelas as velocidades de semeadura ($3,2$; $4,6$; $6,2$ e $7,0\text{km h}^{-1}$), com três

repetições. A unidade experimental foi constituída de cinco linhas de semeadura espaçadas de 0,90m entre si, por 50,0m de comprimento. Cada unidade experimental ocupou uma área de 225,0m².

A semeadura foi realizada nos teores de água do solo de 0,28kg kg⁻¹. O teor de água foi determinado pelo método gravimétrico (método padrão de estufa), de acordo com a relação entre a massa de água e a massa do solo seco a 105°C. A densidade do solo era de 1,28±0,11mg m⁻³. Realizou-se a avaliação da germinação das sementes antes da semeadura, para controle experimental, retirando uma amostra do lote de sementes utilizadas. A avaliação do teste foi realizada conforme recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). As sementes utilizadas tiveram um poder germinativo de 80%.

Após a semeadura foi medida a profundidade das sementes na linha de semeadura em um metro para todos os tratamentos, utilizando-se de uma régua métrica graduada a cada 1,0mm, com 4 repetições. Para medir a profundidade da semente, o solo foi retirado cuidadosamente da linha de semeadura até que fossem encontradas as sementes, considerando profundidade a distância entre a superfície do solo e a semente depositada.

O índice de velocidade de emergência foi determinado por meio da contagem das plântulas de girassol existentes em 3,0 m de linha semeada, em duas linhas centrais de cada unidade experimental, sendo realizadas sete medições a campo, desde o 5º até o 21º dia após a emergência. A determinação do índice de velocidade de emergência de plântulas foi realizada por meio da equação de Maguire (TROGELLO et al., 2013). Para a emergência a campo, utilizou-se do número total de plântulas emergidas na última contagem.

A distância média entre as plantas foi feita por meio da medição da distância entre todas as plantas de girassol existentes em 4,0m de linha semeada, nas duas linhas centrais de cada unidade experimental. Foi utilizada uma trena para realizar a medição, com resolução de 1,0mm. Ao final do ciclo da cultura do girassol foram realizadas avaliações de altura de plantas até o ponto de inserção do capítulo, com auxílio de trena graduada com a precisão de 0,01m.

A distribuição longitudinal de plantas foi avaliada por meio das determinações das porcentagens de espaçamentos múltiplo, normal e falho, que foram analisados mediante classificação adaptada de Kurachi et al. (1989), determinando-se a porcentagem de espaçamentos correspondentes as classes: aceitáveis ou normais ($X_{ref} < X_i < 1,5 X_{ref}$), múltiplos ($X_i < 0,5 X_{ref}$) e falhos ($X_i > 1,5 X_{ref}$), baseado em espaçamento de referência (X_{ref}) de acordo com a regulagem da semeadora-adubadora para uma população de 45.000 plantas ha⁻¹. Assim, os espaçamentos entre plantas (X) foram classificados como normais ($0,098m < X \leq 0,296m$), múltiplos ($X \leq 0,098 m$) e falhos ($X > 0,296m$).

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F; foi realizada a análise de regressão para os fatores quantitativos.

Resultados e discussão

Houve efeito significativo do mecanismo sulcador para: emergência a campo, índice de velocidade de emergência, distância média entre plantas, profundidade de semeadura e população de plantas e não houve efeito significativo na altura de plantas. As velocidades de semeadura não influenciaram os fatores avaliados e houve interação entre os mecanismos sulcadores e as velocidades de semeadura apenas para a profundidade de semeadura (TABELA 1).

Tabela 1 – Resumo das análises de variâncias dos dados de emergência a campo (EC), índice de velocidade de emergência (IVE), distância média entre plantas (DP), altura de plantas (AP), profundidade de semeadura (PROF) e população de plantas (PP) em função do mecanismo sulcador e da velocidade de semeadura. Dourados/MS, 2016.

	EC	IVE	DP	AP	PROF	PP
Sulcador						
Haste sulcadora	86,4 A	1,79 A	38,9 A	112,9 ^{ns}	7,5 A	47.993,80 A
Disco Duplo	59,4 B	1,42 B	35,7 B	108,3	5,6 B	33.024,70 B
Velocidade (km h ⁻¹)						
3,2	75,0 ^{ns}	1,49 ^{ns}	36,8 ^{ns}	109,7 ^{ns}	6,3 ^{ns}	41.666,60 ^{ns}
4,6	66,1	1,58	39,4	114,4	6,5	36.728,4
6,2	75,5	1,82	35,1	109,8	6,5	41.975,3
7,0	75,0	1,54	37,9	108,5	6,9	41.666,6
Sulcador x Velocidade	72,91 ^{ns}	1,61 ^{ns}	37,3 ^{ns}	110,6 ^{ns}	6,5*	40.509,2 ^{ns}
C.V. (%)	20,3	12,3	18,1	3,8	8,8	20,2

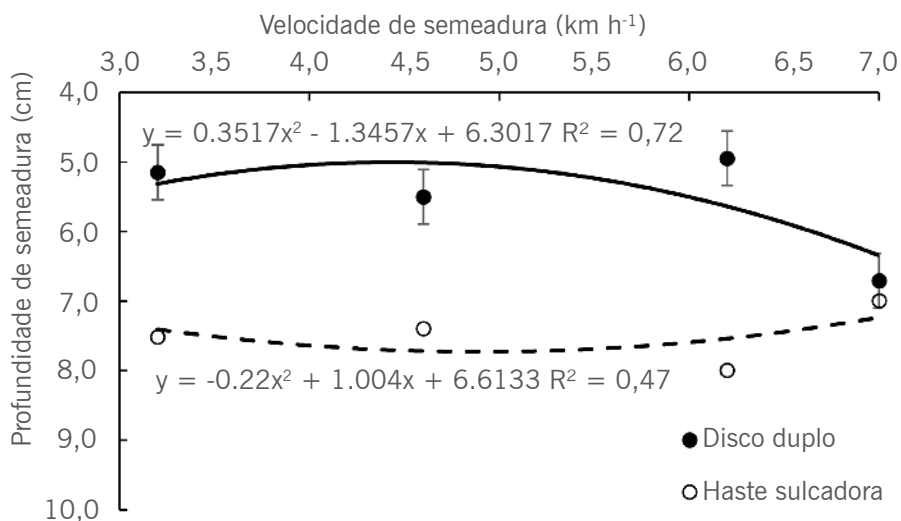
*Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns} não significativo, pelo Teste F.

Fonte: Elaboração dos autores (2016).

A haste sulcadora proporcionou maiores valores na emergência a campo, no índice de velocidade de emergência e na população de plantas. A haste sulcadora pode proporcionar um melhor contato do solo com a semente, promovendo melhores condições à germinação das sementes, favorecendo o IVE e a população final de plantas. Resultados semelhantes foram obtidos por Trogello et al. (2012) que, ao avaliarem o desempenho de uma semeadora-adubadora em solo argiloso, encontraram maior emergência de plantas quando foi usada a haste sulcadora. Santos et al. (2016) observaram que a ação da haste sulcadora pode propiciar melhor distribuição de sementes em velocidades de semeadura adequadas, beneficiando a emergência das plantas.

A altura de plantas não foi influenciada pelos fatores avaliados, tendo uma média de 110,6cm. Nobre et al. (2012), realizando testes com diferentes cultivares no Norte de Minas Gerais, e Dalchiavon et al. (2016), realizando testes com diferentes cultivares na região do Chapadão de Parecis em Mato Grosso, relataram médias superiores às observadas neste trabalho, de 170,0cm a 200,0cm e 142,0cm a 198,5cm, respectivamente. De acordo com Dalchiavon et al. (2016), a menor altura de planta no girassol facilita os tratos culturais e diminui a perda na colheita mecanizada. No entanto, os autores salientam que a variação desta característica depende das cultivares mais eficientes em responder as condições edafoclimáticas de seu cultivo. Segundo Ivanoff et al. (2010), a altura de plantas do girassol é reflexo da nutrição no período de alongamento do caule.

Houve interação entre o mecanismo sulcador e a velocidade de semeadura (FIGURA 1). A haste sulcadora proporcionou maior profundidade de semeadura do que o uso do disco duplo para todas as velocidades de 3,2km h⁻¹ até 7,0km h⁻¹. Garcia et al. (2011), avaliando a semeadura da cultura do milho em diferentes velocidades de semeadura, observaram que a elevação da velocidade de 2,5km h⁻¹ para 4,4 km h⁻¹ propiciou incremento de profundidade de 30,2%. Koakoski et al. (2007), Mion e Benez (2008) e Modolo et al. (2013) também observaram maiores valores de profundidade de deposição de sementes para o mecanismo sulcador tipo haste, em comparação ao mecanismo tipo disco duplo. Esses resultados podem estar relacionados com a maior capacidade de penetração da haste sulcadora que por meio de suas características físicas proporcionou maior eficiência no rompimento das camadas superficiais do solo, provocando maior penetração das sementes no sulco.

Figura 1 – Profundidade de semeadura (PS) em função do mecanismo sulcador e velocidade de semeadura do girassol.

Fonte: Elaboração dos autores (2016).

Houve efeito significativo do mecanismo sulcador na distribuição longitudinal de plantas, afetando as porcentagens de espaçamentos múltiplos e falhos. O uso da haste sulcadora proporcionou menor porcentagem de espaçamentos múltiplos, mas proporcionou maior porcentagem de espaçamentos falhos. Houve interação dos mecanismos sulcadores com as velocidades de semeadura para a porcentagem de espaçamentos normais (TABELA 2).

Tabela 2 – Resumo das análises de variâncias dos dados de porcentagem de espaçamentos múltiplo, normal e falho, para os mecanismos sulcadores e velocidades de semeadura. Dourados/MS, 2016.

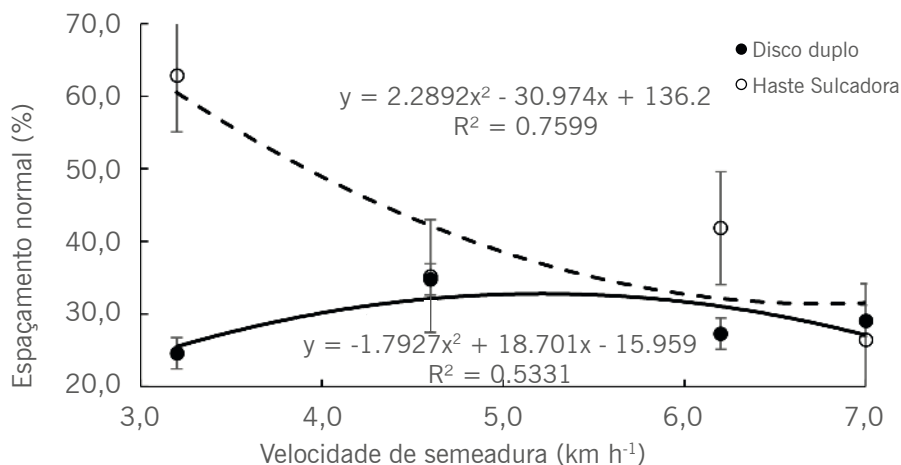
	Múltiplo	Normal	Falho
Sulcador			
Haste sulcadora	8,8 A	41,6	49,6 B
Disco Duplo	3,0 B	29,0 ^{ns}	67,0 A
Velocidade (km h ⁻¹)			
3,2	1,1 ^{ns}	43,7 ^{ns}	55,2 ^{ns}
4,6	2,4	35,0	62,6
6,2	5,5	34,6	59,9
7,0	14,8	27,8	57,4
Sulcador x Velocidade	5,9 ^{ns}	35,3*	58,8 ^{ns}
C.V. (%)	39,5	26,8	19,2

* Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns} não significativo, pelo Teste F; C.V. coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração dos autores (2016).

A interação entre o mecanismo sulcador e as velocidades de semeadura está apresentada na Figura 2. Com o uso da haste sulcadora, velocidades de plantio de 3,2km h⁻¹ a 5,0km h⁻¹ proporcionaram espaçamentos normais acima de 40,0%, esses resultados se assemelham aos de Furlani et al. (2013), nos quais se obteve quase metade das sementes depositadas com espaçamentos adequados.

Figura 2 – Porcentagem de espaçamentos normais em função do mecanismo sulcador e velocidade de semeadura do girassol.



Fonte: Elaboração dos autores (2016).

Conclusões

A semeadura do girassol utilizando-se de haste sulcadora proporciona maior emergência a campo, índice de velocidade de emergência e maior população de plantas do que o uso do disco duplo.

Velocidades de semeadura de 3,2km h⁻¹ a 5,0km h⁻¹ e uso da haste sulcadora proporcionaram melhor distribuição de plantas.

Seeder-fertilizer performance with two furrowing mechanisms and sowing speed

Abstract

The displacement velocity of the tractor-seeder set, associated with the furrowing mechanism, influences the plant distribution and the establishment of a correct plant stand in the field. The objective of this study was to evaluate the operational performance of a seeder-fertilizer in the non-tillage sunflower crop, according to sowing speeds and furrow mechanisms. The experimental design used was the randomized blocks, with treatments arranged in a split-plot scheme, where the plots were the furrowing mechanisms (chisel openers and double disk) and the subplots were the sowing speeds (3.2; 4.6; 6.2 and 7.0km h⁻¹), with three replicates. The following were determined in this study: the emergence speed index, the emergence in the field, the average distance between the plants, plant height, plant population and the longitudinal distribution of plants. Sunflower sowing using a chisel openers provides greater emergence in the field, emergence speed index and, consequently, greater plant population. Sowing speed ranging from 3.2 to 7.0km h⁻¹ do not influence field emergence, emergence speed index, height and population of sunflower plants.

Keywords: *Heliantus annus* L. Longitudinal distribution. No-tillage system. Plant emergence.

Referências

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAVOREK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 5, p. 711-728, 2013. Disponível em: <https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil>. Acesso em: 28 jul. 2020.
- ARCOVERDE, S. N. S.; SOUZA, C. M. A. de.; CORTEZ, J. W.; MACIAK, P. A. G.; NAGAHAMA, H. J. Qualidade e variabilidade especial na semeadura do milho de segunda safra. **Energia na agricultura**, v. 32, n. 4, p. 386-392, 2017. Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2761>>. Acesso em: 28 jul. 2020.
- BEZERRA, F. T. C.; DUTRA, A. S.; BEZERRA, M. A. F.; OLIVEIRA FILHO, A. F.; BARROS, G. L. de. Comportamento vegetativo e produtividade de girassol em função do arranjo espacial das plantas. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 2, p. 335-343, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rca/v45n2/a15v45n2.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análises de sementes**. MAPA. SDA. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 399 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.
- CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; LOPES, A. Distribuição longitudinal de sementes de soja e características físicas do solo no plantio direto. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 2, p. 502-510, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/eagri/v26n2/19.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.
- DALCHIAVON, F. C.; MALACARNE, B. J.; CARVALHO, C. G. P. de. Características agronômicas de genótipos de girassol (*Heliantus annuus* L.) em segunda safra no Chapadão do Parecis – MT. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 1, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v39n1/v39n1a20.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. 353p. 2013.
- EUCLYDES, R. F. SAEG - **Sistema para análises estatísticas**, versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes/UFV, 2007. 287p
- FURLANI, C. E. A.; CANOVA, R.; CAVICHIOLI, F. A.; BERTONHA, R. S.; SILVA, R. P. Demanda energética por semeadora-adubadora em função da haste sulcadora na semeadura do milho. **Revista Ceres**, v. 60, n. 6, p. 885-889, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rceres/v60n6/17.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.
- GARCIA, R. F.; VALE, W. G.; OLIVEIRA, M. T. R.; PEREIRA, E. M.; AMIM, R.; BRAGA, T. C. Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão no Norte Fluminense. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 3, p. 417-422, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/asagr/v33n3/v33n3a05.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

GAZZONI, D. L. Óleo de girassol como matéria-prima para biocombustíveis. In: **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. p. 145-162.

GIRASSÓIS Agrobrel. Rio Verde, GO: Ceapar Cerrado Sementes, 2007. 2 p. Informativo distribuído pela Ceapar.

IVANOFF, M. E. A.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; SMIDERLE, O. J.; SEDIYAMA, T. Formas de aplicação de nitrogênio em três cultivares de girassol na savana de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 319-325, 2010. Disponível em: < <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/827/448>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

KOAKOSKI, A.; SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L.; SOUZA, L. C. F.; REIS, E. F. Desempenho de uma semeadora-adubadora utilizando-se dois mecanismos rompedores e três pressões da roda compactadora. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 725-731, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/pab/v42n5/16.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento e dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, v. 48, n. 2, p. 249-262, 1989. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/brag/v48n2/11.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

MION, R. L.; BENEZ, S. H. Esforços em ferramentas rompedoras de solo de semeadoras de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1.594-1.600, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/cagro/v32n5/36.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

MODOLO, A. J.; FRANCHIN, M. F.; TROGELLO, E.; ADAMI, P. F.; SCARSI, M.; CARNIELETTO, R. Semeadura de milho com dois mecanismos sulcadores sob diferentes intensidades de pastejo. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 6, p. 1200-1209, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/eagri/v33n6/13.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

NASCIMENTO, F. M.; RODRIGUES, J. G.; FERNANDES, J. C.; GAMERO, C. A.; BICUDO, S. J. Efeito de sistemas de manejo do solo e velocidade de sementeira no desenvolvimento do sorgo forrageiro. **Revista Ceres**, v. 61, n. 3, p. 332-337, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rceres/v61n3/a05v61n3.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

NOBRE, D. A. C.; RESENDE, J. C. F.; BRANDÃO JUNIOR, D. S. S.; COSTA, C. A. Desempenho agrônomico de girassol no norte de Minas Gerais. **Revista Agro Ambiente**, v. 6, n. 2, p. 140-147, 2012. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/781/782>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

REIS, E. F. dos; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES, H. C.; NAIME, J. M.; ARAÚJO, E. F. Densidade do solo no ambiente solo-semente e velocidade de emergência em sistema de sementeira de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 777-786, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n5/03.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

SANTOS, V. C.; SANTOS, P. R. A.; LIMA, I. O.; PEREIRA, V. R. F.; GONÇALVES, F. R.; CHIORDEROLI, C. A. Desempenho de semeadora-adubadora em função da velocidade de deslocamento e do mecanismo

sulcador de fertilizantes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 286-291, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v20n3/1415-4366-rbeaa-20-03-0286.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E. M.; SCARSI, M.; SGARBOSSA, M. Desenvolvimento inicial e produtividade da cultura do milho no sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 286-291, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rceres/v59n2/19.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

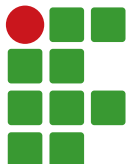
TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; SCARSI, M.; DALLACORT, R. Manejos de cobertura, mecanismos sulcadores e velocidades de operação sobre a semeadura direta da cultura do milho. **Bragantia**, v. 72, n. 1, p. 101-109, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/brag/v72n1/aop_1579_13.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

VIAN, A. L.; SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; SIMON, D. H.; DAMIAN, J. M.; BREDEMEIER, C. Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 464-471, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/cr/v46n3/1678-4596-cr-46-03-00464.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

WEIRICH NETO, P. H.; SCHIMANDEIRO, A.; GIMENEZ, L. M.; COLET, M. J.; GARBUIO, P. W. Profundidade de deposição de semente de milho na região dos Campos Gerais, Paraná. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 782-786, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/eagri/v27n3/a22v27n3.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

Submetido em: 27/06/2019

Aceito em: 12/09/2019



Avaliação da produtividade e da fitossanidade do cafeeiro recepado submetido a diferentes cultivos intercalares

Marcela Cristina Silva de Oliveira¹

Paula Tristão Santini²

Ana Paula da Silva Rezende³

Miguel Funchal⁴

Tiago Teruel⁵

José Marcos Angélico de Mendonça⁶

Resumo

O cultivo intercalar é prática usual na cafeicultura, principalmente em períodos de renovação da lavoura pela realização de podas. Tem por finalidade fazer um melhor aproveitamento da área e diminuir custos de implantação e renovação, principalmente em lavouras cafeeiras com entrelinhas abertas, por meio da produção de alimentos de subsistência com geração de renda adicional e imediata ao produtor. O objetivo deste trabalho foi fazer uma consorciação do cafeeiro recepado com culturas intercalares em diferentes espaçamentos e avaliar seus efeitos na produtividade e fitossanidade do cafeeiro. O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Muzambinho, nos anos-safra 2016/2017 e 2017/2018, em lavoura cafeeira da cultivar Catuaí Vermelho 144, com 12 anos de idade, recepada no ano de 2014. Foram implantados três consortes (milho, chia e feijão) em dois espaçamentos (30,0 cm e 60,0cm) mais dois tratamentos adicionais (roçado e herbicida). No ano-safra 2016/2017, observou-se um atraso na maturação dos frutos nos tratamentos com culturas intercalares espaçadas em 30,0cm, quando comparado aos mesmos cultivos em espaçamento de 60,0 cm. Na avaliação de maturação dos frutos do ano-safra 2017/18, houve um atraso nos tratamentos de consortes espaçados a 60,0cm, quando comparados com o tratamento adicional roçado. Teve aumento expressivo de cercosporiose nos cultivos intercalares com 60,0cm. Observou-se ainda que o rendimento médio do cafeeiro nos anos-safra 2016/2017 e 2017/2018 foi prejudicado pelas culturas intercalares implantadas no espaçamento de 30,0cm. De maneira geral, independente dos espaçamentos, as culturas intercalares influenciaram negativamente a produtividade média do cafeeiro nos anos-safra 2016/2017 e 2017/2018.

Palavras-chave: Café. Chia. *Coffea arabica* L. Feijão. Milho. Rendimento.

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), *Campus* Muzambinho, IFSULDEMINAS. Discente em Engenharia Agrônoma. marcelaagronoma@gmail.com.

2 Universidade Federal de Lavras (UFLA). Doutoranda. paulatsantini@gmail.com. Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal, caixa postal 3037, 37200-000, Lavras/MG.

3 IFSULDEMINAS, *Campus* Muzambinho. Discente em Engenharia Agrônoma. anapaulasreagro20@gmail.com.

4 IFSULDEMINAS, *Campus* Muzambinho. Discente em Engenharia Agrônoma. miguel9009@gmail.com.

5 Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS). Professor. tiago.rezende@unifenas.br.

6 IFSULDEMINAS, *Campus* Muzambinho. Professor. jose.mendonca@muz.ifsuldeminas.edu.br.

Introdução

O Brasil, como maior produtor e exportador de café (*Coffea* spp.), ocupa a segunda posição em consumo ficando atrás somente dos Estados Unidos, tornando-se cada vez mais influente no agronegócio em âmbito internacional. Altos custos de insumos agrícolas aliados às práticas inadequadas de manejo da lavoura elevam o custo de produção, fazendo com que os cafeicultores busquem novas alternativas para a redução desses custos e, conseqüentemente, o aumento da lucratividade (NADALETI, 2017).

O cultivo intercalar é prática usual na cafeicultura, principalmente em períodos de implantação da lavoura ou renovação pela realização de podas (ASTEN, 2011). A fase inicial de implantação do cafeeiro apresenta custo muito elevado e, além disso, o seu retorno econômico inicia-se somente a partir do terceiro ano (OUMA, 2009). A renovação da lavoura interrompe a produção de café por até dois anos, mas a situação se complica em lavouras muito adensadas, que exigem dos cafeicultores podas periódicas (CARVALHO, 2010).

A finalidade maior do cultivo intercalar é fazer um melhor aproveitamento da área, para diminuir os custos de implantação e renovação, principalmente em lavouras com entrelinhas abertas, por meio da produção de alimentos de subsistência com geração de renda adicional e imediata ao produtor (SANTOS et al., 2008; CHUNG et al., 2013), utilizando melhor a área, principalmente em pequenas propriedades. O consórcio do cafeeiro pode fornecer ainda outros benefícios, tais como melhorias nas condições de conservação de umidade do solo, diminuição de danos causados pelos ventos (DaMATTA; RAMALHO, 2006; PEZZOPANE et al., 2010), possibilidade de melhoria na fertilidade do solo (VAAST et al., 2005), redução da ocorrência de plantas espontâneas (SILVA et al., 2013), melhoria no aproveitamento da mão de obra (APARECIDO et al., 2014) e favorecimento do retorno financeiro.

Culturas consorciadas com o cafeeiro têm como finalidade favorecer a cultura principal. Considera-se em sua adoção aspectos agronômicos, econômicos e ecológicos do sistema de produção. Entretanto, conforme a espécie e o manejo, poderão acarretar benefícios adicionais ou prejuízos indesejáveis, influenciando de maneira direta o potencial da lavoura (SANTOS et al., 2008).

A adesão desse sistema de cultivo deve ser embasada em critérios técnicos que envolvam a análise de diversos fatores, como a escolha da espécie/cultivar adequada, o nível de sombreamento, a fertilidade, a irrigação, a altitude e o clima. Embora o cultivo intercalar apresente algumas vantagens, tanto da cultura intercalar quanto do cafeeiro, deve ser bem planejado para o sucesso do uso dessa prática (CARVALHO et al., 2007). Contudo, as dificuldades de mecanização e de execução dos tratamentos fitossanitários, a concorrência das culturas intercalares por água, nutrientes e luz, com a conseqüente redução no crescimento e produção dos cafeeiros (PAULO et al., 2004), torna-se controversa a recomendação de culturas intercalares em cafezais.

Dentre as culturas intercalares mais plantadas na lavoura de cafeeiro, destacam-se o arroz, o feijão, o milho, a soja e o amendoim. Quanto ao número de linhas da cultura intercalar, esse depende basicamente da espécie a ser introduzida e do espaçamento do cafezal, devendo ficar uma faixa livre de plantio com largura de meio metro, além da projeção da copa do café em cada lado de suas linhas (SANTOS et al., 2008).

Adotando-se técnicas de cultivo das culturas intercalares em lavoura cafeeira baseadas em recomendações mais atualizadas, como variedades, estandes e arranjos espaciais, o presente trabalho objetiva avaliar a consorciação do cafeeiro recepado com culturas intercalares (chia, feijão e milho) em diferentes espaçamentos e avaliar o efeito dessas culturas na produtividade e na fitossanidade do café na região de Muzambinho, por duas safras da lavoura cafeeira.

Material e métodos

O experimento foi desenvolvido no Setor de Cafeicultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus Muzambinho*, em área com coordenadas geográficas de 21°20'32,64" Sul e 46°32'00,99" Oeste, altitude média de 1.023 metros, clima temperado úmido com inverno seco e verão moderadamente quente (Cwb), de acordo com Köppen (SÁ JUNIOR et al., 2012).

A condução do experimento ocorreu nos anos-safra 2016/17 e 2017/2018, em área cultivada com café (*Coffea arabica* L.), da cultivar Catuaí Vermelho IAC-144, com 12 anos de idade, espaçamento 3,8 m x 1,0 m e recepado em setembro de 2014.

Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 2 + 2 em parcelas subdivididas no espaço e com 3 repetições, sendo 3 tipos de cultivos intercalares (milho, feijão e chia) em dois espaçamentos entrelinhas dos cultivos (30,0cm e 60,0cm), mais dois tratamentos adicionais (dessecado com glifosato ou apenas roçado).

O fator espaçamento foi aleatorizado nas parcelas e o fator cultivo intercalar e os adicionais nas subparcelas, totalizando 8 tratamentos (combinações dos tipos de cultivos intercalares e o espaçamento mais os adicionais) e 24 parcelas. Cada parcela foi constituída por dezoito plantas de café (três linhas com seis plantas cada), sendo a parcela útil constituída por quatro plantas da linha central e as demais, bordadura.

Inicialmente, foi realizada uma amostragem de solo do campo experimental, de modo a caracterizar a sua fertilidade; as adubações do cafeeiro e das culturas intercalares do ano-safra 2016/2017 foram feitas em função da análise do solo em profundidade de 0 a 20 cm (TABELA 1) e as adubações do ano-safra 2017/18 foram feitas de acordo com análise do solo em profundidade de 0 a 20 cm (TABELA 2). As duas análises foram realizadas no Laboratório de Solos e Folhas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus Muzambinho*.

Tabela 1 – Atributos químicos do solo, na profundidade de 0-20 cm, da área experimental. Muzambinho/MG, agosto de 2015.

Prof.	pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	T	P-rem	V	M	M.O.
	H ₂ O	mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³					mg L ⁻¹	%	dag kg ⁻¹	
0-20 cm	5,8	47	333	0,0	4,59	0,96	2,60	6,4	9	21,9	71,1	0,0	2,74

Métodos de extração: pH: água; M.O.: S. Sulfurosa; P, K, Cu, Fe, Mn, Zn: Mehlich-I; P-rem: CaCl₂; Ca, Mg, Al: KCl; H+Al: Tampão SMP; SB: Água Quente.

Fonte: Elaboração dos autores (2016/2017).

Tabela 2 – Atributos químicos do solo, na profundidade de 0-20 cm, da área experimental. Muzambinho/MG, agosto de 2016.

Prof.	pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	T	P-rem	V	M	M.O.
	H ₂ O	mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³					mg L ⁻¹	%	dag kg ⁻¹	
0-20 cm	6,24	64,4	146	0,0	4,77	0,96	2,63	6,1	8,7	23,2	69,9	0,0	2,61

Métodos de extração: pH: água; M.O.: S. Sulfurosa; P, K, Cu, Fe, Mn, Zn: Mehlich-I; P-rem: CaCl₂; Ca, Mg, Al: KCl; H+Al: Tampão SMP; B: Água Quente.

Fonte: Elaboração dos autores (2016/2017).

Não foi necessária a aplicação de calcário na área experimental para a correção do solo. O preparo do solo foi de maneira convencional, utilizando-se de roto-encanteiradora e grade niveladora, com o intuito de deixar o solo em condições adequadas para a semeadura. Para o ano-safra 2016/2017, as culturas intercalares foram estabelecidas dia 14 de dezembro de 2015 e para o ano-safra 2016/2017 foram implantadas no dia 06 de dezembro de 2016.

As adubações da cultura do milho e da chia foram realizadas de acordo com Raij et al. (1997), sendo que a adubação da chia foi baseada na cultura da menta e hortelã, pois elas são da mesma família botânica. As adubações do cafeeiro e do feijoeiro foram feitas de acordo com Ribeiro et al. (1999), considerando o nível 3 de tecnologia para a adubação do feijoeiro. O manejo fitossanitário do cafeeiro seguiu o padrão realizado pelo setor de cafeicultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus Muzambinho*.

A densidade populacional de chia e feijão, no espaçamento de 30,0 cm, foi de 6 plantas m^{-1} e no espaçamento de 60,0cm foi de 12 plantas m^{-1} , a densidade para a cultura do milho no espaçamento de 30,0cm foi de 1,65 plantas m^{-1} e no espaçamento de 60,0cm foi de 3,3 plantas m^{-1} . Independentemente dos espaçamentos entrelinhas dos consortes, todos foram implantados a uma distância mínima de 50,0cm da projeção da copa dos cafeeiros.

Para avaliação de maturação dos frutos, foram colhidos 100,0mL de frutos de café em cada planta útil das parcelas avaliadas, totalizando 400,0mL de frutos por amostragem, nos meses de junho e julho de 2016 e nos meses de maio, junho e agosto de 2017. Os frutos foram quantificados e qualificados como: Verdes (frutos com exocarpo de coloração verde e esverdeada, até a fase de maturidade fisiológica), Maduros (frutos com exocarpo avermelhado, vermelho e vermelho-escuro) e secos (frutos que já tinham passado de sua maturidade fisiológica, apresentando exocarpo de cor marrom ou com aspecto desidratado).

A produtividade do cafeeiro foi avaliada logo após a colheita das parcelas experimentais, realizadas em julho de 2016 e agosto de 2017, quantificando-se o total de frutos colhidos em cada parcela útil em litros, desconsiderando o café de varrição. Os valores foram transformados em produtividade, utilizando como referência o valor de 450,0 litros de frutos de café “da roça” para cada saca de 60,0kg de café beneficiado (11% b.u.) (NADALETI, 2017).

O rendimento do café foi obtido pela razão entre o peso do café beneficiado (11% b.u.) e o volume de café “da roça” em litros. Para tal, 10,0 litros de frutos de café “da roça” de cada parcela foram colocados para secar em terreiros suspensos até atingirem a umidade recomendada, posteriormente foram beneficiados e procedeu-se aos cálculos para transformar os valores em rendimento (NADALETI, 2017).

A classificação física quanto ao tipo e defeitos intrínsecos foi feita de acordo com Brasil (2003). Na presença de mais de uma classe de defeito em um mesmo grão, foi considerado o de maior equivalência. Também foi efetuada a pesagem individual dos grãos defeituosos para todas as classes de defeitos. A classificação granulométrica dos grãos foi feita em amostras de 100,0g e foi obtida pelas porcentagens de grãos retidos nas peneiras circulares (18, 17, 16, 15, 14 e 13) para grãos chatos e peneiras oblongas (13,12, 11, 10 e 9) para grãos redondos (moca) (SILVA et al., 2010).

Para acompanhar a dinâmica das pragas e doenças no cafeeiro, as avaliações foram realizadas nos meses de janeiro a junho tanto no ano-safra 2016/17 quanto no ano-safra 2017/18, totalizando seis avaliações por ano. A amostragem foi realizada no terço médio da planta, foram escolhidos 3 ramos plagiotrópicos ao acaso na face norte, mais 3 ramos ao acaso na face sul, avaliando-se o

3º e 4º par de folhas, as quais foram classificadas por nível de incidência, ou seja, presença ou ausência de pragas e doenças no tecido vegetal.

As avaliações foram feitas mensalmente com o objetivo de monitorar pragas e doenças como: Bicho Mineiro (*Leucoptera coffeella*), Cercosporiose (*Cercospora coffeicola*), Ferrugem (*Hemileia vastatrix*), Mancha de Phoma (*Phoma* spp.), Mancha Aureolada (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*) e Phoma Tarda (*Ascochyta coffeae*). Foram consideradas presentes as folhas que possuíam o agente patogênico instalado nelas e ausentes as folhas livres de infestações ou com início de ataque ainda não desenvolvido (ROCHA et al., 2013).

Para análise estatística, realizou-se a análise de variância para as variáveis respostas, sendo considerado um nível de significância de 5 % (valor-p). Para as variáveis que tiveram efeito significativo do fator cultivo intercalar ou da interação “espaçamento e cultivo intercalar”, submetem-se as médias ao Teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade. Para as variáveis que tiveram efeito significativo do fator espaçamento e/ou dos tratamentos adicionais, as médias foram separadas de acordo com o Teste F, a um nível de significância de 5 % (p-valor). Todos os procedimentos para a realização das análises estatísticas foram por meio do software R versão 3.4.1 (R CORE TEAM, 2017).

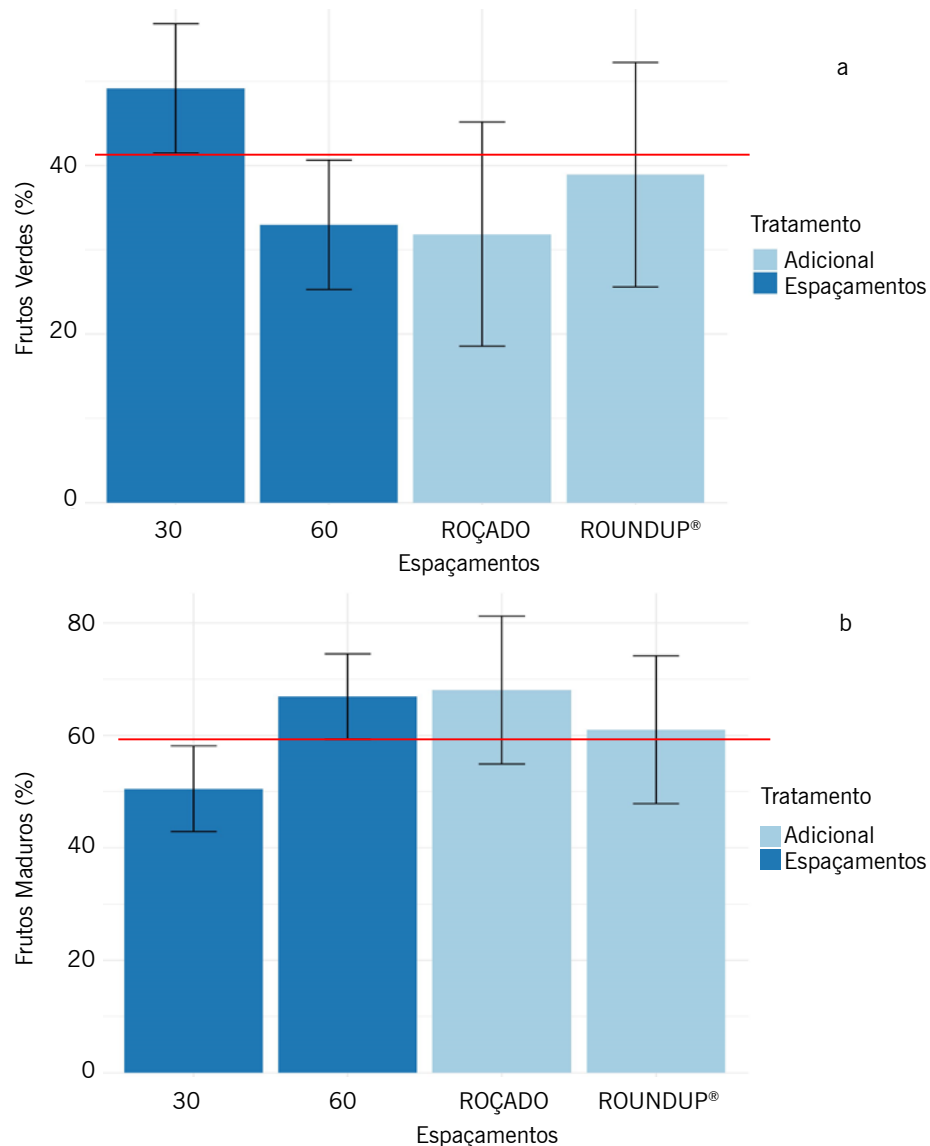
Resultados e discussão

No ano-safra 2016/17, baseado nas análises de variância, foram observados efeitos significativos somente para a variável maturação e no ano-safra 2017/18, houve resultados significativos para os parâmetros maturação, classificação granulométrica e incidência de cercosporiose.

A maturação dos frutos no ano-safra 2016/17 foi influenciada pelo fator espaçamento da cultura intercalar, sendo que houve maior porcentagem de frutos verdes nos tratamentos em que os consortes estavam espaçados a 30,0cm e maior porcentagem de frutos maduros nos consortes com espaçamentos de 60,0cm (FIGURA 1).

A diferença nos resultados deve-se, provavelmente, ao fato de que nos tratamentos com consortes espaçados a 30,0cm, ou seja, com seis linhas da cultura entre as do cafeeiro, houve interceptação luminosa maior do que nos tratamentos de consortes espaçados a 60,0cm, com apenas três linhas de cultivo intercalar. Portanto, esse maior sombreamento no cafeeiro pode ter contribuído para o atraso na maturação. Esses resultados corroboram os estudos feitos por Carvalho et al. (2007), em que os autores determinaram o número de linhas e a dose de adubação do feijoeiro intercalado com cafeeiro adensado, relatando sombreamento do café de acordo com o aumento de linhas do cultivo intercalar, diminuindo produção e incremento de diâmetro do caule do café.

Figura 1 – Percentual de frutos verdes (a) e maduros (b) colhidos no dia 05 de julho de 2016 de cafeeiros conduzidos com cultivos intercalares em diferentes espaçamentos. Muzambinho/MG, ano-safra 2016/17.



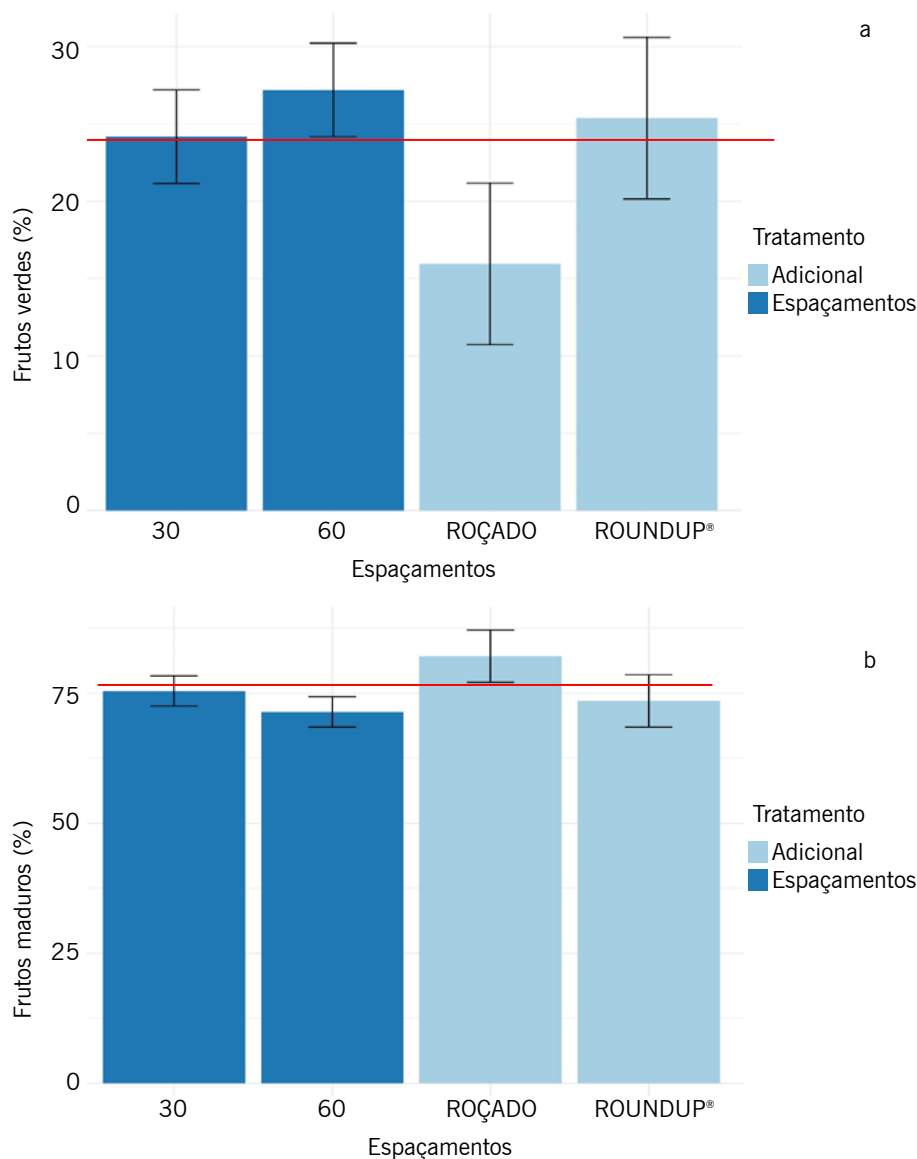
As barras das médias dos tratamentos estão com os intervalos de confiança (95%). Sendo assim, as médias em que as barras do intervalo de confiança se sobrepõem são iguais estatisticamente e as que não se sobrepõem são diferentes.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Na maturação dos frutos do ano-safra 2017/2018, a porcentagem de frutos verdes e maduros mostrou significância entre os tratamentos adicionais e os tratamentos com cultivos intercalares, sendo que houve maior porcentagem de frutos verdes nos tratamentos com consórcios espaçados a 60,0cm e maior porcentagem de frutos maduros no tratamento adicional roçado (FIGURA 2).

A explicação para este resultado é que possivelmente nas parcelas roçadas não houve nenhuma interferência no processo de maturação, uma vez que o café, por estar roçado, não sofre interferência de sombreamento, levando a maior maturação, como visto por Pezzopane et al. (2010). No tratamento de 60,0cm, com três linhas de cultivo intercalar, teve um ambiente mais sombreado que pode ter contribuído para o atraso da maturação.

Figura 2 – Percentual de frutos verdes (a) e maduros (b) colhidos no dia 23 de junho de 2017 em cafeeiros conduzidos com cultivos intercalares sob diferentes espaçamentos. Muzambinho/MG, ano-safra 2017/2018.



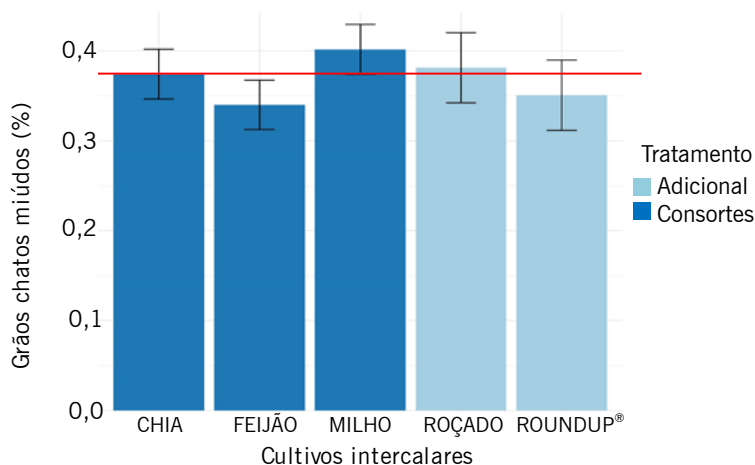
As barras das médias dos tratamentos estão com os intervalos de confiança (95%). Sendo assim, as médias em que as barras do intervalo de confiança se sobrepõem são iguais estatisticamente e as que não se sobrepõem são diferentes.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

A classificação granulométrica do ano-safra 2017/2018 apresentou resultados significativos para as espécies intercalares cultivadas, sendo que foi observada maior porcentagem de grãos chatos miúdos nos tratamentos implantados com milho do que nos implantados com feijão (FIGURA 3), independentemente dos espaçamentos de cultivos das culturas intercalares.

A diferença nos resultados deve-se, provavelmente, ao fato de que a cultura do milho é mais exigente que a cultura do feijão, ou seja, possui demandas maiores por água, nutrientes e luz, portanto houve uma competição interespecífica maior com o cafeeiro, que interferiu diretamente no tamanho final dos grãos de café (AMARAL FILHO et al., 2005).

Figura 3 – Percentual de grãos chatos miúdos na classificação granulométrica do café oriundo de cafeeiros conduzidos com cultivos intercalares em diferentes espaçamentos. Muzambinho/MG, ano-safra 2017/2018.

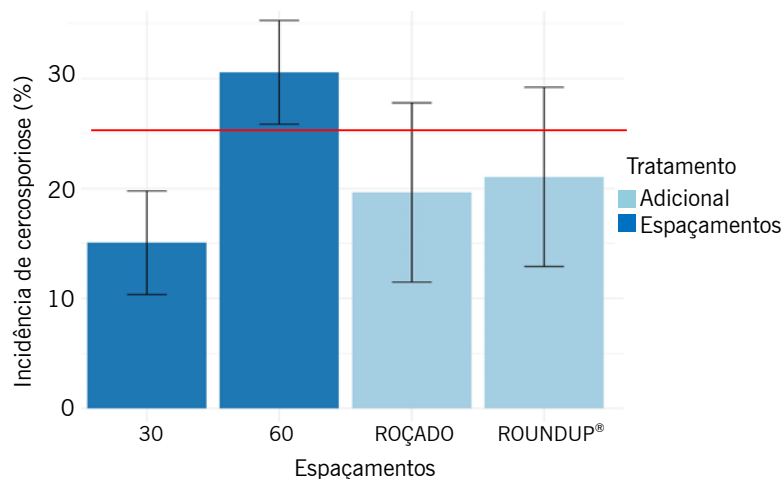


As barras das médias dos tratamentos estão com os intervalos de confiança (95%). Sendo assim, as médias em que as barras do intervalo de confiança se sobrepõem são iguais estatisticamente e as que não se sobrepõem são diferentes.

Fonte: elaboração dos autores (2017).

Com relação à dinâmica das pragas e doenças do cafeeiro, observou-se efeito significativo dos tratamentos apenas no mês de maio do ano-safra 2017/2018 na incidência de cercosporiose para os diferentes espaçamentos, período que coincidiu com o ano de safra alta. Como apresentado na Figura 4, a incidência foi maior nos tratamentos com 60,0 cm do que nos de 30,0 cm. Isto pode ser explicado pelo fato de que os cultivos a 60,0 cm permitiram um ambiente com maior insolação do que nos tratamentos com 30,0 cm e a alta insolação promove condições ideais para o desenvolvimento da cercosporiose (SILVA et al., 2013).

Figura 4 – Incidência de cercosporiose em maio de 2017 nos cafeeiros conduzidos com cultivos intercalares em diferentes espaçamentos. Muzambinho/MG, ano-safra 2017/2018.



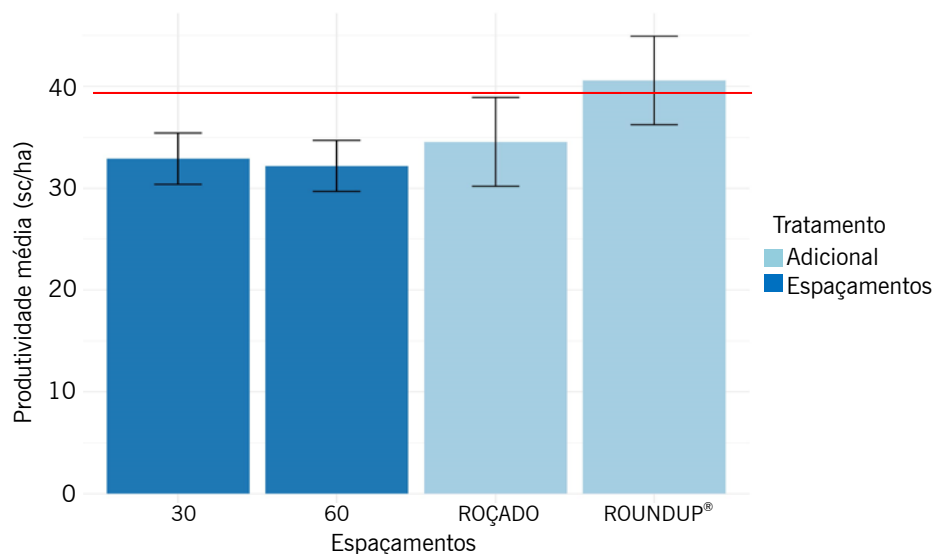
As barras das médias dos tratamentos estão com os intervalos de confiança (95%). Sendo assim, as médias em que as barras do intervalo de confiança se sobrepõem são iguais estatisticamente e as que não se sobrepõem são diferentes.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Considerando-se as médias das produtividades e rendimentos para os anos-safra sequenciados (2016/2017 e 2017/2018), foram observados resultados significativos.

Observou-se que a produtividade média para esse período avaliado foi influenciada pelos tratamentos, sendo alcançadas médias significativamente maiores para o manejo com glifosato em relação aos cultivos intercalares (FIGURA 5). Tanto as culturas intercalares implantadas no espaçamento de 60,0 cm quanto às implantadas no de 30,0 cm influenciaram negativamente a produtividade média do cafeeiro, o que pode ser explicado pela maior competição das culturas intercalares por água, nutrientes e luz (PAULO et al., 2004).

Figura 5 – Média das produtividades alcançadas nos dois anos de avaliação dos cafeeiros conduzidos com cultivos intercalares em diferentes espaçamentos. Muzambinho/MG, anos-safra 2016/2017 e 2017/2018.

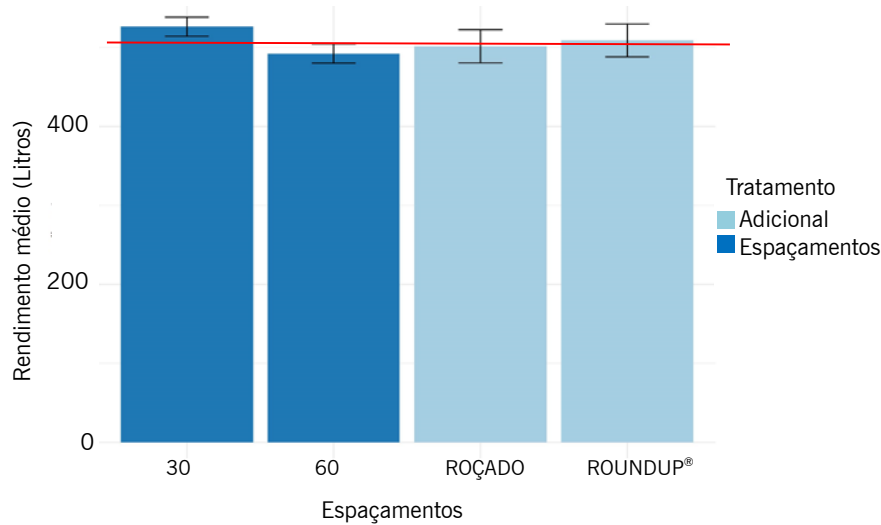


As barras das médias dos tratamentos estão com os intervalos de confiança (95%). Sendo assim, as médias em que as barras do intervalo de confiança se sobrepõem são iguais estatisticamente e as que não se sobrepõem são diferentes.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Observou-se que o rendimento médio para esse período avaliado foi influenciado pelos espaçamentos, pois o rendimento foi menor nos tratamentos com consórcios espaçados a 30,0cm, do que nos de 60,0cm (FIGURA 6), demonstrando que onde houve maior número de linhas das culturas intercalares, foi observada maior competição com o cafeeiro. Por isso, observou-se a necessidade de maior quantidade de café “da roça” para produzir uma saca de 60,0kg de café beneficiado (11% b.u.). Resultados semelhantes foram encontrados por Pezzopane (2010), que obteve menor rendimento de café consorciado com macadâmia.

Figura 6 – Rendimento médio de frutos colhidos nos dois anos de avaliação, em litros, necessários para produzir uma saca de 60,0 kg de café beneficiado 11% b.u. em cafeeiros conduzidos com cultivos intercalares em diferentes espaçamentos. Muzambinho/MG, anos-safra 2016/2017 e 2017/2018.



As barras das médias dos tratamentos estão com os intervalos de confiança (95%). Sendo assim, as médias em que as barras do intervalo de confiança se sobrepõem são iguais estatisticamente e as que não se sobrepõem são diferentes.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Conclusões

No ano-safra 2016/2017, observou-se um atraso na maturação dos frutos nos tratamentos com os consortes espaçados a 30,0 cm, quando comparado aos mesmos consortes em espaçamento de 60,0cm.

Na avaliação de maturação dos frutos do ano-safra 2017/2018, houve um atraso nos tratamentos de consortes espaçados a 60,0 cm, quando comparados com o tratamento adicional roçado.

A cultura do milho comparada com a do feijão no ano-safra 2017/2018 interferiu de forma negativa na granulometria do café, pois resultou em maior porcentagem de grãos chatos miúdos.

A incidência de cercosporiose no mês de maio do ano-safra 2017/2018 mostrou-se mais severa nos cultivos intercalares com 60,0cm do que nos de 30,0cm.

Observou-se ainda que o rendimento médio do cafeeiro nos anos-safra 2016/2017 e 2017/2018 foi prejudicado pelas culturas intercalares implantadas no espaçamento de 30,0 cm.

Independentemente dos espaçamentos, as culturas intercalares influenciaram negativamente a produtividade média do cafeeiro nos anos-safra 2016/2017 e 2017/2018, sendo necessários mais estudos sobre essas culturas com relação ao cultivo do cafeeiro.

Evaluation of the productivity and plant health of pruned coffee intercropped with annual crops

Abstract

Alley intercipiente with annual crops is a usual practice in coffee cultivation, especially in periods of renewal of the crop by pruning. Its purpose is to make better use of the area, decrease costs of implantation

and renovation, mainly in coffee plantations with open lines, through the production of subsistence food with generation of additional and immediate income of the producer. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the productivity and plant health of pruned coffee crop in consortium with annual crops in different spacings. The experiment was carried out at the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho, in the 2016/17 and 2017/2018 crop years, in a coffee plant of Catuaí Vermelho cultivar 144, 12 years old, pruned in 2014. Three intercrops (corn, chia and beans) in two spacings (30.0cm and 60.0cm) plus two additional treatments without intercropping (slashing or applying herbicide) were implanted in the soil. In the crop year 2016/17, a delay in the fruit maturation was observed in the treatment with intercropping spaced at 30.0cm, when compared to the same crops at 60.0cm spacing. The maturation of the fruits in the 2017/18 crop year was delayed in the treatments of consorts spaced at 60.0 cm, when compared with the additional treatment. There was an expressive increase of cercosporiosis with cropping culture spacing 60.0cm. It was also observed that the average yield of coffee in the 2016/17 and 2017/18 crop years was affected by the interplant cultures implanted in the spacing of 30.0cm. In general, regardless of the spacings, intercropping negatively influenced the productivity of coffee in both 2016/17 and 2017/2018 crop years.

Keywords: Beans. Chia. Coffee. *Coffea arabica* L. Corn. Yield.

Referências

- AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 29, p. 467-473, 2005.
- APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; SOUZA, P. S. Épocas de florescimento e colheita da noqueira-macadâmia para áreas cafeícolas da Região Sudeste. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 170-178, 2014.
- ASTEN, P. J. A. V.; WAIREGI, L. W. Y.; MUKASA, D.; URINGI, N. O. Agronomic and economic benefits of coffee-banana intercropping in Uganda's smallholder farming systems. **Agricultural Systems**, Dordrecht, v. 104, n. 4, p. 326-334, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 8**, de 11 de junho de 2003. Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. Brasília, 2003.
- CARVALHO, A. J.; ANDRADE, M. J. B.; GUIMARÃES, R. J.; MORAIS, A. R. Sistemas de produção de feijão intercalado com cafeeiro adensado em período de formação ou após recepa. **Revista Ceres**, v. 57, n. 3, p. 383-392, maio/jun., 2010.
- CARVALHO, A. J.; ANDRADE, M. J. B.; GUIMARÃES, R. J. Sistemas de produção de feijão intercalado com cafeeiro adensado recém-plantado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 133-139, jan./fev., 2007.
- CHUNG, K. H.; SHIN, K. O.; HWANG, H. J.; CHOI, K. S. Chemical composition of nuts and seeds sold in Korea. **Nutrition Research and Practice**, v. 7, n. 2, p. 82-88, 2013.
- DaMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.

NADALETI, D. H. S. **Resposta ao esqueletamento de progênies de *Coffea arabica* L.: produtividade e qualidade**. 2017. 54 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

PEZZOPANE, J. R. M.; MARSETTI, M. M. S.; SOUZA, J. M.; PEZZOPANE, J. E. M. Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com nogueira macadâmia. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1257-1263, 2010.

OUMA, G. Intercropping and its application to banana production in East Africa: a review. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, Tampa, v. 1, n. 1, p. 13- 15, 2009.

PAULO, E. M.; SEVERIANO, B. R.; CAVICHIOLI, J. C.; KASAI, F. S. Comportamento do cafeeiro apoatã em consórcio com culturas anuais. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 275-281, 2004.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 03 ago. 2017.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Boletim Técnico 100**: Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. 2ª edição ver. ampl. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1997. 285p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

ROCHA, L. M.; SOARES, A. G. G.; NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H. Monitoramento de pragas e doenças do cafeeiro no estado do Paraná. VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 8. Salvador – BA. 25 a 28 de Novembro de 2013.

SÁ JUNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, F. F.; ALVES, M. C. Application of the Köppen Classification for climatic zoning in the stat of Minas Gerais, Brasil. **Theoretical and Applied Climatology**. v. 108, p. 1-7, 2012.

SANTOS, J. C. F.; MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S. Cobertura do solo no controle de plantas daninhas do café. **Documentos Embrapa Cerrados**, v. 226, p. 56, 2008.

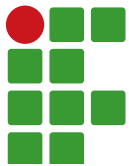
SILVA, A. C.; LIMA, L. A.; EVANGELISTA, A. W. P.; MARTINS, C. P. Características produtivas do cafeeiro arábica irrigado por pivô central na região de lavras/MG. **Coffee Science**, v. 6, n. 2, p. 128-136, maio/ago. 2011.

SILVA, V. C.; PERDONÁ, M. J.; SORATTO, R. P.; NEGRISOLI, E. Ocorrência de plantas daninhas em cultivo consorciado de café e nogueira-macadâmia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 441-449, 2013.

VAAST, P.; BERTRAND, B.; PERRIOT, J. J.; GUYOT, B.; GÉNARD, M. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 2, p. 197-204, 2005.

Submetido em: 31/07/2018

Aceito em: 22/01/2019



Avaliação do potencial herbicida de *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze in vitro em plântulas de alface

Nayara Clarete da Penha¹

Priscila Pereira Botrel²

Jéssica Azevedo Batista³

Resumo

A *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze é uma fonte viável para a obtenção de metabólitos secundários que são potencialmente ativos, o que justifica o aprofundamento de estudos e pesquisas de atividades relacionadas a esses compostos. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de verificar a atividade herbicida de extratos etanólicos da espécie *A. angustifolia* em plântulas de alface cultivadas in vitro. Os extratos etanólicos foram preparados utilizando cascas e folhas nas concentrações 0%, 12%, 5%, 25%, 50% e 100%. Preparou-se o meio MS semissólido (MURASHIGE; SKOOG, 1962), o qual teve o pH ajustado para aproximadamente 5,7 e foi solidificado com 8g L⁻¹ de ágar e autoclavado a 1,6 atm por 20 minutos. A adição das concentrações dos extratos no meio de cultura foi realizada durante sua confecção e antes da autoclavagem, por meio de uma pipeta automática, contendo o volume final de 0,1mL de extrato de *A. angustifolia* por plântula de alface. Após 20 dias da inoculação, determinou-se o número de folhas por plântulas, altura, teor de clorofila, biomassa seca da raiz e parte aérea e porcentagem de mortalidade. Os resultados demonstraram que tanto o extrato das folhas quanto o de cascas de *A. angustifolia* possuem atividade herbicida em plântulas de alface cultivadas in vitro e que a concentração 100% dos extratos foi a que apresentou os melhores resultados inibitórios para as variáveis analisadas.

Palavras-chave: Atividade biológica. Araucária. Cultivo in vitro. Mortalidade de plantas. *Lactuca sativa* L.

Introdução

A *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze é uma típica árvore conífera brasileira, grande e perenifólia, de tronco reto e quase cilíndrico (AQUINO, 2005). No que se refere à taxonomia, a espécie *A. angustifolia* pertence à ordem Coniferae, classe Coniferopsida, família Araucariaceae e é conhecida popularmente como pinheiro brasileiro ou pinheiro do Paraná (ANGELI; STAPE, 2003).

Esta espécie é uma fonte viável para a obtenção de metabólitos secundários que são potencialmente ativos, o que justifica o aprofundamento de estudos e as pesquisas de atividades relacionadas a esses compostos (ALMEIDA, 2003).

Ao ser destilada, a *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze possui algumas atividades farmacológicas verificadas, como anticâncer e antimicrobianas, bem como antifúngica e

1 Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), mestranda em Ciências Ambientais. nayara.clarete.p@gmail.com. Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Alfenas-MG, 37130-001.

2 IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho. Professora. botrelpp@gmail.com.

3 IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho. Laboratorista. batistaja7@gmail.com.

antiviral (LIN et al., 1999; GRYNBERG et al., 2002). Segundo Lucho et al. (2009), o extrato etanólico de *A. angustifolia* apresenta potencial inseticida em baratas da espécie *Leurolestes circumvagans*.

Segundo Seccon et al. (2010), a casca da árvore *A. angustifolia* tem uma alta concentração de flavonóides, enquanto as folhas contêm proantocianidinas (FREITAS et al., 2009). A resina contém ácidos fenólicos, hidroquinona e ferruginol (YAMAMOTO et al., 2004 apud SOUZA, 2013). Em torno de 50% da resina de algumas coníferas é formada por ácidos resinosos, 20% a 30% são monoterpenos voláteis e outra parte são terpenóides e ésteres de ácidos graxos (KLOCK; ANDRADE, 2013). Além disso, a *A. angustifolia* possui vários terpenóides (germacreno-D, diterpenoshibaeno e filocladeno), denominados araucaróides, presentes no óleo volátil de folhas (BROPHY et al., 2000 apud RAMOS; BORTOLUZZI; MANTOVANI, 2010).

O manejo de plantas daninhas é importante para os rendimentos na produção agrícola. Conforme a espécie, a densidade e a distribuição da planta invasora, as perdas podem ser significativas, causando prejuízos à cultura, principalmente competitividade por luz solar, água e nutrientes, podendo também dificultar a colheita e a qualidade de grãos (EMBRAPA, 2003).

A descoberta de herbicidas naturais possibilitaria a formulação de produtos eficientes e que podem ser menos persistentes no ambiente e até apresentar menores níveis de toxicidade quando comparados às moléculas de produtos químicos. Além disso, herbicidas naturais podem diminuir a seleção natural de biótipos de plantas resistentes ou tolerantes, que causam prejuízo na produtividade das lavouras. Esta resistência hoje em dia é causada pela utilização contínua de uma única fórmula de herbicida no campo (EMBRAPA, 2014).

Devido às substâncias encontradas nas diferentes partes da espécie *A. angustifolia* e seus diversos potenciais biológicos já identificados, juntamente com a importância da descoberta de novas moléculas de herbicidas, objetivou-se com este trabalho verificar a atividade herbicida de extratos etanólicos da espécie *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze em plântulas de alface cultivadas in vitro em plântulas de alface. Apesar de existirem trabalhos na literatura que relatam a utilização da araucária para fins de inibição de crescimento em plantas de alface, estes são divergentes em relação à parte da planta a ser estudada e não são conclusivos, principalmente por se tratarem de ensaios ex vitro.

Material e métodos

Localização experimental e preparo dos extratos de *A. angustifolia*

O experimento foi conduzido em maio de 2017 no Laboratório de Biotecnologia: Cultura de Tecidos Vegetal, localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Campus Muzambinho.

Folhas e cascas de *A. angustifolia* foram coletadas de plantas adultas no Campus Muzambinho no período da manhã, às 8h. Objetivou-se padronizar o horário de coleta, pois este fator pode influenciar a composição química do material vegetal. Para obtenção dos extratos, os materiais vegetais foram secos em estufa de renovação de ar a 40°C, por 72 horas. Posteriormente, os materiais secos foram triturados, com o auxílio de um moinho de facas tipo Willey, dissolvidos em álcool etílico e armazenados na geladeira, no escuro, por 12 horas.

Todos os extratos foram confeccionados obedecendo à proporção de 100 gramas de material vegetal para 900mL de álcool etílico, sendo este considerado o extrato bruto, com 100% de concentração. Após esse período, os extratos sofreram filtragem com finalidade de retirada de partículas maiores e depois diluição, para obtenção das soluções com concentrações 12%, 5%,

25%, 50% e 100%. O efeito dessas concentrações foi comparado com a água destilada, considerada como tratamento controle.

Preparo do meio de cultura e procedimentos do cultivo in vitro de sementes de alface

Preparou-se o meio MS semissólido (MURASHIGE; SKOOG, 1962), o qual teve o pH ajustado para aproximadamente 5,7 e solidificado com 8g L⁻¹ de ágar e autoclavado a 1,6atm por 20 minutos. A adição das concentrações dos extratos no meio de cultura foi realizada durante sua confecção e antes da autoclavagem, por meio de uma pipeta automática, contendo o volume final de 0,1mL de extrato de *A. angustifolia* por plântula de alface cultivada in vitro, totalizando 2,0mL de extrato para cada tratamento.

No experimento, totalizaram-se 200 sementes de alface de cultivar comercial Regina. A assepsia das sementes foi realizada com 1,25% de cloro ativo durante 15 minutos e em seguida as sementes foram lavadas 4 vezes com água destilada e autoclavada em capela de fluxo laminar.

A inoculação das sementes de alface foi realizada em frascos contendo o volume de 40mL de meio de cultura. Em cada um dos frascos foram inoculadas 5 sementes que após esse processo permaneceram em BOD sob fotoperíodo de 16 horas de luz e à temperatura de 25°C.

Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2 (folhas e cascas) x 5 (concentrações do extrato etanólico), totalizando 10 tratamentos. Foram realizadas 4 repetições contendo 5 plantas por parcela.

Após 20 dias de cultivo in vitro, avaliou-se biomassa seca da parte aérea e raiz, altura (cm), número de folhas, teor de clorofila total medido pelo aparelho Clorofilog e % de mortalidade. As análises estatísticas foram realizadas pelo Programa SISVAR (FERREIRA, 2011) com ajustes de regressão para as concentrações de extrato etanólico nos diferentes tipos de material vegetal (folhas e cascas) de *A. angustifolia*.

Resultados e discussão

A interação entre as fontes cascas e folhas de *A. angustifolia* e as diferentes concentrações não apresentou uma resposta significativa para o número de folhas (NF) e teor de clorofila (TC), enquanto o contrário ocorreu para a altura (ALT) das plântulas de alface. Não foi constatada diferença significativa para o número de folhas (NF) das plântulas de alface, por meio da análise de variância para as fontes utilizadas, assim como para as outras variáveis. Para as concentrações dos extratos, houve resposta para número de folhas (NF), altura (ALT) e teor de clorofila (TC) (TABELA 1).

Tabela 1 – Quadrado médio (QM) e coeficiente de variação dos resíduos (CV) referentes ao número médio de folhas (NF), altura média em centímetros (ALT) e teor médio de clorofila (TC) em função das fontes do extrato, concentrações utilizadas e suas interações para as plântulas de alface. IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho-MG, 2018.

Fontes de variação	QM			
	GL	NF	ALT (cm)	TC
Fontes	1	6,480000 ^{ns}	0,393384 ^{ns}	3,892050 ^{ns}
Concentração	4	130,192500*	78,017884*	425,025750*
Fontes* concentração	4	3,192500 ^{ns}	5,492234*	33,153800 ^{ns}

(continua...)

Tabela 1 – Continuação

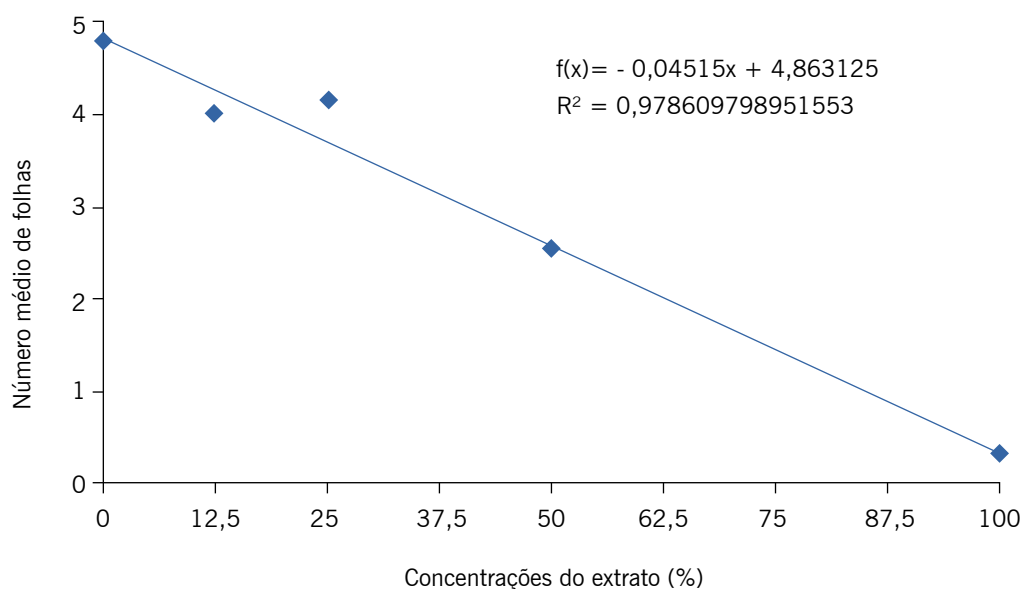
Fontes de variação	QM			
	GL	NF	ALT (cm)	TC
Erro 190	190	2,085263	0,866725	31,536466
CV (%)		45,55	51,13	89,60

ns: Não significativo; *: significativo pela análise de variância ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Constatou-se que para o número de folhas, à medida que ocorre o aumento da concentração dos extratos, observa-se uma tendência de redução linear do número de folhas de alface. A concentração correspondente a 25% de extrato foi a que apresentou a segunda maior quantidade de folhas, ficando atrás apenas da testemunha, em que havia sido aplicada somente água destilada. Com 100% do extrato de *A. angustifolia* obteve-se o melhor resultado, com menor número de folhas por parcela e diferindo das demais (FIGURA 1).

Figura 1 – Número médio de folhas em plântulas de alface obtido nos tratamentos com as diferentes concentrações de extrato. IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho (MG), 2018.

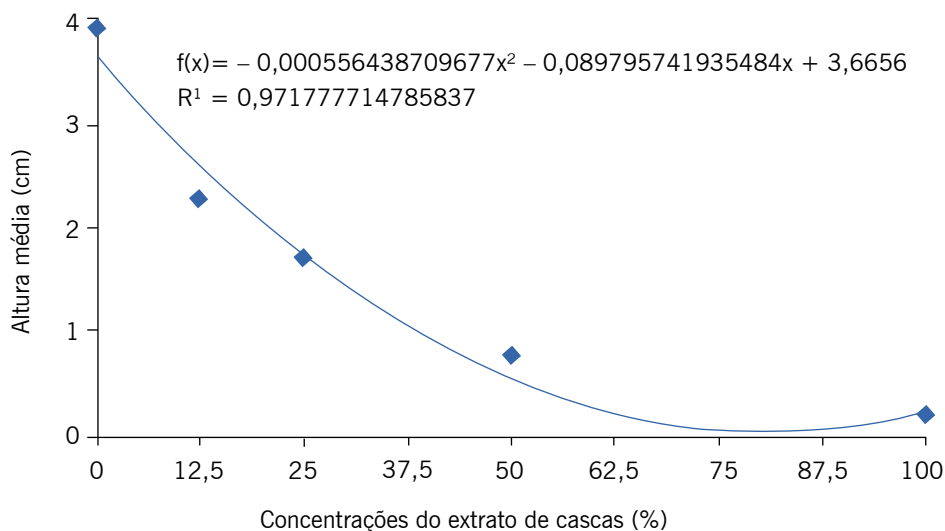


Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Silveira et al. (2014) concluíram em seu estudo que extratos aquosos das folhas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze exercem efeitos inibitórios sobre a germinação, velocidade de germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L., resultado semelhante ao obtido neste trabalho.

Na Figura 2, observa-se que a altura média das plântulas também tende a diminuir à medida que há aumento da concentração do extrato de cascas de *A. angustifolia*. A concentração mínima estimada de 80,7% de extrato proporcionou menor altura em plântulas de alface.

Figura 2 – Altura média das plântulas de alface obtida nos tratamentos com extrato de *A. angustifolia* à base de cascas, com as diferentes concentrações. IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho (MG), 2018.

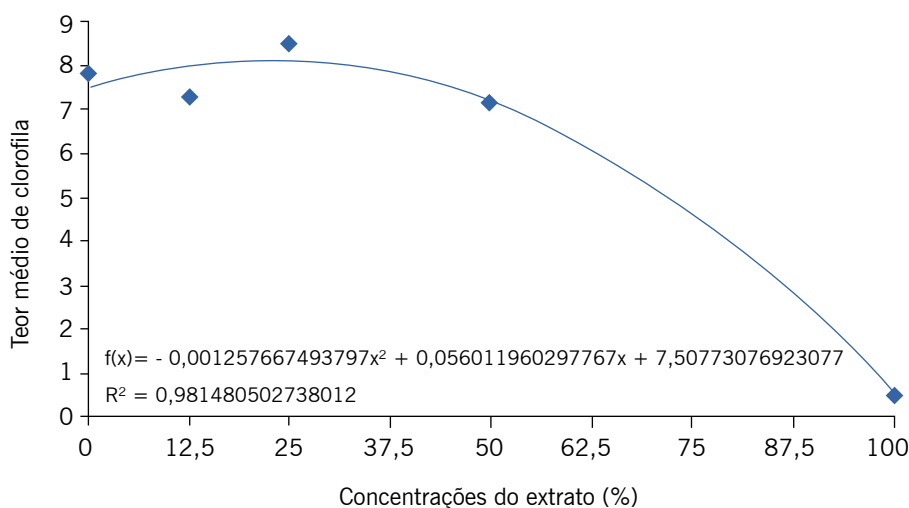


Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Segundo Klein et al. (2017), o extrato aquoso de resíduos agroindustriais de cascas do pinhão de *A. angustifolia* apresenta eficácia na inibição da germinação de sementes de *L. sativa*, mostrando-se como um potencial herbicida natural.

Para o teor médio de clorofila, a concentração do extrato de *A. angustifolia* estimada pelo modelo quadrático foi de 22,27%, representando o maior teor médio de clorofila (8,13%). Novamente, a concentração 100% se destacou, resultando no mais baixo teor de clorofila (FIGURA 3).

Figura 3 – Teor médio de clorofila de plântulas de alface obtido com as diferentes concentrações de extrato de *A. angustifolia*. IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho/MG, 2018.



Fonte: Elaboração dos autores (2018).

O teor de clorofila e carotenóides nas folhas indicam o nível de dano que determinado estresse pode estar causando à planta, uma vez que a clorose é, normalmente, um dos primeiros sintomas

expressos (CATUNDA et al., 2005). Hendry et al. (1987 citado por Catunda et al., 2005) relatam que em situações de estresse por herbicidas as clorofilas totais são destruídas com maior intensidade que os carotenóides; assim, a razão entre a concentração de clorofila total e a de carotenóides (CT/CAR) pode ser usada como um fator de avaliação de danos à planta.

A interação entre as fontes cascas e folhas de *A. angustifolia* e diferentes concentrações de extrato não apresentou resposta significativa para a média da biomassa seca de parte aérea (BSPA), média da biomassa seca de raiz (BSR) e média da porcentagem de mortalidade (%M). Também não se constatou diferença para as variáveis analisadas em função das fontes cascas e folhas de *A. angustifolia*, por meio da análise de variância. Para as concentrações desses extratos, houve resposta significativa para todas as variáveis citadas acima (TABELA 2).

Tabela 2 – Quadrado médio (QM) e coeficiente de variação dos resíduos (CV) referentes à média da biomassa seca de parte aérea (BSPA), média da biomassa seca de raiz (BSR) e média da porcentagem de mortalidade (%M) em função das fontes do extrato, concentrações utilizadas e suas interações para as plântulas de alface. IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho/MG, 2018.

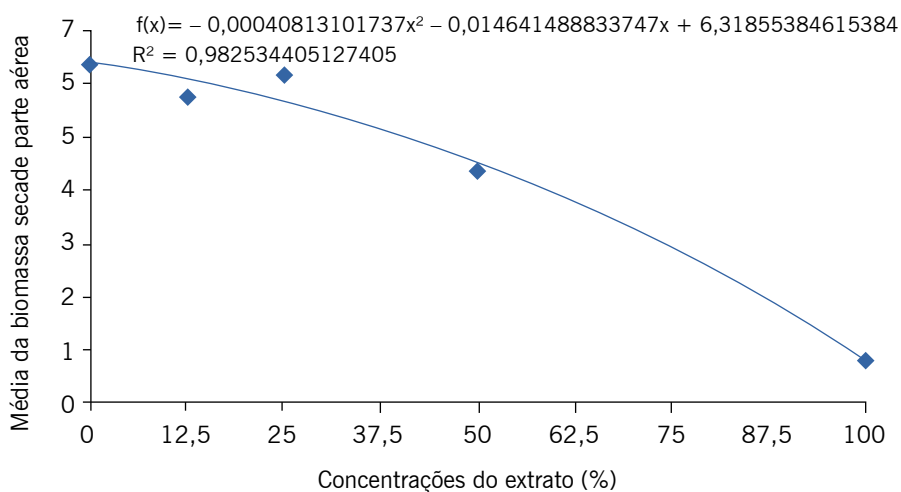
Fontes de variação	QM			
	GL	BSPA	BSR	%M
Fontes	1	0,000004 ^{ns}	1,9600000E-7 ^{ns}	360,0 ^{ns}
Concentração	4	0,000043*	0,000005*	9050,0*
Fontes*concentração	4	0,000004 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	110,0 ^{ns}
Erro	30	0,000002	0,000001	413,333333
CV (%)		28,65	80,23	81,32

^{ns}: Não significativo; *: significativo pela análise de variância ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

A biomassa seca de parte aérea de plântulas de alface apresentou o menor peso na concentração 100% do extrato. Houve uma tendência de queda (ajuste quadrático) dos valores de biomassa com o aumento das concentrações do extrato (FIGURA 4).

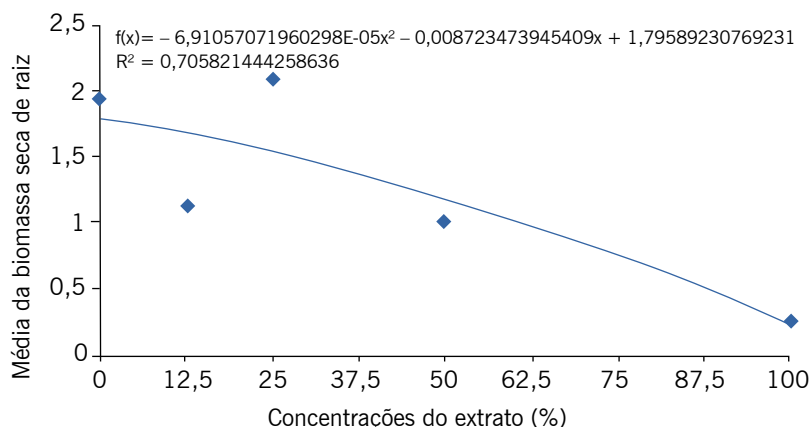
Figura 4 – Média da biomassa seca de parte aérea das plântulas de alface em mg, obtida nos tratamentos com as diferentes concentrações do extrato de *A. angustifolia*. IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho (MG), 2018.



Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Para a biomassa seca de raiz, mais uma vez a concentração de 100% foi responsável pelos resultados mais satisfatórios, com uma média da biomassa seca de raiz muito próxima a zero, muito menor do que as plântulas das parcelas da testemunha (FIGURA 5).

Figura 5 – Média da biomassa seca de raiz das plântulas de alface em mg obtida nos tratamentos com as diferentes concentrações do extrato de *A. angustifolia*. IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho (MG), 2018.

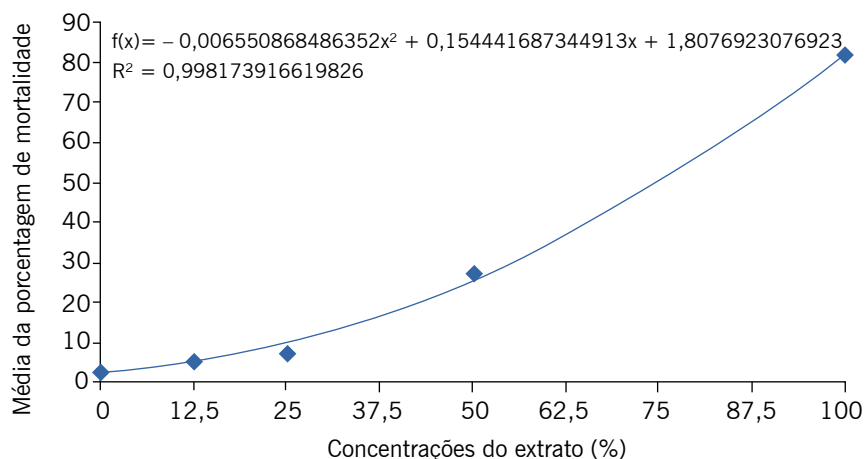


Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Braine et al. (2011) também constataram em seu trabalho que há efeitos inibitórios de substâncias da *A. angustifolia* sobre as plantas de alface, por meio da utilização de acículas senescidas inteiras e em pó em contato com as sementes, indicando que as acículas diminuem a velocidade de germinação e interferem no tamanho do sistema radicular das plantas formadas.

A Figura 6 mostra que a concentração 100% do extrato proporcionou elevada porcentagem de mortalidade das plântulas de alface. Houve um ajuste quadrático, em que à medida que se aumenta as concentrações do extrato, aumenta-se a porcentagem de mortalidade em plântulas de alface. O ponto mínimo estimado foi de 11,79% do extrato de *A. angustifolia*, proporcionando mortalidade média de plântulas de alface de 0,89%.

Figura 6 – Média da porcentagem de mortalidade das plântulas de alface obtida nos tratamentos com as diferentes concentrações do extrato de *A. angustifolia*. IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho/MG, 2018.



Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Assim, uma provável explicação para os efeitos inibitórios exercidos pela espécie *A. angustifolia* sobre o desenvolvimento de outras plantas seria a presença da catequina, composto químico que de acordo com Michelon et al. (2012 apud SOUZA, 2013) está presente no extrato aquoso de brácteas do vegetal. Taiz et al. (2017) citam a catequina como um metabólito secundário alelopático fitotóxico, que no solo inibe as raízes de outras plantas.

Conclusões

Para os extratos etanólicos de cascas e folhas da espécie *A. angustifolia* constata-se atividade herbicida em plântulas de alface cultivadas in vitro, havendo diminuição de biomassa seca da parte aérea e raiz, redução do crescimento, número de folhas, teor de clorofila e aumento da porcentagem de mortalidade após a aplicação dos tratamentos.

Com a concentração de 100% do extrato de *A. angustifolia*, observam-se os melhores efeitos inibitórios para as variáveis analisadas.

Agradecimentos

À FAPEMIG, pelo fornecimento de bolsa de iniciação científica e auxílio financeiro para realização do projeto.

Ao IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho pela infraestrutura concedida para realização do experimento.

Herbicidal potential of *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze in lettuce seedlings in vitro

Abstract

Araucaria angustifolia (Bertoloni) Otto Kuntze plants are a viable source of potentially active secondary metabolites; however, deep studies and researches about the activity of these compounds are needed. The objective of this work was to assess the herbicidal activity of ethanolic extracts of plants of the species *A. angustifolia* in lettuce seedlings in vitro. Ethanolic extracts at different concentrations (0,0%, 12.5%, 25.0%, 50.0%, and 100.0%) were prepared using barks and leaves. A semisolid MS medium with pH adjusted to approximately 5.7 was prepared, solidified with 8 g L⁻¹ of agar, and autoclaved at 1.6atm for 20 minutes. The extracts were added to the culture medium during their preparation before the autoclaving, using an automatic pipette containing 0.1 mL of *A. angustifolia* extract per lettuce seedling. The number of leaves per seedling, seedling height, chlorophyll content, root and shoot dry weights, and mortality percentage was determined at 20 days after inoculation. The results showed that the extract from leaves or barks of *A. angustifolia* plants has herbicidal activity in lettuce seedlings in vitro, and the extract concentration of 100% presented the best inhibitory results for the variables evaluated.

Keywords: Biological activity. Araucaria. In vitro culture. Plant mortality. *Lactuca sativa* L.

Referências

- ALMEIDA, M. T. R. **Isolamento e identificação de substâncias ativas *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze com potencial atividade antiviral.** 2003. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/86288>>. Acesso em: 10 nov. 2016.
- ANGELI, A.; STAPE, J. L. ***Araucaria angustifolia* (Araucaria).** 2003. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/araucaria.angustifolia.asp>>. Acesso em: 30 out. 2016.
- AQUINO, F. M. **Cultivo da *Araucaria angustifolia* : viabilidade econômico-financeira e alternativas de incentivo.** 2005. Disponível em: <http://novosite.fepese.org.br/portaldeeconomia-sc/arquivos/links/madeira_moveis_papel/2005_Cultivo_da_araucaria_SC.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2016.
- BRAINE, J. W.; AGUIAR, A. C.; BEDNARZUK, M. H.; WACHOWICZ, C. M. Germinação de sementes de alface na presença de acículas de *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Estudos de Biologia**, v. 32, n. 76, p. 67-72, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/estudosdebiologia/article/view/22868/21972>>. Acesso em: 14 jul. 2018.
- CATUNDA, M. G.; FREITAS, S.P.; OLIVEIRA, J.G.; SILVA, C.M.M. Efeitos de herbicidas na atividade fotossintética e no crescimento de abacaxi (*Ananas comosus*). **Planta daninha**, v. 23, n. 1, p. 115-121, 2005.
- EMBRAPA. **A busca por herbicidas de base natural.** 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2219356/the-search-for-natural-based-herbicides>>. Acesso em: 15 nov. 2016.
- EMBRAPA. **Controle das plantas daninhas.** 2003. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/controle.htm>>. Acesso em: 15 nov. 2016.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FREITAS, A. M.; ALMEIDA, M. T.; ANDRIGHETTI-FRÖHNER, C. R.; CARDOZO, F. T.; BARARDI, C. R.; FARIAS, M. R.; SIMÕES, C. M. Antiviral activity-guided fractionation from *Araucaria angustifolia* leaves extract. **Journal Of Ethnopharmacology**, v. 126, p. 512-517, 2009.
- GRYNBERG, N. F.; CARVALHO, M. G.; VELANDIA, J. R.; OLIVEIRA, M. C.; MOREIRA, I. C.; BRAZ-FILHO, R.; ECHEVARRIA, A. DNA topoisomerase inhibitors: biflavonoids from *Ouratea* species. **Braz J Med Biol Res**, v. 35, n. 7, p. 819-822, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-879X2002000700009>. Acesso em: 14 nov. 2016.
- KLEIN, M. I.; BIONDO, E.; KOLCHINKI, E. M.; SANT'ANNA, V. Efeito alelopático de extrato aquoso de resíduos industriais de noz-pecã [*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch] e de pinhão (*Araucaria angustifolia*). **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 3, n. 3, p. 495-507, set. 2017.

KLOCK, U.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira**. 2013. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Quimica da Madeira 2013.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

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

LIN, Y.; FLAVIN, M. T.; SCHURE, R.; CHEN, F. C.; SIDWELL, R.; BARNARD, D. L.; HUFFMAN, J. H.; KERN, E. R. Antiviral activities of biflavonoids. **Planta Médica**, v. 65, n. 2, p.120-125, 1999. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10193201>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

LUCHO, A. P. B.; PERDOMO JÚNIOR, J. D.; SÜRMER, G. D.; BUGS, C. A.; BELO, C. A. D. **Avaliação Da Atividade Inseticida do extrato etanólico de Araucária angustifolia em baratas da espécie *Leurolestes circumvagans***. 2009. Disponível em: <<http://seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/view/5412>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A. A revised medium for a rapid growth and bioassays with tobacco tissues cultures. **Plant Physiology**, n. 1, p. 437-496, 1962.

RAMOS, D. M.; BORTOLUZZI, R. L. C.; MANTOVANI, A. Plantas medicinais de um remascente de floresta ombrófila mista altomontana, Urupema, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 3, p. 380-397, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722010000300016>. Acesso em: 14 jul. 2018.

SECCON, A.; ROSA, D. W.; FREITAS, R. A.; BIAVATTI, M. W.; CRECZYNSKI-PASA, T. B. Antioxidant activity and low cytotoxicity of extracts and isolated compounds from *Araucaria angustifolia* dead bark. **Redox Report**, v. 15, p. 234-242, 2010.

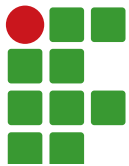
SILVEIRA, B. D.; HOSOKAWA, R. T.; NOGUEIRA, A. C.; WEBER, V. P. Atividade alelopática de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 79-85, 2014.

SOUZA, M. D. O. **Caracterização química, atividade antioxidante e antígenotóxica de extrato de brácteas de Araucária angustifolia (bert.) O. Kuntze**. 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/663/DissertacaoMarciaDenizeOliveiradeSouza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Submetido em: 08/04/2019

Aceito em: 07/10/2019



Produção de matéria seca do capim *Andropogon gayanus* cv. Planaltina estimadas por meio do NDVI

João Lucas Aires Dias¹

Paulo Alexandre Rodrigues Pereira²

Izaías de Macedo Barros³

Pedro Matheus Barboza Barros⁴

Sabino Pereira da Silva Neto⁵

Resumo

A utilização do sensoriamento remoto em estudos de manejo de pastagens é escassa, especialmente para *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. O objetivo do trabalho foi averiguar se uma câmera digital de chip único, convertida em equipamento multiespectral, seria capaz de medir e de perceber diferenças no índice vegetativo da diferença normalizada (NDVI) no capim *Andropogon gayanus* cv. Planaltina submetida a diferentes doses de nitrogênio. Conduziu-se um experimento em casa de vegetação com delineamento em blocos casualizados, submetendo o cultivar a 5 diferentes doses de nitrogênio (tratamentos), com 4 repetições. Medições de NDVI foram realizadas sobre os dosséis utilizando um sensor óptico ativo GreenSeeker® modelo HCS-100 e comparadas com as medições da câmera Canon PowerShot A495 de chip único, convertida em equipamento multiespectral por meio da remoção do filtro de vidro que bloqueia a passagem do comprimento de onda do infravermelho. Em seu lugar, inseriu-se o filtro que permite a passagem dos comprimentos de ondas do vermelho e infravermelho próximo. As medições de ambos os equipamentos foram correlacionadas com as doses de nitrogênio, produção de matéria seca do colmo, lâminas foliares, material morto e altura do cultivar. Semelhante ao sensor óptico ativo, concluiu-se que a câmera multiespectral mediu o NDVI e percebeu diferenças na produção de matéria seca do colmo, de lâminas foliares e de material morto e da altura de plantas do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina quando submetidas a diferentes doses de nitrogênio.

Palavras-chave: Campo. Massa seca de forragem. Pastejo de precisão.

Introdução

O Brasil se destaca no agronegócio mundial como um dos principais produtores e exportadores de alimentos. Nesse cenário, a bovinocultura brasileira tem papel importante, uma vez que conta com o segundo maior rebanho do mundo. Para tanto, o rebanho do Brasil possui 214,8 milhões de cabeças que são mantidas principalmente em regime de pastejo em áreas que ocupam 171,8 milhões de hectares (IBGE, 2017).

1 Universidade Federal do Tocantins, *Campus* Gurupi. Graduando curso de Engenharia Florestal. jlucas.florestal@gmail.com. Rua 18A entre as avenidas Rio Branco e Guaporé, Gurupi-TO, 77410350.

2 Universidade Federal do Tocantins, *Campus* Gurupi. Graduando curso de Agronomia. rodriguespereira23@gmail.com.

3 Universidade Federal do Tocantins, *Campus* Gurupi. Graduando curso de Agronomia. izaia_macedo11@hotmail.com.

4 Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Viçosa. Graduando curso de Agronomia. pedrogpi12@gmail.com.

5 Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus* Gurupi. Professor doutor. sabino.pereira@ifto.edu.br.

Os bovinos no Brasil são produzidos utilizando como principais alimentos as pastagens cultivadas e nativas. Os pecuaristas usam estimativas da biomassa de gramínea disponível para determinar as taxas de lotação dos animais em pastejo (SANTOS et al., 2008). Geralmente, essa predição é realizada por meio da amostragem da gramínea, em quadro com área conhecida. Nessa amostra é determinada a disponibilidade de matéria seca que será a referência para as estimativas de oferta de forragem em todo o pasto (DEMINICIS, 2015), com isso, são realizados os ajustes da taxa de lotação animal.

Novas práticas e tecnologias usadas principalmente na agricultura de precisão estão sendo adotadas para monitoramento da biomassa da pastagem. Entre essas, destacam-se os sensores ópticos ativos que utilizam a reflectância espectral do dossel forrageiro para estimar a produtividade da pastagem (SENA JÚNIOR et al., 2007). Esses sensores usam o índice por diferença normalizada (NDVI) como medida indireta da oferta de forragem.

O surgimento e o desenvolvimento de sensores permitiram maior capacidade de aquisição de dados no campo uma vez que não realizam amostragens destrutivas e que possuem custos elevados por um longo período de tempo. Além dos sensores ópticos ativos, têm-se os sensores passivos, como as câmeras multiespectrais que também são capazes de detectar o NDVI das culturas (FONSECA et al., 2015).

As câmeras multiespectrais têm como principal vantagem, em relação aos sensores ópticos ativos, a capacidade de realizar o mapeamento da variabilidade horizontal da oferta de matéria seca do pasto, pois podem ser embarcadas em veículos aéreos não tripulados (VANTs). Essa caracterização permite distinguir adequadamente os níveis de oferta de biomassa da pastagem no plano horizontal e possibilita a previsão dos padrões de deslocamento e desempenho dos animais em pastejo.

As medidas de NDVI podem ser obtidas por câmeras que utilizam dois ou mais chips, os quais captam os diferentes comprimentos de ondas que permitem calcular o citado índice. Entretanto, essas câmeras têm design óptico complexo, o que eleva seu valor de aquisição. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a correlação do NDVI obtido por meio de câmera convencional de chip único que opera com filtro óptico multiespectral com algumas características estruturais, como a folha e o colmo do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina em função de doses de nitrogênio.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no período de 14 de janeiro de 2015 a 19 de maio de 2015 em condições de casa de vegetação localizada no Instituto Federal do Tocantins. A gramínea *Andropogon gayanus* cv. Planaltina foi cultivada em vasos de polietileno sem furos, com capacidade de cinco litros, contendo como substrato areia lavada e vermiculita na proporção de 2:1 v v⁻¹. Na fase de estabelecimento da cultura, foram realizados desbastes de plantas periodicamente para que permanecessem até cinco plantas por vaso. (SOUZA et al., 2009).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos inteiramente casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por cinco doses de nitrogênio na forma de ureia, correspondentes a 0,0; 62,5; 125,0; 87,5 e 250,0mg dm⁻³, baseados na capacidade do vaso e na proporção do substrato, sendo divididos em 4 aplicações, com intervalo de 7 dias entre as aplicações. Independentemente dos 5 tratamentos, na semeadura, a adubação em dose única de 200mg dm⁻³ de fósforo foi realizada para todos os vasos, utilizando como fonte superfosfato simples e a primeira aplicação de nitrogênio. Uma semana após a semeadura, aplicaram-se 300mg dm⁻³ de potássio na forma de cloreto de potássio e 2,25mg dm⁻³ de calcário domilítico por vaso.

No dia 24 de fevereiro de 2015, aos 42 dias após a emergência das plantas, realizou-se o corte de uniformização a 10 cm de altura em relação ao nível do solo. Os efeitos das doses de nitrogênio e dos valores de NDVI na produção de matéria seca da gramínea foram estudados durante três cortes sucessivos: 24 de março de 2015, 21 de abril de 2015 e 19 de maio de 2015, com intervalos de 28 dias entre cada corte. Todos os materiais vegetais coletados nos cortes foram pesados e colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C até atingir peso constante.

Para analisar a reflectância espectral do dossel forrageiro foi utilizado o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) (BRANDÃO et al., 2005). Os dados do NDVI foram coletados a 0,60m de altura do topo do dossel da gramínea. Para aquisição dos dados foi usada câmera Canon® Powershot A495 de 10 megapixels fixada em uma haste de estrutura metálica. A câmera foi convertida em multiespectral por meio da remoção do filtro de vidro que bloqueia a passagem do comprimento de onda do infravermelho; em substituição, inseriu-se filtro de vidro bg3 da Schott®, que permite a passagem dos comprimentos de ondas do vermelho e infravermelho próximos. As imagens dos dosséis das gramíneas foram processadas e convertidas em imagens que informam o valor de NDVI, por meio do programa ImageJ (image processing and analysis in Java), que converte as imagens de cores a valores de cinza, determinando o NDVI por meio da coloração. As medidas de reflectância espectral foram obtidas nos mesmos períodos, entre 09h e 12h, minimizando o efeito das mudanças em relação ao período de iluminação do dia.

Para verificar a eficiência da câmera multiespectral em analisar a reflectância espectral, realizou-se a leitura no NDVI com um sensor óptico ativo GreenSeeker® modelo HCS-100, que possui dois diodos emissores de luz (LED) que emitem radiação ativa em dois comprimentos de onda centralizados no vermelho (660nm) e no infravermelho próximo (770nm), com largura espectral de 25nm. Esse equipamento gera valores de NDVI que são calculados automaticamente por meio da Equação 1:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

Em que, NIR é a reflectância no infravermelho próximo e RED é a reflectância no vermelho.

De acordo com Cardoso (2014), o princípio do NDVI está relacionado à absorção da radiação na região espectral do vermelho pelas clorofilas presentes nas células vegetais e ao espalhamento ou reflectância pelas folhas da radiação na região do infravermelho próximo.

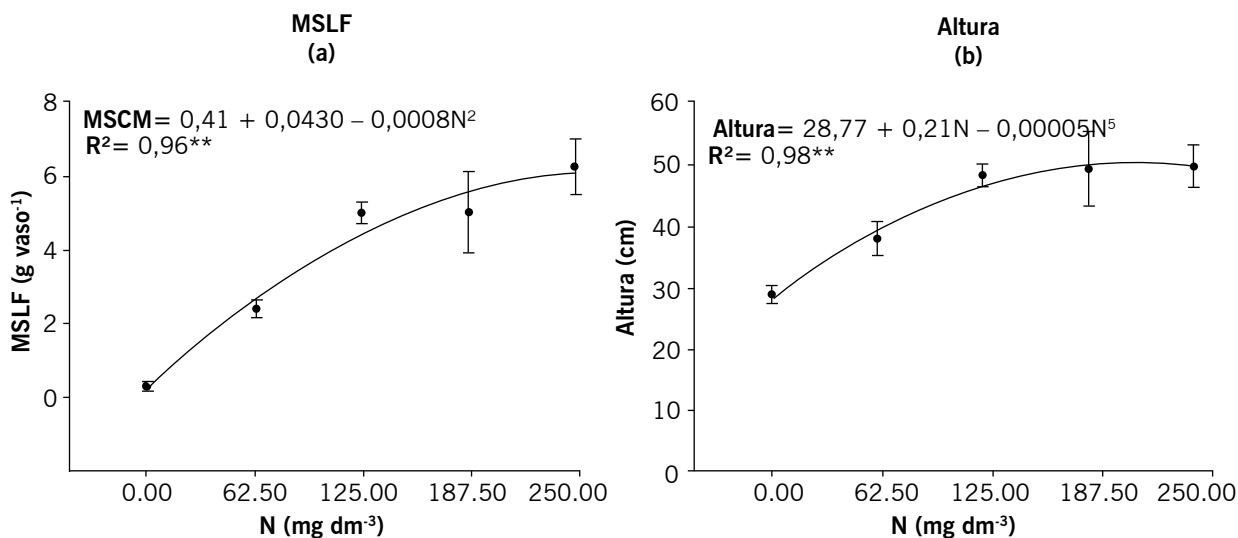
Após as coletas periódicas, os dados foram submetidos à análise de variância e regressão para verificar a significância do efeito das doses de nitrogênio sobre os valores de NDVI. A escolha da equação de regressão foi realizada com base no coeficiente de determinação (R^2), na significância da regressão e de seus coeficientes, testados ao nível de 1% e 5% de probabilidade. Os dados das características estruturais do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina foram submetidos ao estudo de correlação simples, aplicando-se o teste de Pearson a 5% e 1% de probabilidade entre os valores de NDVI da câmera multiespectral e do sensor óptico ativo.

Resultados e discussão

A análise de regressão da produção de matéria seca de lâminas foliares (MSLF) e altura de plantas do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina mostra que o nitrogênio (N) alterou essas variáveis

produtivas, as quais se ajustaram ao modelo quadrático, sendo que essas equações tiveram coeficientes de regressão de 0,96 e 0,98, respectivamente (Figura 1).

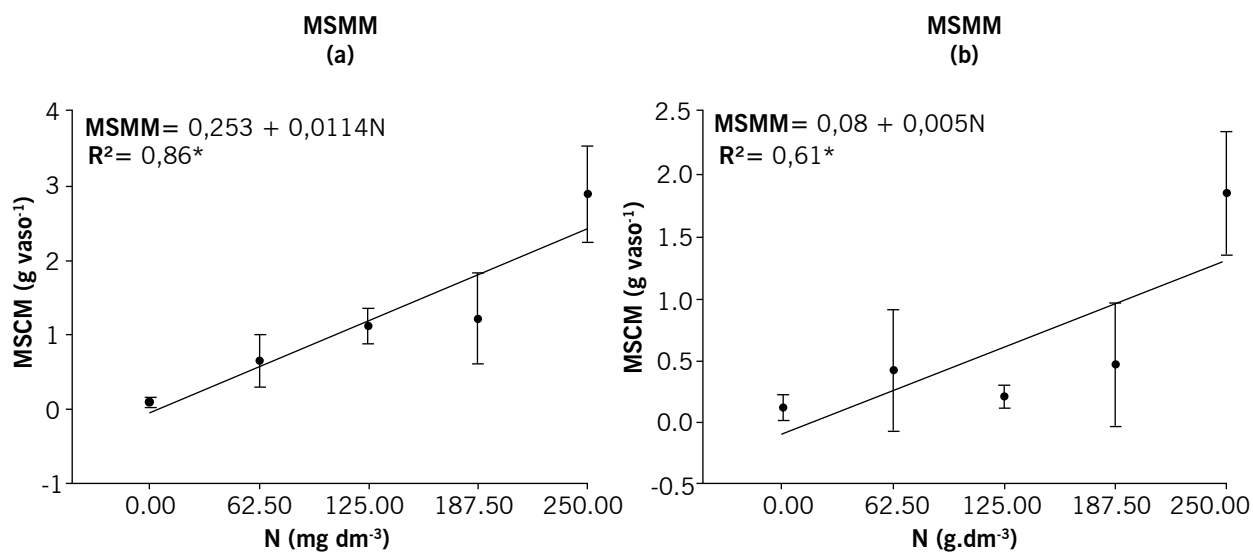
Figura 1 – Produção de matéria seca de lâminas foliares - MSLF (1a) e altura de plantas (1b) do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina em função das doses de nitrogênio. Significância de regressão ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade.



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

A produção de matéria seca de colmo (MSCM) e de material morto (MSMM) se ajustaram ao modelo linear com coeficientes de determinação iguais a 0,86 e 0,61, respectivamente (Figura 2).

Figura 2 – Produção de matéria seca de colmo – MSCM (2a) e material morto – MSMM (2b) do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina em função das doses de nitrogênio. Significância de regressão ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade.

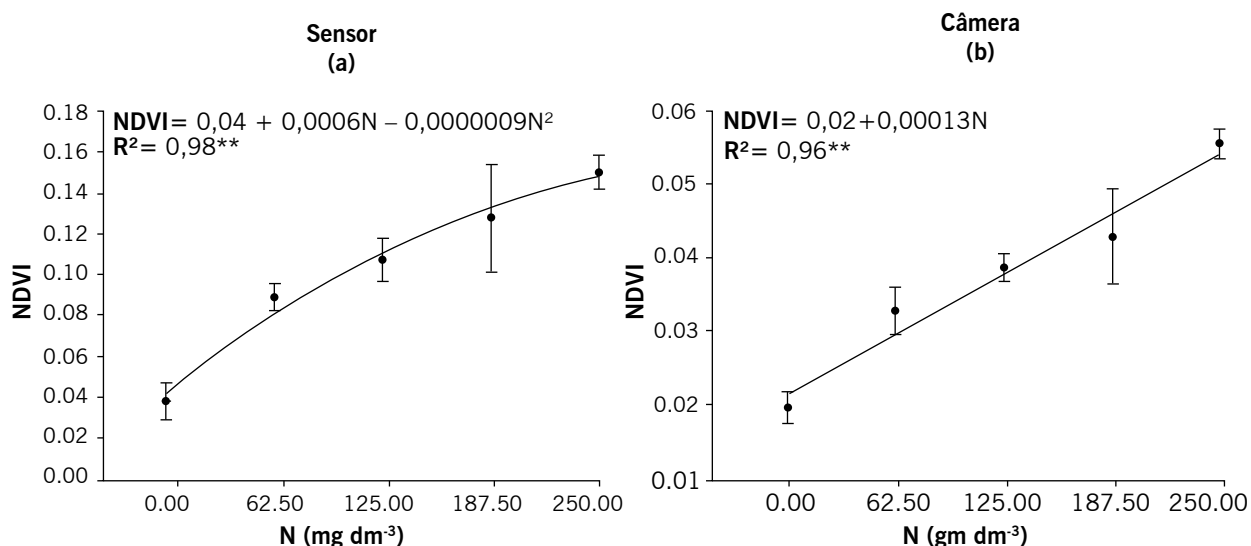


Fonte: Elaboração dos autores (2019).

A produção de matéria seca de folhas e colmo do capim-*Andropogon* é influenciada positivamente pela adubação nitrogenada (MAGALHÃES et al., 2002). Simões et al., (2015) observaram que a matéria seca do capim Tifton foi influenciada pela adubação nitrogenada, apresentando equação segundo modelo quadrático.

Os resultados da análise de regressão mostram que houve efeito das doses de N sobre as características espectrais do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina (Figura 3).

Figura 3 – Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) obtido por sensor óptico ativo (3a) e câmera multiespectral (3b) do dossel de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina, em função de diferentes doses de nitrogênio. Significância de regressão ao nível de 1% (**) e 5% (*) de probabilidade.



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

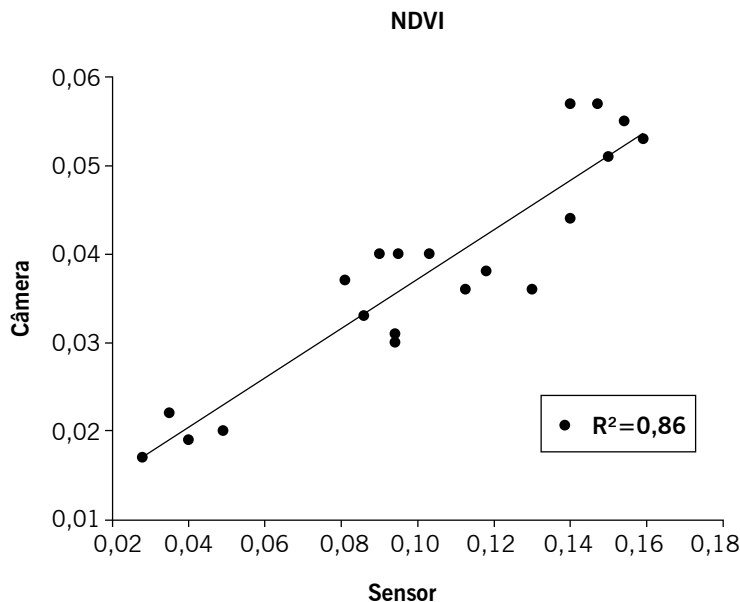
Observa-se que a resposta espectral é alterada com a variação da biomassa (FONSECA et al., 2002), pois quando se aplica N na planta há um aumento na clorofila e com isso a absorção da radiação na região do espectro visível é maior, causando o aumento do NDVI (READ et al., 2003). Assim, essas alterações espectrais foram detectadas tanto pelo sensor óptico ativo quanto pela câmera multiespectral.

Diante das predições expostas, observam-se potencial de utilização dessas tecnologias que permitirão gradualmente substituir ou complementar os métodos tradicionais de monitoramento do status de nitrogênio das plantas forrageiras. Além disso, pode proporcionar a definição do melhor momento para aplicação de nitrogênio para as gramíneas forrageiras de clima tropical, pois a deficiência de nitrogênio causa mudanças no desenvolvimento e na composição das folhas das plantas e, indiretamente, altera a distribuição espectral da radiação refletida pelas folhas de plantas deficientes (TARPLEY et al., 2000).

As equações de regressão indicam que apesar das respostas espectrais dos dosséis da cultivar Planaltina de *Andropogon gayanus* serem influenciadas pela aplicação de N, elas apresentaram comportamentos matemáticos distintos em relação aos métodos de obtenção dos valores de NDVI (Figura 2). Assim, quando se utilizou o sensor óptico ativo, os valores do NDVI se ajustaram ao modelo matemático quadrático, com o coeficiente de determinação igual a 0,98. As respostas do NDVI da câmera multiespectral convertida apresentaram comportamento matemático linear e coeficiente de

regressão igual a 0,96. Entretanto, esses dois métodos apresentam alta correlação entre os valores de NDVI dos dosséis da planta investigada (Figura 4).

Figura 4 – Correlação entre as medidas de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) obtida por sensor óptico ativo e câmera multiespectral dos dosséis do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina.



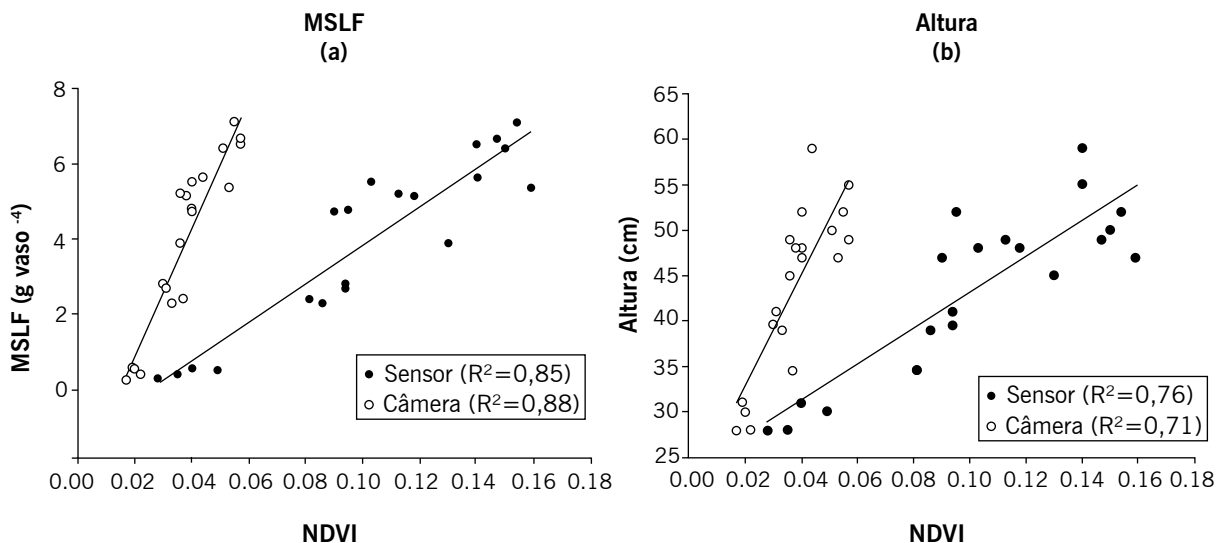
Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Podemos perceber que os valores da câmera multiespectral se aproximaram dos valores do sensor óptico (FIGURA 4), mostrando a capacidade da câmera em observar espectros refletidos. Nesse sentido, conjectura-se que os valores de NDVI obtidos pela câmera podem auxiliar o monitoramento espacial e temporal das pastagens.

Dentro das técnicas de manejo da pastagem, os ajustes da carga animal e da taxa de lotação são importantes ferramentas para adequar a intensidade de desfolha que as pastagens venham sofrer durante o pastejo dos animais. Para tanto, devem ser considerados vários fatores, tais como: categoria animal, tamanho da área, número de hectares de pastagem, forragem disponível, método de pastejo, entre outros (CARVALHO et al., 2008). Os pecuaristas usam estimativas da biomassa de gramínea disponível para determinar as taxas de lotação dos animais em pastejo (SANTOS et al, 2008). Nas amostras é determinada a disponibilidade de matéria seca que será a referência para as estimativas de oferta de forragem em todo o pasto (DEMINICIS, 2015).

Assim, com o intuito de validar a capacidade da câmera multiespectral em estimar características estruturais do capim *Andropogon* por meio dos valores de NDVI, realizou-se a análise de correlação simples entre essas variáveis (FIGURA 5). Nota-se que a produção de matéria seca de lâminas foliares (MSLF) e altura de plantas do *Andropogon* se correlacionaram positivamente com valores altos para os dois equipamentos utilizados para medir o NDVI dos dosséis forrageiros.

Figura 5 – Correlação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) obtida por sensor óptico ativo e câmera multiespectral e a produção de matéria seca de lâminas foliares – MSLF (5a) e altura (5b) de plantas do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina.



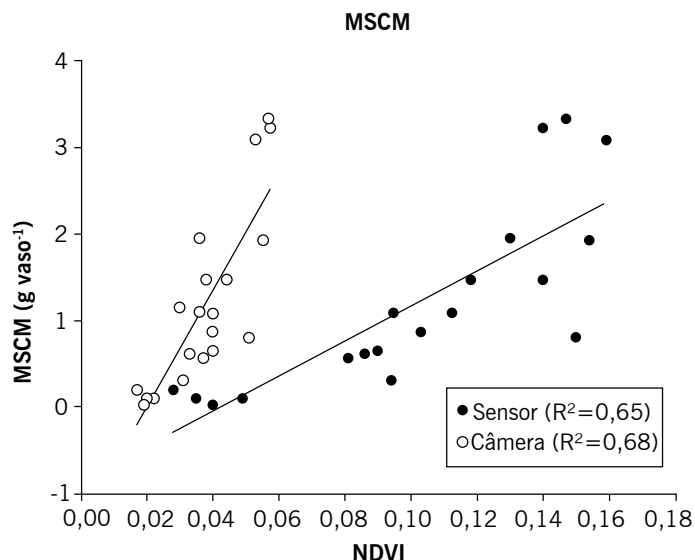
Fonte: Elaboração dos autores (2019).

A lâmina foliar da gramínea é a principal fração utilizada para realizar o ajuste da taxa de lotação dos animais em pastejo (MARTHA JÚNIOR et al., 2004). Assim, os valores de NDVI podem ser utilizados como ferramenta de manejo da pastagem, uma vez que o conhecimento da disponibilidade de MSLF é imprescindível para o manejo dos animais em pastejo (ZHAO et al., 2007). Diante disso, nota-se que o uso de valores de NDVI tem grande potencial para estimativas indiretas da disponibilidade de massa seca da forragem.

Sob essa ótica, as respostas do estudo indicam que pode-se estimar a altura das plantas por meio dos valores de NDVI. Normalmente, a variável altura é utilizada para determinar práticas de manejo da pastagem como o ajuste da carga animal ou mesmo o momento de entrada e saída dos animais de uma área de pastejo (MACHADO; KICHEL, 2004).

Em relação à variável matéria seca do colmo (MSCM) também se observou uma correlação significativa e positiva (Figura 6). A disponibilidade da fração colmo, assim como de folhas e material morto, tem uma grande variação em uma pastagem, o que gera alterações na qualidade da dieta dos animais, uma vez que esse componente morfológico tem menor digestibilidade.

Figura 6 – Correlação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) obtida por sensor óptico ativo e câmera multiespectral e produção de matéria seca do colmo (MSCM) de plantas do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina.

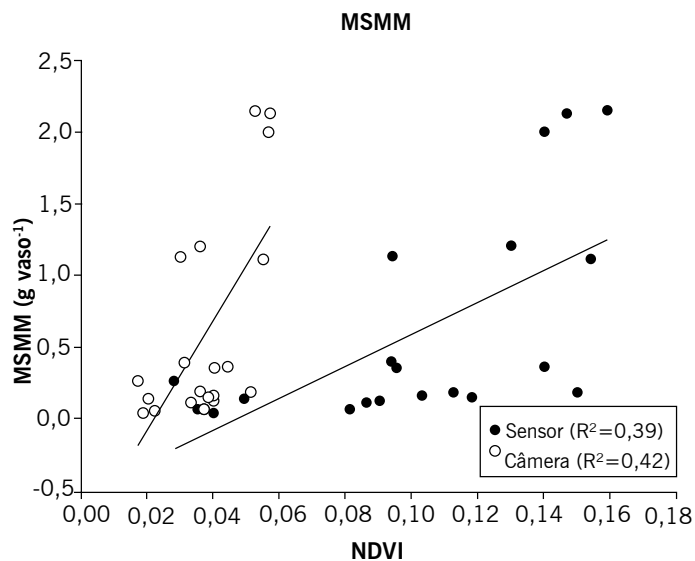


Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Assim, o uso do NDVI pode detectar variações na disponibilidade de matéria seca de colmo, o que auxilia o manejador da pastagem a adotar ações que minimizem alterações na qualidade da dieta dos animais em pastejo.

O menor valor do coeficiente de correlação foi obtido para matéria seca de material morto (Figura 7). Esse era um resultado esperado, tendo em vista que as folhas que senesceram estão localizadas na base da gramínea.

Figura 7 – Correlação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) obtida por sensor óptico ativo e câmera multiespectral e a produção de matéria seca morta (MSMM) de plantas do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina.



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Silva Jr. et al. (2008) encontraram que a produção de matéria seca da *Urochloa decumbens* Stapf. se correlacionou positivamente com os valores de NDVI obtidos por câmeras espectrais. Abrahão et al. (2009) também observaram correlação positiva entre NDVI e produção de matéria seca do capim Tanzânia. Além disso, o uso de sensor óptico ativo também apresenta correlações significativas entre o NDVI e a produtividade da pastagem em termos de matéria verde ou de matéria seca (SERRANO et al., 2016).

Porém, pôde ser percebida uma diferenciação na predição dos gráficos quando coletados os dados por meio da câmera multiespectral e do sensor óptico ativo. Tais diferenciações de dados podem trazer consigo uma dúvida ao produtor no momento de indicação da câmera multiespectral como estimador de biomassa em pastagens de capim *Andropogon gayanus* cv. Planaltina.

As diferenças entre os valores de NDVI do sensor óptico e da câmera está ligada a algumas características técnicas, por exemplo, diferenciação na área de abrangência, luz disponível quando capturados os dados, além da área a ser estudada. O sensor óptico capta especificamente as características físicas da planta, por representar a área de captura em forma de elipse e possui radiação própria sem a necessidade de luz solar para obter dados na hora da coleta da reflectância. A câmera multiespectral captura o solo ao redor da planta.

Diante disso, é possível gerar um modelo de disponibilidade de matéria seca da gramínea, por meio das leituras de NDVI, tanto da câmera multiespectral quanto do sensor óptico ativo, sob diferentes doses de N.

Conclusões

Valores de NDVI captados por câmera multiespectral se correlacionam com as características estruturais da *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. Diante disso, o uso de valores de NDVI do dossel em pastagem de capim *Andropogon* pode auxiliar na gestão do manejo da pastagem.

A câmera multiespectral mediu o índice vegetativo da diferença normalizada (NDVI) e percebeu diferenças na produção de matéria seca de colmo, lâminas foliares, material morto e altura de plantas do *Andropogon gayanus* cv. Planaltina quando submetidas a diferentes doses de nitrogênio.

Production of *Andropogon gayanus* cv. Planaltina dry matter estimated through NDVI

Abstract

Pasture management studies seldom use remote sensing, especially for *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. This work aimed to investigate whether a single-chip digital camera converted into multispectral equipment could measure and perceive differences in the normalized difference vegetation index (NDVI) in *Andropogon gayanus* cv. Planaltina grass subjected to different doses of nitrogen. In a greenhouse with a randomized block design, the research team subjected the cultivar to 5 different doses of nitrogen (treatments), with four replications. The group compared the NDVI measurements of canopies carried out with a GreenSeeker® HCS-100 active optical sensor and a Canon PowerShot A495 single-chip camera that was converted into a multispectral device by replacing the glass filter that blocks the passage of the infrared by a filter that allows the passage of the red and near infrared wavelengths. Both measurements were correlated with nitrogen doses, stem and leaf blades dry matter and dead material production,

and cultivar height. The study concluded that the multispectral camera, as well as the active optical sensor, measured the NDVI and noticed differences in the production of stem, leaf blades and dead material dry matter, and *Andropogon gayanus* cv. Planaltina plant height when subjected to different doses of nitrogen. **Keywords:** Field. Forage dry mass. Precision grazing.

Referências

- ABRAHÃO, S. A.; PINTO, F. A. C.; QUEIROZ, D. M.; SANTOS, N. T. S.; GLERIANI, J. M.; ALVES, E. A. Índices de vegetação de base espectral para discriminar doses de nitrogênio em capim-tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 9, p. 1637-1644, 2009.
- BRANDÃO, Z. N.; BEZERRA, M. V. C.; FREIRE, E. C.; SILVA B. B. Determinação de Índices de Vegetação usando Imagens de Satélite para uso em Agricultura de Precisão. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 5. CBA, Salvador, BA, 2005. **Anais...** Campina Grande: CNPA, 2005. CD-ROM On-line.
- CARDOSO, R. S.; AMORIM, M. C. C. T. Avaliação dos índices NDVI, NBDI e NDWI como ferramentas ao mapeamento do uso e cobertura da terra. In: Congresso Brasileiro de Geógrafos, 7, Vitória, ES, 2014.
- CARVALHO, R. C. R.; ATHAYDE, A. A. R.; VALERIANO, A. R.; MEDEIROS, L. T.; PINTO, J. C. Método de determinação da disponibilidade de forragem. **Ciência et Praxis**, Passos, MG, v. 1, n. 2, p. 7-10, 2008.
- DEMINICIS, B. B. Novas tecnologias aplicadas na produção e qualidade de forragens. In: KUHN, O. J.; NUNES, R. V.; STANGARLIN, J. R.; RAMPIM, L.; FEY, R.; COSTA, N. V.; COSTA, P. B.; GUIMARÃES, V. F.; ZAMBOM, M. A. **Ciências agrárias: tecnologias e perspectivas**. Marechal Cândido Rondon: Editora Unioeste, 2015. p. 247-256.
- FONSECA, C. R.; DIAS, J. L. A.; SILVA, T. L.; BARROS, P. M. B.; SILVA NETO, S. P. Câmera multiespectral discrimina alterações espectrais do dossel do capim-Marandu em função da adubação nitrogenada. In: Reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. **Anais...** São Carlos, SP. SBPC, 2015.
- FONSECA, E. L.; ROSA, L. M. G.; FONTANA, D. C. Caracterização espectral de *Paspalum notatum* em diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 365-371, 2002.
- IBGE: Pesquisa pecuária municipal. **Efetivo do rebanho bovino em 2016**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua>>. Acesso em 13 ago. 2016.
- MACHADO, L. A. Z.; KICHEL, A. N. **Ajuste de lotação no manejo de pastagens**. Dourados, MT: Embrapa Gado de Corte, 2004. 55 p.
- MAGALHÃES, R. T. de; OLIVEIRA, I. P. de; KLIEMANN, H. J. Relações da produção de massa seca e as quantidades de nutrientes exportados por *Brachiaria brizantha* em solos sob o manejo pelo sistema "Barreirão". **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 32, n. 1, p. 1320, 2002.

MARTHA JR., G. B.; CORSI, M.; BARIONI, G. L.; VILELA, L. Intensidade de desfolha e produção de forragem do capim-tanzânia irrigado na primavera e no verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 927-936, 2004.

READ, J. J.; WHALEY, E. L.; TARPLEY, L.; REDDY, R. Evaluation of a hand-held radiometer for field determination of nitrogen status in cotton. In: SCHERPERS, J.; VANTOAI, T. Digital Imaging and Spectral Techniques: Applications to Precision Agriculture and Crop Physiology. **American Society of Agronomy Special Publication**, n. 66, 2003. p. 177-195.

SANTOS, S. A.; DESBIEZ, A.; ABREU, U. G. P.; CRISPIM, S. M. A. **Guia para estimativa da taxa de lotação e pressão de pastejo em pastagens nativas do Pantanal**. Corúmba, MS: Embrapa Pantanal, 2008. 26 p.

SENA JUNIOR, D. G.; PINTO, F. A. C.; QUEIROZ, D. M.; ALVES, E. A.; MAGALHÃES, J. R. Influência do solo na identificação de doses de nitrogênio em trigo utilizando classificadores multivariados com base em imagens digitais. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 21-26 abr. 2007, **Anais...** Florianópolis, Brasil, INPE, p. 385-392.

SERRANO, J. M.; BARRETO, S.; SHAHIDIAN, S.; SILVA, J. M.; Avaliação do sensor óptico de vegetação OptRx® na monitorização da variabilidade espacial e temporal de pastagens. **Revista de Ciências Agrárias**, 2016, v. 39, n. 2, p. 261-280, 2016.

SILVA JUNIOR, M. C.; PINTO, F. A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. M.; MACIEL, B. F. Detecção do efeito da adubação nitrogenada em *Brachiaria decumbens* Stapf. Utilizando um sistema de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 37, n. 3, p. 411-419, 2008.

SILVA JUNIOR, C. A.; FRANK, T.; RODRIGUES, T. C. S. Discriminação de áreas de soja por meio de imagens EVI/MODIS e análise baseada em geo-objeto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 44-53, 2014. DOI: dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000100007.

SIMÕES, C. R.; ROSSIELLO, R. O. P.; GRACIOSA, M. G.; MACHADO, M. L.; SILVA, C. F. Imagens multiespectrais para avaliação de índice de área foliar e massa seca do capim 'Tifton 85', sob adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 697-703, 2015.

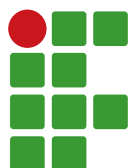
SOUZA, H. D. F.; ANDRADE, R. P. A.; KARIA, C. T. Seed production of pojugrass as influenced by crop establishment techniques. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3 Santa Maria, 2009.

TARPLEY, L.; REDDY, K. R.; SASSENATH-COLE, G. F. Reflectance indices with precision and accuracy in predicting cotton leaf nitrogen concentration. **Crop Science**, v. 40, n. 6, p.1814-1819, 2000.

ZHAO, D.; STARKS, P. J.; BROWN, M. A.; PHILIPS, W. A.; COLEMAN, S. W. Assessment of forage biomass and quality parameters of bermudagrass using proximal sensing of pasture canopy reflectance. **Grassland Science**, v. 53, n. 1, p. 39-49, 2007.

Submetido em: 22/06/2019

Aceito em: 21/10/2019



Dejeto de suínos na produção de mudas de bananeiras

Waleska Silva Torsian¹

Leandro da Silva Almeida²

Nara Cristina de Lima Silva³

Marcelly Ferreira Nascimento⁴

Vanessa Cristina Caron⁵

Resumo

A criação de suínos gera resíduos que, se não manejados corretamente, podem causar sérios problemas ambientais. A aplicação destes resíduos no solo surge como uma alternativa sustentável, uma vez que o dejeto, por ser rico em matéria orgânica e em nutrientes minerais, promove a melhoria da qualidade física, química e biológica do solo, evitando a contaminação dos recursos naturais, caso seja lançado na água ou no solo diretamente sem tratamento adequado. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de mudas de bananeiras fertirrigadas com dejeto líquido de suínos (DLS), analisando sua eficiência em comparação com o tratamento convencional (químico). O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e seis repetições (3 mudas por repetição), sendo as doses definidas com base na recomendação de fertilizante para a produção de mudas de bananeiras e o nutriente em maior concentração no dejeto, que, neste caso, foi o nitrogênio, considerado como o limitante da dose. Os resultados mostraram que o DLS foi eficiente no fornecimento de nutrientes para as mudas de bananeira, podendo ser utilizado como substituto do fertilizante químico. O tratamento com dejeto correspondente a 25,0% do nitrogênio recomendado para a produção de mudas de bananeira foi o tratamento que proporcionou o maior desenvolvimento das mudas de bananeira.

Palavras-chave: *Musa ssp.* Resíduos de suíno. Fertirrigação. Sustentabilidade.

Introdução

A demanda de carne no mundo está aumentando, sendo que essa demanda deve duplicar até 2050 (FAO, 2006). Choi (2007) relata que 40,0% da carne consumida no mundo são de suínos. De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2017), o Brasil ocupa a quarta posição no ranking mundial de produção de carne suína, ficando atrás da China, da União Europeia e dos Estados Unidos que, em 2016, produziram aproximadamente 53, 23 e 11 milhões de toneladas de carne,

1 Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Graduanda em Agronomia. walleskatorsian@hotmail.com. Fazenda Sobradinho s/n – Zona Rural – Cx. Postal 1020 – CEP: 38.400-970, Uberlândia – MG.

2 Universidade Federal de Uberlândia, Doutorando em Agronomia. almeidalean26@gmail.com

3 Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Docente. nara.lima@iftm.edu.br

4 Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Docente. marcelly@iftm.edu.br

5 Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Docente. vanessacaron@iftm.edu.br

respectivamente. A produção brasileira nesse mesmo ano foi de aproximadamente 3,7 milhões de toneladas.

Essa alta demanda de produção de carne suína é diretamente responsável pela geração de dejetos líquidos de suínos (DLS), que são caracterizados pela mistura de fezes, urina, restos de rações e resíduos de lavagem, que, caso sejam lançados no meio ambiente sem o devido tratamento, podem causar sérios problemas de contaminação na água, no ar e no solo (CERUTTI et al., 2011). Assim, nos últimos anos, devido à pressão exercida por setores da sociedade civil, para conter a contaminação do meio ambiente por DLS, as principais formas de tratamento e destinação final do dejetos têm sido alvo de estudos de vários pesquisadores (KUNZ et al., 2009).

Por ser um resíduo que apresenta elevados teores de matéria orgânica e de vários nutrientes, em especial o nitrogênio, potássio e o fósforo, o DLS possui capacidade de melhorar as propriedades físicas e as características químicas e biológicas do solo, possibilitando a sua utilização na agricultura como fornecedor de nutrientes e elementos favoráveis ao desenvolvimento e a produção das plantas (AMIRI; FALLARI, 2009; SCHERER, et al., 2007).

Desta forma, o uso da fertirrigação com DLS como forma de disposição final do resíduo é uma boa alternativa, pois esse efluente possui nutrientes que podem ser aproveitados em culturas agrícolas, substituindo ou diminuindo a utilização das adubações químicas e, conseqüentemente, os gastos com adubos. Além disso, pode evitar a contaminação dos recursos naturais.

A cultura da bananeira é uma das mais cultivadas, sendo a banana uma das frutas mais consumidas e produzidas no mundo. Essa cultura é exigente em solos ricos em nutrientes e matéria orgânica. Os principais nutrientes demandados pela cultura são o nitrogênio e o potássio (TUNER; BARKUS, 1980), além disso, essa cultura necessita de elevada quantidade de água e de boas condições físicas de solo. Sendo assim, a fertirrigação da bananeira com DLS é uma alternativa viável para destinação do dejetos como fertilizante.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o desenvolvimento das mudas de bananeira no período de aclimação fertirrigadas com diferentes doses de DLS e comparar o desenvolvimento com o tratamento convencional (químico), verificando, assim, a possibilidade do uso de DLS na produção de mudas de bananeira.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) – *Campus* Uberlândia, localizado na cidade de Uberlândia, estado de Minas Gerais, Brasil, cujas coordenadas geográficas são: 18°45'54.17" de latitude sul e 48°17'19.28" de longitude oeste e a altitude média de 660 metros.

O clima do município de Uberlândia, segundo Köppen (1948), é do tipo Cwa (Clima tropical), possuindo duas estações bem definidas: período chuvoso, de outubro a abril, e o período seco, de maio a setembro. A precipitação atmosférica média encontra-se em torno de 1.540 mm e possui uma temperatura média anual de 22,9 °C.

O DLS foi obtido na suinocultura do próprio IFTM - *Campus* Uberlândia, sendo coletado na lagoa de decantação. A fim de obter uma amostra representativa, o DLS foi coletado de forma integrada com amostragens em diferentes posições em relação à largura, ao comprimento e à profundidade da lagoa, para determinação da sua composição média ou carga total. A coleta foi realizada com auxílio de balde e outros equipamentos de segurança.

As dosagens de DLS utilizadas em cada tratamento foram baseadas na recomendação nutricional (química) para a condução de mudas de bananeiras, o nitrogênio, nutriente com a maior concentração no DLS, foi o elemento limitante na dosagem. Desse modo, no início do experimento, foi realizada sua caracterização química, sendo determinados os seguintes parâmetros: pH, densidade, matéria orgânica, carbono orgânico, nitrogênio total, relação C/N, fósforo total, potássio solúvel em água, cálcio, magnésio, enxofre, sódio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco. A caracterização do dejeto de suíno foi realizada na FERLAB® Laboratório Agrícola, situado no município de Araguari/MG, seguindo as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater da American Public Health Association* (2005). A composição química média da DLS é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização química do dejeto líquido de suínos (DLS) da Fazenda Sobradinho – Uberlândia/MG

Determinação	Unidade	Resultado
Índice pH	pH	7,00
Densidade	g/L	0,99
Matéria orgânica	%	0,09
Carbono orgânico (C)	%	0,05
Nitrogênio (N) total	%	0,35
Relação C/N	%	0,14
Fósforo (P ₂ O ₅) total	%	0,07
Potássio (K ₂ O) sol. em água	%	0,18
Cálcio (Ca)	%	0,11
Magnésio (Mg)	%	0,03
Enxofre (S)	%	0,00
Sódio (Na)	mg/L	140,00
Boro (B)	mg/L	0,84
Cobre (Cu)	mg/L	25,00
Ferro (Fe)	mg/L	20,00
Manganês (Mn)	mg/L	9,00
Zinco (Zn)	mg/L	7,00

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

As mudas de bananeira micropropagadas (*Musa spp.*) utilizadas nesta pesquisa foram da cultivar BRS Platina e foram adquiridas no viveiro comercial Multiplantas Tecnologia Vegetal Ltda®, no mês de abril de 2017. As mudas foram acondicionadas em recipientes plásticos com capacidade para três litros de substrato na casa de vegetação. O substrato foi composto por solo e areia na proporção 2:1. A composição química inicial do substrato está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição química do substrato.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	S.B	T	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
H2O	mg dm-3			cmolc dm-3				%		mg dm-3			
6,4	111	48	9,8	2,8	0	12,7	14,3	89	0,15	1,1	8	1,1	0,2

P=Método Mehlich 1, P. K. Na = [HCl 0.05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0.0125 mol L⁻¹], S-SO₄ = [Fosfato Monobásico Cálcio 0,01 mol L⁻¹], Ca, Mg, Al = [KCL 1 mol L⁻¹] / H + Al = [Solución Tampón SMP a pH 7,5], M.O. = Método Colorimétrico, S.B = Soma de base, V = Saturação por bases; T = CIC pH 7,0;

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

A dose do DLS foi determinada proporcionalmente à dose do fertilizante químico recomendada na produção de mudas de bananeira no Brasil que é de 5,0 kg m⁻³ de substrato de NPK (NOMURA et al., 2009), sendo que os tratamentos corresponderam a 100,0%, 75,0%, 50,0%, 25,0%, 0% da dose de nitrogênio recomendada para a cultura da bananeira (por este ser o nutriente em maior proporção no DLS) e o sexto tratamento foi constituído por 100,0% da dose de fertilizante aplicado na fórmula de adubo químico NPK 14:14:14. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 6 repetições. Na Tabela 3, apresenta-se um resumo dos tratamentos.

Tabela 3 – Tratamentos e doses de DLS e de fertilizante químico utilizadas no experimento

Tratamento	% da dose de fertilizante recomendada ¹
DLS -0	0,0
DLS -25	25,0
DLS -50	50,0
DLS -75	75,0
DLS -100	100,0
Químico - Testemunha	Adubo 14-14-14

¹ Dose calculada com base na recomendação de 5,0 kg de N m⁻³ e na composição química do DLS.

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Após determinação das dosagens, o DLS foi aplicado, parceladamente, a cada 15 dias, para melhor aproveitamento do dejetos pelas plantas, no período total de 60 dias. As mudas foram mantidas na capacidade de campo ao longo do tempo em que permaneceram na casa de vegetação.

Ao longo do experimento foram avaliadas as seguintes variáveis: a altura das mudas com o auxílio de uma régua graduada, o número de folhas e o diâmetro do pseudocaule por meio de um paquímetro digital. Para os dados dessas avaliações, foram calculadas as médias gerais de cada tratamento e os incrementos médios de desenvolvimento, que se referem à média dos resultados ao final do experimento, menos os dados médios encontrados no início do experimento.

Ao final do período experimental, foram avaliadas a massa fresca e a massa seca das mudas de bananeira e realizadas as análises químicas dos substratos dos tratamentos para verificar se houve alterações nos atributos químicos dos tratamentos.

Os resultados obtidos relacionados ao desenvolvimento das plantas foram submetidos ao Teste de Análise de Variância a 5,0% de probabilidade e quando apresentaram diferença estatística foram submetidos ao Teste de Dunnett a 5,0% de significância, comparando as doses de DLS ao fertilizante químico padrão, utilizando o programa Assistat® (SILVA; AZEVEDO, 2016). Os resultados de incremento de matéria seca e de matéria fresca dentro dos tratamentos apenas com DLS e os tratamentos de DLS com melhor resultado foram submetidos à análise de variância com probabilidade de 5,0% e, quando apresentaram diferença estatística, foram submetidos à análise de regressão, por meio do programa SISVAR® (FERREIRA, 2014).

Resultados e discussão

Houve diferença significativa entre o uso de DLS e o fertilizante químico padrão. O tratamento que se destacou em relação ao tratamento químico (testemunha) foi o de 25,0% da dose do fertilizante

químico, o qual, ao final do experimento, proporcionou maiores médias de altura, diâmetro e número de folhas e, por consequência, maior incremento desses atributos ao longo do período estudado, conforme pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 – Desenvolvimento morfológico das mudas de bananeira (*Musa* spp.) fertirrigadas com DLS em comparação com a fertilização química

Tratamento	Desenvolvimento Morfológico					
	Altura (cm)		Diâmetro (mm)		Nº de Folhas	
	Média	Incremento	Média	Incremento	Média	Incremento
DLS – 0,0	14,44	7,21	14,16	5,91	4,42	0,80
DLS – 25,0%	18,56*	11,64*	18,93*	11,39**	7,27**	3,00*
DLS – 50,0 %	15,94	9,61	14,90	7,18	5,53	1,52
DLS – 75,0%	15,48	8,84	16,44	8,02	6,55**	2,38*
DLS – 100,0%	15,09	8,92	14,92	7,22	6,33**	2,22*
Químico (testemunha)	15,44	8,83	14,58	6,92	4,44	0,33
CV ¹	18,66	39,48	15,07	33,08	21,13	35,98

** significativo ao nível de 1% de probabilidade e * significativo ao nível de 5% de significância pelo Teste de Dunnett (bilateral) em relação à testemunha química. 1-coeficiente de variação.

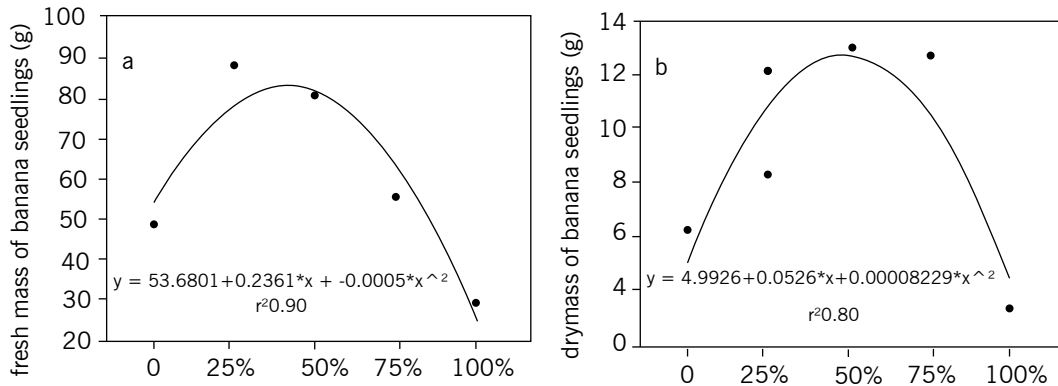
Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Quanto ao número de folhas, houve comportamento semelhante entre os tratamentos DLS (25,0%), DLS (75,0%) e DLS (100,0%), com incrementos superiores a testemunha, sendo que a média final do número de folhas também foi superior nesses tratamentos. Novamente, houve destaque para as mudas pertencentes ao tratamento DLS 25,0%, que atingiram, ao final do estudo, uma média de 7,27 folhas por muda, com um incremento de 3 folhas em relação à avaliação inicial. Em contraste, nas mudas que receberam o tratamento químico houve incremento médio menor do que meia folha por muda (0,33 folhas), reforçando a maior vantagem do tratamento DLS (25,0%) no desenvolvimento das mudas.

O desenvolvimento inicial das mudas acarreta também maior atividade fotossintética e, por consequência, mudas mais vigorosas e maior possibilidade de adaptação ao campo, resultando em maior produtividade inicial. Zenatti et al. (2012) concluíram que a aplicação de DLS na cultura do Tifton 85 possibilitou maior produção quando comparada ao uso de outros fertilizantes, entre eles, o fertilizante químico.

A aplicação de doses crescentes de DLS na fertirrigação das mudas de bananeira ocasionou primeiramente um pico no acúmulo de matéria fresca e matéria seca nas bananeiras. Entretanto, à medida que houve aumento na dose do DLS, ocorreu uma queda severa no acúmulo (Figura 1). Como o substrato utilizado no experimento era rico em nutrientes (Tabela 2), o excesso de alguns dos nutrientes pode ter ocasionado desequilíbrio na absorção dos demais (NOVAIS et al. 2007). Todavia, os substratos dos diversos tratamentos com aplicação de DLS, ao final do estudo, não apresentaram diferença significativa nos seus atributos químicos em relação ao substrato inicial. Assim, não houve mudança significativa nas condições do substrato no período em que o experimento foi conduzido.

Figura 1 – Acúmulo de matéria fresca (a) e matéria seca (b) em decorrência do aumento da dose de DLS aplicada.

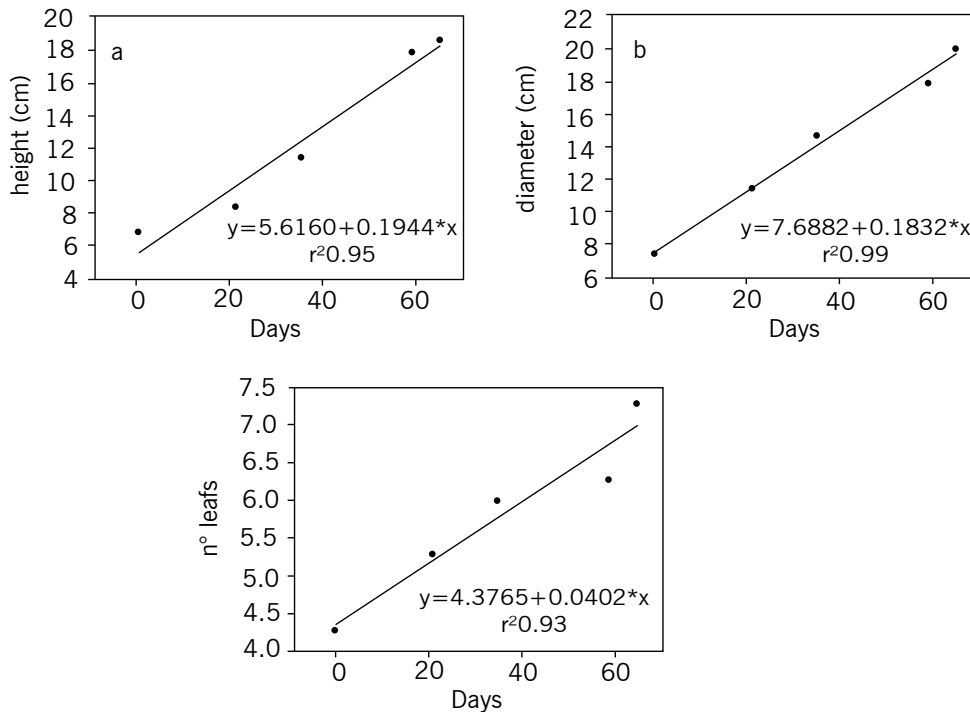


Fonte: Elaboração dos autores (2018).

A dose de DLS que proporciona maiores benefícios às culturas é muito incerta. Em estudo conduzido no sul do Brasil por Lourenzi (2014) com várias culturas (milho, feijão, aveia, milho, crotalária e ervilhaca), verificou-se oscilação de mais de 400% na dose, que proporcionou o melhor desenvolvimento entre as culturas. Os autores ainda ressaltam que a melhor dose depende também do estágio de desenvolvimento das culturas.

Na condução inicial de mudas de bananeira micropropagadas (*Musa* spp.) da variedade BRS Platina, o melhor tratamento foi o DLS (25,0%) que proporcionou crescimento bem linear durante os 60 dias de aclimação em casa de vegetação (Figura 2).

Figura 2 – Equações e modelo de regressões ao longo do experimento considerando o tratamento DLS – 25,0% para as características avaliadas: A - altura (cm); B - diâmetro (mm); C - número de folhas.



Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Durante o período de 60 dias com apenas 25,0% da dose recomendada de N para a condução de mudas, quando produzidas com fertilizante químico, foi possível obter mudas de bananeira com melhores características morfológicas (Tabela 4). Desse modo, a utilização do DLS como fertilizante certamente contribui para a correta destinação dos dejetos e também para a produção de mudas de bananeira de qualidade.

Além deste benefício, a fertirrigação com o DLS pode antecipar a produção de mudas, uma vez que no tratamento de DLS (25,0%) elas se desenvolveram de forma bem mais pronunciada. Resultados semelhantes foram observados em estudo conduzido com mudas de Eucalipto, no qual as mudas foram antecipadas em aproximadamente 30 dias com uso de DLS (PELISSARI et al., 2009), o que seria mais um benefício do uso do DLS na produção de mudas de bananeira, pois elas crescendo mais rápido, podem ser transportadas mais cedo para o campo, otimizando o uso das casas de vegetação.

Finalmente, os resultados obtidos mostram a importância de intensificar os estudos com o uso do DLS a fim de conhecer o seu comportamento no sistema solo-planta. Neste estudo, no qual foi utilizado um substrato com uma boa fertilidade, observa-se que a menor dose foi a que proporcionou maior desenvolvimento. Cabem mais estudos em diferentes condições de substratos, clima e manejo para buscar um maior entendimento dos benefícios do uso do DLS na aclimação de mudas de bananeira.

Conclusão

O DLS foi eficiente no fornecimento de nutrientes para as mudas de bananeira, podendo ser utilizado em substituição aos fertilizantes químicos.

A dose de DLS que representou 25,0% da dose de nitrogênio do fertilizante químico foi a que proporcionou melhores condições de desenvolvimento para as mudas de bananeira no período de aclimação.

Pig manure in the production of banana seedlings

Abstract

Pig breeding generates waste that, if not handled correctly, can cause serious environmental problems. The application of these residues in the soil appears as a sustainable alternative, since the manure, being rich in organic matter and mineral nutrients, promotes the improvement of the physical, chemical and biological quality of the soil avoiding the contamination of natural resources if it is released in the water or directly on the ground without proper treatment. The objective of this study was to evaluate the development of banana seedlings fertigated with pig slurry (PS) analyzing its efficiency compared to conventional treatment (chemical). The experiment was carried out in a completely randomized design with six treatments and six replications (3 seedlings per repetition), the doses being defined based on the fertilizer recommendation for the production of banana seedlings and the nutrient in greater concentration in the manure, which, in this case, was nitrogen, considered as the dose limiter. The results showed that PS was efficient in supplying nutrients to the banana seedlings and it can be used as a substitute for chemical fertilizer. The treatment with manure corresponding to 25.0% of the nitrogen recommended to produce banana seedlings provided the greatest development.

Keywords: Fertigation. *Musa* ssp. Pig waste. Sustainability.

Referências

- AMIRI, M. E.; FALLAHI, E. Impact of animal manure on soil chemistry, mineral nutrients, yield, and fruit quality in 'golden delicious' apple. **Journal of Plant Nutrition**, v. 32, n. 4, p. 610-617, 2009.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: APHA, 2005. 1207p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL -ABPA. **Relatório Anual ABPA. 2017**. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/suinoicultura/publicacoes/relatorios-anuais>>. Acesso em: 09 jan. 2017.
- CERUTTI, A. K.; BAGLIANI, M. BECCARO, G. L.; GIOELLI, F.; BALSARI, P.; BOUNOUS, G. Evaluation of the sustainability of swine manure fertilization in orchard through Ecological Footprint Analysis: results from a case study in Italy, **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 4, p. 318-324, 2011.
- CHOI. E. **Piggery Waste Management**. IWA Publishing: London, UK, 2007. 10p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), **Livestock's Long Shadow - Environmental Issues and Options**. United Nations Report. (2006). Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM>. Acesso em: 05 mar. 2018.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra: Fondo de Cultura Econômica. México: Editora, 1948. 479p.
- KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R.L.R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil, **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5485-5489, 2009.
- LOURENZI, C. R. **Dejetos de suínos: produção de culturas, efeitos na matéria orgânica e na transferência de formas de fósforo**. 2014. 127 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- NOMURA, E. S.; LIMA, J. D.; RODRIGUES, D. S.; GARCIA, V. A.; FUZITANI, E. J. Influência do substrato e do tipo de fertilizante na aclimação de mudas de bananeira "prata-anã". **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 773-779, 2009.
- NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, 1017p.
- PELLISSARI, R. A. Z.; SAMPAIO, S. C.; GOMES, S. D.; CREPALLI, M. S. Lodo Têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* (W, Hill ex Maiden). **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 288-300, 2009.

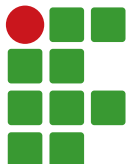
SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; DIAS, L. F. X. Método rápido para determinação da qualidade fertilizante do esterco de suínos a campo. **Revista Agropecuaria Catarinense**, Itacorobi, v. 8, n. 2, p. 40-43, 2007.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

ZENATTI, R.; GONÇALVES JR., A.; NACKE, H.; RAMIRES, I. Produtividade e fitodisponibilidade de nutrientes na TIFTON 85 (*Cynodon dactylon*) fertilizada com dejetos provenientes da suinocultura. **Scientia Agraria**, v. 13, n. 2, p. 1519-1125, 2012.

Submetido em: 15/07/2019

Aceito em: 06/11/2019



Viabilidade econômica de sistema de tratamento de esgoto composto com *wetlands* visando ao reúso de efluente: estudo de caso

Robson Muniz McMahon Waite¹

Eduardo Gomes Salgado²

Dirlane de Fátima do Carmo³

Resumo

A água é um bem que vem se tornando escasso e o reúso é uma alternativa para preservá-la. A viabilidade social e a ambiental motivam a adoção do reúso, mas o fator financeiro pode ser limitante ao seu emprego. O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade econômica financeira para o investimento em um sistema de tratamento de efluente doméstico em que as *wetlands* construídas pudessem ser empregadas visando ao reúso para irrigação. Foram utilizados instrumentos como a taxa mínima de atratividade; o *payback* descontado; a taxa interna de retorno e o índice de lucratividade. O sistema de tratamento, composto por um tanque de equalização, um tanque séptico, uma *wetland* construída de fluxo subsuperficial horizontal, uma *wetland* construída de fluxo superficial e uma lagoa de maturação, compreendeu 52,0 m², demonstrando ser capaz de atender aos critérios exigidos para reúso. A carga orgânica afluyente ao sistema foi projetada para 220,0 mgL⁻¹ em uma vazão de 600,0 L dia⁻¹ de esgoto, obtendo-se eficiência de remoção superior a 98% para todos os parâmetros, exceto nitrogênio e fósforo. Na análise de viabilidade econômica e financeira (EVEF), verificou-se que a taxa interna de retorno encontrada para o fluxo de caixa considerado foi de 98,0% e o índice de lucratividade acatando o valor presente foi de 3,28. Verificou-se que o total investido seria recuperado em até dois anos. Com a utilização do sistema seriam poupados anualmente 180,0 m³ de água, reduzindo a pressão sobre o sistema de abastecimento público, além do tratamento do esgoto e da beleza cênica proporcionados pelas *wetlands*. Portanto, o sistema não se limita apenas a ganhos econômicos, mas também a ganhos sociais e ambientais.

Palavras-chave: EVEF. Reutilização. Água residuária.

Introdução

Nos últimos anos a escassez hídrica no Brasil tem sido frequente notícia veiculada nos meios de comunicação social. A outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos e a cobrança por essa utilização, instrumentos estabelecidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos em 1997, conduziram muitas indústrias e estabelecimentos comerciais a um novo modelo de gerenciamento de água, pautado em estratégias de conservação deste recurso, baseadas principalmente em racionalização e reúso (AQUINO, 2015; WEBER; CYBIS; BEAL, 2010; DEMAJOROVIC; CARUSO; JACOBI, 2015).

1 Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente, *Campus* da Praia Vermelha, Niterói/RJ. robsonwaite@hotmail.com.

2 Universidade Federal de Alfenas. Professor associado. egsalgado@yahoo.com.br.

3 Universidade Federal Fluminense. Professora Associada. dirlanefc@id.uff.br.

Desta forma, para as indústrias, reusar na medida do possível os próprios efluentes após tratamento adequado é uma opção mais atrativa, com custos de implantação e de operação inferiores aos associados à captação e ao tratamento de águas de mananciais ou à compra de água oferecida por empresas de saneamento, tanto de sistemas potáveis quanto de sistemas de água de reúso (FIESP, 2005). Programas de reúso de água na indústria podem obter uma redução de consumo deste recurso em até 80,0% (RIBEIRO, 2012). Entretanto, de acordo com Ribeiro (2012), o crescimento do reúso no Brasil é ainda muito pequeno em relação a seu potencial.

No Brasil ainda não há uma legislação federal sobre reúso. É permitido o reúso não potável da água como uma prática de racionalização, sendo as diretrizes estabelecidas na Resolução nº 54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2005), a qual apresenta, entre outras vantagens, a redução na descarga de poluentes em corpos receptores e a conservação dos recursos hídricos para o abastecimento público e outros usos que exigem maior qualidade. Entretanto, para o reúso direto planejado, apresentado na Resolução 54 (CNRH, 2005), há a necessidade de investir no tratamento, seja por sistemas biológicos, físico-químicos ou mistos. Porém são raros os processos que utilizam pouca ou nenhuma energia; não requerem o emprego de químicos; têm baixo custo de implantação, operação e manutenção. Deve ser destacado, portanto, o sistema de *wetlands* construídas (WC), que é capaz de mesclar todas essas características e pode vir a ser uma solução natural para grande parte das dificuldades encontradas.

As *wetlands* construídas modernas são sistemas projetados para enfatizar e melhorar características específicas dos sistemas naturais de purificação da água e manejo dos resíduos, com a decomposição e captura de nutrientes e contaminantes (RUSSI et al., 2013). Há, portanto, diferentes configurações quanto: ao fluxo (fluxo superficial ou subsuperficial); à vegetação (plantas flutuantes, emergentes ou submersas); ao escoamento (horizontal ou vertical) (WALLACE; KNIGHT, 2006).

A eficiência no tratamento de poluentes varia de um modelo para o outro. Segundo Kayombo et al. (2004), as *wetlands* construídas de fluxo sub-superficial são sistemas apropriados para o tratamento de efluentes primários, uma vez que não existe contato entre o efluente e a atmosfera, enquanto as *wetlands* construídas de fluxo superficial são indicadas para o tratamento de efluente secundário, terciário e para prover *habitat* para seres vivos. Os mecanismos de remoção de poluentes encontrados nas *wetlands* são diversos (MARQUES, 1999): sedimentação, filtração, precipitação e adsorção química, além de interações microbianas e complexação.

Usualmente as *wetlands* não atendem ao padrão de lançamento de efluentes exigidos na legislação, tais como o apresentado na Resolução 430 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2011). De modo geral, *wetlands* construídas têm sido utilizadas como sistemas de pós-tratamento ou polimento, o que é considerado um tratamento terciário, e sua aplicação para águas residuárias com alta carga orgânica ainda é limitada (CHIEMCHAI SRI et al., 2009). O maior interesse no emprego de *wetlands* nas últimas décadas se deve ao custo de construção e manejo relativamente baixos comparados às demais alternativas (JOHANSSON et al., 2004). Como as *wetlands* são construídas usando mão de obra e material local não é possível apresentar estimativas de custos universais, aplicáveis a todos os sistemas de tratamento (WALLACE; KNIGHT, 2006), mas é possível fazer um estudo da viabilidade econômica e financeira que permitirá por meio das projeções e números indicar o potencial retorno do investimento.

Apesar de o Brasil apresentar um enorme potencial para o emprego das WCs, devido ao fato de se situar nos trópicos e possuir um inverno sem neve na maior parte de seu território, poucas

pesquisas são feitas a respeito do emprego das WCs no país quando comparada a outras formas de tratamento. No Plano Nacional de Saneamento básico, por exemplo, ao apresentar as necessidades de investimentos para as unidades de tratamento de esgoto considerando os anos-base de 2014, 2018, 2023 e 2033, foi feita a conjugação de tecnologias envolvendo reatores anaeróbios de fluxo ascendente, filtros biológicos percoladores, lagoas de estabilização e sistema de lodos ativados (PLANSAB, 2013), por serem os métodos comumente utilizados no país. Assim, os métodos de dimensionamento para a construção de *wetlands* utilizados no Brasil são, em sua grande maioria, modelados para a região temperada do globo, como os métodos de Reed et al. (1995), Kadlec e Knight (1996) e Platzer (1998).

As vantagens ambientais e estéticas do emprego de WC para tratamento de águas residuárias são apontadas em diversos trabalhos, mas ainda são incipientes as avaliações de viabilidade econômica de seu emprego.

Na opinião de Padoveze (2005), o investimento em um projeto deve ser avaliado em relação ao seu retorno. Assim, pelos critérios econômicos, os projetos com maior aceitação terão o valor presente líquido positivo (VPL) ou igual a zero, ou terão a maior taxa interna de retorno, a critério da empresa. Adicionalmente, de acordo com Salles (2004), a análise financeira de projetos é usualmente baseada em estimativas para o fluxo de caixa futuro do projeto, obtidas a partir de previsões para diversas variáveis. A análise inicial do fluxo de caixa é feita através de valores representativos para as variáveis consideradas, permitindo o cálculo de indicadores financeiros determinísticos. Ainda segundo Salles (2004), para conseguir financiamento de credores suficiente que garanta o custo de elaboração de um projeto, de forma a convencê-los a investir, é preciso provar a viabilidade econômico-financeira do empreendimento e sua capacidade de garantir o crédito para o pagamento da dívida do financiamento.

A aplicação do estudo de viabilidade econômica e financeira (EVEF), portanto, pode auxiliar na decisão pela implantação de um projeto que apresenta viabilidade ambiental e social. Costa et al (2014), por exemplo, demonstraram a viabilidade da implantação de um laboratório de tratamento e recuperação de resíduos químicos em um órgão público com a aplicação do EVEF.

Assim, o objetivo no presente trabalho foi avaliar a viabilidade econômica financeira do uso de *wetlands* com auxílio de uma lagoa de maturação e de um tanque séptico para tratamento de esgoto doméstico visando ao reúso. Foram utilizados instrumentos como a taxa mínima de atratividade; o *payback* descontado; a taxa interna de retorno e o índice de lucratividade para o investimento em um sistema de tratamento de água residuária em que as WCs pudessem ser empregadas para tratamento e reúso de água.

Material e métodos

Para o desenvolvimento deste trabalho foi escolhido como estudo de caso o Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL) da Eletrobrás, localizado na cidade universitária Ilha do Fundão, Rio de Janeiro. O CEPEL foi criado em 1974, por iniciativa da Eletrobrás. A escolha do CEPEL teve como critérios sua importância no cenário do pioneirismo em energia sustentável, sua representatividade, visto que é o maior centro de energia elétrica da América do Sul e sua contribuição à promoção do desenvolvimento sustentável (CEPEL, 2015).

Foi feito um dimensionamento para parte do efluente gerado visando ao reúso. Os efluentes gerados na unidade Fundão do CEPEL não se enquadram como industriais, pois apesar de possuir laboratórios, os efluentes gerados por esses laboratórios são armazenados em bombonas plásticas

homologadas e destinados a uma empresa de tratamento licenciada. Para a realização deste trabalho foram utilizados valores médios de efluente de esgoto doméstico apontados por Metcalf e Edy (2003), conforme Tabela 1:

Tabela 1 – Caracterização do efluente estimado para dimensionamento do sistema de tratamento do CEPTEL.

Parâmetros	Unidades	Valores médios
SST	mg L ⁻¹	220,0
Turbidez	UNT	160,0
DBO	mg L ⁻¹	220,0
DQO	mg L ⁻¹	500,0
Nitrogênio total	mg L ⁻¹	40,0
Fosforo total	mg L ⁻¹	8,0
Coliformes totais	org.100mL ⁻¹	10 ⁹

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Na proposta do sistema de tratamento, o objetivo era o reúso para irrigação porque requereria menos tratamento e seria mais econômico, não demandaria grandes reformas na instalação hidrosanitária do Cepel e, considerando a estimativa de consumo de 15 m³ mês⁻¹, a utilização de água de reúso representaria uma economia de 180 m³ ano⁻¹. Havia, portanto, a necessidade de uma mínima qualidade adequada que não seria alcançada apenas com as *wetlands*. Assim, o sistema foi composto por reatores biológicos para manter um baixo custo de operação, sendo desta forma: um tanque de equalização (te), um tanque séptico (ts), uma *wetland* construída de fluxo sub-superficial horizontal (HWFSS), uma *wetland* construída de fluxo superficial (WFS) e uma lagoa de maturação. O tanque de equalização foi dimensionado segundo Embrapa (2015) e o tanque séptico de acordo com a norma brasileira da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 7229/93 (ABNT, 1993). As WCs foram dimensionadas utilizando as equações do modelo de Reed et al. (1995) para ambos os tipos de WC. Adicionalmente, a lagoa de maturação foi dimensionada utilizando o método proposto por Von Sperling (2006). Os parâmetros de projeto adotados estão apontados na Tabela 2 para um volume de esgoto afluente diário de 600 L dia⁻¹:

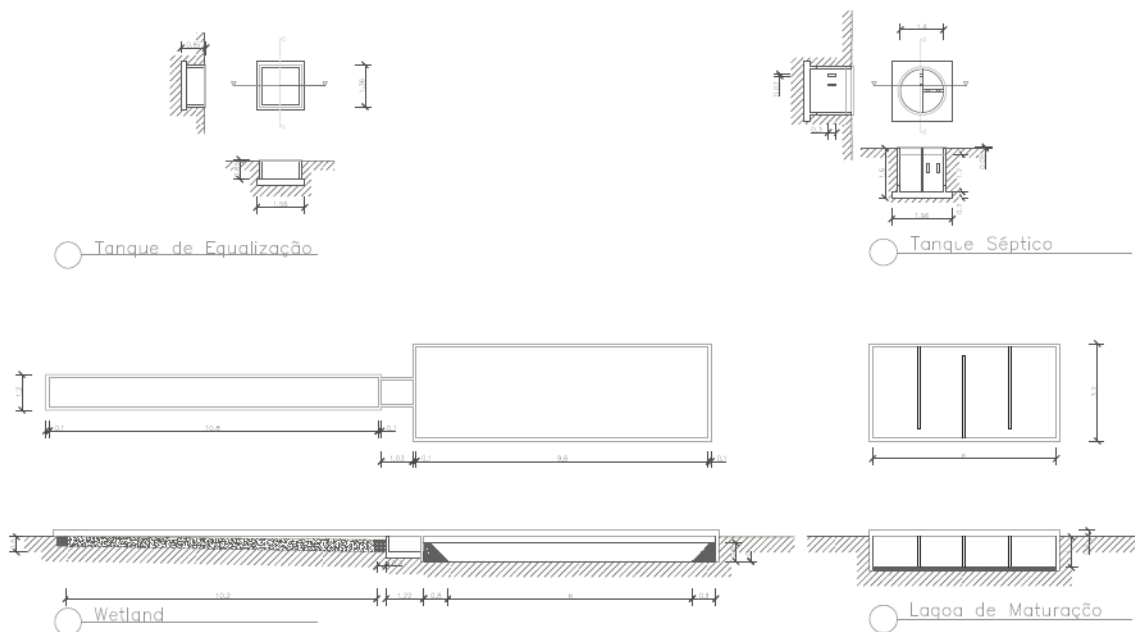
Tabela 2 – Parâmetros básicos utilizados para o dimensionamento dos reatores.

Reatores	Tempo de detenção (dias)	Carga Orgânica volumétrica afluente (mg L ⁻¹)
TE	1	220,00
TS	1	220,00
HWFSS	2	88,00
WFS	11	14,33
Lagoa de maturação	20	0,00

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Na Figura 1 estão representados os componentes do sistema utilizado no presente trabalho:

Figura 1 – Sistema projetado para o tratamento dos efluentes da CEPEL.



Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Como o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica e econômica de um sistema proposto para reúso sem grandes modificações na estrutura hidráulica da empresa, este projeto foi dimensionado para atender ao consumo da irrigação dos jardins ($0,6 \text{ m}^3/\text{dia}^{-1}$) e para enquadramento na classe 2 de água de reúso da norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 13.696 (ABTN, 1997).

O sistema de tratamento com $52,0 \text{ m}^2$ foi orçado com o software Volare de orçamento, planejamento e controle de obras. O Volare trabalha com a base de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), que possibilita aos usuários elaborar orçamentos com composições aceitas pelos principais órgãos públicos do Brasil.

Para o estudo de viabilidade econômica e financeira (EVEF), foi empregada a taxa mínima de atratividade (TMA), que é uma taxa que varia de acordo com a política praticada por cada empresa, podendo ser definida como a taxa de desconto ou a TMA mais apropriada para decisões de investimento, como a taxa do custo de capital (SCHROEDER, 2005). No presente trabalho foi estipulado um valor para a TMA de acordo com a taxa anual de poupança no Brasil em 2015 (6% a.a.), por ser a aplicação mais estável e segura do mercado financeiro. Foram acrescentados 4,5% (referente à taxa de inflação no Brasil em 2015) de risco, por ser um sistema com risco considerável. Logo, obteve-se uma $TMA = 10,5\% \text{ a.a.}$

Outro instrumento utilizado foi o *payback* descontado. *Payback* descontado é o tempo exato necessário para empresa recuperar o investimento inicial, a partir das entradas de caixa, utilizando a taxa de atratividade definida previamente, de forma a considerar o valor do dinheiro no tempo.

Finalmente, foram empregados a taxa interna de retorno (TIR) e o índice de lucratividade (IL). A taxa interna de retorno é o cálculo da taxa de desconto que teria um determinado fluxo de caixa para igualar a zero seu valor presente líquido, isto é, a taxa do retorno do investimento

realizado, enquanto o índice de lucratividade é a medida relativa entre o valor presente dos fluxos de caixa recebidos e o investimento inicial. A TIR pode ser calculada de acordo com a seguinte expressão de Rêgo et al. (2013):

$$TIR = \sum_{t=1}^N \frac{FCt}{(1+i)^t} = 0 \quad (1)$$

em que:

FCt: fluxo de Caixa

N: duração do projeto

i: taxa de retorno

t: cada período

O método do VPL, ou método do fluxo de caixa descontado, segundo Rêgo et al. (2013), tem por objetivo compreender o fluxo de caixa de um projeto. Se o VPL for positivo, o projeto é aceito, isto é, temos o investimento recuperado e remunerado a uma taxa que supera a TMA. O VPL é dado pela seguinte fórmula de Rêgo et al. (2013):

$$VLP = -I + \sum_{t=1}^N \frac{FCt}{(1+r)^t} + \frac{VR}{(1+r)^n} \quad (2)$$

em que:

I: investimento inicial

FCt: fluxo de caixa líquido na data "t"

N: duração do projeto

n: número de períodos do projeto

t: cada período

r: custo de capital definido pela empresa

VR: valor residual do projeto ao final do período de análise

O método do índice de lucratividade considera a razão entre o valor presente do fluxo de caixa e o Valor Inicial do Investimento. Pode ser calculado pela seguinte fórmula de Rêgo et al. (2013):

$$IL = \frac{VP}{I_0} \quad (3)$$

em que:

IL: índice de lucratividade

VP: valor presente

I₀: Investimento inicial do projeto

O projeto será recomendável sempre que o IL for superior a um. No caso em que o IL for igual a um, significa que o valor investido será pago apenas, e o projeto se mostrará inviável para valores de IL abaixo de um.

Resultados e discussão

Na avaliação da aplicação do reúso nas instalações do CEPEL, verificou-se que as principais alternativas seriam para a lavagem de automóveis, a descarga de sanitários e a irrigação de jardins. Porém, com base nos dados cedidos pelo CEPEL, a irrigação de jardins não iria requerer grandes

reformas na instalação hidrossanitária e implicaria redução do consumo de $15,0 \text{ m}^3\text{mês}^{-1}$ de água de abastecimento, o que implicaria uma economia de $180 \text{ m}^3\text{ano}^{-1}$.

O sistema foi estruturado de forma que o tanque de equalização dimensionado segundo EMBRAPA (2015), com $0,6 \text{ m}^3$ de volume útil, funcionasse como um regulador da vazão de entrada, enquanto o tanque séptico, dimensionado segundo a NBR 7229 (ABNT, 1993), de formato cilíndrico com três câmaras de $1,8 \text{ m}^3$ de volume útil, tivesse a função principal de redução da quantidade de sólidos suspensos totais (SST) do afluyente da *wetland* construída de fluxo subsuperficial horizontal (hWCFSS). Deve-se ressaltar que o entupimento da zona de descarga é um problema comum nas HWFSS, é esperado que com o tanque séptico precedendo-a isso não ocorra.

A eficiência teórica do tanque séptico foi estabelecida a partir de dados da literatura coletados por Ávila (2005). Assim, foi estimada eficiência de 80,0% ($176,0 \text{ mgL}^{-1}$) para remoção de sólidos solúveis totais; 74,0% ($118,40 \text{ unT}$) para a redução da turbidez; 60,0% para a remoção da DBO e da DQO ($132,00 \text{ mg L}^{-1}$ e $300,00 \text{ mgL}^{-1}$, respectivamente); 12,0% ($4,8 \text{ mgL}^{-1}$) de remoção para o Nitrogênio total; 6,70% ($0,536 \text{ mgL}^{-1}$) de eficiência na remoção de fósforos totais; 25,30% ($2,53 \times \text{Ct Org. } 100 \text{ ml}^{-1}$) de eficiência para a remoção de coliformes totais.

A HWFSS precedendo a WFS também foi posicionada no intuito de que o efluente só entrasse em contato com a atmosfera na terceira etapa de tratamento, visando evitar o mau cheiro. As WCs foram dimensionadas utilizando as equações do modelo de Reed et al. (1995) para ambos os tipos de WCs. O modelo presume que as transformações químicas sejam irreversíveis e ocorram sob uma taxa homogênea proporcional à concentração de partículas, ou seja, com reações cinéticas de primeira ordem. De acordo com o modelo de Reed et al. (1995), considerou-se que as reações ocorreriam com vazão de entrada não nula e igual à vazão de saída, com o tempo de detenção de partículas igual ao tempo de detenção hidráulico, isto é, com um modelo hidráulico de escoamento tipo pistão. Esta abordagem, de que as WCs funcionem como reatores de fluxo tipo pistão com reações de primeira ordem, ignora a influência de fatores como precipitação, evapotranspiração e padrões de escoamento não ideais (CHAGAS, 2011).

A área superficial foi estimada segundo Troesch et al. (2012), que recomendam valores de $2,0 \text{ m}^2$ por contribuinte. A vazão de $0,6 \text{ m}^3\text{dia}^{-1}$ usada para o projeto de acordo com a NBR 7229 (ABNT, 1993) é referente a 12 contribuintes, considerando que para esse tipo de empreendimento a contribuição por pessoa é de 50,0 litros. Assim, seriam necessários $24,0 \text{ m}^2$, os quais seriam divididos entre a HWFSS e a WFS. Entretanto, devido à qualidade desejada, visto que a proposta era a reutilização do efluente, foi adotada uma área de $10,0 \text{ m}^2$ para a HWFSS e aumentou-se a área da WFS para $24,0 \text{ m}^2$, com o objetivo de atingir a eficiência planejada.

As macrófitas previstas para serem utilizadas na HWFSS e WFS, respectivamente, foram taboa (*Typha sp*) e aguapé (*Eichornia crassipes*), com profundidades de acordo com a necessidade das raízes, isto é, a profundidade taboa de 0,30 m (BRASIL et al., 2007) e a da aguapé de 0,6 m (RIBEIRO, 1986).

O método de dimensionamento de Reed et al. (1995) não possui equações para calcular a redução da demanda química de oxigênio (DQO), de nitrogênio total (NT) e da turbidez, assim, a eficiência desses itens também foi estimada a partir de dados da literatura. Jorge (2013) indica que para uma WFS que utiliza como vegetação a aguapé, há eficiência de 95,0% para redução da turbidez, de 98,50% para redução da DQO e de 6% de redução para NT (JORGE, 2013). A Tabela 2 resume a eficiência teórica de cada etapa do sistema proposto.

Finalizando o sistema, foi dimensionada uma lagoa de maturação com 18,0 m³ para polimento dos efluentes, em especial, para remoção de coliformes fecais.

Pode ser observado na Tabela 3 que o sistema proposto, pela qualidade do efluente gerado, é capaz de atender aos critérios exigidos para enquadramento na classe 2 de água de reúso da NBR 13.696 (ABTN, 1997). Os valores de eficiência de remoção estão acima de 98,0% para todos os parâmetros, com exceção do nitrogênio e do fósforo total, o que por sua vez é benéfico, uma vez que o reúso do efluente pretendido é na irrigação de jardins e ambos são elementos nutricionais para a vegetação. É, portanto, um sistema viável tecnicamente para atender ao objetivo de reúso.

Tabela 3 – Eficiência do sistema ponderando cada parte que o compõe.

Parâmetros	Efluente Cepel	Ts	WFSs	WFS	Lm	Efluente Cepel
	Entrada	Remoção				Saída
SST (mg L ⁻¹)	220	176*	38,17 ¹	5,13 ¹	0	0,69
Turbidez (unT)	160	118,4*	0,00	39,52*	0	2,08
DBO (mg L ⁻¹)	220	132*	73,67 ¹	14,25 ¹	0	0,07
DQO (mg L ⁻¹)	500	300*	0,00	197*	0	3,00
Nt (mg L ⁻¹)	40	4,8*	0,00	21,12*	0	14,08
Ft (mg L ⁻¹)	8	0,536*	2,72 ¹	3,15 ¹	0	1,59
Ct org 100ml ⁻¹	1 x 10 ⁸	2,53 x 10 ⁷ *	5,27 x 10 ⁷ **	2,5 x 10 ⁷ **	1,5 x 10 ⁶ **	300,41

* valores estimados; ¹valores teóricos

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

O orçamento do projeto básico do sistema de tratamento proposto foi elaborado com os serviços necessários separados nos seguintes grupos: movimento de terra; impermeabilização; pré-tratamento; alvenaria e serviços adicionais.

Para o movimento de terra, seria necessário escavar 75,04 m³, em que apenas 7,07 m³ retornariam para vala, o restante (67,97 m³) deveria ser removido por caminhões.

O serviço de impermeabilização demandaria 86,40 m² de geomembrana em polietileno de alta densidade com 2,5 mm de espessura, para assegurar a integridade de qualquer lençol freático existente no local e ainda seria aplicado 53,69 m² de tinta impermeabilizante em toda a alvenaria.

O sistema de pré-tratamento requereria 39,76 m² de formas de madeira, uma vez que não há um sistema sob medida, não sendo encontradas peças pré-fabricadas no mercado, também seriam necessários 6,43 m³ de concreto para sua construção.

As WCs foram projetadas com jardineiras delimitando-as de forma a conter qualquer extrapolação de efluente, bem como para diferenciar a WC dos demais jardins. Assim, foram contabilizados 52,56 m² de alvenaria.

Os serviços adicionais englobariam os serviços do sistema hidrossanitário necessário e outros serviços pequenos dentro da execução do projeto. O valor final contemplando todos os encargos sociais, exigências de segurança para os trabalhadores e demais taxas foi calculado em 10.006,92 dólares, com um tempo de construção estimado do projeto de 30 dias (um mês).

Tendo como base o valor de 10.006,92 dólares do orçamento do projeto básico e considerando no fluxo de caixa uma taxa de 10,0% de aumento anual no valor das despesas do primeiro ano

(\$ 2766,57), taxa de aumento baseada na inflação brasileira do ano 2015 e que os ganhos (\$ 12.861,24) não foram alterados, pois foi tido que o tamanho da organização é constante, o estudo da viabilidade econômica e financeira elaborado demonstrou que o período de retorno do investimento é de apenas dois anos, como pode ser observado na Tabela 4 do *payback* descontado, considerando taxa mínima de atratividade (tma) de 10,5% a.a.

A Taxa Interna de Retorno (tir) encontrada para o fluxo de caixa considerado foi de 98,0, aproximadamente dez vezes maior que o valor da tma (98,0% > 10,5%). Desta forma, verifica-se que o projeto é economicamente viável.

O índice de lucratividade encontrado (IL), considerando o valor presente, foi de 3,28. Segundo Rêgo et al. (2013), o valor de $IL > 1$ significa que o investimento será recuperado, remunerado ao menos à taxa exigida e haverá ainda um aumento de riqueza. A viabilidade do projeto é constada pelo valor de $tir > tma$.

Tabela 4 – Payback Descontado.

Tempo Ano	Fluxo de Caixa (dólar)	Valor presente (dólar)	Valor Acumulado (dólar)
0	-10.006,92	-10.006,92	-10.006,92
1	10.094,66	9.135,44	-871,48
2	9.818,01	8.040,79	7.169,31
3	9.513,68	7.051,18	14.220,49
4	9.178,93	6.156,63	20.377,12
5	8.810,70	5.348,09	25.725,21
6	8.405,64	4.617,40	30.342,61
7	7.960,09	3.957,14	34.299,75
8	7.469,97	3.360,63	37.660,38
9	6.930,84	2.821,80	40.482,18
10	6.337,81	2.335,16	42.817,34

Fonte: Elaboração dos autores (2015).

Portanto, o estudo de viabilidade econômica do projeto demonstrou que o total investido será recuperado em até dois anos e que a viabilidade do projeto está garantida com índice de lucratividade quatro vezes superior ao valor necessário para haver recuperação. É ainda previsto um aumento da riqueza e uma taxa interna de retorno dez vezes superior à taxa mínima de atratividade.

Para comparação do presente trabalho com outros, foi preciso fazer conversões monetárias. Desta forma, o valor do euro considerado foi de 1,10 dólares (cotação de 11 de agosto de 2015, às 19 horas e 32 minutos) e de 3,85 reais (cotação de 11 de agosto de 2015, às 20 horas e 18 minutos), com dados obtidos na cotação do Banco Central (BCB, 2015).

Devido à escassez de avaliações econômicas de projetos empregando WC no Brasil, foram utilizados trabalhos realizados fora do país de forma a comparar com os dados obtidos no presente trabalho. Foram encontrados dois projetos com estudo de viabilidade para a comparação, um deles compreende um tanque séptico padrão e uma WFSS com dois leitos de 25,0 m², dimensionada por Hoddinott (2006) para atender a uma casa com cinco contribuintes sem reúso do efluente,

no estado de Ohio (Estados Unidos da América), sendo empregada uma área aproximada de 50,0 m². O segundo foi um projeto de Albold (2011), desenvolvido para uma estação descentralizada construída em Vidrare, na Bulgária, que compreendia um tanque séptico de 18,0 m³ com 3,0 m² de área e dois leitos de WFSSs com 133,0 m² dimensionados utilizando o Guia Nacional Alemão para opções de tratamento sustentável. O sistema de Albold (2011) visava ao atendimento de uma comunidade com 95 contribuintes, tendo sido empregada uma área de aproximadamente 269,0 m². Ambos os sistemas contemplam tratamento primário e secundário, tendo como destino final o lançamento em rios.

Na Tabela 5 estão resumidos os resultados obtidos no presente trabalho e os dos resultados dos trabalhos utilizados para a comparação. Pode-se verificar que o preço por contribuinte do presente trabalho (CEPEL) não está muito distante dos preços do projeto de Albold (2011), porém é quase a metade do valor por contribuinte do projeto de Hoddinott (2006).

Tabela 5 – Custo dos projetos utilizados para comparação com os resultados do presente trabalho.

Projeto	Albold (2011)	Hoddinott (2006)	CEPEL
Número de Contribuintes	95	5	12
Área empregada na WC	266,0 m ²	50,0 m ²	52,0 m ²
Volume do Tanque Séptico	18,0 m ³		2,4 m ³ *
Serviços da Construção do Projeto	Custo		
Escavação e Canalização	\$ 13.264,69	NF	\$ 2.606,90
Pré-tratamento (concreto)	\$ 6.632,34	NF	\$ 1.432,83
Impermeabilização do solo	\$ 6.632,34	NF	\$ 1.035,02
Substrato da <i>Wetland</i> Construída	\$ 7.737,74	NF	\$ 1.553,76
Instalações hidrossanitárias	\$ 15.475,47	NF	\$ 3.378,41
Total	\$ 49.742,58	\$ 8.000,00	\$ 10.006,92
Custo por Contribuinte	\$ 523,61	\$ 1.600,00	\$ 833,91

nf – dados não informados; * tanque de equalização + tanque séptico

Fonte: Elaboração dos autores (2015)

Os projetos de Albold (2011) e do CEPEL, por possuírem informações mais detalhadas, permitem uma comparação mais completa. O custo de escavação do projeto de Albold (2011) foi avaliado em 49,87 dólares por metro quadrado, praticamente o mesmo valor do projeto da CEPEL de 50,13 dólares por metro quadrado. O pré-tratamento do projeto de Albold (2011) foi estimado em 368,46 dólares por metro cúbico, um valor um pouco mais baixo do valor do projeto da CEPEL de 597,01 dólares, porém o pré-tratamento do projeto da CEPEL conta também com um sistema de tanque de equalização. A impermeabilização do solo do projeto de Albold (2011) foi orçado em 24,93 dólares por metro quadrado, enquanto o projeto da CEPEL foi orçado em 19,90 dólares. O custo do substrato no projeto de Albold (2011) foi de 29,09 dólares por metro quadrado, valor muito próximo do valor do projeto da CEPEL de 29,88 dólares por metro quadrado. As instalações hidrossanitárias não foram comparadas, por não se conhecer com detalhes o sistema desenvolvido para o projeto de Albold (2011).

A comparação entre os projetos reforça que o sistema proposto pelo presente trabalho possui dados orçamentários bem próximos dos reais e que as discordâncias entre os trabalhos podem ser atribuídas às diferenças entre as leis trabalhistas dos anos de execução dos projetos.

Conclusões

O sistema de tratamento dimensionado para o reúso do esgoto sanitário no CEPEL, composto por tanque séptico seguido por duas *wetlands* e por lagoa de maturação, possui viabilidade técnica e econômica.

Com a utilização do sistema, anualmente seriam poupados 180,0 m³ de água que poderiam ser realocados, reduzindo a pressão sobre o sistema de abastecimento público e conseqüentemente sobre os sistemas ambientais, além do tratamento do esgoto gerado e da beleza cênica proporcionado pelas *wetlands*. Portanto, o sistema não se limita apenas a ganhos econômicos, mas também a ganhos sociais e ambientais.

Com os resultados obtidos na realização deste trabalho, assim como o conhecimento adquirido no desenvolvimento do estudo, pode-se sugerir os seguintes trabalhos a serem desenvolvidos: Avaliar em outros estabelecimentos públicos a viabilidade da utilização do sistema de *wetlands* construídas (WC) para polimento das águas residuárias; avaliar a viabilidade do emprego do reúso do efluente tratado em *wetlands* construídas (WC) para estoque e destinação a lavouras; comparar o estudo econômico, financeiro e técnico das *wetlands* com outras metodologias sustentáveis utilizadas para tratamento de água residuária.

Uma das limitações encontradas foi a impossibilidade da comparação entre a eficiência dos sistemas dos projetos de Albod (2011), de Hoddinott (2006) e da CEPEL, visto que nos dois primeiros, o objetivo não era o reúso e, por essa razão, possuíam valor de enquadramento mais baixo.

Economic feasibility for wastewater treatment system composed of wetlands for the wastewater reuse: a case study

Abstract

Water is an asset that is becoming scarce and its reuse is an alternative to preserve it. Social and environmental feasibility motivate the adoption of reuse, but the financial factor can be limited to its use. The objective of this study was to evaluate the economic and financial feasibility for the investment in a domestic wastewater treatment system in which the constructed wetlands could be used aiming at the reuse for irrigation. Instruments such as the minimum attractiveness rate, discounted payback, the internal rate of return and the profitability index were used. The treatment system composed of an equalization tank, a septic tank, horizontal subsurface flow constructed wetland, subsurface flow constructed wetland, and a maturation pond comprising 52 m², demonstrating that it is able to meet the criteria required for reuse. The organic load affluent to the system was projected to 220 mg L⁻¹ at a flow rate of 600 L day⁻¹ of sewage, obtaining removal efficiency above 98% for all parameters, except nitrogen and phosphorus. In the analysis of economic and financial feasibility, it was found that the internal rate of return found for the cash flow considered was 98% and the profitability index according to the present value was 3.28. It was found that the total employed would be recovered in up to two years. With the use of the system, 180 m³ of water would be saved annually, reducing the pressure on the public supply system, in addition to the sewage treatment and the scenic beauty provided by wetlands. Therefore, the system is not limited only to economic gains, but also to social and environmental gains.

Keywords: Reutilization. Sewage. Economic viability.

Referências

ALBOLD, A.; WENDLAND, C.; MIHAYLOYA, B.; ERGUNSEL, A.; GALT, H. **Constructed wetlands: sustainable wastewater treatment for rural and peri-urban communities in Bulgaria, case study.** Bulgaria: Women in europe for a common future, 2011. 21 p.

AQUINO, V. Reúso, solução para escassez x legislação e regulamentação deficitária. **Revista Tae**, fevereiro de 2015. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/8761-noticias>> Acesso em 23. Jul. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7229**: Construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993. 15 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13696**: Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. 60 p.

ÁVILA, R. O. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico – filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte.** 2005, 166 p. Tese. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

BCB – BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Cotações e boletins.** Disponível em: <<https://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpesq.asp?frame=1>>. Acesso em: 11 ago. 2015.

BRASIL, M. S.; MATOS, A. T.; SOARES, A. A. Plantio e desempenho fenológico da taboa (*thypha* sp.) utilizada no tratamento de esgoto doméstico em sistema alagado construído. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 266-272, jul/set 2007.

CEPEL, 2015. Disponível em: <http://www.cepel.br/>. Acesso em: 10 jul. 2015.

CHAGAS, R. C.; MATOS, A. T.; CECON, P. R.; LO MONACO, P. A. V.; FRANÇA, L. G. F. Cinética de remoção de matéria orgânica em sistemas alagados construídos cultivados com lírio amarelo. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. Campina Grande, v. 15, n. 11, p. 1186–1192, 2011.

CHANG, D.; MA, Z. Wastewater reclamation and reuse in Beijing: Influence factors and policy implications. **Desalination**, 297, p. 72–78, 2012.

CHIEMCHAISRI, C; CHIEMCHAISRI, W.; JUNSOD, J.; THREEDEACH, S.; WICRANARACHCHI, P.N. Leachate treatment and greenhouse gas emission in subsurface horizontal flow constructed wetland. **Bioresource Technology**, 100, p. 3808–3814, 2009.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CNRH. Resolução n. 54. **Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água.** 28 de novembro de 2005.

COSTA, L. T.; SALGADO, E. G.; CARMO, D. F.; GUERRA, M.; EVANGELISTA, M.; SILVEIRA, K. (2014). Laboratório de tratamento e recuperação de resíduos químicos: alternativa para resíduos industriais do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, v. 2, n. 2, p. 225-243, 2015.

DEMAJOROVIC, J.; CARUSO, C.; JACOBI, P. R. Cobrança do uso da água e comportamento dos usuários industriais na bacia hidrográfica do Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Rev. Adm. Pública**, v. 49, n. 5, p. 1193-1214, set./out. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema de tratamento e compostagem**. Sistema de tratamento de dejetos suínos: inventário tecnológico. 2015. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/invtec/35.html>>. Acesso em: 10 jul. 2015.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de conservação e reúso de água em edificações**. São Paulo: Gráfica, 2005. 152 p.

HODDINOTT, B. C. **Horizontal subsurface flow constructed wetlands for on-site wastewater treatment**. Dissertação de mestrado, Wight State University, Ohio, 2006. 84 p.

JOHANSSON, A. E.; GUSTAVSSON, A. M.; QUIST, M. G. O; SVENSSON, B. H. Methane emissions from a constructed wetland treating wastewater—seasonal and spatial distribution and dependence on edaphic factors. **Water Research**. v. 38, p. 3960–3970, 2004.

JORGE, C. M. B. P. Tratamento das águas residuais dos dejetos de suínos com aguapé, um estudo de caso no campus Nilo Peçanha. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, IX, 2013, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 2013, 15 p. Disponível em: http://www.excelenciaemgestao.org/portals/2/documents/cneg9/anais/t13_2013_0016.pdf Acesso em: 5 de jul. 2015.

KAYOMBO, S. MBWETTE, T. S. A.; KATIMA, J. H. Y.; LADEGAARD, N.; JRGENSEN, S. E. **Waste stabilization ponds and constructed wetlands design manual**. University of dar es salaam, Copenhagen, Denmark, 2004, 59 p.

MARQUES, D. M. Terras úmidas construídas de fluxo Sub-superficial. In: CAMPOS, J.R. (coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Prosab, 1999. P. 409-435.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse**. 4. ed. New York, McGraw - Hill Book, 1815 p. 2003

PADOVEZE, C. L. **Planejamento orçamentário: texto e exercícios**. São Paulo: Pioneira/ Thomson Learning, 2005.

PLANSAB – **Plano Nacional de Saneamento Básico**. Brasília: dezembro, 2013. 173 p.

PLATZER, C.; HOFFMANN, H.; CARDIA, W. O wetland como componente de ecosan- experiências com o uso e dimensionamento no clima subtropical. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE SANITATION: FOOD AND WATER SECURITY FOR LATIN AMERICA, Fortaleza, 2007. **Proceedings...** Fortaleza: ECOSANLAC/IWA, 2007.

REED, S. C.; CRITES, R. W.; MIDDLEBROOKS, E. J. **Natural Systems for Waste Management and Treatment** – 2. ed. McGraw Hill, New York, 1995.p. 173-284.

REGO, R. B.; PAULO, G. P.; SPRITZER, I. M. P. A.; ZOTES, L. P. **Viabilidade econômico-financeira de projetos**. FGV, 4. ed. 2013. 172 p.

RIBEIRO, M. C. M. Mercado de reúso de água no Brasil: é possível assegurar um crescimento sem a definição de um arcabouço normativo e legal? **Revista Dae**, 2012, p. 4-9.

RIBEIRO, M. D.; KAWAI, H.; TINEL, P. R.; ROSSETTO, R. Experimento piloto da lagoa aguapé para tratamento de esgoto bruto. **Revista Dae**, v. 46, 1986.

RUSSI, D.; BRINK, P. T.; FARMER, A.; BADURA, T.; COATES, D.; FÖRSTER, J.; KUMAR, R.; DAVIDSON, N. **The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) for Water and Wetlands**. 2013. 84 p.

SALLES, A. C. N. **Metodologias de análise de risco para avaliação financeira de projetos de geração eólica**. 2004, 93 p. Tese de doutorado. Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

SCHROEDER, J. T.; SCHROEDER, I.; COSTA, R. P.; SHINODA, C. O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento. **Revista Gestão Industrial**. v. 1, n. 2, 2005.

TROESCH, S.; ESSER, D. Constructed wetlands for the treatment of raw wastewater: the French experience, **Sustainable Sanitation Practice**, p. 9-15, 2012.

VOLARE, 205. Disponível em: <<http://pinisistemas.pini.com.br>>. Acesso em: 15 maio 2015.

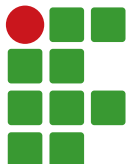
VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização**. 2. ed. 2. reimpressão. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais. 196 p. 2006.

WALLACE, S. D.; KNIGHT, R. L. **Small-scale constructed wetland treatment systems: feasibility, design criteria and O&M requirements**. 2006. WERF – Water Environment Research Foundation. 304 p.

WEBER, C. C.; CYBIS, L. F.; BEAL, L. L. Conservação da água aplicada a uma indústria de papelão ondulado. **Eng Sanit Ambient**, v. 15, n. 3, 2010, p. 291-300.

Submetido em: 07/08/2019

Aceito em: 08/11/2019



Suscetibilidade de quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea* aos herbicidas saflufenacil e flumioxazin

Saul Jorge Pinto de Carvalho¹

Leonardo Ferreira Nery²

Carlos Alberto Borges Madeira³

Jeisiane de Fátima Andrade⁴

Jéssica Cursino Presoto⁵

Resumo

Dentre as plantas daninhas comumente encontradas no Brasil e que interferem diretamente na agricultura, destacam-se aquelas classificadas na família Convolvulaceae, particularmente no gênero *Ipomoea* L., popularmente conhecidas por corda-de-viola. Dentre os herbicidas registrados para o controle dessas plantas daninhas, encontram-se o flumioxazin e o saflufenacil. Neste contexto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a suscetibilidade de espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea* aos herbicidas flumioxazin e saflufenacil. Dois experimentos semelhantes foram realizados em 2017, instalados em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram organizados em esquema fatorial 8x4, em que oito foram as doses de cada um dos herbicidas e quatro foram as espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea* (*I. hederifolia*, *I. nil*, *I. quamoclit* e *I. triloba*). Para o saflufenacil foi adotado (g ha^{-1}): 0, 1,5; 3,0; 6,1; 12,3; 24,5; 49,0; 98,0; para flumioxazin foi adotado (g ha^{-1}) 0; 3,75; 7,5; 15,0; 30,0; 60,0; 120,0; 480,0. As espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea* foram perfeitamente controladas pelos herbicidas saflufenacil e flumioxazin, que podem ser considerados como excelentes alternativas para controle de cordas-de-viola. Nas doses de $3,75 \text{ g ha}^{-1}$, detectou-se menor suscetibilidade de *I. triloba* e *I. nil* ao herbicida flumioxazin; na dose de $7,5 \text{ g ha}^{-1}$, o herbicida flumioxazin também promoveu menor controle de *I. triloba*; doses iguais ou superiores a $15,0 \text{ g ha}^{-1}$ promoveram eliminação total das plantas daninhas.

Palavras-chave: Protóx. Corda-de-viola. Controle químico. Eficácia. Pós-emergência.

Introdução

Na agricultura, diversos são os fatores que podem interferir na produtividade, entre esses, a competição da cultura com plantas daninhas é de extrema importância, pois os prejuízos causados por elas não se aplicam somente à competição por luz, água e nutrientes, mas sim a um conjunto resultante das pressões ambientais, podendo ser de efeito direto, como a própria alelopatia,

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – IFSULDEMINAS, Campus Machado. Professor Doutor. sjpcarvalho@yahoo.com.br. Rod. Machado-Paraguaçu, km. 3, 37750-000, Machado/MG.

2 IFSULDEMINAS, Campus Machado. Graduado em Engenharia Agrônômica. som-leo@hotmail.com.

3 IFSULDEMINAS, Campus Machado. Graduado em Engenharia Agrônômica. cb.madeira@hotmail.com.

4 Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP. Aluna de Pós-graduação/Mestrado. jeisiane.eng.agronomica@gmail.com.

5 ESALQ/USP. Aluna de Pós-graduação/Mestrado. jessica.cursino_02@hotmail.com.

ou indireto, como alojamento de insetos, doenças, interferências na colheita e outros (VASCONCELOS; SILVA; LIMA, 2012).

Com isso, as elevadas perdas de produtividade ligadas à interferência de plantas daninhas fazem do uso de herbicidas uma prática essencial e generalizada (SCOTT; VAN DEYNZE, 2017), cujo objetivo é minimizar os prejuízos, devido à elevada eficácia de controle e, principalmente, devido à redução dos custos de produção proporcionados pelos herbicidas.

Dentre as plantas daninhas comumente encontradas no Brasil, e que interferem diretamente na agricultura, destacam-se aquelas classificadas na família Convolvulaceae. Constituída por 56 gêneros e cerca de 1.840 espécies, as Convolvulaceae distribuem-se amplamente em regiões tropicais e temperadas (STAPLES; BRUMMITT, 2007). São ervas ou arbustos anuais ou perenes, frequentemente trepadeiras, ocasionalmente árvores, ou ainda holoparasitas (*Cuscuta* spp. L.). As folhas são na maioria alternas, simples e as estípulas ausentes, e látex por vezes presente. As flores são gamopétalas, campanuladas ou infundibiliformes, com nervuras mesopétalas proeminentes, estames epipétalos, ovário súpero e fruto geralmente capsular (AUSTIN, 2004; SOUZA; LORENZI, 2005).

Naturalmente, as Convolvulaceae, comumente conhecidas como cordas-de-viola, jetiranas ou corriolas, são espécies com maior tolerância aos herbicidas inibidores da EPSPs (glyphosate), de modo que são adotados compostos alternativos e misturas. Como alternativas de controle, dentre os herbicidas registrados no Brasil para o controle dessas plantas daninhas, destacam-se o saflufenacil e o flumioxazin. Essas moléculas são classificadas no grupo químico dos ciclos hexenodicarboximidas, que inibem a protoporfirinogênio oxidase (PROTOX – Grupo E). Trata-se da última enzima comum das rotas de síntese do grupo heme e da clorofila (HAO et al., 2011), podendo ser chamada também de rota de síntese de porfirinas ou de tetrapirroles (MEROTTO JÚNIOR; VIDAL, 2001).

Os inibidores da PROTOX (também conhecidos em outros países como inibidores da PPO) possuem algumas vantagens para uso agrícola, tais como: baixa toxicidade a mamíferos, eficácia em baixas concentrações, amplo espectro de controle, ação rápida sobre as plantas daninhas e possibilidade de efeito residual no solo para controle de plantas daninhas em condição de pré-emergência. Ainda, quando comparados a outros mecanismos de ação, selecionam resistência de plantas daninhas em taxa significativamente menor (HAO et al., 2011; SALAS et al., 2016).

Sabidamente, os inibidores da PROTOX são importantes componentes no manejo de plantas daninhas em diversas culturas agrícolas, tais como: soja, feijão, cana-de-açúcar, algodão, café e arroz. Devido ao intenso aparecimento de plantas daninhas resistentes a outros mecanismos de ação, comumente, os herbicidas inibidores de PROTOX são produtos indicados como alternativos, para auxiliar na prevenção e manejo desses casos (VIDAL; MEROTTO JÚNIOR; FLECK, 1999).

Assim sendo, esses produtos tornam-se excelente alternativa para controle de plantas daninhas do gênero *Ipomoea* em pós-emergência (CHRISTOFFOLETI et al., 2006; RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Contudo, essa condição de controle está sujeita à influência de fatores relacionados ao tamanho das plantas, instante da aplicação e espécies a serem controladas (MAYO et al., 1995; CARVALHO et al., 2006).

Tendo em vista a possibilidade de diferença interespecífica quanto à suscetibilidade de plantas daninhas a herbicidas (CARVALHO et al., 2006; CHRISTOFFOLETI et al., 2006), torna-se relevante avaliar a resposta das espécies de corda-de-viola às novas moléculas herbicidas. Neste contexto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a suscetibilidade de espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea* aos herbicidas saflufenacil e flumioxazin.

Material e métodos

Dois experimentos semelhantes, porém independentes, foram desenvolvidos em casa de vegetação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus Machado* – MG (21° 40' S; 45° 55' W; 850 m de altitude). Ambos os experimentos foram desenvolvidos no primeiro semestre de 2017, o primeiro com a molécula saflufenacil entre os meses de fevereiro e abril, enquanto o segundo foi desenvolvido entre abril e julho de 2017, com a molécula flumioxazin. Utilizaram-se de plantas daninhas do gênero *Ipomoea* (corda-de-viola) como bioindicadoras, cujas sementes foram adquiridas comercialmente.

Sementes de quatro espécies de corda-de-viola foram distribuídas em excesso em bandejas plásticas com capacidade para 2,0 L, preenchidas com substrato comercial. Em estágio fenológico de uma folha plenamente expandida, as plântulas foram transplantadas para vasos onde permaneceram até o final do experimento, em população de três plantas por vaso. As parcelas constaram de vasos plásticos de 1,0 L, preenchidos com mistura de substrato comercial, solo argiloso (53,0% de argila, 33,0% de areia e 14,0% de silte) peneirado e vermiculita (6:3:1), devidamente fertilizada. Posteriormente, todas as parcelas foram irrigadas diariamente.

Ambos os experimentos foram organizados em esquema fatorial 8x4, em que oito foram as doses de cada um dos herbicidas e quatro foram as espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea* (*I. hederifolia*, *I. nil*, *I. quamoclit* e *I. triloba*). Quanto às doses, saflufenacil foi pulverizado a (g ha^{-1}) 0; 1,5; 3,0; 6,1; 12,3; 24,5; 49,0 e 98,0; enquanto flumioxazin foi pulverizado a (g ha^{-1}) 0; 3,75; 7,5; 15,0; 30,0; 60,0; 120,0 e 480,0. Adotou-se delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 128 parcelas por experimento.

As aplicações foram realizadas sobre plantas em estágio de quatro folhas verdadeiras (10 de março e 10 de maio de 2017, respectivamente) com auxílio de um pulverizador costal de precisão, pressurizado por CO_2 , acoplado à barra com ponta única TeeJet XR 110.02, posicionada a 0,50 m dos alvos, com consumo relativo de calda de 200,0 L ha^{-1} . Em todos os tratamentos, foi utilizada água deionizada no preparo das soluções para evitar contaminação.

Foi avaliado o controle percentual, em avaliações independentes aos 7, 14 e 28 dias após aplicação (DAA), bem como a massa seca residual aos 28 DAA. Para as avaliações de controle percentual, foi atribuído 0% no caso da ausência de sintomas causados pelos herbicidas e 100% para a morte das plantas, segundo o método proposto pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995). A massa vegetal foi obtida a partir da colheita do material vegetal remanescente nas parcelas, com posterior secagem em estufa a 70°C por 72 horas. A massa seca foi corrigida para valores percentuais por meio da comparação da massa obtida nos tratamentos herbicidas com a massa da testemunha, considerada 100%.

Inicialmente, para cada experimento, os dados foram submetidos à análise da variância com aplicação do Teste F seguido do teste de agrupamento de médias de Scott-Knott (SCOTT; KNOTT, 1974). Quando pertinente, as variáveis quantitativas foram ajustadas por meio do emprego de regressões não lineares. Todas as análises estatísticas foram realizadas adotando-se o nível de 5% de significância.

Resultados e discussão

Em ambos os experimentos, em todas as avaliações de controle, houve efeito de dose quanto à aplicação do Teste F na análise da variância. Porém, não foi possível o emprego de regressões do tipo

não lineares, pois não foram identificados valores de eficácia inferiores a 50%, mesmo nas menores doses, que é uma das pressuposições do modelo matemático. Na ausência de pontos inferiores a 50%, a adoção de regressões torna-se inviável (CHRISTOFFOLETI et al., 2016). Isto se deve à elevada eficácia que os herbicidas inibidores da PROTOX possuem sobre espécies do gênero *Ipomoea*, conforme também relatado por Christoffoleti et al. (2006) e Nicolai et al. (2013).

Identificou-se efeito de interação espécie-dose na avaliação realizada aos 7 DAA em ambos os experimentos, o que justificou a decomposição fatorial (TABELAS 1 e 2). Nesta primeira avaliação, a espécie *I. hederifolia* foi menos suscetível ao herbicida saflufenacil, na dose de 6,1 g ha⁻¹. Para as demais espécies, todas as doses promoveram excelente controle, sempre superior a 98,0% (Tabela 1). Quanto ao flumioxazin, também aos 7 DAA, detectou-se menor suscetibilidade da espécie *I. triloba* nas doses de 3,75 e 7,5 g ha⁻¹. Na dose de 3,75 g ha⁻¹, também foi observada menor suscetibilidade de *I. nil*, sem diferença para *I. triloba* (Tabela 2).

Tabela 1 – Eficácia do herbicida saflufenacil sobre quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea*, avaliada aos 7 dias após aplicação (DAA). Machado/MG, 2017.

Doses (g ha ⁻¹)	Espécies ¹			
	<i>I. hederifolia</i>	<i>I. nil</i>	<i>I. quamoclit</i>	<i>I. triloba</i>
Testemunha	0,0 C a	0,0 B a	0,0 B a	0,0 B a
1,5	99,5 A a	100,0 A a	99,3 A a	99,0 A a
3,0	100,0 A a	100,0 A a	99,0 A a	99,5 A a
6,1	94,5 B b	99,0 A a	99,0 A a	99,3 A a
12,3	99,3 A a	99,5 A a	98,5 A a	98,3 A a
24,5	99,5 A a	99,3 A a	99,5 A a	99,0 A a
49,0	99,0 A a	100,0 A a	99,3 A a	99,5 A a
98,0	99,0 A a	100,0 A a	99,3 A a	99,3 A a
F _{esp} = 4,049*		F _{dose} = 17.633,214*	F _{int} = 2,828*	CV (%) = 1,06

*Significativo a 5% de probabilidade; ¹Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si segundo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, com 5% de significância.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Tabela 2 – Eficácia do herbicida flumioxazin sobre quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea*, avaliada aos 7 dias após aplicação (DAA). Machado/MG, 2017.

Doses (g ha ⁻¹)	Espécies ¹			
	<i>I. hederifolia</i>	<i>I. nil</i>	<i>I. quamoclit</i>	<i>I. triloba</i>
Testemunha	0,0 B a	0,0 C a	0,0 B a	0,0 C a
3,75	97,3 A a	90,0 B b	97,5 A a	91,0 B b
7,5	99,0 A a	98,3 A a	97,3 A a	87,5 B b
15,0	99,3 A a	99,5 A a	98,8 A a	98,3 A a
30,0	99,3 A a	99,5 A a	99,8 A a	98,8 A a
60,0	99,8 A a	99,5 A a	99,5 A a	99,8 A a
120,0	99,8 A a	99,0 A a	99,8 A a	99,5 A a
480,0	99,8 A a	99,8 A a	99,8 A a	100,0 A a
F _{esp} = 4,650*		F _{dose} = 2.361,091*	F _{int} = 2,516*	CV (%) = 3,33

*Significativo a 5% de probabilidade; ¹Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si segundo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, com 5% de significância.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Aos 14 DAA, para o herbicida saflufenacil, detectou-se somente efeito de doses, sem efeito de espécie ou interação (Tabela 3), contudo todos os valores de eficácia obtidos são plenamente satisfatórios para controle das espécies de corda-de-viola. Para o herbicida flumioxazin, detectaram-se resultados semelhantes aos obtidos na avaliação de 7 dias após aplicação (DAA), em que se identificou menor suscetibilidade da espécie *I. triloba* nas doses de 3,75 e 7,5 g ha⁻¹ e *I. nil* na dose de 3,75 g ha⁻¹ (Tabela 4).

Na última avaliação de controle, realizada aos 28 DAA, para o herbicida saflufenacil, todas as doses promoveram 100% de controle para todas as espécies, com consequente ausência de massa seca residual nas parcelas, em função do controle absoluto das plantas. A suscetibilidade de plantas daninhas do gênero *Ipomoea* aos herbicidas inibidores da PROTOX é bem documentada na literatura científica, contudo são encontrados relatos de suscetibilidade diferencial frequentemente (CHRISTOFFOLETI et al., 2006). No caso deste trabalho, deve-se ressaltar a elevada eficácia do herbicida saflufenacil, que inviabilizou a diferenciação das espécies mesmo para doses reduzidas, tais como 1,5 g ha⁻¹.

Silva, Monquero e Munhoz (2015) constataram que dosagens do herbicida saflufenacil menores que 0,25 g ha⁻¹ não foram significativas quando aplicadas em plantas do gênero *Ipomoea* e aos 7 DAA, com controle inferior a 80,0%. Em contrapartida, aos 14 e 21 DAA houve diferença significativa, em que se comprovaram níveis de controle superiores a 80% em todas as doses do herbicida saflufenacil.

Tabela 3 – Eficácia do herbicida saflufenacil sobre quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea*, avaliadas aos 14 dias após aplicação (DAA). Machado/MG, 2017.

Doses (g ha ⁻¹)	Espécies ¹				Média
	<i>I. hederifolia</i>	<i>I. nil</i>	<i>I. quamoclit</i>	<i>I. triloba</i>	
Testemunha	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 C
1,5	100,0	100,0	99,8	100,0	99,9 A
3,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0 A
6,1	97,8	100,0	99,0	100,0	99,2 B
12,3	99,8	100,0	99,5	100,0	99,8 A
24,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0 A
49,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0 A
98,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0 A
F _{esp} = 1,626 ^{NS}	F _{dose} = 40.574,652*	F _{int} = 1,190 ^{NS}	CV (%) = 0,70		

^{NS}Não significativo ao Teste F; *Significativo a 5% de probabilidade; ¹Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si segundo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, com 5% de significância.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Tabela 4 – Eficácia do herbicida flumioxazin sobre quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea*, avaliadas aos 14 dias após aplicação (DAA). Machado/MG, 2017.

Doses (g ha ⁻¹)	Espécies ¹			
	<i>I. hederifolia</i>	<i>I. nil</i>	<i>I. quamoclit</i>	<i>I. triloba</i>
Testemunha	0,0 B a	0,0 B a	0,0 B a	0,0 C a
3,75	100,0 A a	85,8 B c	99,0 A a	92,5 B b
7,5	100,0 A a	100,0 A a	98,3 A a	88,0 B b
15,0	100,0 A a	99,5 A a	99,3 A a	99,8 A a
30,0	100,0 A a	99,3 A a	99,5 A a	99,3 A a
60,0	100,0 A a	100,0 A a	100,0 A a	99,8 A a
120,0	100,0 A a	99,3 A a	100,0 A a	100,0 A a
480,0	100,0 A a	100,0 A a	99,8 A a	100,0 A a
F _{esp} = 3,106*	F _{dose} = 2.263,570*	F _{int} = 2,421*	CV (%) = 4,55	

*Significativo a 5% de probabilidade; ¹Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si segundo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, com 5% de significância.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Considerando-se outras espécies de plantas daninhas, Vitorino et al. (2012) constataram que quando se usa a dosagem de ingrediente ativo recomendada pelo fabricante, a eficácia de saflufenacil sobre poaia-branca (*Richardia brasilienses*) somente torna-se satisfatória a partir dos 14 DAA, nessa ocasião os valores atribuídos a controle superaram 89,0%.

Para o herbicida flumioxazin, aos 28 DAA, não foram detectadas diferenças quanto às avaliações anteriores, em que se observou menor susceptibilidade de *I. triloba* e *I. nil* na dose de 3,75 g ha⁻¹, sem diferença entre as espécies, e *I. triloba* na dose de 7,5 g ha⁻¹ (Tabela 5).

Quanto à massa de matéria seca, ressalta-se que para o herbicida saflufenacil não foi possível obter tais dados em virtude do controle absoluto proporcionado pela molécula, enquanto para as plantas submetidas à aplicação de flumioxazin, somente foi observado efeito de doses do herbicida, em que todas as doses iguais ou superiores a 15 g ha⁻¹ promoveram eliminação total das plantas daninhas, sem diferença entre as espécies (Tabela 6).

Com frequência, encontram-se na literatura relatos de susceptibilidade diferencial de espécies de plantas daninhas do mesmo gênero a herbicidas. Para Holt, Powles e Holtum (1993), os mecanismos que as plantas utilizam para tolerar ou resistir a uma molécula são menor absorção ou translocação, maior metabolização do herbicida em substâncias menos fitotóxicas, compartimentalização da molécula, falta de afinidade do herbicida pelo sítio de ação específico e superprodução da enzima-alvo.

Tabela 5 – Eficácia do herbicida flumioxazin sobre quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea*, avaliadas aos 28 dias após aplicação (DAA). Machado/MG, 2017.

Doses (g ha ⁻¹)	Espécies ¹			
	<i>I. hederifolia</i>	<i>I. nil</i>	<i>I. quamoclit</i>	<i>I. triloba</i>
Testemunha	0,0 B a	0,0 C a	0,0 B a	0,00 C a
3,75	100,0 A a	81,3 B b	99,8 A a	83,8 B b
7,5	100,0 A a	100,0 A a	99,8 A a	80,0 B b
15,0	100,0 A a	100,0 A a	100,0 A a	100,0 A a
30,0	100,0 A a	100,0 A a	100,0 A a	100,0 A a
60,0	100,0 A a	100,0 A a	100,0 A a	100,0 A a
120,0	100,0 A a	100,0 A a	100,0 A a	100,0 A a
480,0	100,0 A a	100,0 A a	100,0 A a	100,0 A a
F _{esp} = 4,059*		F _{dose} = 527,094*	F _{int} = 2,541*	CV(%) = 7,07

*Significativo a 5% de probabilidade; ¹Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si segundo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, com 5% de significância.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Tabela 6 – Massa seca percentual de quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea* quando submetidas a diferentes doses do herbicida flumioxazin, avaliadas aos 28 dias após aplicação (DAA). Machado/MG, 2017.

Doses (g ha ⁻¹)	Espécies ¹				Média
	<i>I. hederifolia</i>	<i>I. nil</i>	<i>I. quamoclit</i>	<i>I. triloba</i>	
Testemunha	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0 C
3,75	0,0	7,9	0,5	5,8	3,5 B
7,5	0,0	0,0	7,4	5,7	3,3 B
15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 A
30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 A
60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 A
120,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 A
480,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 A
F _{esp} = 0,921 ^{NS}		F _{dose} = 1.533,691*	F _{int} = 1,210 ^{NS}	CV (%) = 26,81	

^{NS} Não significativo ao Teste F; *Significativo a 5% de probabilidade; ¹Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si segundo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, com 5% de significância.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Neste sentido, para espécies de *Ipomoea*, detectou-se suscetibilidade diferencial ao herbicida bentazon (McCLELLAND et al., 1978; MATHIS; OLIVER, 1980) e ao herbicida carfentrazone-ethyl (CHRISTOFFOLETI et al., 2006); para espécies de *Digitaria* ao herbicida diuron (DIAS et al., 2003); espécies de *Bidens* aos herbicidas chlorimuron-ethyl e imazethapyr (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2006); espécies de *Amaranthus* ao chlorimuron-ethyl e trifloxysulfuron-sodium (CARVALHO et al., 2006). Contudo, no caso dos herbicidas saflufenacil e flumioxazin, a eficácia dos herbicidas foi tão elevada que possivelmente não permitiu a diferenciação das espécies, considerando-se a dose comercial plenamente adequada a todas as plantas avaliadas.

A suscetibilidade diferencial de espécies de plantas daninhas a herbicidas tem implicações diretas sobre o manejo a ser utilizado nas culturas agrícolas (CARVALHO et al., 2006). As diferenças interespecíficas de suscetibilidade exigem a correta identificação das espécies que ocorrem nas áreas agrícolas, sobretudo quando em estágio de plântulas, com necessidade da precisa escolha dos herbicidas que serão aplicados.

Para a cultura da cana-de-açúcar, diversos estudos têm destacado a grande importância, ocorrência e dificuldade de controle da família Convolvulaceae, com especial destaque para *I. triloba* (Christoffoleti et al., 2006; Kuva et al., 2007; Monquero et al., 2008).

De acordo com Nicolai et al. (2013), foram identificados resultados em que se obteve uma linha decrescente de suscetibilidade ao herbicida flumioxazin, da seguinte forma: *Merremia aegyptia* < *Ipomoea hederifolia* < *Ipomoea triloba* < *Ipomoea purpurea* < *Merremia cissoides*, em que as doses ótimas para controle de 80,0% de cada espécie foram respectivamente de 238,6; 173,1; 84,7; 43,8 e 16,8 g ha⁻¹.

Dessa forma, ao analisar a suscetibilidade das plantas daninhas do gênero *Ipomoea* (*I. hederifolia*, *I. nil*, *I. quamoclit* e *I. triloba*) aos herbicidas flumioxazin e saflufenacil, observou-se que os resultados foram inteiramente satisfatórios para ambas as moléculas, em que doses abaixo das recomendadas em bula foram suficientes para controle total das espécies; ressalta-se, assim, que a dose comercial é absolutamente adequada a todas as plantas avaliadas.

Conclusões

As espécies de plantas daninhas do gênero *Ipomoea* foram perfeitamente controladas pelos herbicidas saflufenacil e flumioxazin. Esses herbicidas podem ser considerados como excelentes alternativas para controle de cordas-de-viola.

Nas doses de 3,75 g ha⁻¹, detectou-se menor suscetibilidade de *I. triloba* e *I. nil* ao herbicida flumioxazin; na dose de 7,5 g ha⁻¹, o herbicida flumioxazin também promoveu menor controle de *I. triloba*; doses iguais ou superiores a 15 g ha⁻¹ promoveram eliminação total das plantas daninhas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Machado, por viabilizar a realização deste trabalho.

Susceptibility of four *Ipomoea* genus weed species to the herbicides saflufenacil or flumioxazin

Abstract

Among weeds commonly found in Brazil that directly interfere on agriculture, those classified in Convolvulaceae Family may be highlighted, particularly *Ipomoea* L. genus, popularly known as morning glories. Flumioxazin and saflufenacil are herbicide molecules registered to control these weeds. In this context, this work was developed with the objective of evaluating the susceptibility of four *Ipomoea* genus weed species to the herbicides flumioxazin and saflufenacil. Two similar and independent experiments were performed in 2017, adopting completely randomized blocks and four replicates. Treatments were organized according to an 8x4 factorial scheme, which eight were the rates of each herbicide and four were the weed species of *Ipomoea* genus (*I. hederifolia*, *I. nil*, *I. quamoclit* and *I. triloba*). The following rates were adopted to saflufenacil (g ha⁻¹): 0, 1.5, 3.0, 6.1, 12.3, 24.5, 49.0 and 98.0. The rates adopted to flumioxazin were (g ha⁻¹): 0, 3.75, 7.5, 15.0, 30.0, 60.0, 120.0 and 480.0. *Ipomoea* genus weed species were completely controlled by the herbicides saflufenacil and flumioxazin, which may be

considered excellent alternatives to control morning glories. *I. triloba* and *I. nil* were identified as the least sensible species to flumioxazin at the rate of 3.75 g ha⁻¹; lower control of *I. triloba* was also identified with 7.5 g ha⁻¹ of flumioxazin; rates equal to or higher than 15.0 g ha⁻¹ promoted total control of weeds.

Keywords: PPO. Morning glory. Chemical control. Efficacy. Post-emergence.

Referências

AUSTIN, D. F. Convolvulaceae. In: SMITH, N. P.; MORI, S. A.; HENDERSON, A.; STEVENSON, D. W.; HEALD, S. V. (eds.). **Flowering plants of the Neotropics**. Princeton University Press: New York Botanical Garden, 2004. p. 113-115.

CARVALHO, S. J. P.; BUISSA, J. A. R.; NICOLAI, M.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Suscetibilidade diferencial de plantas daninhas do gênero *Amaranthus* aos herbicidas trifloxysulfuron-sodium e chlorimuron-ethyl. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 541-548, 2006.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; BORGES, A.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S. J. P.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; MONQUERO, P. A. Carfentrazone-ethyl aplicado em pós-emergência para o controle de *Ipomoea* spp. e *Commelina benghalensis* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 83-90, 2006.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; CARVALHO, S. J. P.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; NICOLAI, M. Métodos para comprovação da resistência de plantas daninhas a herbicidas. In.: MONQUERO, P. A. (Org.) **Experimentação com herbicidas**. São Carlos: RiMa Editora, 2016. p. 99-118.

DIAS, N. M. P.; REGITANO, J. B.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; TORNISIELO, V. L. Absorção e translocação do herbicida diuron por espécies suscetível e tolerante de capim-colchão (*Digitaria* spp.). **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 293-300, 2003.

HAO, G. F.; ZUO, Y.; YANG, S. G.; YANG, G. F. Protoporphyrinogen oxidase inhibitor: an ideal target for herbicide discovery. **Chemistry in China**, v. 65, n. 12, p. 961-969, 2011.

HOLT, J. S. ; POWLES, S. B. ; HOLTUM, J. A. M. Mechanisms and agronomic aspects of herbicide resistance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 44, p. 203-229, 1993.

KUVA, M. A.; PITELLI, R. A.; SALGADO, T. P.; ALVES, P. L. C. A. Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agro ecossistema cana-crua. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 501-511, 2007.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CARVALHO, S. J. P.; NICOLAI, M.; ABREU, A. G.; GROMBONE-GUARATINI, A. T.; TOLEDO, R. E. B.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Resistance and differential susceptibility of *Bidens pilosa* and *B. subalternans* biotypes to ALS-inhibiting herbicides. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 2, p. 139-145, 2006.

MATHIS, W. D.; OLIVER, L. R. Control of six morningglory (*Ipomoea*) species in soybeans (*Glycine max*). **Weed Science**, v. 28, n. 4, p. 409-415, 1980.

MAYO, C. M.; HORAK, M. J.; DALLAS, P. E.; BOYER, J. E. Differential control of four *Amaranthus* species by six postmergence herbicides in soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, v. 9, n.1, p. 141-147, 1995.

McCLELLAND, M. R.; OLIVER, L. R.; MATHIS, W. D.; FRANS, R. E. Responses of six morningglory (*Ipomoea*) species to bentazon. **Weed Science** v. 26, n. 5, p. 459-464, 1978.

MEROTTO JÚNIOR, A.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da PROTOX. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO JÚNIOR, A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. p. 69-86.

MONQUERO, P. A.; AMARAL, L. R.; BINHA, D. P.; SILVA, P. V.; SILVA, A. C.; MARTINS, F. R. A. Mapas de infestação de plantas daninhas em diferentes sistemas de colheita de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 47-55, 2008.

NICOLAI, M.; OBARA, F. E. B.; MELO, M. S. C.; SOUZA JÚNIOR, J. A.; CANTALICE-SOUZA, R.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Suscetibilidade diferencial de espécies convolvuláceas ao flumioxazin determinada através de curvas de dose-resposta. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 157-163, 2013.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina: Grafmarke, 2011. 697p.

SALAS, R. A.; BURGOS, N. R.; TRANEL, P. J.; SINGH, S.; GLASGOW, L.; SCOTT, R. C.; NICHOLS, R. L. Resistance to PPO-inhibiting herbicide in Palmer amaranth from Arkansas. **Pest Management Science**, v. 72, n. 5, p. 864-869, 2016.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SCOTT, S. M.; VAN DEYNZE, B. Hoes to herbicides: economics of evolving weed management in the United States. **European Journal of Development Research**, v. 29, n. 3, p. 560-574, 2017.

SILVA, P. V.; MONQUERO, P. A.; MUNHOZ, W. S. Controle em pós-emergência de plantas daninhas por herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 21-32, 2015.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira. 3 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005. 640 p.

STAPLES, G. W.; BRUMMITT, R. K. Convolvulaceae. In: HEYWOOD, V. H.; BRUMMITT, R. K.; CULHAM, A.; SEBERG, O. (Eds.). **Flowering plant families of the world**. Kew: Royal Botanic Gardens, 2007. p. 108-110.

VASCONCELOS, M. C. C.; SILVA, A. F. A.; LIMA, R. S. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 1, p. 1-6, 2012.

VIDAL, R. A.; MEROTTO JÚNIOR, A.; FLECK, N. G. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas de menor risco para desenvolver problemas. CURSO DE MANEJO E RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS AOS HERBICIDAS, 2., Ponta Grossa, 1999. **Anais...** Ponta Grossa: AEACG, 1999. p.68-72.

VITORINO, H. S.; MARTINS, D.; COSTA, S. Í. A.; MARQUES, R. P.; SOUZA, G. S. F.; CAMPOS, C. F. Eficiência de herbicidas no controle de plantas daninhas latifoliadas em mamona. **Instituto Biológico de São Paulo**, v. 79, n.1, p. 129-133, 2012.

Submetido em: 17/06/2019

Aceito em: 14/01/2020