

INSTITUTO FEDERAL
Sul de Minas Gerais

ISSN 1984-428X
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.11 – n.3 – setembro / 2019

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
Abraham Weintraub

Secretário de Educação Profissional e Tecnológica
Ariosto Antunes Culau

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. 11, n.3 (set. 2019) -. - Pousos Alegre (MG) : IFSULDEMINAS, 2019 - .

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

Estagiária

Giovanna Bruno de Oliveira

Comissão editorial

Cristiane Fortes Gris
Jane Piton Serra Sanches
Wellington Marota Barbosa

Revisão

Monalisa Aparecida Pereira

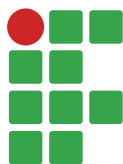
Diagramação

M&W Comunicação Integrada

Comissão editorial

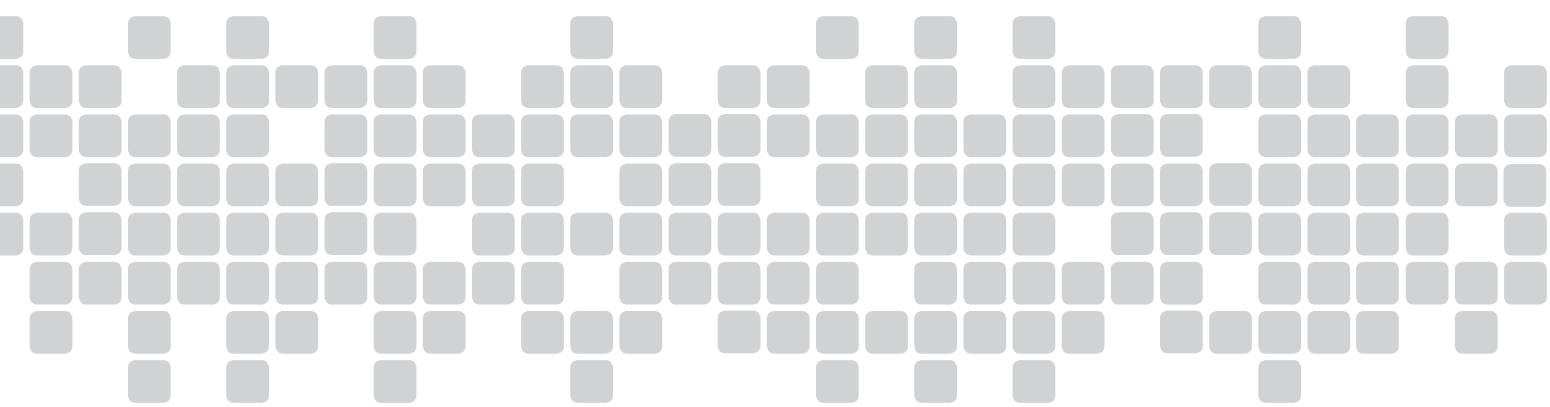
Abdon Santos Nogueira	IFBAIANO	Bruno Corrêa Barbosa	UFJF
Ademir Fontana	EMBRAPA	Carlos Andres Leguizamón Rojas	UNA - Paraguai
Aderlan Gomes da Silva	IFMG	Carlos Cezar da Silva	IFSULDEMINAS
Alan Silva Fialho	IFSULDEMINAS	Carlos Edward de Carvalho Freitas	UFAM
Alessandro Salles Carvalho	UFJF	Carolina Mariane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



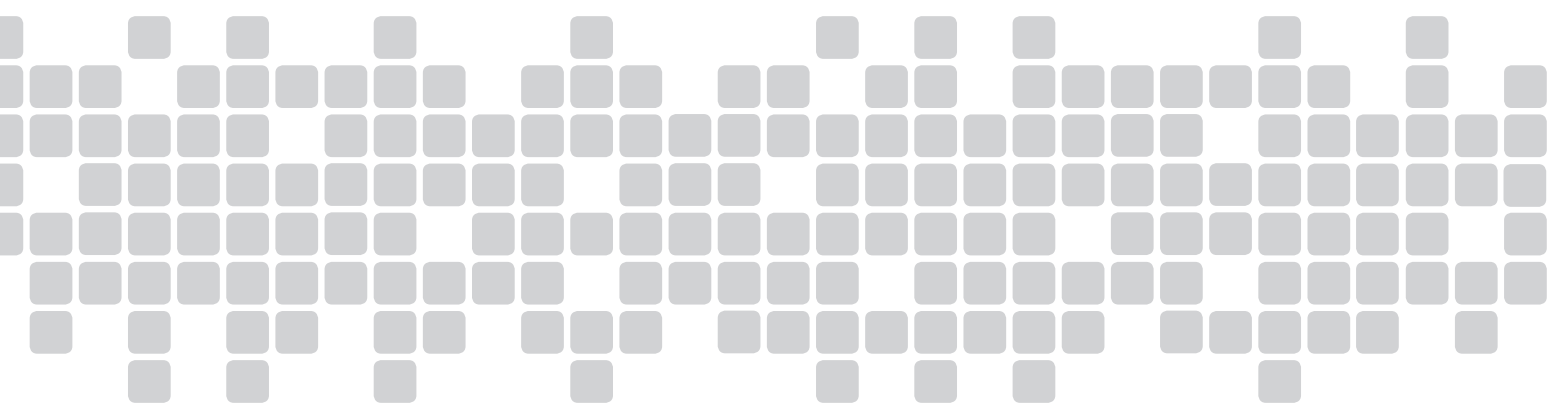
Summary

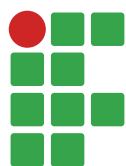
Field Spectroradiometry for African Oil Palm Plantations in the Pacific of Costa Rica	9
Ramón Masís Campos; Jonnathan Reyes Chaves; Rafael Arce Mesén; Rubén Martínez Barbáchano	
Necessity of the inclusion of borders in value of cultivation and use trials in upland rice....	24
Marcelo Eduardo Forni de Mattos; Flávia Barbosa Silva Botelho; Gabriel Mendes Villela; Douglas Goulart Castro; Bruno Manoel Rezende Melo; Tácio Peres da Silva	
Transgenic events interference on maize morphological and productive attributes.....	35
Laís Teles de Souza; José Luiz de Andrade Rezende Pereira; Silas Maciel de Oliveira	
Comparison of supervised classifiers in the discrimination of preservation areas in a hydroelectric reservoir	45
Jefferson Francisco Soares; Gláucia Miranda Ramirez; Mirléia Aparecida de Carvalho; Marcelo de Carvalho Alves; Christiany Mattioli Sarmiento; Diego Bedin Marin	
Evaluation of the residual nitrogen effect liberated by the soybean straw on the maize yield in the second crop	61
Ivan Vilela Andrade Fiorini; Cassiano Spaziani Pereira; Hécio Duarte Pereira; Felipe Ribeiro Resende; Ewerton Léllys Resende; Adriano Alves da Silva	
Study of the environmental ecological environment: perception of children and young people of the schools from Obligado District, Department of Itapúa	70
Vanessa Juliet Dickel Tischler; Juan Jose Bonnin	
Germination of five weed species of Convolvulaceae family under the effect of temperature.....	83
Victor Domiciano de Silos Labonia; Jéssica Cursino Presoto; Jeisiane de Fátima Andrade; Saul Jorge Pinto de Carvalho; Ricardo Victoria Filho	
Evaluations of the quality of "pata-de-vaca" (<i>Bauhinia forficata</i> Link) sold in Brazil	93
Joyce Cabral Rodrigues; Elaine Santiago Brilhante de Albuquerque; Ana Cláudia de Macêdo Vieira	





Artigos científicos





Field Spectroradiometry for African Oil Palm Plantations in the Pacific of Costa Rica

Ramón Masís Campos¹

Jonnathan Reyes Chaves²

Rafael Arce Mesén³

Rubén Martínez Barbáchano⁴

Abstract

This study allowed the leaf-scale spectral characterization of African oil palm by conducting field work with a portable spectroradiometer in plantations of the Central and South Pacific of Costa Rica. Spectral signatures of healthy, diseased and nutrient-deficient oil palms were collected. A geodatabase was designed and implemented for geographical, spectral and phytosanitary records. Determination of spectral signatures allows developing spectral libraries of different types of vegetation, soils and water. It also improves the classification of satellite images for thematic cartography and provides the calculation of multiple indices, among others. Healthy vegetation presents low reflectivity in the visible, although there is a peak in the green wavelength due to the presence of chlorophyll. The spectral behavior of diseased vegetation shows a reflectivity curve with a decrease in the infrared and an increase in the red and blue wavelengths. Reflectivity also depends on the water content of the plant.

Keywords: Field spectrometry. Spectral behavior. Plantations of Palma. Costa Rica.

Introduction

Vegetation has a spectral behavior based on plant species, moisture content, foliage structure, health, phenological status, and pigmentation (chlorophyll, xanthophyll, or carotenoids). In agriculture, spectral analyses are increasingly important for producers of the main crops of Costa Rica (coffee, banana, sugar cane, pineapple, oil palm, rice, etc.). Spectral analyses also facilitate the technical intervention of agronomists and plant physiologists as they can make inferences about the phytosanitary status (early detection of pests, diseases, nutrient deficiencies, and water availability).

By means of several studies, initiatives have been implemented in the country with the aim of creating libraries based on different spectral behaviors collected through field spectrometry. For example, the purpose of the Airborne and Remote Sensing Research Program (PRIAS) is to develop a methodology to determine spectral behaviors in various vegetation covers (coffee, pineapple, minerals) for further incorporation into hyperspectral images.

Similarly, the CARTA 2005 technical team experimentally collected data on 45 types of spectral behaviors (asphalt, sugar cane, cassava, grass, corn, rocks, ashes, water, among others) distributed

1 Universidad de Costa Rica (UCR), máster en SIG y TD. ramon.masiscampos@ucr.ac.cr.

2 Universidad de Costa Rica (UCR), máster en SIG y TD. jonnathan.reyeschaves@ucr.ac.cr.

3 Universidad de Laval, doctor en Geografía. rafael.arce@ucr.ac.cr.

4 Universidad de Valladolid, máster en SIG y TD. ruben.martinezbarbachano@ucr.ac.cr.

throughout the country in places such as Turrialba, Arenal Volcano, Irazu Volcano, Sierpe, La Selva, Santa Rosa, Los Inocentes, Ciruelas, and Tilarán. This collection was intended to be used in the classification of Hymap hyperspectral images. Alfaro (2009) also used field spectroradiometry for detection of plantain and banana diseases in a farm located in the Osa county, as part of the final graduation project to obtain a master's degree in GIS and Remote Sensing, UNA-UCR.

The added value of determining spectral signatures in the field allows the analysts of hyperspectral imagery (Hyperion, Hymap, AVIRIS, HYDICE, etc.) to make radiometric corrections, to develop spectral libraries of covers (vegetation, soils, water), to make better classifications of covers for cartography of forests, crops and pastures in large geographical areas, and to generate different types of indices for vegetation, leaf area, biomass, etc.

Study area

In 1944, the United Fruit Company introduced oil palm crops into Quepos, Costa Rica. Two decades later, Grupo NUMAR company expanded the plantations to the Coto region, where 2,800 hectares were planted (CORTÉS, 1994).

The last 2014 Agricultural Census of Costa Rica recorded that the country had approximately 66,419 hectares planted with oil palm. Most of the farms were concentrated on the Pacific slope (Parrita, Quepos, Osa, Corredores, Golfito, and Perez Zeledón), covering 87% of the plantations, and also on some areas of the Caribbean, especially in Matina and Guácimo.

In both Central and South Pacific, the crop is produced by cooperatives, companies, and farmers. According to the National Chamber of Palm Producers - CANAPALMA (2014), 63.7% of the oil palm plantations in the country belong to small independent producers and cooperatives. At a national level, it is estimated there are about 2,100 producers related to this crop.

Some of the most important agro-producers in the study area are Coopecalifornia, Coopesilencio, Palmatica, CoopeAgropal, Coopevaquita, CIPA, Coopeguaycará, Coopesur, Sermucoop, Coopegamba, Coopetriunfo, Coodesa, Coopeintegración, Coopesierreacantillo, Surcoop, and Coopetriunfo, among others.

The producing counties within the delimited area of this research (FIGURE 1) include Parrita, Aguirre, Osa, Golfito, and Corredores, all of them in the province of Puntarenas. This region has a west to southwest orientation between the following geographical coordinates: 9°38'N, 84°33'W and 8°2'N, 82°49'W. The area extends along 220 km and covers 5,347 km² approximately (i.e. almost 9.5% of the national territory).

Figure 1 – Study area: Central and South Pacific of Costa Rica



Source: Project B6003. University of Costa Rica (2017).

Study crop

In the country, there are at least 8 “traditional” oil palm varieties (Deli x Nigeria, Deli x Ghana, Deli x Ekona, Deli x Lame, Deli x Yangambi, Deli x Avros, Tanzania x Ekona, Bamenda x Ekona); however, since 2004, high-density clones such as Themba, Zeus, Titan, and Tornado (ASD Costa Rica) have also been commercialized (TABLE 1).

Table 1 – Varieties of African oil palm identified in the field work

Feature	Compact x Nigeria	Ghana	Themba	Evolution	Tornado Amarillo	Sunrise Clone	Drake A
Trunk growth (cm/year)	40-45	-	58	50-55	24.1	28.4	32
Oil per bunch (%)	20-30	31.2	27.5	>30	26.7	28.6	32.2
Fruit size	9-11 g	-	Large	>11 g	12.9 g	8.2 g	9.2 g
Bunch weight (kg)	18-22	-	5.6 (first year) to 13.1 (fifth year)	>22	14.9	-	18.5 (average of 5-7 years)
Sunlight tolerance	Moderate to low	-	Adapted to low sunlight	Moderate to low	-	-	-
Temperature tolerance	Moderate tolerance to low temperature	Tolerant to low temperature	-	Moderate tolerance to low temperature	-	-	-
Drought tolerance	Moderate-High	Tolerant to water deficit	Adapted to an annual water deficit of 300 mm	Moderate	-	-	-
Leaf length	660-690 cm	Short	630 cm (leaf 17 in the fifth year)		598 cm (9 years)	727 cm (9 years)	699 cm (10 years)
Pest/Disease resistance	Moderate tolerance to PC disorder or bud rot	Tolerant to common spear rot	Tolerant to spear rot/ crown disease and low incidence of the red ring	Moderate resistance to spear rot	-	-	Tolerant to bud rot
Density (plants/ha)	160-180	-	160	-	190 (Tornado clone)	-	-
Yield	3.5 (first year) and 27.5 (fifth year) ton/ha	93.8 kg/palm/year	-	97 kg/palm/year	43.6 ton/ha	41.1 ton/ha	40 ton/ha (average of 8-11 years)

Source: ASD Costa Rica (2017).

For optimal development of oil palm in Costa Rica, CANAPALMA suggests the following agro-ecological conditions:

Plantations at 0 to 400 meters above the sea level, with deep and well-drained silt soils.

Average annual temperatures between 23° C and 27° C, and approximately 5 hours of bright sunshine per day.

Annual precipitation between 1,750 and 2,000 mm, with a distribution of 150 mm per month.

Despite this, the production system of African oil palm is susceptible to various pests, diseases, nutrient deficiencies, and stress (TABLE 2).

Table 2 – Pests, diseases, nutrient deficiencies, and stress in African oil palm

Pests	Diseases	Nutrient deficiencies	Stress
Ants, <i>Opsiphanes cassina</i> , <i>Acharia hyperoche</i> , <i>Oiketicus kirby</i> , <i>Stenoma</i> <i>cecropia</i> , <i>Automeris sp</i> , Homopterans (sucking insects), <i>Rhynchophorus</i> <i>palmarum</i> , <i>Strategus</i> <i>aloeus</i> , <i>Rhinostomus barbirostris</i> , <i>Sagalassa valida</i> , rats, and pocket gophers	Red ring, Pestalotiopsis, <i>Mycosphaerella elaeidis</i> , sudden wilt, chlorotic ring spot, common spear rot, crown disease, severe bud rot, classical bud rot, annular spot, dry and wet basal stem rot, Fusarium wilt	N, K, Mg, B, P	Water deficit

Source: Chinchilla (date unknown).

Material and methods

For field work, the project used an ASD FieldSpec HandHeld 2 spectroradiometer (analytical spectral device), with a 325 nm -1075 nm spectral range and an accuracy of 1 nm, approximately covering from the blue wavelength to the near infrared.

Chuvieco (2002) indicates that a number of factors can modify the collection of data on spectral behaviors, for instance: the angle of sunlight (the time and the date must be considered), the slope orientation in relation to the angle of sunlight, the influence of the atmosphere (particularly the role of clouds on absorption or dispersion of different wavelengths), the phenological status, soils, and other environmental conditions.

The spectral behavior data collection process was carried out under sunny atmospheric conditions, specifically at 8:00 am and 2:00 pm. A Spectralon white reference panel of 5.1 x 5.1 cm to 30.5 cm x 30.5 cm (made of synthetic polytetrafluoroethylene) was used for calibration purposes and for optimization of the instrument, regulating the integration time according to the light intensity used in order not to saturate the FieldSpec HandHeld 2 (FIGURE 2).

Figure 2 – Field spectroradiometer.

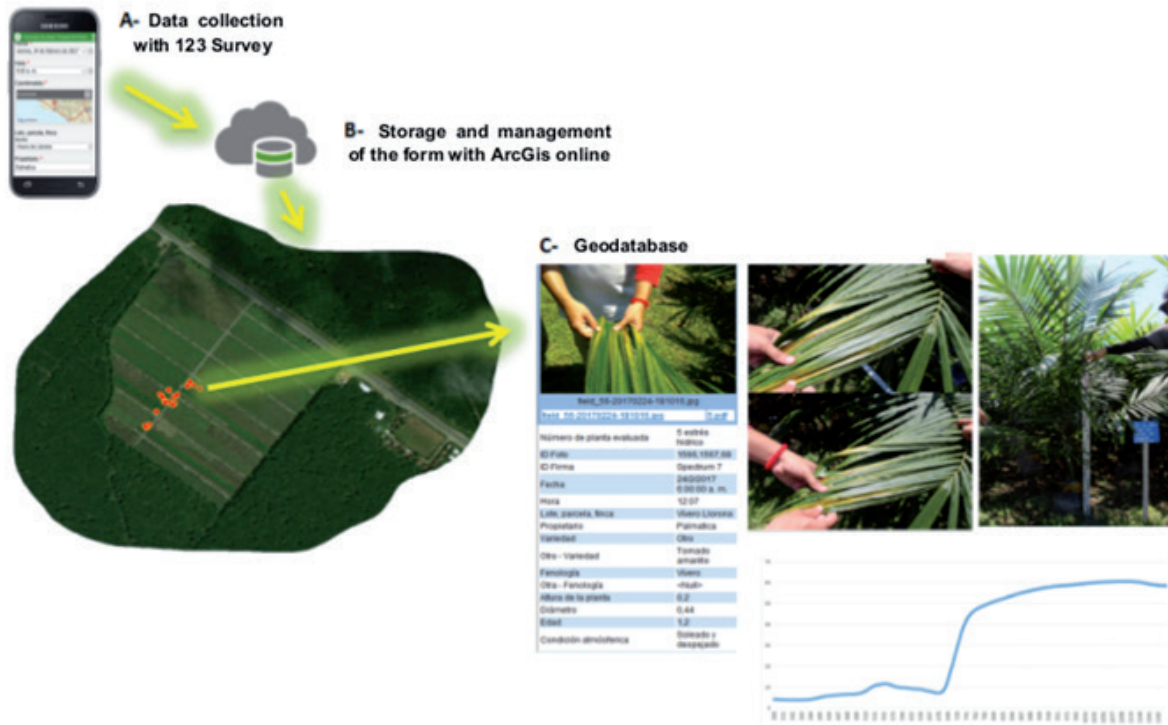
Source: Project B6003. University of Costa Rica (2017)

The palm spectral behavior was measured on leaf number 9 for those plants under 3 years and on leaf number 17 for adult plants. These leaves were selected as the most representative based on their current phenological status. Moreover, in order to improve the description of the spectral behavior, an ESRI geodatabase (FIGURE 3) was designed and implemented to collect data related to each plant under study, for instance: height, diameter, age, date, hour, atmospheric condition, variety, owner, photos and on-site phytopathological and phenological assessment. In the field, information was gathered by using the Survey123 app for Android and then managed with ArcGis Online.

For data processing purposes, the information on spectral behaviors provided by the spectroradiometer was downloaded by using the RS³ software, and the file extensions (*.asd) were managed with ViewSpec Pro. The use of this tool allowed making graphs of the spectral behaviors and converting the data to ASCII or txt files in order to attach them to the database.

In addition, the SAMS software developed by the University of California, Davis, was also required to manage and analyze spectral databases and their metadata for incorporation into spectral libraries to be used by the ENVI software. This type of study is more related to graphic representations and data storage to serve as input for further studies.

Figure 3 – Design and implementation of the spatial database for spectral signatures.

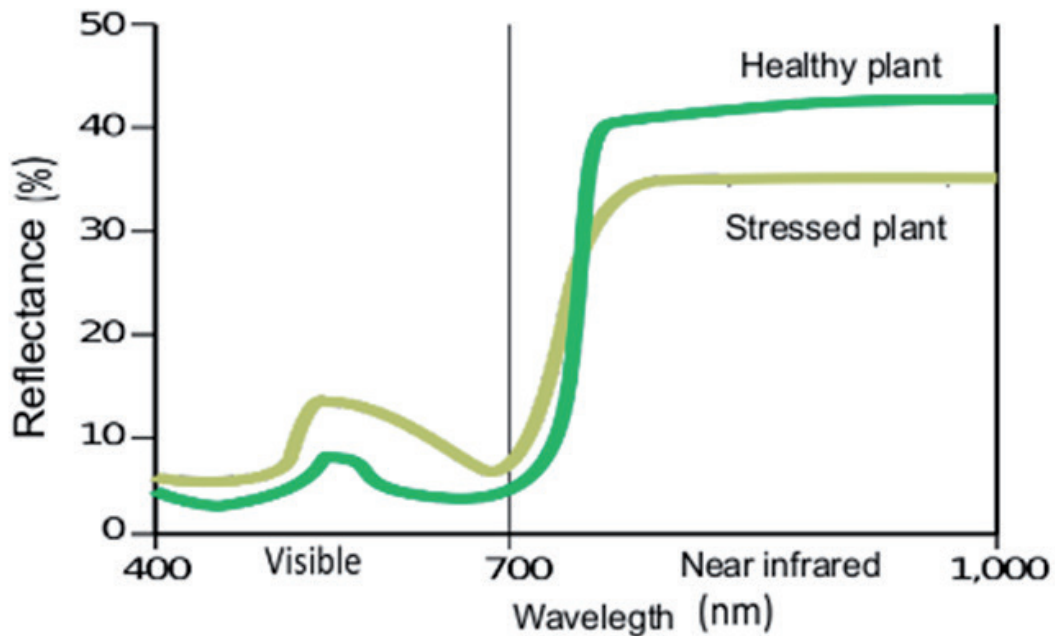


Source: Project B6003. University of Costa Rica (2017).

Results and discussion

In general, the spectral behaviors of vegetation showed variability due to the presence of pigments, the cell structure (leaf shape and type), and the moisture content. In the visible spectrum, the plants were characterized by a low reflectivity curve since all the pigments absorb the wavelengths between 445 nm and 645 nm, except for the intermediate band of 550 nm (green), where a little more electromagnetic energy is reflected (FIGURE 4).

On the other hand, in the case diseased leaves, the presence of carotenes increases and chlorophyll decreases. There is also an increase in reflectivity in the red wavelength. High reflectivity in the near infrared results from the low absorptivity of chlorophyll, the cell structure, and the water content in the leaf.

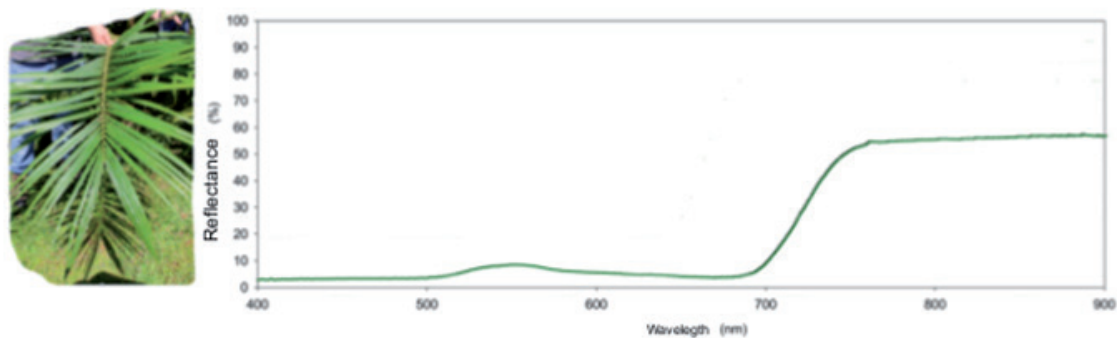
Figure 4 – General spectral response provided by healthy and stressed vegetation.

Source: Adapted from GREENSEEKER™ (2017).

Spectral characterization of healthy oil palm

Healthy vegetation presents low reflectivity in the visible; however, there is a peak in the green wavelength due to the presence of chlorophyll. Additionally, reflectivity is very high in the near infrared due to the lack of energy absorption by the plants in this band.

Figure 5 corresponds to a young healthy oil palm with reflectance in the green wavelength (525 nm-605 nm) that is 3 to 4% higher than the wavelengths of the visible spectrum between the blue (325-525 nm) and the red (655-700 nm). Nevertheless, in the near infrared (700 nm-1025 nm), there is more energy reflected than absorbed (over 50% of energy is reflected in this region of the electromagnetic spectrum).

Figure 5 – Average spectral behavior of healthy oil palm in the nursery (phenological status).

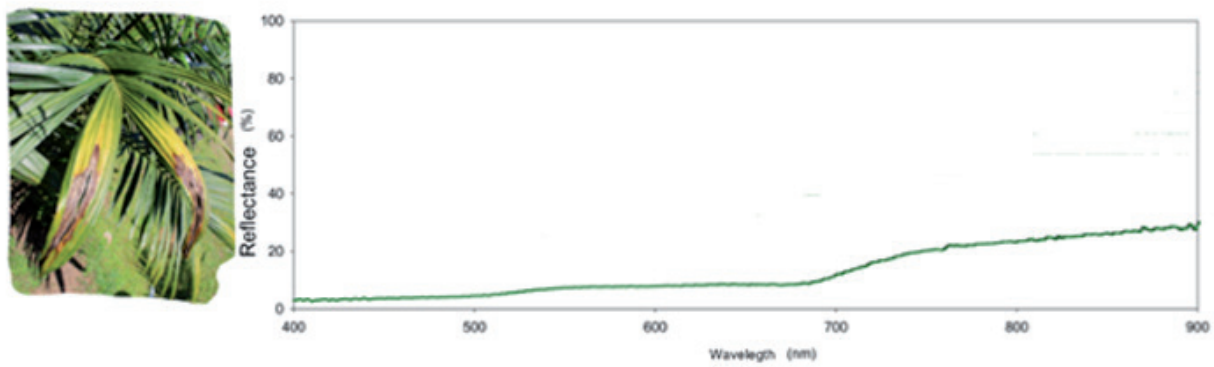
Source: Project B6003. University of Costa Rica (2017).

Spectral characterization of diseased or dead oil palm

The spectral behavior of diseased vegetation has a reflectivity curve that decreases in the infrared and increases in the red and blue wavelengths. Reflectivity also depends on the water content in the plant. When the moisture content increases, there is a decrease in reflectivity because the water contained in the plant absorbs more radiation.

Water-deficit stress (FIGURE 6) becomes evident with the yellowing and death of the oil palm leaves and even with the bending of the bud. The spectral behavior shows low reflectance in the visible and the near infrared in comparison with a healthy oil palm. However, in the region between 700 and 750 nm (far red), reflectance increases between 30 and 50%.

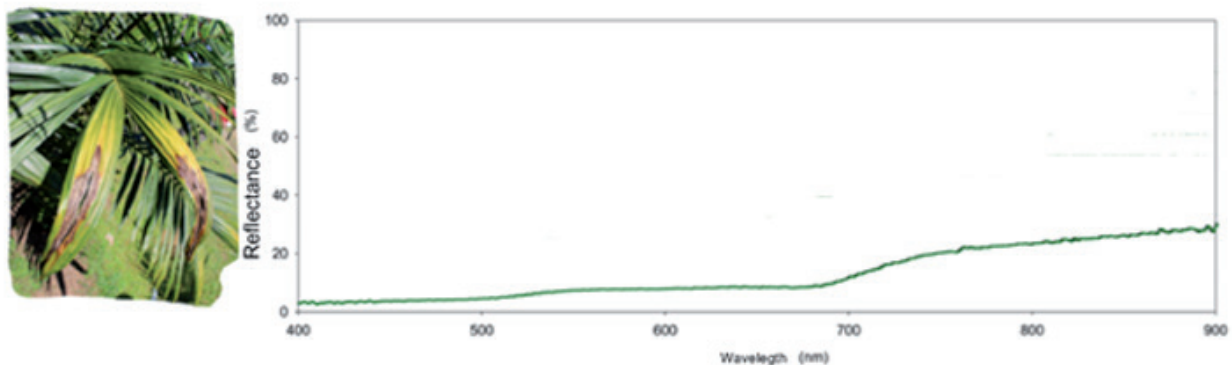
Figure 6 – Spectral behavior of oil palm with water-deficit stress in the nursery.



Source: Project B6003. University of Costa Rica (2017).

Anthraxose is a common disease in young plants. Dominguez et al. (2012) state that the most frequent lesion is located in the distal part of the leaflets. This disease involves the development of dark brown spots surrounded by a yellowish halo (FIGURE 7).

Figure 7 – Spectral behavior of oil palm with anthracnose in the nursery (phenological status).

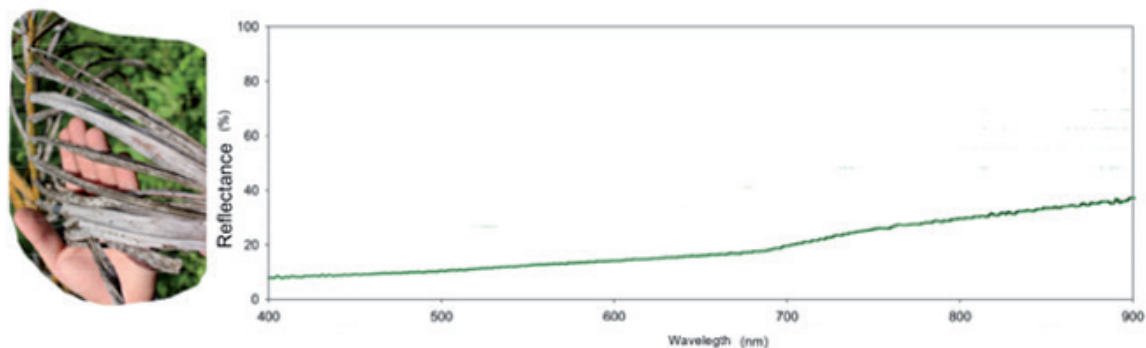


Source: Project B6003. University of Costa Rica (2017).

Moreover, in diseased leaves, the presence of chlorophyll becomes weaker, and the dominance of yellow, ocher, red and orange pigments increases. When the leaves die (FIGURE 8), energy is

reflected in all the regions between 325 and 1.025 nm, especially in the near infrared, at which reflectance is close to 70%.

Figure 8 – Spectral behavior of dead oil palm.



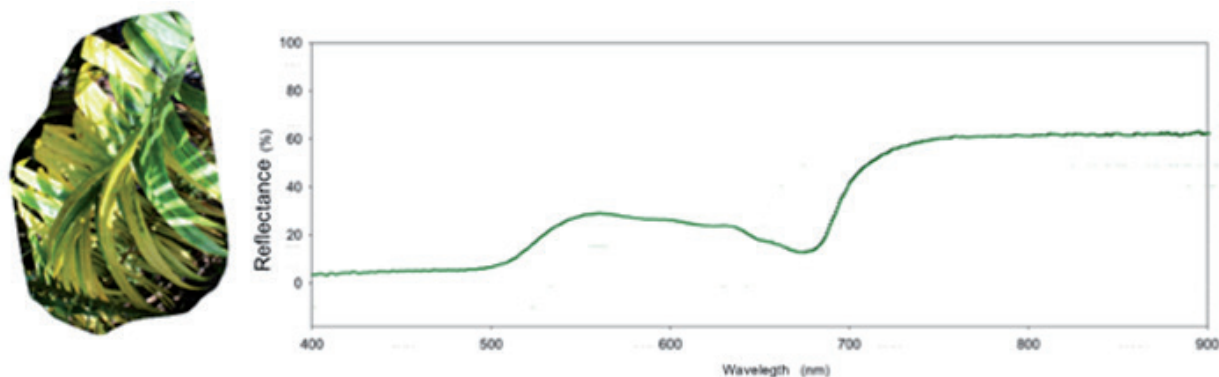
Source: Project B6003. University of Costa Rica (2017).

4.3 Spectral characterization of nutrient-deficient oil palm

Nutrient deficiencies in oil palm are identified by means of particular assessments. In the case of leaves, they can turn yellow and orange or present white stripes due to the lack of nitrogen (N), magnesium (Mg), phosphorous (P), boron (B), or potassium (K).

Nitrogen is a vital element in photosynthesis. Its lack turns the foliage pale yellow and reduces the size of leaves and leaflets. The spectral response shows that the leaves become yellow because carotenes and xanthophylls, which are the dominant pigments (specifically 645-685 nm), absorb blue light and reflect green and red light (FIGURE 9).

Figure 9 – Spectral behavior of N-deficient oil palm in the nursery (phenological status).

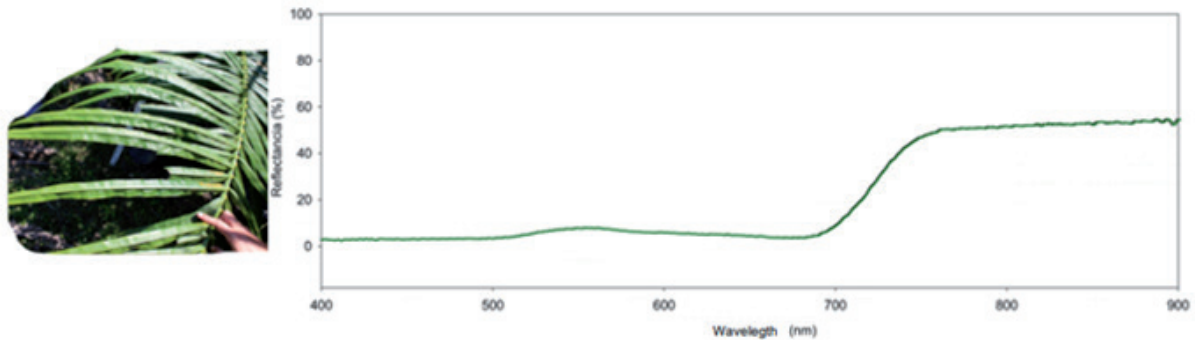


Source: Project B6003. University of Costa Rica (2017).

Leaf deformations and corrugations are responses to the lack of boron (FIGURE 10). Oil palm is sensitive to the low concentrations of this element, which cause abnormalities in the plant growth,

development and reproduction. Gutiérrez and Torres (2013) indicate that leaflets often show a more intense greenish color and wrinkled or curly textures.

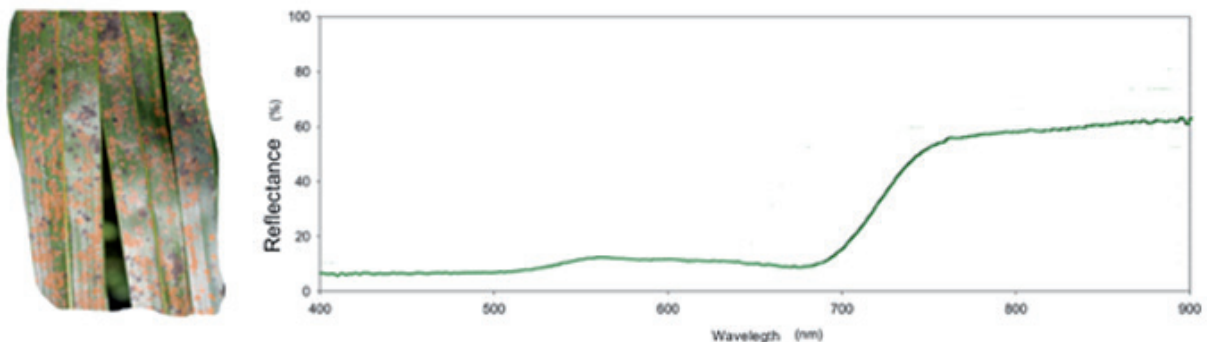
Figure 10 – Spectral behavior of B-deficient oil palm in the nursery (phenological status).



Source: Project B6003. University of Costa Rica (2017).

Regarding orange spots, they are a sign of low potassium concentrations (FIGURE 11), and they usually appear in old leaves. In severe cases, the yellow and orange spots become necrotic. The lack of potassium can be identified in the region of 650-780 nm, especially with reflectances of 440, 520, 600 and 720 nm.

Figure 11 – Spectral behavior of K-deficient oil palm.

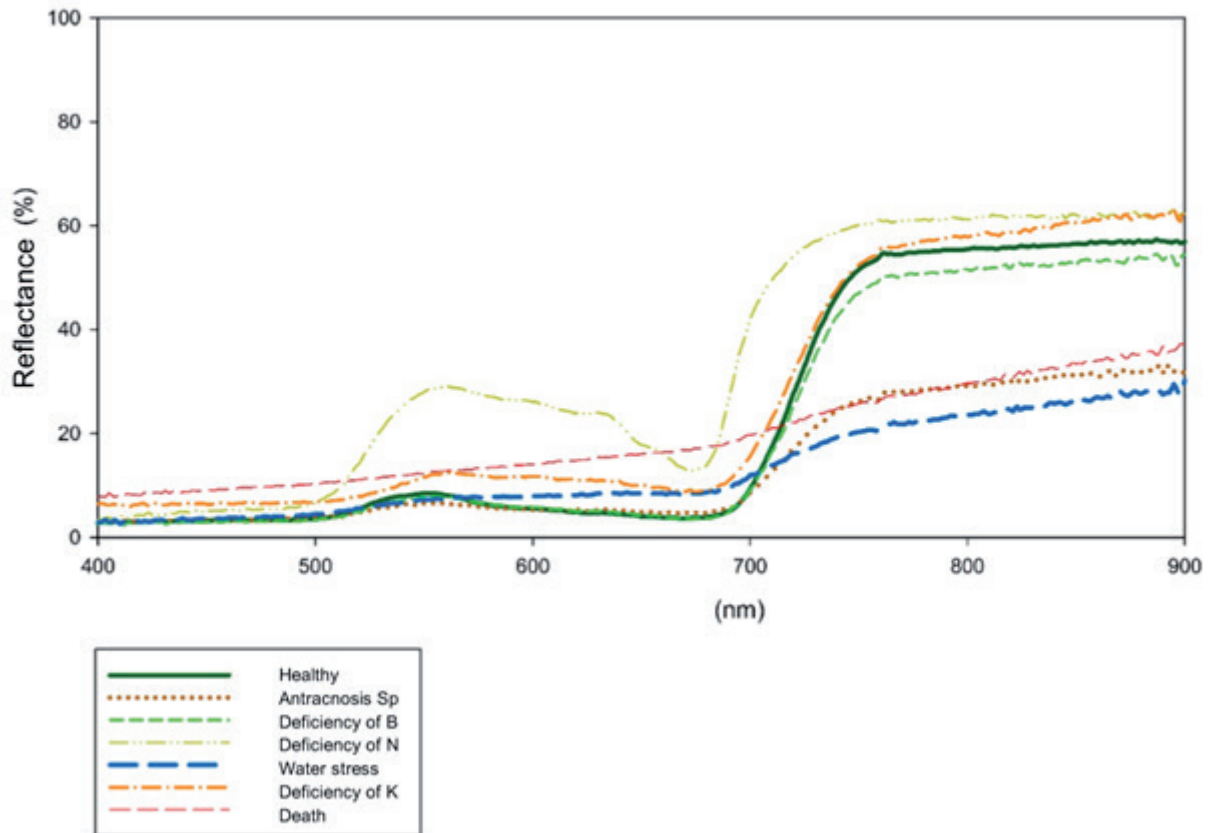


Source: Project B6003. University of Costa Rica (2017).

All these observations were incorporated into a graph that describes the oil palm behavior. According to Figure 12, reflectance in the wavelength between 500 nm and 600 nm shows the highest percentage, particularly in the case of nitrogen-deficient leaves. The opposite situation occurs for leaves with *Anthraco* *sp.*

As for plants with water-deficit stress and dead plants, they present a moderately increasing curve in the reflectance percentage as the near infrared is approached.

The initial region of the near-infrared marks an abrupt change in the behavior of oil palm leaves with nitrogen, potassium and boron deficiencies and even in healthy plants, as they reach reflectance values higher than 40%.

Figure 12 – Spectral behavior of oil palm under different conditions.

Source: Project B6003. University of Costa Rica (2017).

Final considerations

The objective of the spectral characterization of oil palm is to promote the use of this information in spectral libraries of programs such as ENVI in order to make future classifications as more images from satellites or RPAs become available. Thus, the collected data allows using cross-validation to improve the classification process of images and the local or regional analyses of the oil palm agro-productive sector (cooperatives, companies, and CANAPALMA in Costa Rica).

A technical limitation found during the collection of spectral signatures in the field was weather variability in short periods of time (humidity, clouds, rain, etc.); therefore, it is recommended that the measurement be made with a leaf-clip device connected to a separate battery in order to reduce noise between 325-400 nm and 900-1075 nm of the FieldSpec HandHeld 2.

Another suggestion is that these spectral studies should measure wavelengths between 1075 nm and 2500 nm with the aim of identifying the moisture content in the plants and analyzing water stress. For such purposes, laboratory spectrophotometers can be used for measuring and recording leaflet samples in the field. An additional key aspect to be considered in future research is to carry out the analysis and to verify if the spectral variations (mean value and standard deviation) have sufficient discrepancies in an image, since this research focuses on the data collected in the field.

Finally, it is important to take into account professionals from different fields of knowledge (Geography, Agronomy, Biology, Physics etc.) as part of the teams working in the development of spectral libraries.

Acknowledgments

The researchers wish to express their gratitude to the Office of the Vice-Chancellor of Research at the University of Costa Rica for the financial support provided to Project B6003. The researchers would also like to thank the producers who allowed conducting the field work, as well as the project assistants: Maria Monge, Jorge Sanchez, and Josue Monge.

Radioespectroscopía de campo para áreas de resiembra de palma aceitera africana en el Pacífico de Costa Rica

Resumen

El presente trabajo permitió caracterizar espectralmente la palma africana a escala foliar, por medio de trabajo de campo con un radioespectrometro portátil en plantaciones en el Pacífico Central y Sur de Costa Rica. Se recopiló firmas espectrales de palmas sanas, enfermas y con deficiencias nutricionales. Para su registro geográfico, espectral y fitosanitario se diseñó e implementó una Geodatabase. La determinación de firmas permite desarrollar bibliotecas espectrales de diferentes tipos de vegetación, suelos y aguas. Además permite mejores clasificaciones de imágenes satelitales que derivan cartografía temática o calcular múltiples índices de vegetación, entre otros. La vegetación sana tiene una reflectividad baja en el visible aunque tiene un pico en el verde debido a la presencia de la clorofila. El comportamiento espectral en la vegetación enferma tiene una baja en la curva de reflectividad en el infrarrojo y aumenta la reflectividad en las longitudes de onda del rojo y azul. También la reflectividad de una planta depende de su contenido en agua.

Palabras clave: Espectrometría de campo. Comportamiento espectral. Plantaciones de Palma. Costa Rica.

References

ACUÑA-RUZ, T.; MATTAR, C.; HERNÁNDEZ, H. J. Caracterización espectral de Quillaja saponaria (Mol). **Revista de Teledetección**, v. 47, p. 65-73, 2016. Disponible en: <http://polipapers.upv.es/index.php/raet/article/view/6488/7137>. Consultado en: 10 marzo 2017.

ALFARO, M. **Uso de espectralradiometría de campo en la detección de enfermedades en cultivos de musáceas: plátano y banano en Osa, Puntarenas, Costa Rica**. Disertación (Magíster en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección), Universidad Nacional-Universidad de Costa Rica, 2009.

ARAQUE, L.; JIMÉNEZ, A. Caracterización de firma espectral a partir de sensores remotos para el manejo de sanidad vegetal en el cultivo de palma de aceite. **Revista Palmas**, v. 30, n. 3, 2009. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1455>. Consultado el: 14 marzo 2017.

CANAPALMA. **Información del Cultivo de Palma en Costa Rica**. 2014. Disponible en: http://www.canapalma.cr/images/CANAPALMA_Informacion_Cultivo_de_PA_en_Costa_Rica_12Dic2014.pdf. Consultado en: 14 marzo 2017.

CHINCHILLA, C. **Una propuesta para el registro de la información durante de las visitas fitosanitarias a las plantaciones de palma aceitera en América Tropical**. Disponible en: http://www.asd-cr.com/images/Propuesta_de_claves_Ene_11.pdf. Consultado en: 8 diciembre 2016.

CHUVIECO, E. **Teledetección Ambiental**, Barcelona, Editorial Ariel, 2002.

CORTÉS, G. **Atlas Agropecuario de Costa Rica**. San José, C. R.: EUNED, 1994.

DOMÍNGUEZ, I.; MOHALI, S.; MARÍN, M.; PINO, H. Caracterización y variabilidad genética de *Colletotrichum gloeosporioides sensu lato* en plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) en Venezuela. **Tropical Plant Pathology**, v. 37, n. 2, p. 108-122, 2012.

GIRALDO, R.; MOLINA, A.; TORRES-LEON, J. L.; ACOSTA, M.; MARTÍNEZ, S. Estudio de firmas espectrales de palmas de aceite afectadas con la Marchitez letal, usando análisis estadísticos de datos funcionales. **Revista Palmas**, v. 37, n. especial, p. 131-139, 2016. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11897>. Consultado el: 16 de abril de 2017.

GUTIÉRREZ, M.; TORRES, J. Síntomas asociados a la deficiencia de boro en la palma aceitera (*Elaeis guineensis* jacq.) en Costa Rica. **Agronomía Mesoamericana**. v. 24, p. 441-449.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). **VI Censo Nacional Agropecuario. Atlas Estadístico Agropecuario. INEC**. San José. C. R. Disponible en: http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos-biblioteca-virtual/01._atlas_estadistico_agropecuario_2014.pdf. Consultado el: 16 abril 2017.

KALACSKA, M. **Final report Carta 2005 Spectral Data Collection**. 2005, San José, Costa Rica.

MEXZÓN, R.; CHINCHILLA, C. **El gusano túnel, *Stenoma cecropia* Meyrick en palma aceitera en América Central**. ASD Oil Palm Papers. v. 27, p. 32-36, 2004.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (MAG). **Plan estratégico de la cadena productiva de Palma aceitera. Periodo 2008-2010**. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-4277.pdf> . Consultado el 3 mayo 2016.

MOHD, N.; MOHAMAD, A.; SEMAN, A.; BAHROM, E. El uso de sensores remotos para detectar la infección por *Ganoderma*. **Revista Palmas**, v. 37, n. especial, p. 140-150, 2016. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11898>. Consultado el: 16 marzo 2017.

NAVARRO, R. Evaluación de las variables biofísicas mediante teledetección en pinares mediterráneos. **Revista Ambienta**, 2013. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_AM/Ambienta_2013_105_78_88.pdf. Consultado en: marzo 2017.

RODRÍGUEZ, G.; SILVA, R.; CASARES, R.; DÍAZ, A.; BARRIOS, R. Fluctuación poblacional de las fases inmaduras de *Opsiphanes cassina* Felder (Lepidoptera: Nymphalidae) en palma aceitera, estado Monagas, Venezuela. Universidad de Oriente Press. **Revista Científica UDO Agrícola**, v. 12, n. 4, p. 845-854, 2012.

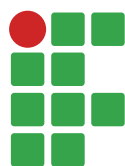
SELVARAJA, S.; BALASUNDRAM, S.; VADAMALAI, G.; HUSNI, M. Use of Spectral Reflectance to Discriminate between Potassium Deficiency and Orange Spotting Symptoms in Oil Palm (*Elaeis guineensis*). **Life Science Journal**, v. 10, n. 4, 2013. Disponible en: http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life1004/121_21167life1004_947_951.pdf. Consultado en: marzo 2017.

THENKABAIL, S. P.; LYON, J. G. **Hyperspectral Remote Sensing of Vegetation**. Boca Raton: CRC Press, 2011. DOI: 10.1201/b11222.

VILLEGAS, D. **Evaluación de la fertilización de liberación controlada para el primer año en palma aceitera híbrida (*Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*)**. Tesis Lic. Quito, ECU, Universidad Central del Ecuador, 2015. 98p.

Received: June 21, 2017

Accepted: May 28, 2018



Necessity of the inclusion of borders in value of cultivation and use trials in upland rice

Marcelo Eduardo Forni de Mattos¹

Flávia Barbosa Silva Botelho²

Gabriel Mendes Villela³

Douglas Goulart Castro⁴

Bruno Manoel Rezende Melo⁵

Tácio Peres da Silva⁶

Abstract

Experimental accuracy in crop research is directly affected by the size of plots. For this reason, researchers use empirical knowledge to determine plot size. There are also other important aspects for determining ideal plot size. These include the type of crop and the use, or not, of borders. The objective of this research was to verify the necessity of including border material in the value of cultivation and use trials in breeding programs of upland rice and to evaluate the experimental accuracy with and without the inclusion of borders. The research was conducted in an experimental area at the Federal University of Lavras, located in the State of Minas Gerais, during three harvests (2014/2015, 2015/2016, 2016/2017). Thirteen upland rice strains and methods of evaluation (useful area and border) were evaluated. A randomized complete block design with three replications was used to evaluate grain yield. Individual analyses of variance were performed considering the useful areas and the borders for the three agricultural years. A joint analysis was also performed with the use of a subdivided plot involving the location of the harvest in terms of the useful area and border among the rice strains. It was concluded it is necessary to use borders in the value of cultivation and use trials in breeding programs of upland rice as it contributes to the performance and experimental accuracy of research results.

Keywords: *Oryza sativa*. Yield. Experimental planning.

Introduction

Rice (*Oryza sativa*) is considered one of the main foods for the majority of the world's population, especially in developing countries such as Brazil. It is a high energy cereal due to the concentration of starch, besides supplying vitamins and minerals.

With population increases and growing demand for food, agricultural production will need to double over the next 20 years (FRANKARD et al., 2011). One of the great challenges of modern ag-

1 Universidade Federal de Lavras, graduando em Agronomia. marcelo.mattos1996@hotmail.com.

2 Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura, professora doutora adjunta. flaviabotelho@dag.ufla.br.

3 Universidade Federal de Lavras, doutorando em Genética e Melhoramento de Plantas. gabrielmendesagro@gmail.com.

4 Universidade Federal de Lavras, doutorando em Fitotecnia. douglasgoulartcastro@gmail.com.

5 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Campus Inconfidentes, técnico administrativo. bruno.melo@ifsuldeminas.edu.br.

6 Universidade Federal de Lavras, doutorando em Fitotecnia. tacioagro@gmail.com.

riculture is thus to expand and assure crop production in the face of climate change (CECCARELLI, 2010). Rice is seen as being of extreme importance and having the greatest potential for increasing the fight against world hunger (GOMES et al., 2004).

The rice crop in Brazil is grown in two production systems: lowland and upland. The upland system can be either a traditional dryland system or a dryland system under supplemental irrigation. The dryland system predominates and is mainly characterized by the use of low technology, high risk, low yield and low production costs (GUIMARAES; MEDEIROS; SOARES, 2005). According to CONAB (2017), the area producing upland rice in 2016/17 was 26.09% of the national production area and that of irrigated rice equivalent to 73.91%. The average yields were 2.28 ton ha⁻¹ and 7.50 ton ha⁻¹ respectively.

Although it is a very important crop for the economy and the world, there is comparatively little research and biotechnological development in rice. The present research is mainly aimed at the breeding of grain for the upland system. Rice prevails as a clearing crop to recover degraded areas or to prepare the soil for cultivation of soybeans or maize.

Concerning breeding programs in Brazil before strains or cultivars are released to producers, phenotypic performance evaluations, under different edaphoclimatic conditions, are required for at least two harvests. These 'value of cultivation and use' trials establish how the cultivars can be grouped together according to the period of vegetative development. The experiments are conducted using a randomized block design (RDB) with three replications, composed of five rows of five meters in length, and a distance between rows of forty centimeters. The useful area (4.8 m²), therefore, is formed by the three central rows.

To determine the appropriate size of a plot for a species and under certain conditions, several factors must be considered. These include the level of acceptable experimental error, the variability of individual plants within the plot in relation to the variability among plots, the experimental design, the agronomic characters being evaluated, the growth characteristics of the crop, the cost per individual plant in relation to the cost per experimental unit and mainly the soil heterogeneity (PORTMAN; KETATA, 1997; ANDRADE, 2002; ALVES; SERAPHIN, 2004).

The border effect measures the difference in yield between the central and border rows of a plot. Thus, the border is important to avoid the influence of adjacent experimental units, in order to reduce the effects of competition between plots of different trials and, consequently, the experimental error (STORCK, 2005).

The use of very large plots generates increased possibility of homogeneous blocks. When plots are small, they can be influenced by adjacent plots, besides the differences among plants or missing plants within plots.

Experimental accuracy is thus directly affected by the size of the plot, which is why researchers choose empirical knowledge for determining size. There are also other important aspects for the determination of ideal plot size. These include type of crop and the presence or absence of border.

Valentini (1988) emphasizes the use of borders obviously increases the plot size as well as the maintenance costs. Larger plots require more cropping supplies and also the realization of more farming practices. Therefore, the use of border is only recommended when there is an effect on experimental precision in terms of competition among plots. Otherwise, according to Storck et al. (2005), the researcher can collect data from the entire experimental unit, permitting the use of smaller experimental areas, and a larger number of replications in the same experimental area. This may result in greater experimental precision.

Studies performed with different species have shown different results regarding the necessity to use the borders. In bean crops, in some cases it has been shown that the use of borders has con-

tributed to improved experimental accuracy (DEBOUCK; HIDALGO, 1985; COSTA; ZIMMERMANN, 1998). Cargnelutti Filho (2003), however, in studies conducted with maize, concluded the use of borders did not modify the precision of the tests, inferring that smaller plots and data from only the useful area can produce experimental precision.

The border effect on the experimental accuracy of competitive tests in upland rice strains in Minas Gerais is unknown. Thus, the objective of this research was to verify the significance of using borders in the value of cultivation and use trials, in a breeding program of upland rice. A second objective was the determination of the experimental accuracy of the different forms of harvesting (with and without border material) of a plot.

Material and methods

The research was conducted in an experimental area of the Agricultural Department of the Federal University of Lavras (UFLA), located in Lavras, Minas Gerais, at an altitude of 954 m, 21°12'11" South latitude and 44°58'47" West longitude. The climate is classified as subtropical humid. The average temperature is 19.4° C; the annual average rainfall is 1529.7 mm and the region has two well defined seasons: drought from April to September and wet season from October to March, Cwb type, according to the Köppen climate classification (ANTUNES, 1986). The predominant soil in the experimental area is of the Latosol group, classified as typical dystroferic dark red latosol.

Thirteen upland rice strains, from the Value of Cultivation and Use (VCU) trials, of the Upland Rice Breeding Program from the Federal University of Lavras were selected in agreement with the Embrapa Rice and Beans and Epamig programs. The research was conducted during three harvests. The list of the strains is presented in Table 1.

Table 1 – Upland rice strains evaluated in the harvests of 2014/15, 2015/16, 2016/17.

Identification	Genotypes
1	CMG 2162
2	CMG 2168
3	BRS Esmeralda
4	CMG 2170
5	BRSMG Caçula
6	CMG 2185
7	CMG 2187
8	CMG 2188
9	CMG 2085
10	BRSMG Caravera
11	CMG 1511
12	CMG 1896
13	CMG 1509

Source: Elaborated by the authors (2019).

The VCU experiments were conducted based on the 2014/15, 2015/16 and 2016/17 harvests. The experimental design was a randomized complete block, with three replications. The experimental plots consisted of five rows, four meters in length, spaced 0.35 m, and with a sowing density of 80 seeds

per linear meter. No-tillage was used and the management was similar to that adopted for commercial planting in the region, with irrigation at 80% of the field capacity applied on the crop by a sprinkler system. Channeling for planting and fertilization were done mechanically. At planting, 450 kg ha⁻¹ of 8-28-16 was applied. The sowing density was 80 seeds/linear meter. For weed control, the Herbadox herbicide was applied soon after planting, before the emergence of the rice plants. Then, 30 days after emergence, Clincher herbicide and Ally herbicide were applied. At the grain maturation, the useful area of the plot and the two side rows (borders) were harvested separately. The yield, in kg ha⁻¹, was evaluated.

Following data collection, individual and joint analyses of variance were performed (COX; COCHRAN, 1957) using the SISVAR statistical program (FERREIRA, 2011). Individual analyses of variance were conducted on the useful area and the border for the three harvests. A joint analysis (useful area and border) with the use of a subdivided plot was conducted among all of the strains to identify any significant differences among the plots (RAMALHO, 2005). Finally, a triple interaction analysis was performed to follow the behavior of the rice strains in terms of differences associated with positions in useful areas or on the border of the plots in the three harvests. Experimental precision was calculated using the coefficient of variation (CV) for the joint analysis of each agronomic character, evaluated individually (RESENDE; DUARTE, 2007).

Results and discussion

The summary analysis of variance for yield (kg ha⁻¹) for each harvest, considering only the useful crop area and the border harvest is presented in Table 2. The experimental precision was evaluated by the coefficient of variation (CV%). It was considered high among all of the data except for the border in the harvest 2016/17. Analyzing only the coefficients of variation in all harvests, higher experimental accuracy was found when harvesting the useful area. This was to be expected since the main function of the border rows is to reduce the effects of treatments among plots. The average yields of the useful area in the three harvests were higher than the averages of the border.

Dias (2013) found similarity in the estimates of the coefficients of variation for the useful area and border, suggesting there are no significant differences in the degree of competition among plants in the two areas and that the uncontrollable environmental factors similarly influenced both areas. Significant differences were found among the rice strains examined. This result indicated the existence of genetic variability among them. It suggests possibilities for success in the selection of strains with different yields (kg ha⁻¹) according to the VCU trials.

Table 2 – Individual analyses of variance for yield (kg ha⁻¹) considering the harvests of 2014/15, 2015/16 and 2016/17 and the averages obtained in the plots of useful area and border.

Harvest	Plot	Strains		Pr>F	Average	CV (%)
		DF	AS			
14/15	Useful	12	862361,9544	0,0017*	4050,64	11,38
	Border	12	11508247,57	0,003*	3692,55	13,76
15/16	Useful	12	1223124,153	0,0204*	4773,14	14,24
	Border	12	1378812,099	0,1054ns	4698,26	18,6
16/17	Useful	12	2993085,422	0	4132,09	15,53
	Border	12	2332561,949	0,012*	3525,49	25,3

* - significant at 5%, ^{NS} - not significant

Source: Elaborated by the authors (2019).

The analysis of joint variance in yield (kg ha^{-1}) for the areas evaluated and the strains examined is presented in Table 3. The sources of variation (SV) were the border and useful area. The strains differed significantly with little coinciding behavior among the results of the strains according to the VCU during the three harvests. The source of variation areas presented significant F test results ($p \leq 0.05$), indicating the differences in plots influenced the yield of rice for the 2014/15 and 2016/17 harvests, although it was not significant for 2015/16. There was no significant interaction between strains *versus* plots in the 2014/15 and 2015/16 harvests, indicating the strains demonstrated coincident performances in the different plots, a fact suggesting there was no need to use border material for VCU evaluations.

Table 3 – Analysis of joint variance for yield (kg ha^{-1}), considering the evaluated strains and plots (useful area and border) in each harvest, conducted in 2014/15, 2015/16 and 2016/17.

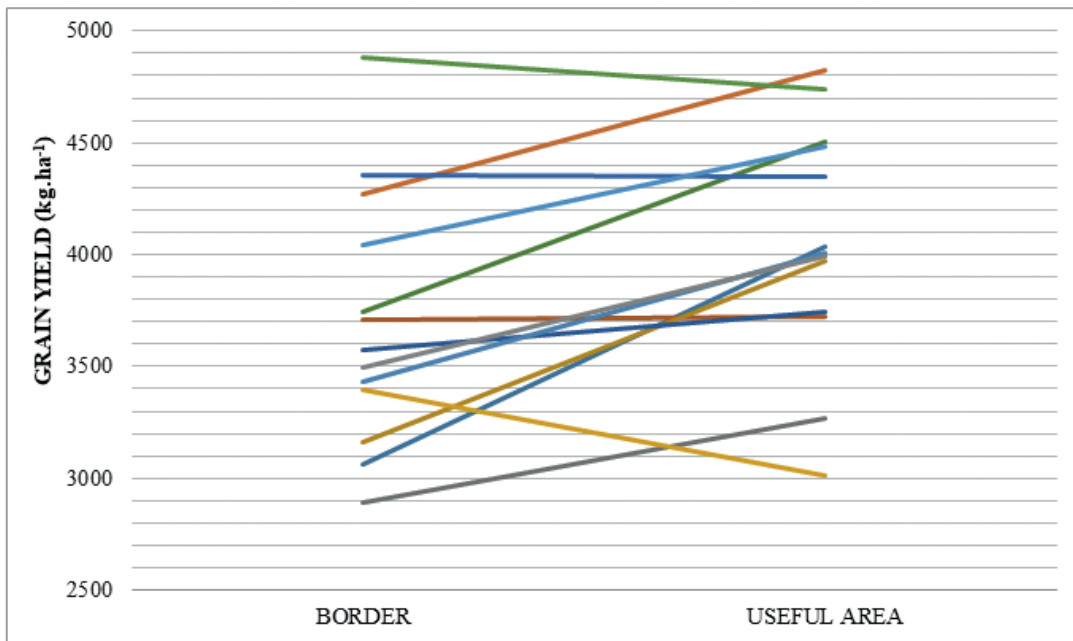
SV	DF	AS			
		2014/15	2015/16	2016/17	
Replications	2	3020378,931	* 2304059	* 170343	ns
Strains	12	1578372,797	* 2469652	* 4071367	*
Strains*Replications	24	344960,2022	* 1001961	* 870570,5	*
Plots	1	2500461,9	* 109330	ns 7175132	*
Strains*Plots	12	243009,7881	ns 132283,8	ns 1254281	*
Error	26	117140,1621	241326,4	325756,1	
CV (%)		8,84	10,37	14,91	

* - significant at 5%, ns - not significant

Source: Elaborated by the authors (2019).

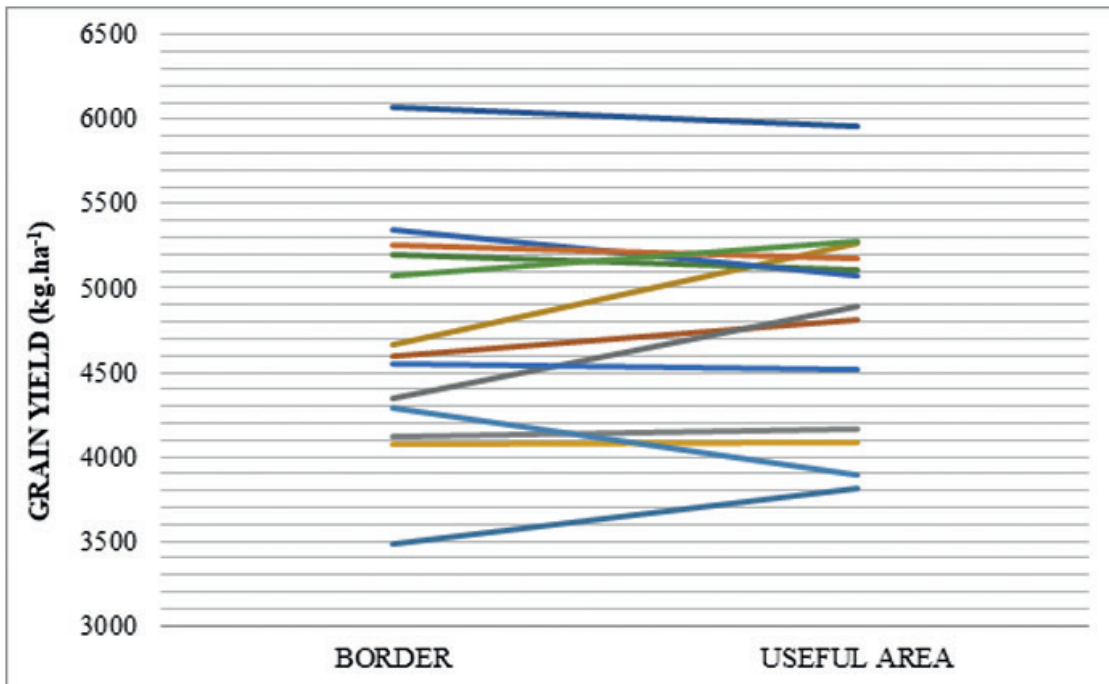
To visualize the results, graphs were plotted (FIGURES 1, 2 and 3) for each harvest in order to examine the yields as indicated by data from the useful area and the border. A significant interaction was noted in the 2016/17 harvest (FIGURE 3), according to Table 2. For the other harvests (2014/15 and 2015/16), differences were less notable between the useful area and the border, justifying the non-significance of the interaction, strains *versus* plots of Table 3.

Figure 1 – Comparative graph on the performance of yield lines (kg.ha⁻¹) in relation to the 2014/15 useful area and crop border rows.



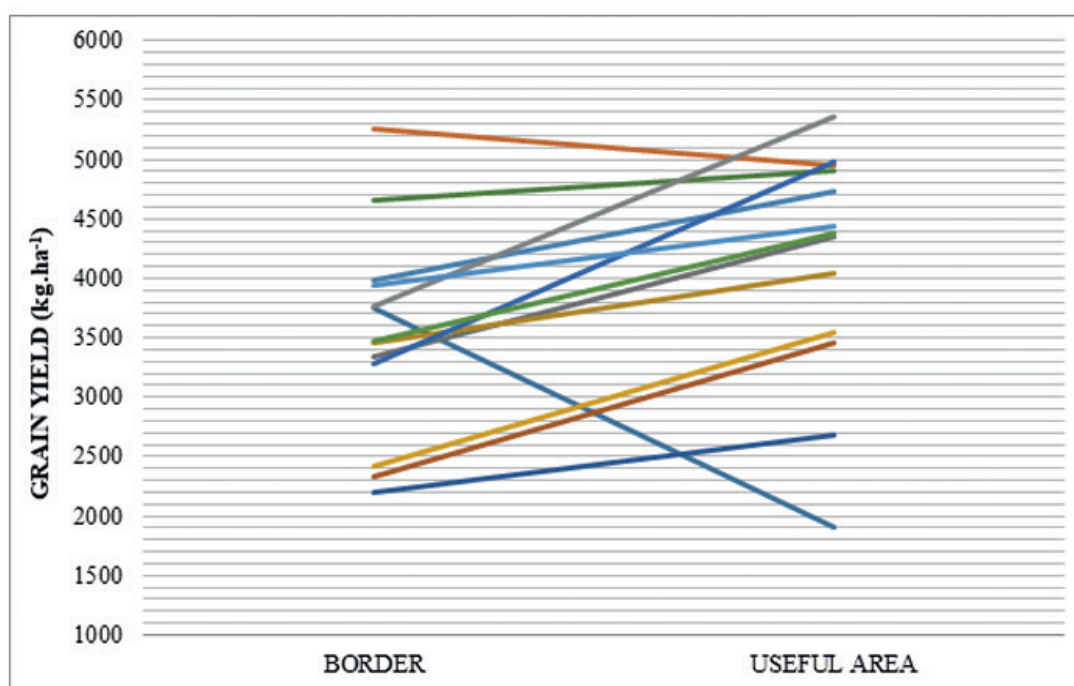
Source: Elaborated by the authors (2019).

Figure 2 – Comparative graph on the performance of yield lines (kg.ha⁻¹) in relation to the 2015/16 useful area and crop border rows.



Source: Elaborated by the authors (2019).

Figure 3 – Comparative graph on the performance of yield lines (kg.ha⁻¹) in relation to the 2016/17 useful area and crop border rows.



Source: From the authors (2019).

The analysis of triple joint variance for the three harvests is shown in Table 4. The plots that demonstrated variation showed significant results during the three agricultural years. When the sources of variation were examined, it was determined the inclusion of borders was important. This is explained by the fact that the average yield obtained in the useful areas was statistically higher than that from the border (TABLE 5). It is also noted that there was an interaction between plots *versus* harvest, indicating that different agricultural years may influence the differences in useful area and border data. Allard and Bradshaw (1964) justify this result explaining there are predictable and unpredictable aspects that contribute to the interaction of strains with the environments to which they are submitted. Environmental variations that occur from place to place such as climate, soil and agronomic techniques are predictable. Annual variations in rainfall distribution, soil, air temperature, and frost occurrence, however, cannot be predicted.

Table 4 – Analysis of triple joint variance for yield (kg ha⁻¹) considering the evaluated strains, useful area and border material collected and each harvest (2014/15, 2015/16 and 2016/17).

	SV	DF	AS
Harvest		2	20422752*
Rep(Harvest)		6	1831594*
Strains		12	4301665*
Strains*Rep(Harvest)		72	739164*
Strains*Harvest		24	1908864*
Plots		1	7024473*
Plots*Harvest		2	1380225*

	SV	DF	AS
Plots*Strains		12	338870 ^{ns}
Plots*Strains*Harvest		24	645352,1*
Error		78	228074,2
CV		11,52%	

* - significant at 5%, ^{ns} - not significant

Source: Elaborated by the authors (2019).

The non-significance of the source of variation between strains *versus* plots (useful area and border) allows us to infer the behavior of strains in relation to the areas of data collected did not vary for the harvests. However, as previously reported in the individual analysis (TABLE 2), there was higher experimental accuracy in the useful areas, justifying the use of borders contributes to a better performance of the strains.

Finally, when considering the triple interaction: plots (useful area and border) *versus* strains *versus* harvest, there was a significant F test ($P \leq 0.05$), which allows us to conclude that in different years of harvests there were different results in terms of significance of using borders, as manifested by all of the strains.

Table 5 – Test of strain averages in yield (kg ha^{-1}) between the useful areas and borders for the three harvests.

Plots	Averages	Test
Useful area	4318,62	a
Border	3972,10	b

Means followed by the same letter do not differ statistically with a level of 5% by the Scott & Knott grouping test.

Source: Elaborated by the authors (2019).

Table 5 indicates there is justification for the use of borders in the VCU trials for upland rice. Krause et al. (2007) concluded the use of borders in common bean research did not contribute to the improvement of experimental accuracy and did not change the average performance of the evaluated lines. Higher experimental accuracy was obtained when considering only the total area of the plot. In contrast, Oliveira (2005) highlights that replacing the borders with a larger number of repetitions is not recommended for comparing experiments of hybrid maize.

Experiments associated with the use of borders have produced varying results. In irrigated rice, for example, it was evidenced the use of borders in yield evaluation tests is indispensable. Other research has recommended the quantity of border material used in yield trials should not be the same for cultivars with different agronomic characteristics, emphasizing the necessity for additional research on the subject (VERNETTI et al., 1982). In upland rice crop research, Zimmermann (1980) recommended the use of two rows of border in order to obtain greater experimental accuracy.

According to Marques Junior (1997), the use of border in bean research did not provide significant improvements in the efficient evaluation of segregated populations, for this reason, its use was not recommended for bean research.

Since the use or lack of border did not alter the accuracy of the cultivars in bean tests, it can be inferred the use of smaller plots using only the useful area would maintain the same accuracy. Thus, the use of more replications in the same experimental area has been recommended, obtaining more statistically significant results (RIBEIRO et al., 2001). Similarly, in yield studies for

maize, the elimination of borders for comparing cultivars did not alter the accuracy of the experiment (CARGNELUTTI FILHO, 2003).

Conclusion

It was concluded it is necessary to use borders in the value of cultivation and use trials in breeding programs of upland rice as it contributes to enrich the performance and experimental accuracy of the information gathered from the useful areas of the plots.

Necessidade de bordadura em ensaios de valor de cultivo e uso na cultura do arroz

Resumo

A precisão experimental é afetada diretamente pelo tamanho da parcela e, por esse motivo, os pesquisadores adotam conhecimentos empíricos para o seu dimensionamento. Além disso, há outros importantes aspectos para a determinação do tamanho ideal da parcela como tipo de cultura e presença ou ausência de bordadura. Portanto o objetivo deste trabalho foi verificar a necessidade da utilização de bordaduras nos ensaios de Valor de Cultivo e Uso em um Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas e avaliar a precisão experimental na presença ou ausência de bordadura. O estudo foi conduzido em área experimental na Universidade Federal de Lavras, localizada na cidade de Lavras, Minas Gerais, durante três safras (2014/2015, 2015/2016, 2016/2017). Foram avaliadas linhagens de arroz de terras altas e seus diferentes tipos de colheita (área útil e bordadura). O delineamento realizado foi de blocos casualizados, com três repetições, avaliando a produtividade de grãos. As análises de variância individuais foram realizadas considerando somente a área útil e a bordadura para os três anos agrícolas. Procedeu-se também à análise conjunta com emprego de parcela subdividida no espaço envolvendo a posição da colheita da área útil e bordadura, além das linhagens. Pode-se concluir que se faz necessária a utilização de bordaduras em ensaios de Valor de Cultivo e Uso em Programas de Melhoramento de Arroz de Terras Altas, por contribuir para a melhoria do desempenho e precisão experimental das linhas centrais das parcelas.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Produtividade de grãos. Planejamento experimental

References

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environment interaction in applied plant breeding. **Crop Science**, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n. 138, p. 9-13, jul. 1986.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; LÚCIO A. D.; CARVALHO, M. P.; SANTOS, P. M. A precisão experimental relacionada ao uso de bordaduras nas extremidades das fileiras em ensaios de milho. **Ciência Rural**, v. 33, n. 4, 2003.

CECCARELLI, S.; GRANDO, S.; MAATOUGUI, M.; MICHAEL, M.; SLASH, M.; HAGHPARAST, R.; RAHMANIAN, M.; TAHERI, A.; AL-YASSIN, A.; BENBELKACEM, A.; LABDI, M.; MIMOUN, H.; NACHIT, M. Plant breeding and climate changes. **The Journal of Agricultural Science**, v. 148, n. 6, p. 627-637, 2010.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Levantamento da safra agrícola 2016/2017 – dezembro 2017. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 19 out. 2017.

COSTA, J. G. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Efeitos de bordaduras laterais e de cabeceira no rendimento e altura de plantas de feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 8, p. 1297-1304, 1998.

DEBOUCK, D. G.; HIDALGO, R. Morfologia de la planta de frijol común. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, E.; SCHOONHOVEN, A. V. (Eds.). **Frijol: investigación y producción**. Cali, Colombia, p. 7 – 41, 1985.

DIAS, K. O. G. Plot size and border effect on breeding of *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1426-1431, 2013. Available in: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013001100002>. Acesso em: 23 abr. 2018.

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

FRANKARD, V.; VANDENABLEELE, S.; REUZEAU, C.; LEJEUNE, P.; WOLF, J. de; PUZIO, P.; VAN CAMP, W.; PEFEROEN, M. Identification of genes for yield enhancement and abiotic stress tolerance by high throughput phenotyping. In: SIMPÓSIO SOBRE TOLERÂNCIA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM PLANTAS: ADAPTANDO AS CULTURAS AO CLIMA DO FUTURO. 2011. Santo Antônio de Goiás. **Documentos...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. p. 103-109.

GOMES, A. S.; MAGALHÃES JR., A. M. **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, Embrapa-Informação Tecnológica. 2004.

KRAUSE, W.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. F. B. Alternativas para melhorar a eficiência dos experimentos de valor de cultivo e uso na cultura do feijoeiro. **Revista Ceres**, v. 54, p. 199-205, 2007.

MARQUES JÚNIOR, O. G. **Eficiência de experimentos com a cultura do feijão**. Tese de doutorado (Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia). Lavras, Universidade Federal de Lavras. 80 p. 1997.

MEDEIROS, R. D.; SOARES, A. A.; GUIMARÃES, R. M. Compactação do solo e manejo da água. I: efeitos sobre a absorção de N, P, K, massa seca de raízes e parte aérea de plantas de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 940-947, 2005.

OLIVEIRA, S. J. R. Substituindo o uso de bordaduras laterais por repetições em experimentos com milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 10-15, fev. 2005.

PORTMAN, P.; KETATA, H. Field plot technique. In: KEMPTON, R. A.; FOX, P.N.; CERESO, M. (Eds.). **Statistical methods for variety evaluation**. Springer Netherlands, p. 9-18, 1997. 192 p.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, p. 182-194, 2007.

RIBEIRO, N. D.; STORCK, L.; MELLO, R. M. Bordadura em ensaios de competição de genótipos de feijoeiro relacionados à precisão experimental. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 13-17, 2001.

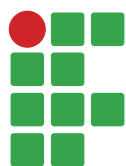
STORCK, L.; OLIVEIRA, S. J. R.; GARCIA, D. C.; BISOGNIN, D. A. Comprimento e largura do tamanho ótimo da parcela experimental em batata. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, Santa Maria, Sept./Oct. 2005.

VERNETTI, V. P.; VERNETTI, F. J.; SILVEIRA JUNIOR, P. Efeito de bordadura lateral e de extremidades de fileiras, sob dois níveis de nitrogênio, em quatro cultivares de arroz na região sudeste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 1982, v. 17, n. 2, p. 185-194.

ZIMMERMANN, F. J. P. Efeito de bordadura em parcelas experimentais de arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 297 - 300, jul. 1980.

Received: March 25, 2018

Accepted: June 4, 2018



Transgenic events interference on maize morphological and productive attributes

Laís Teles de Souza¹

José Luiz de Andrade Rezende Pereira²

Silas Maciel de Oliveira³

Abstract

Genetically modified plants have high potential for use and benefits; they are dynamic and tend to enable more sustainable agricultural management alternatives as scientific and technical information are applied. However, little is known about the effects of genetic modifications to induce resistance to herbicides and insect attacks on agronomic characteristics of maize plants. The objective of this study was to evaluate the effects of transgenic events on morphological and productive characteristics of maize hybrids. A field experiment was conducted in two crop seasons, using conventional and transgenic isogenic hybrids. The variables analyzed were plant height, ear height, stem diameter, and grain yield. The genetic modifications used in the evaluated transgenic hybrids affected the morphological and productive characteristics of the maize plants. The transgenic hybrids presented 5% higher plant height and 10% higher grain yield than the conventional hybrids.

Keywords: Cry1Ab protein. PAT enzyme. EPSPS enzyme. Grain yield. Environment-genotype interaction.

Introduction

Maize (*Zea mays* L.) is the most produced cereal in the world. However, the production of this cereal may be compromised by several abiotic and biotic factors. The presence of weeds and attack of insect pests are among biotic factors that can result in serious damages to crop yield and, consequently, losses to the rural producer (KOZLOWSKI, 2002; FERNANDES; CARNEIRO, 2006).

Weed competition can reduce the profits of maize crops in 12% to 100% depending on their species and infestation level, soil type, climatic conditions, and phenological stage of the crop (ALMEIDA, 1981; CONSTANTIN; OLIVEIRA, 2005). Pest insects, such as the maize armyworm (*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797)), cause high losses on maize yield and quality and are difficult to control (CARVALHO, 1982; WAQUIL et al., 1982; BARROS et al., 2010). In addition, the misuse of herbicides and insecticides contributes to the emergence of resistant plants and insects, which makes phytosanitary control even more difficult and expensive.

In this context, biotechnological techniques have been applied, with the development of genetically modified maize plants that are resistant to herbicides and insect attacks, as a protective alternative to minimize losses caused by these factors (CIB, 2013; CTNBio, 2009). Genes introduced into maize genotypes encoding the expression of the insecticidal Bt protein are effective in controlling

¹ Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", doutoranda do Departamento de Produção Vegetal. laisteles.souza@hotmail.com.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Inconfidentes, professor. joseluiz.pereira@ifsuldeminas.edu.br.

³ Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", doutorando do Departamento de Produção Vegetal. silasmaciel2000@hotmail.com

lepidopterans such as *S. frugiperda*, *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), and *Diatraea saccharalis* (HUANG et al., 2002). Genes that express the 5-enolpyruvylchiquimate-3-phosphate synthase (EPSPS) enzyme, which are isolated from the *Agrobacterium tumefaciens* bacterium, are introduced into soybean, maize, and cotton genotypes for weed control; these genes make the plant tolerant to the glyphosate herbicide (SPENCER et al., 2000). Thus, it is possible to use broad spectrum herbicides at post-emergence, with low phytotoxicity to crops (BARRY et al., 1992; PADGETTE et al., 1995).

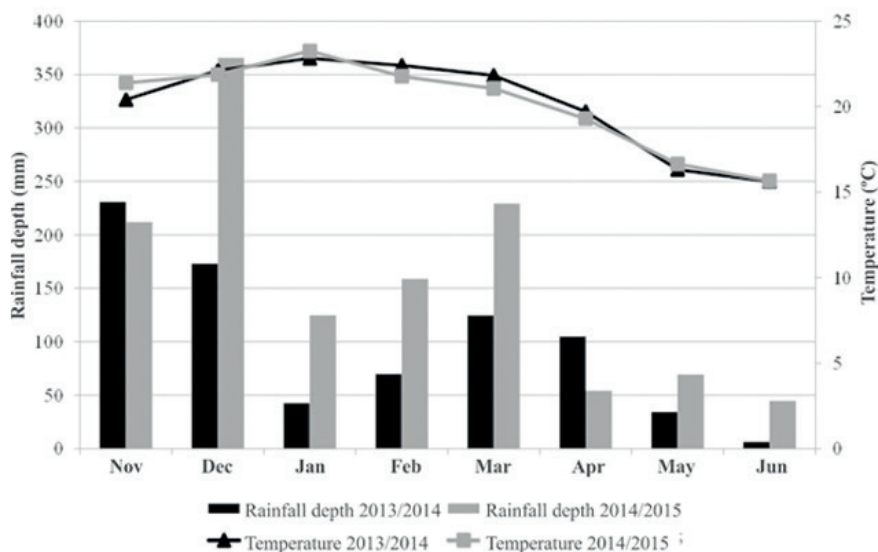
Genetically modified plants have high potential for use and benefits; they are dynamic and tend to enable more sustainable agricultural management alternatives as scientific and technical information are applied. However, little is known about effects of genetic modifications to induce resistance to herbicides and insect attacks on agronomic characteristics of maize plants. Thus, improving the understanding of the effect of these genetic modifications on morphological and productive characteristics of maize hybrids is important to improve cultural practices and phytosanitary managements for this crop species.

The objective of this study was to evaluate the effects of transgenic events on morphological and productive characteristics of maize hybrids. A field experiment was conducted in two crop seasons using conventional and transgenic isogenic hybrids.

Material and methods

The experiment was conducted in two crop seasons (2013-2014 and 2014-2015) at the experimental area of the Federal Institute of Education, Science and Technology of South of Minas Gerais (IFSULDEMINAS), in Inconfidentes, MG, Brazil (22°18'47''S; 46°19'54,9''W; and 940 m of altitude). The soil of the area was classified as eutrophic Red Yellow Latosol (Oxisol) and it had been cultivated with maize for the last four crop seasons. The region is under a Cwb, dry-winter subtropical highland climate, according to the Koppen classification, with average annual temperature of 19.3°C and average annual rainfall depths of 1.411 mm (BRASIL, 1992; FAO, 1985). The average rainfall depths and temperatures during the study periods are presented in Figure 1.

Figure 1 – Average monthly rainfall depths and temperatures during the study periods (2013-2014 and 2014-2015 crop seasons). Data collected from the weather station at IFSULDEMINAS, Inconfidentes *Campus*.



Source: Prepared by the authors based on data from IFSULDEMINAS - Inconfidentes *Campus* weather station (2018).

The soil chemical attributes of the experimental areas were analyzed before the beginning of the experiment using samples from the 0 to 0.2 m layer. The results showed a pH of 5.3; 3.97 g dm⁻³ of organic matter; 13.25 mg dm⁻³ of P; 85.7 mg dm⁻³ of K; 2.39 cmol dm⁻³ of Ca; 0.57 cmol dm⁻³ of Mg; 4.95 cmol_c dm⁻³ of H+Al at pH 7.0; and base saturation of 39.09%. Subsequently, liming and fertilization were performed according to recommendations of the state of Minas Gerais for maize crops (RIBEIRO et al., 1999).

The experiment was conducted in a randomized block design with a 2×3×2 factorial arrangement, consisting of two hybrids (2B587 and 2B688; Dow AgroSciences), three genetic modification events (conventional, single event, and pyramidal event), and two crops seasons, with four replications. The conventional hybrids were not genetically modified materials. The single-event hybrids had the CRY1F and PAT genes (TC1507 and T25 events) from the non-pathogenic bacterium *Bacillus thuringiensis* var. *aizawai*, and the bacterium *Streptomyces viridochromogenes* strain Tu494; these genes express the proteins Cry1F and PAT, which have insecticidal effects on lepidopterans and generates tolerance to the ammonium glufosinate herbicide, respectively. Pyramidal hybrids had the genes Cry1F, Cry1A.105, and Cry2Ab2 (TC1507 and MON89034 events), which promote resistance to insects by producing proteins with insecticidal effect on lepidopterans; and the CP4 EPSPS and PAT genes (NK603 and T25 events), which promote tolerance to the glyphosate and ammonium glufosinate herbicides, respectively.

The 2B587 and 2B688 hybrids are single and triple type, with estimated growing degree units (GDU) of 815 and 860, respectively. The sowing density of the hybrids was 120 thousand seeds ha⁻¹. The plants were thinned at stage 3 (BBCH scale) to a population of 65,000 plants ha⁻¹. Weed control was carried out at thirty days after emergence by applying 1,500 g ha⁻¹ of atrazine.

The plots consisted of four 5.0 m rows, spaced 0.8 m apart. The two central lines of the plots were used for the evaluations.

Plant height (PH), ear height (EH), and stem diameter (SD) were evaluated when the plants reached stage 10.5 (BBCH scale), considering the mean of ten plants randomly chosen in the plots. PH and EH were measured from the soil surface to the insertion point of the flag leaf and to the insertion point of the main ear, respectively. SD was measured at 5 cm above the main ear, using a digital caliper.

Grain yield (GY) of the plots was determined using manually harvested ears from plants at physiological maturation. The ears were threshed, and the grains weighed and sampled to determine their moisture, using a grain moisture meter (G-300; Gehaka, São Paulo, Brazil). Grain yield data were corrected to 13% moisture.

The data of the responses of the variables to the treatments were subjected to tests of normality and homogeneity of variance (BOX; COX, 1964), and to analysis of variance (ANOVA) using the F test at 5% probability. When the effects or interactions were significant, the means of the treatments were compared by the Tukey's test at 5% probability. All analyzes were performed using the SAS 9 (Statistical Analysis System) program.

Results and discussion

The crop season and hybrid factors were significant for PH and SD. The genetic modification event factor was significant for PH and EH. These interactions between crop season and hybrid and between hybrid and genetic modification event were significant for EH (TABLE 1). The 2B688 hybrid presented higher plant height, ear height, and stem diameter at the first reproductive stage of maize plants (TABLE 1). The results corroborate information presented by Embrapa (2016). These results were due to the different genetic bases of the hybrids (PENARIOL et al., 2003; CARDOSO et al., 2003).

The conventional hybrids achieved, in general, lower plant and ear height than single and pyramidal transgenic hybrids (TABLE 1). Modified plants for glyphosate tolerance may have overproduction of the EPSPS enzyme (GRUYS; SIKORSKI, 1999), especially in crops without application of the herbicide (YAMADA; CASTRO, 2007). The overproduction of the EPSPS enzyme increases the production of aromatic amino acids (tyrosine, phenylalanine, and tryptophan), which are compounds that directly affect plant height (SCHANBENBERGER et al., 1999; WAGNER et al., 2003; CEDERGREEN et al., 2007; GODOY, 2007; CARBONARI et al., 2007a; CARBONARI et al., 2007b; VELINI et al., 2008).

Similarly, modified plants with genes for insect-resistance, such as single-event hybrids, have overproduction of crystals called delta endotoxins or Cry proteins (AGAISSE; LERECLUS, 1995). Cry proteins are produced in the stationary and sporulation phases and accumulated in the mother cell, corresponding to 25% of the cell dry weight (AGAISSE; LERECLUS, 1995). Overproduction of Cry protein may also have affected the growth of the plants, increasing their heights. In addition, conventional plants were visually more harmed by pest insect attacks than resistant plants.

Table 1 – Means of plant height (PH), ear height (EH), and stem diameter (SD) of two maize hybrids (2B587 and 2B688) with different genetic modification events—conventional (CV), single event (SE), and pyramidal event (PE). Inconfidentes, Minas Gerais, Brazil.

		PH		EH		SD	
		2013/2014	2014/2015	2013/2014	2014/2015	2013/2014	2014/2015
		----- m -----				----- mm -----	
2B587	CV	2.27	2.25	1.22	1.31	19.22	16.66
2B587	SE	2.43	2.27	1.32	1.31	19.63	16.57
2B587	PE	2.36	2.34	1.24	1.30	20.61	17.02
Mean of the 2B587 hybrid		2.32B		1.28		18.29B	
2B688	CV	2.37	2.23	2.28	1.18	18.66	16.54
2B688	SE	2.52	2.38	1.36	1.30	18.62	16.59
2B688	PE	2.56	2.47	1.40	1.39	19.04	16.88
Mean of the 2B688 hybrid		2.42A		1.32		18.56A	
Mean of crop seasons		2.42a	2.32b	1.30	1.29	19.29a	16.71b
Means of events among hybrids and crop seasons							
SE	CV	2.28B		1.25		17.77	
PE		2.40A		1.33		17.85	
		2.43A		1.34		18.38	
ANOVA (Pr > F)							
Pr>F	Crop season (CS)	0.0002**		0.7117		<0.0001***	
	Hybrid (H)	0.0001**		0.0719		0.0391*	
	CS*H	0.2226		0.0044*		0.0998	
	Event (E)	<0.0001***		0.0008**		0.083	
	CS*E	0.1933		0.4762		0.8259	
	H*E	0.1037		0.0034**		0.7563	
	CS*H*E	0.4134		0.2326		0.7723	
CV %	5.4		7.2		16.5		

Means followed by different uppercase letters in the columns, or different lowercase letters in the rows are different by the Tukey's test ($P < 0.05$).

Source: Prepared by the authors (2018).

The conventional 2B688 hybrid presented the shortest ear height, differing from its transgenic versions. The 2B587 hybrid presented a smaller ear height than the 2B688 when comparing their pyramidal-event versions (TABLE 2). Morphological changes in maize hybrids, such as plant and ear height, may affect cultural practices, such as harvesting, and the plant's response to stress conditions (SANGOI et al., 2002). These results indicate that transgenic maize hybrids are higher, and in some cases, have higher ear height than conventional ones. The increase in ear and plant height did not affect the stem diameter, which is an important characteristic to avoid tipping, especially in modern hybrids, which are sown at higher densities.

Table 2 – Means of ear height (EH) of two maize hybrids (2B587 and 2B688) with different genetic modification events - conventional (CV), single event (SE), and pyramidal event (PE). Inconfidentes, Minas Gerais, Brazil.

Hybrid	Event		
	CV	ES	EP
2B587	1.26 Aa	1.32Aa	1.27Ba
2B688	1.23 Ab	1.33 Aa	1.40 Aa

	Crop Season	
	2013/2014	2014/2015
2B587	1.26 Ba	1.31 Aa
2B688	1.35 Aa	1.29 Aa

Means followed by different uppercase letters in the columns or different lowercase letters in the rows are different by the Tukey's test ($P < 0.05$).

Source: Prepared by the authors (2018).

The genetically modified hybrids had higher mean yield than the conventional ones, with approximately 11,000 kg ha⁻¹ (TABLE 3). Grain yield is the result of quantitative inheritance and is affected by many factors. Therefore, its correlation with a single genotypic trait is generally low. In addition, this difference may increase under favorable environmental conditions for the use of transgenic hybrids, which was probably the case in the present study.

The mean yield of the genetically modified hybrids was approximately 900 kg ha⁻¹ (10%) higher than that of the conventional hybrids. These results are consistent with the range of losses caused by the maize armyworm (CARVALHO, 1970; CRUZ; TURPIN, 1983; WILLIAMS; DAVIS, 1990; CORTEZ; WAQUIL, 1997; CRUZ et al. 1999). In addition, the experimental area had been cultivated with maize for several consecutive crop seasons, Brazil's tropical climatic conditions allow this intensification of production (PATERNIANE, 2000), consequently, there were probably significant increases in pest insect populations (HILL, 1983; HOLLINGSWORTH, 2011; OMOTO et al. 2015).

Table 3 – Means of grain yield of two maize hybrids (2B587 and 2B688) with different genetic modification event – conventional (CV), single event (SE), and pyramidal event (PE). Inconfidentes, Minas Gerais, Brazil.

	Yield (kg ha ⁻¹)			
	Event	CV	SE	PE
2B587	2013/14	9.300	11.000	10.600
	2014/15	10.900	11.400	11.200
2B688	2013/14	10.300	10.500	10.700
	2014/15	9.500	10.600	11.400
Means of the events		10.000 b	10.900 a	11.000 a

ANOVA (Pr > F)	
	Crop Season (CS)
	Hybrid (H)
	CS*H
Pr>F	Event (E)
	CS*E
	H*E
	CS*H*E
	CV

Means followed by different letters in the rows are different by the Tukey's Test ($P < 0.05$).

Source: Prepared by the authors (2018).

Conclusion

Genetic modifications of maize plants used in transgenic hybrids affect their morphological and productive characteristics.

Transgenic hybrids present 5% higher plant height and 10% higher grain yield than conventional hybrids.

Interferência de eventos transgênicos nos atributos morfológicos e produtivos do milho

Resumo

O potencial de utilização e de benefícios de plantas geneticamente modificadas é enorme e dinâmico e, quanto mais conhecimento científico e técnico a ele for agregado, mais alternativas de manejo agrícola sustentáveis são disponibilizadas. Porém, pouco se conhece sobre os efeitos da resistência a herbicidas e sobre o ataque de insetos nas características agrônômicas de plantas de milho. A presente pesquisa foi conduzida com o objetivo de investigar o efeito dos eventos transgênicos sobre as características morfológicas e produtivas de híbridos de milho. Para isso, foi realizado um experimento de campo em duas safras utilizando híbridos convencionais e transgênicos isogênicos. As variáveis analisadas foram: altura de planta, altura de espiga, espessura de colmo e produtividade de grãos. A introdução de diferentes biotecnologias modificou as características morfológicas e produtivas de plantas de milhos. Versões transgênicas apresentaram altura de planta e produtividade de grãos 5 e 10%, respectivamente, maior em relação às isolinhas convencionais.

Palavras-chave: Proteína Cry1Ab. Enzima PAT. Enzima EPSPS. Rendimento de grãos. Interação ambiente *versus* genótipo.

References

AGAISSE, H.; LERECLUS, D. How does *Bacillus thuringiensis* produce so much insecticidal crystal protein? **Journal of Bacteriology**, v. 177, n. 21, p. 6027–6032, 1995.

ALMEIDA, F. S. Eficácia de herbicidas pós-emergente no controle de plantas daninhas na cultura do milho. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina: 1981. p. 101-144 (Circular, 23).

BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; RUBERSON, J. R.; OLIVEIRA, M. D. Development of *Spodoptera frugiperda* on different hosts and damage to reproductive structures in cotton. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 137, n. 3, p. 237–245, 2010.

BARRY, G. G.; KISHORE, S; PADGETTE, M. Inhibitors of amino acid biosynthesis: strategies for imparting glyphosate tolerance to crop plants. In: SINGH, B. K. et al. **Biosynthesis and Molecular Regulation of Amino Acids in Plants**. Am. Soc. Plant Physiologists. Rockville, MD. p.139-145, 1992.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Meteorologia. **Normas climatológicas**. 1961 – 1990. Brasília, 1992, 84p.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. **An analysis of transformations**. J. R. Stat. Soc. Ser. B 26, 211–252, 1964.

CARBONARI, C. A.; MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D. Efeito da aplicação de glyphosate no crescimento inicial de mudas de eucalipto submetidas a dois níveis de adubação fosfatada. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, 1., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2007a. p. 68-70.

CARBONARI, C. A.; MESCHEDE, D. K.; VELINI, E. D. Acúmulo de fósforo em plantas de eucalipto submetidas à aplicação de diferentes doses de glyphosate. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, 1., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2007b. p. 76-78.

CARDOSO, M. J.; CARVALHO, H. W. L.; SANTOS, M. X.; LEAL, M. L. S.; OLIVEIRA, A. C. Desempenho de híbridos de milho na região meio-norte do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 1, p. 43-52, 2003.

CARVALHO, A. O. R. Pragas de milho e seu controle. 291p. (**Circular Técnica, 29**), 1982.

CARVALHO, R. P. L. **Danos, flutuações da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith 1797), e sua suscetibilidade de diferentes genótipos de milho, em condições de campo**. Piracicaba, 1970. 170p. Tese (Doutorado) - ESALQ/USP.

CEDERGREEN, N.; STREIBIG, J. C.; KUDSK, P.; MATHIASSEN, S. K.; DUKE, S. O. The occurrence of hormesis in plants and algae. **Dose-Response**, Amherst, v. 5, p. 150-162, 2007.

CIB. Conselho de Informações sobre Biotecnologia: **Eventos Aprovados - CTNBio**. 2013. Disponível em: <http://cib.org.br/biotecnologia/regulamentacao/ctnbio/eventos-aprovados>. Acesso em: 13 maio 2013.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, R. S. Dessecação antecedendo a semeadura direta pode afetar a produtividade. **Potafós: Informações Agrônomicas**, 2005. n. 109, p. 14-15.

CORTEZ, M. G. R.; WAQUIL, J. M. Influência de cultivar e nível de infestação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no rendimento do sorgo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 26, p. 407- 410, 1997.

CRUZ, I.; TURPIN, F. T. Yield impact of larval infestation of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to mid whorl stage of corn. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 76, p. 1052-1054, 1983.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; VASCONCELOS, C. A. Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminum saturation. **International Journal of Pest Management**, London, v. 45, p. 293-296, 1999.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Safra 2013/2014**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/>>. Acesso em: 03 de agosto de 2016.

FAO. **Agroclimatological data for Latin América and Caribbean**. Roma, 1985. (Coleção FAO: Produção e Proteção Vegetal, v. 24).

FERNANDES, O. A.; CARNEIRO, T. R. Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* no Brasil. In: PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; ROSSI, M. M.; MALERBO-SOUZA, D. T. (Ed.). **Controle Biológico de Pragas: Na Prática**. Piracicaba, Ed. CP2, p. 75-82, 2006.

GODOY, M. C. **Efeitos do glyphosate sobre o crescimento e absorção do fósforo pela soja**. 2007. 43 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

GRUYS, K. J.; SIKORSKI, J. A. Inhibitors of tryptophan, phenylalanine and tyrosine biosynthesis as herbicides. In: SINGH, B. K. **Plant amino acids: biochemistry and biotechnology**. New York: Marcel Dekker, 1999. p. 357-384.

HILL, D. S. **Agricultural Insect Pests of the Tropics and their Control**. 2. ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1983.

HOLLINGSWORTH, R. G. Insect pest management of tropical versus temperate crops; patterns of similarities and differences in approach. **Acta Hort** 894:45–56, 2011.

HUANG, F.; BUSCHMAN, L. L.; HIGGINS, R. A.; LI, H. Survival of Kansas dipel-resistant European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) on Bt and non-Bt corn hybrids. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 95, n. 3, p. 614-621, 2002.

KOZLOWSKI, L. A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 365–372, 2002.

OMOTO, C.; BERNARD, O.; SALMERON, E.; SORGATTO, R. J. MDOURADO, P.; CRIVELLARI, A.; CARVALHO, R. A.; WILLSE, A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P. Field-evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. **Pest Management Science**, v. 72, p. 1727–1736, 2016.

PADGETTE, S. R.; KOLACZ, K. H.; DELANNAY, X.; RE, D. B.; LA VALLEE, D. J.; TINIUS, C. N.; RHODES, W. K.; OTERO, I.; BARRY, G. F. Development, Identification, and Characterization of a Glyphosate- Tolerant Soybean Line. **Crop Science**, v. 35, p. 1451-1461, 1995.

PATERNIANI, E. Sustainable Agriculture in the Tropics, in Transition to Global Sustainability: The Contribution of Brazilian Science. Ed. By Rocha-Miranda CE. **Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, Brazil, p. 181–194, 2000.

PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeados em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, p. 52-60, 2003.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. 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. 359p.

SANGOI, L.; DE ALMEIDA, M. L.; DA SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, v. 61, n. 2, p. 101–110, 2002.

SCHANBENBERGER, O.; KELLS, J. J.; PENNER, D. Statistical tests for hormesis and effective dosage in herbicide dose-response. **Agronomy Journal**, Madison, v. 91, p. 713-721, 1999.

SPENCER, M.; MUMM, R.; GWYN, J. Inventors - DeKalb Genetics Corporation, assignee.21/03/2000. **Glyphosate resistant maize lines**. U.S.patent 6040497

VELINI, E. D.; ALVES, E.; GODOY, M. C.; MESCHEDÉ, D. K.; SOUZA, R. T.; DUKE, S. O. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science**, New York, v. 64, p. 489-496, 2008.

WAGNER, R.; KOGAN, M.; PARADA, A. M. Phytotoxic activity of root absorbed glyphosate in corn seedlings (*Zea mays* L.). **Weed Biology and Management**, Kyoto, v. 3, p. 228-232, 2003.

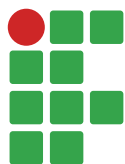
WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A.; LORDELLO, A. I.; CRUZ, I.; OLIVEIRA, A. C. Controle da lagarta do cartucho em milho com inseticidas químicos e biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 163-166, 1982.

WILLIAMS, W. P.; DAVIS, F. M.; WINDHAM, G. L. Registration of Mp 708 germplasm line of maize. **Crop Science**, Madison, v. 30, p. 757, 1990.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. Efeitos do glifosato nas plantas: efeitos do glifosato nas plantas: efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. **Encarte técnico. Informações agronômicas nº 119** – setembro/2007.

Received: March 22, 2018

Accepted: June 25, 2018



Comparison of supervised classifiers in the discrimination of preservation areas in a hydroelectric reservoir

Jefferson Francisco Soares¹

Gláucia Miranda Ramirez²

Mirléia Aparecida de Carvalho³

Marcelo de Carvalho Alves⁴

Christiany Mattioli Sarmiento⁵

Diego Bedin Marin⁶

Abstract

The maintenance of riparian forests is considered one of the main vegetative practices for mitigating the degradation of water resources and is mandatory by law. However, in Brazil there is still a progressive and constant decharacterization of these areas. Facing this reality, it is necessary to broaden researches that identify the occurring changes and provide efficient solutions at a fast pace and low cost. Remote sensing techniques show great application potential in characterizing natural resources. The objective of this work was to map, to characterize the land use and occupation and to verify the best method of high spatial resolution image classification of the Permanent Preservation Areas of the Funil Hydroelectric Power Plant reservoir, located between the municipalities of Lavras, Perdões, Bom Sucesso, Ibituruna, Ijací and Itumirim, in the state of Minas Gerais. The methods used to classify the high spatial resolution image from the Quickbird satellite were visual, object-oriented and pixel-by-pixel. Results showed the best method for mapping land use and occupation of the study area was object-oriented classification using the K-nearest neighbor algorithm, with kappa coefficient of 0.88 and global accuracy of 91.40%.

Keywords: Remote sensing. Riparian forests. Kappa coefficient. Overall accuracy.

Introduction

Permanent Preservation Areas (PPA) are vitally important for the environmental and ecological balance of the planet, since they must be covered with their original vegetation and are not suitable for land-use alterations (DIETZOLD; WENDEL, 2004). The concept of PPA comes from the society acknowledgement about the importance of conserving vegetation in localities near watersheds and their components (BRASIL, CONAMA no. 303, 2002). Due to its importance, it is currently necessary to monitor these areas efficiently (MASCARENHAS et al., 2009), since even though suppression is prohibited, riparian forests are directly affected by the construction of hydroelectric dams, road ope-

1 Universidade Federal de Lavras, doutorando em Engenharia Agrícola. jefferson_fsoares@live.com

2 Universidade Federal do Mato Grosso, professor do Departamento de Engenharia. glauca_ramirez@ufmt.br

3 Universidade Federal de Lavras, professor do Departamento de Engenharia. mirleia@deg.ufla.br

4 Universidade Federal de Lavras, professor do Departamento de Engenharia. marcelo.alves@deg.ufla.br

5 Universidade Federal de Lavras, doutorando em Engenharia Agrícola. chrislavras@yahoo.com.br

6 Universidade Federal de Lavras, mestrando em Engenharia Agrícola. db.marin@hotmail.com

nings in places with a rugged relief, implementations of agricultural crops and pasture (FERREIRA; DIAS, 2004). Riparian forests are transition areas between the terrestrial and aquatic ecosystems and have the function of regulating energy and nutrient transfers from one ecosystem to the other (CAVALCANTI; LOCKABY, 2006; COLLINS et al., 2010; CORRELL, 2001; KAGEYAMA et al., 2002; LIMA, 1998). When located in agricultural areas, they prevent or minimize the sediment movement generated by erosive processes (ADDISCOTT, 1997).

Amongst many initiatives from social and governmental organizations, certain actions are considered promising, such as the laws governing the use of natural resources. In Brazil, the Brazilian Forest Code, regulated by the Law No. 12,651, of May 25, 2012, establishes the fixed vegetation areas to be protected around artificial lakes, with the role of permanent preservation (BRASIL, 2012).

The definition of the area around the reservoir of the Funil Hydroelectric Power Plant (Funil HPP) is stipulated in the Environmental Plan for Conservation and Use of the Artificial Reservoir Environment (PACUERA, 2011), which defines it as a direct contribution area, i.e. reservoir slopes, which physically interfere directly in the conservation of water quality. This area, although not flooded, has a close relationship with the reservoir and may be affected by it, it is delimited by an imaginary line that connects the marginal ridges, parallel to the flood quota (PACUERA, 2011).

Despite the laws that regulate the maintenance and restoration of reservoir areas, there is still a progressive and constant uncharacterization of these areas. Among the main causes, it can be cited the absence of an official demarcation, the state's failure to promote efficient environmental monitoring and the unavailability of knowledge and operational methods that enable these inspections.

Geographic Information Systems (GIS) can serve as an auxiliary tool in the control and enforcement of PPAs by joining remote sensor data with digital image processing techniques (VALLE JUNIOR et al., 2010; SOARES et al., 2011; ROVANI; CASSOL, 2012; COSTA et al. 2013).

GIS allows spatial analysis through the use of various environmental elements in an integrated manner, generating efficient results quickly and at low cost (PORTES et al., 2009).

Studies made by Santos and collaborators (2014) have shown the importance of remote sensing on biomass estimation and structural analyses of tropical forests, where techniques were used to analyze regional phenological patterns and to quantify the impacts of natural and man-made environmental changes on these ecosystems and the importance of the combined use of these techniques in an attempt to understand these changes quickly and efficiently.

A difficulty commonly encountered in remote sensing studies is the availability of fast and precise methods for obtaining land use and land cover maps. The visual classification of high-resolution satellite images is a very precise technique. However, it becomes unfeasible when applied in large areas due to the great time demand to perform it. A recently used alternative was digital classification, at which algorithms allowed an automatic pixel-by-pixel classification. However, maps resulting from this classification did not present good quality and required constant post-classification edits.

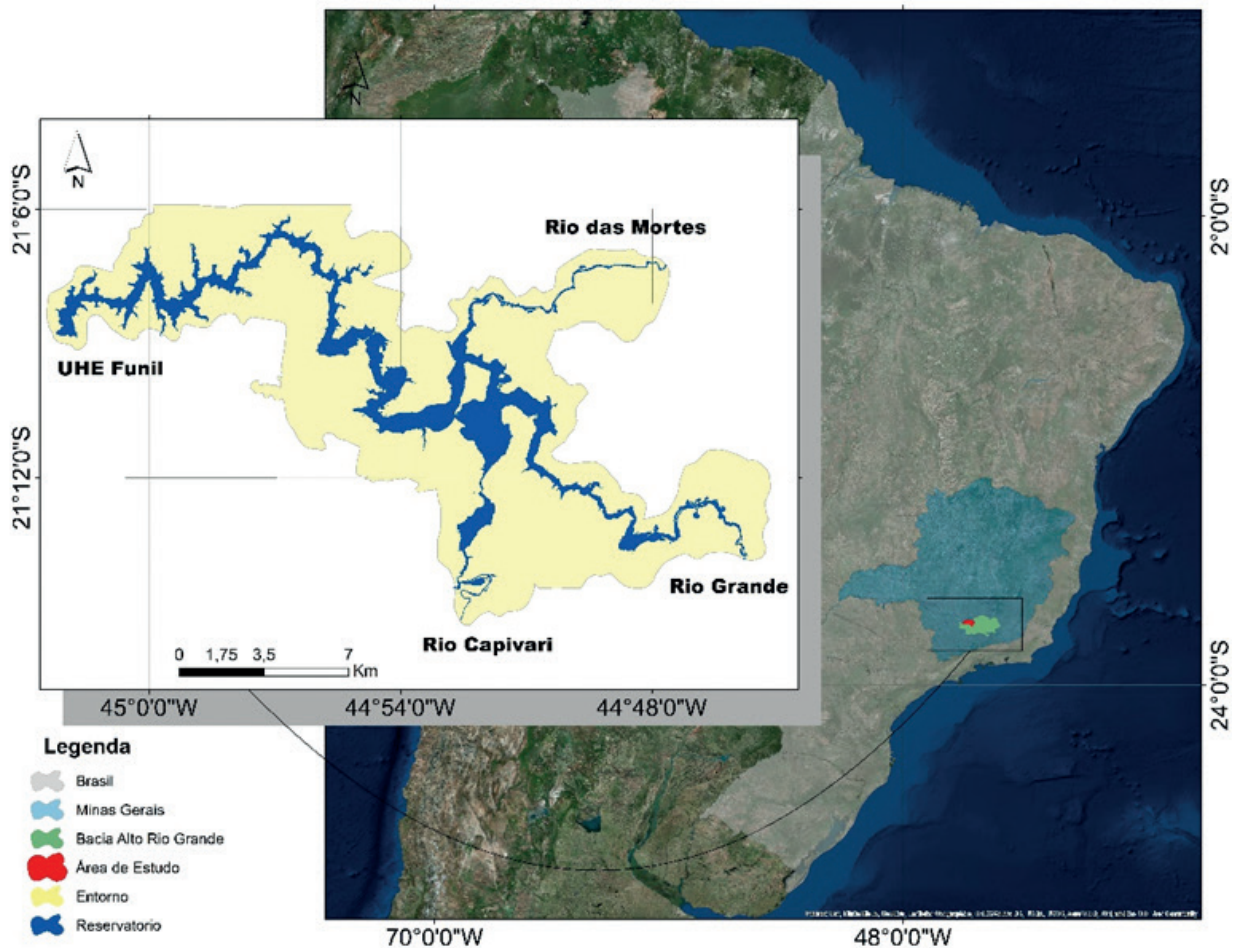
For overcoming limitations, such as the great demand for time in classifications and large study areas, the techniques of segmented and supervised image classification are emerging. These techniques consider spatial and texture information in high spatial resolution, in addition to spectral information in its evaluation. Therefore, this study aimed to compare different high spatial resolution image classifiers in order to evaluate and quantify the differences as to the accuracy of each classifier in the Funil Hydroelectric Power Plant (Funil HPP) artificial reservoir's PPA.

Material and methods

Study area

The study area is located in the area surrounding the Funil HPP as shown in Figure 1, it belongs to the upper Grande river basin and it is located in the south of Minas Gerais state. UHE Funil encompasses 33 municipalities, it covers an area of approximately 9,000 km², it has a drainage area of 240 km and it reaches a population of about 365,000 inhabitants (UPGRH-GD1, 2015).

Figure 1 – Funnel Hydroelectric Power Plant Reservoir and Surrounding.



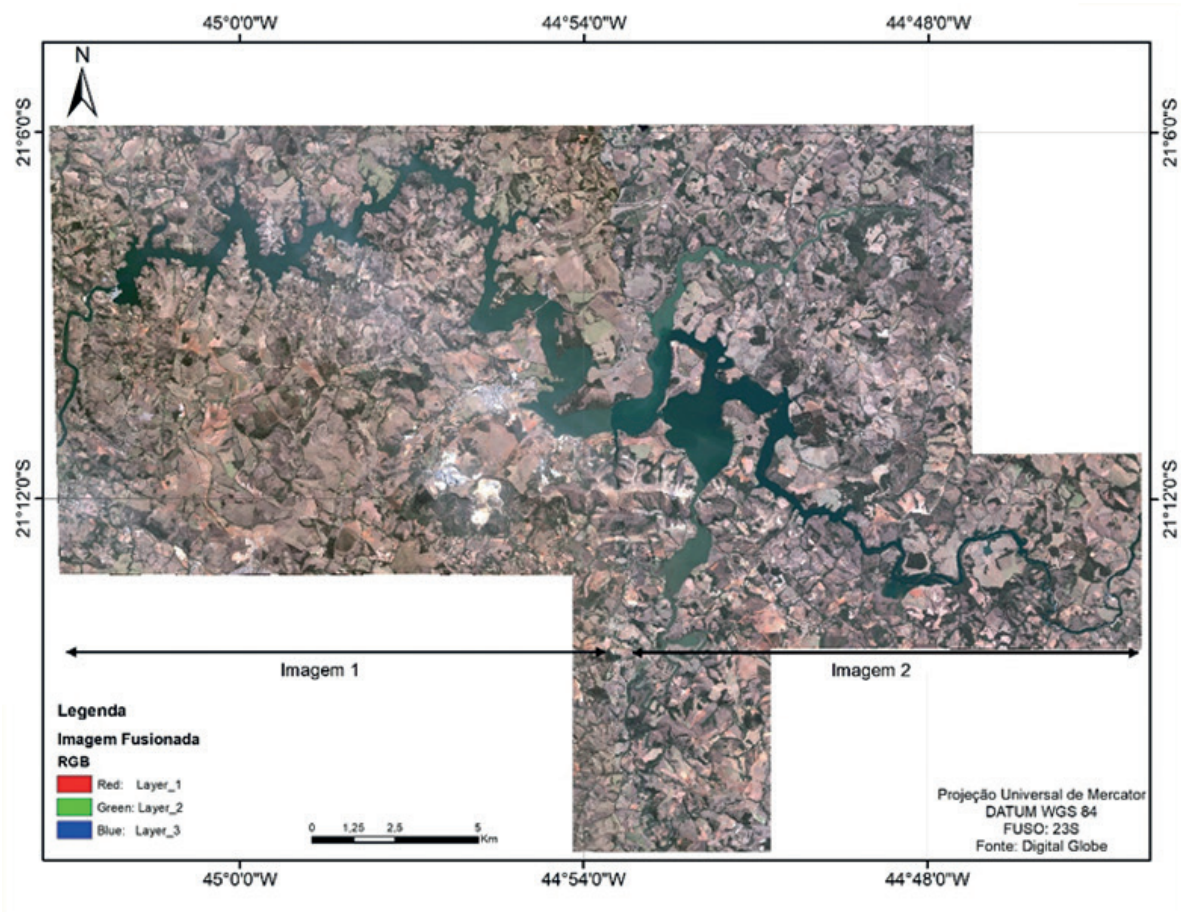
Source: Soares (2019).

Located in an area with undulating relief, its dominant vegetation is the transition between Atlantic Forest and Cerrado (FERREIRA, 2005). According to the Köppen classification, the climate of the region is Cwb type (subtropical highland). UHE Funil is inserted in the upper Grande river basin, upstream of the Furnas reservoir, its most important tributaries are the Mortes river and the Capivari river, which, when meeting Grande river, form the Funil HPP reservoir.

Quickbird imaging

For this study, two images provided by the Funil HPP company were used, shown in Figure 2. The product supplied is a mosaic of Quickbird satellite images, orthorectified, dated of July 30, 2009 and August 7, 2009, containing three multispectral bands (RGB-321) in true color rendering.

Figure 2 – Merged Image into True Color Composition (RGB 321).



Source: Soares (2019).

The spectral bands in which the characteristics are shown in Table 1 were fused using the Gram-Schmidt method, simulating a panchromatic band from the low spatial resolution multispectral bands (RSI, 2009), generating an image with spatial resolution of 61 centimeters and radiometric resolution of 11 bits. The mosaic of images totals an area of 470 km².

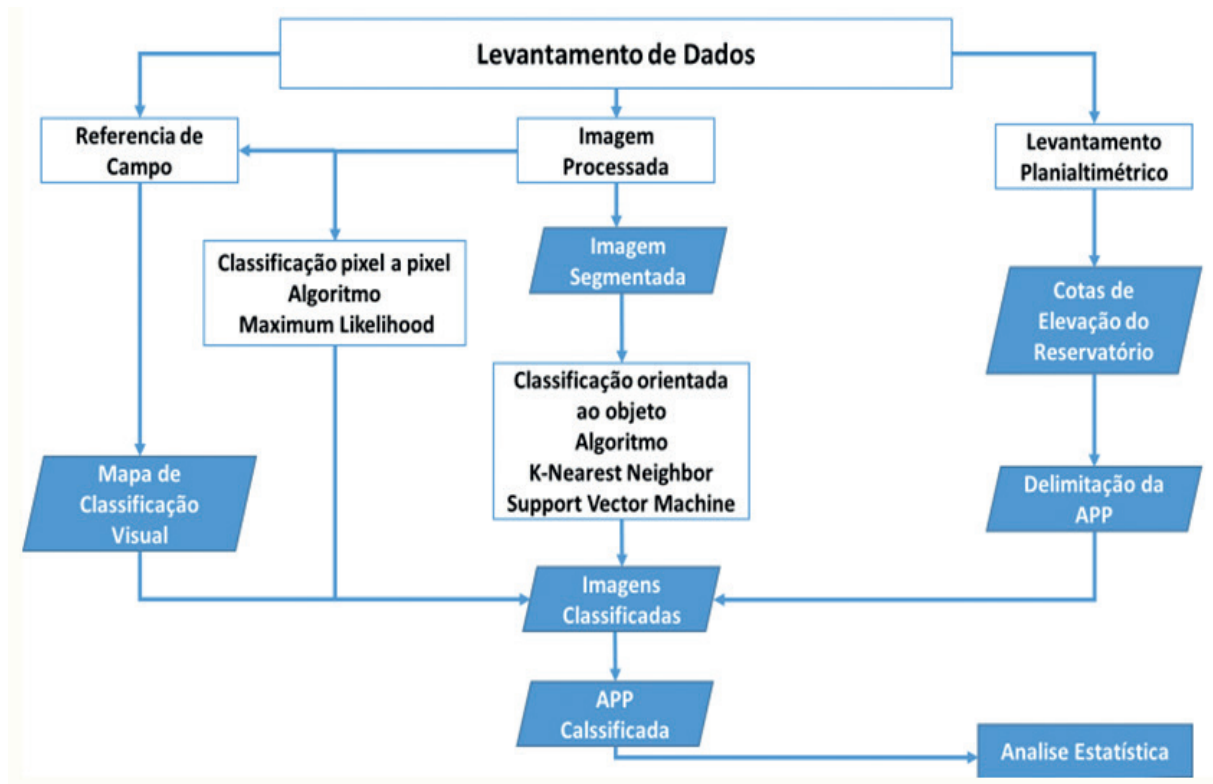
Table 1 – QUICKBIRD satellite data.

Sensor	Spectral Bands	Spectral Resolution	Spatial Resolution	Temporal Resolution	Imaged Area	Radiometric Resolution
Panchromatic	Panchromatic (PAN)	445 - 900 μm	61 a 72 cm			
	Blue (B)	450 - 520 μm				
Multispectral	Green (G)	520 - 600 μm	2,4 a 2,8 m	1 a 3,5 days	16,5 x 16,5 km	11 bits
	Red (R)	630 - 690 μm				
	Near Infrared (NIR)	760 - 900 μm				

Source: Digital Globe (2017).

The project execution steps are: data collection; information gathering; image segmentation; image classifications and statistical analysis of the results according to the flow chart presented in Figure 3.

Figure 3 - Flowchart of the methodology used.



Source: Soares (2019).

Planialtimetric survey

For the definition of PPA, a planialtimetric survey from the reservoir was converted into the shapefile format. This survey measured the difference between the geoid and the ellipsoid to define the normal operating quota (808.00 m quota) and the maximum maximum quota (810.61 m) already established by the venture project. This survey was processed using the AutoCAD 2010® program. The planialtimetric survey was performed using GPS/GNSS Trimble R6 (L1/L2) receivers. The survey was based on the specific dimension reference ellipsoid. The ripple model used in the survey was the IBGE's MAPGEO2010.

The equipment features a Real Time Kinematic (RTK) radio correction system. The RTK positioning concept is based on instantaneous transmission of satellite signal correction data from receivers installed at the reference vertex to the receptor that runs through the vertices of interest. This provides instant and real-time knowledge of precise coordinates for the survey vertices.

Field reference

To create the field reference map, we used the visual classification performed in the ENVI EX 4.8® software, with field corrections in areas of the survey considered doubtful during the classification. For visual classification, the quality requirements imposed by Brazilian legislation in the Decree No. 89,817 of June 20, 1984 were followed, mapping on a fixed classification scale of 1:1,000.

Visual classification was performed throughout the surrounding area based on the images acquired from the reservoir. For the surrounding area, eight types of land use were discriminated, classified in: “water bodies”; “anthropic use”, “pasture”; “natural vegetation”; “exposed soil”, “mining”, “rocky outcrop” and “crops”.

Pixel-by-pixel Maximum Likelihood image classification (MAXVER)

For pixel-by-pixel classification, the MAXVER algorithm from ENVI EX 4.8® software was used, samples of 200 pixels were collected for each land use class, representing 7.6×10^{-8} % of the total image area. After the classification, the raster was cut based on the PPA delimitation shapefile, generated by the planialtimetric survey, and as a result only the classes: “water bodies”; “anthropic use”, “pasture”; “natural vegetation”; “exposed soil” and “crops” were identified in the intended area. In this classification, only the spectral information of each pixel is used to classify the images.

Object oriented image classification

In this stage, segmentation and object-oriented classification were performed using the three visible bands (RGB-321) fused with the panchromatic band (PAN) of the Quickbird satellite.

Segmentation

Image segmentation algorithms are used to extract image information, especially in high resolution images. These algorithms aim to divide an image into spatially continuous, separate and homogeneous regions.

The segmentation was performed in the ENVI EX 4.8® software, this process partitions the image, subdividing it. The level of detail is associated with the detection of objects and regions of interest, which in this study were the identified classes. The process of segmentation by feature extraction is based on the algorithm that simulates a watershed by immersion, the so-called “watersheds by

immersion” (SARMIENTO et al., 2014; CAMPOS et al., 2013; VINCENT; SOILLE, 1991). The initial step is the extraction of image features, using an object-based approach to segment images, defined from a region of interest with spatial, spectral (brightness and color) and textural characteristics that define the region (AGUIRRE-GUTIÉRREZ; SEIJMONSBERGEN; DUIVENVOORDEN, 2012; BLASCHKE, 2010; YAN et al., 2006).

The algorithm requires only one input parameter, scale level, at which the pixel similarity is defined. Choosing a higher level of scale, fewer segments were defined, while on a low level scale, more segments emerged to be defined, that is, on a scale from 0 to 100, 0 refers to supersegmentation and 100 to no segmentation. Then segment fusion was performed, small segments were aggregated within large areas, this parameter defines the fusion level ranging from 0 to 100, at which there is the merging of adjunct segments based on a combination of spatial information and spectral. These values, assigned to the scale and fusion level, were set based on the preview provided by the software.

The values used were reached through attempts and repetitions in the search to find the best results. For this study, the merge value used was 90%, the scale level in the segmentation was 40% and the refinement of the segmentation was made using contrast to compare other areas of the image.

Classification using K-nearest neighbor (KNN) and Support vector machine (SVM)

For the classification, samples of “water bodies”; “anthropic use”; “pasture”; “natural vegetation”; “exposed soil”; “mining”; “rocky outcrop” and “crops” were collected. Afterwards, all parameters provided by the ENVI software for spatial, texture, spectral and custom attributes, described below, were considered:

- Spatial: area, length, compactness, convexity, solidity, roundness, form factor, elongation, rectangle measurement, major direction, major axis length, minor axis length, number of polygon holes, and total polygon area of the external contour;
- Texture: texture distance, texture average, texture variance, texture entropy;
- Spectral: minimum, maximum, average values and standard deviation of the pixels that make up bands 1, 2 and 3 (RGB).

In order to extract information and recognize homogeneous patterns and objects, the KNN and SVM methods available by the software were adopted.

The KNN classification algorithm is a pattern recognition technique in which the software requires the selection of parameter k values, which is the number (k) of neighbors considered during the classification (XU et al., 2013). The values 1, 3, 5 and 7 (only odd values are used) were tested for the parameter K , which represents the number of neighbors tested in the classification, and the value 1 was selected for presenting better results.

The SVM algorithm determines decision boundaries for class separation as well as error minimization (MOUNTRAKIS; JUNGHOIM, 2010). The kernel radial basis function was selected, recommended by Pereira et al. (2011) and Roza and Ribeiro (2013). The gamma and parameter values used were 0.03 and 100, which are defaults suggested by the program.

After the classification, a raster clipping was performed based on the APP delimitation shapefile, generated by the planialtimetric survey, and as a result only the classes: “water bodies”; “anthropic use”; “pasture”; “natural vegetation”; “exposed soil” and “crops” were identified in the intended area.

Post classification

Subsequently to the classifications using the KNN, the SVM and the MAXVER algorithms, a post-classification was performed. In other words, a comparison of the thematic maps resulting from the classifications with the field reference map to analyze the accuracy of the classifications was made.

In the post-classification process, the accuracy of thematic maps was accessed based on the confusion matrices, resulting in the following analyzes: kappa coefficient, overall accuracy, user accuracy (from the user's point of view) and producer accuracy (from the producer point of view).

Global Accuracy is obtained by dividing the sum of correctly classified pixels contained in the main diagonal by the total number of pixels with the result as a percentage of hits, and the minimum accepted for using in maps is 85% (JENSEN, 1996). The overall accuracy and ratio between the sum of all elements correctly classified by the total number of elements were calculated in Equation 1:

$$E.G. = \frac{\sum_{i=1}^r x_{ii}}{n} \quad (1)$$

At which:

G.A. = Global Accuracy;

x_{ii} = Elements of the main diagonal;

r = Number of classes;

n = Total number of samples.

User accuracy is calculated by dividing the total number of correctly classified pixels in a class by the total number of pixels classified in that class and it refers to commission errors from the probability that a classified pixel in the image will represent the class in the field. User accuracy is expressed by dividing the number of correctly classified elements in a class by the total number of elements classified in it, and producer accuracy is calculated by dividing the total number of correctly classified pixels in a class by the total number of pixels of this class, indicated in the field reference.

The kappa coefficient proposed by Landis and Koch (1977) accounts for the entire confusion matrix in its calculation, including the elements outside the main diagonal, which represent the disagreements in the classification and was calculated using Equation 2.

$$\frac{N \sum x_{ii} - \sum x_i + x_{+i}}{N^2 - \sum x_i + x_{+i}} \quad (2)$$

At which:

k = Concordance Kappa coefficient;

N = number of observations (field truths);

x_{ii} = observations on row i and column i (main diagonal);

x_{i +} = marginal total of line i;

x_{+ i} = marginal total of column i.

Results and discussion

Reference map

The field reference map was classified encompassing the entire reservoir surrounding area, totaling 21,195.91 hectares. In this map, eight land use classes were identified, of which 13,107.67 ha belonged to “pasture” class; 3,792.98 ha “natural vegetation” class; 2,817.97 ha “crops” class; 573.53 ha “water bodies” class; 349.85 ha “anthropic use” class; 345.01 ha “exposed soil” class; 170.67 ha “mining” class and 38.23 ha “rocky outcrop” class, according to Table 2.

Table 2 - Quantification of surrounding area - visual classification.

Classes	Classified Area (ha)	Percent Classified (%)
Pasture	13.107,670	61,84
Natural vegetation	3.792,980	17,89
Crops	2.817,970	13,29
Water bodies	573,530	2,71
Anthropic use	349,850	1,65
Exposed soil	345,010	1,63
Mining	170,670	0,81
Rocky outcrop	38,230	0,18
Total	21.195,910	100

Source: Soares (2019).

Funil HPP's PPA visual classification

The area of interest considered in the study (PPA) are the areas comprised between the operation quotas of the Funil HPP (areas between the 808 and 810.61 quotas), at which in an area of 1043 ha, five land use classes were found, being 631.930 ha from “pasture” class; 294,763 ha “natural vegetation” class; 47,786 ha “crops” class; 45,408 ha “exposed soil” class and 23,597 ha “anthropic use” class.

The identification of the classes was made through contiguous visual classification and the field checks served as a guide for the creation of the field reference map that was used for the analysis of the classifier's veracity. In many studies, the use of visual classification is taken as a field reference and also as the most reliable means of identifying classes in an area. All values and classes obtained by the different classification methods were described in Table 3.

Table 3 – APP quantification according to proposed methods.

Classes	VISUAL		KNN		SVM		MAXVER	
	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%
Pasture	631,930	60,55	562,933	51,95	600,226	57,52	501,633	48,07
Natural vegetation	294,763	28,24	304,160	31,76	256,202	24,55	376,460	36,07
Crops	47,786	4,57	107,776	9,94	116,253	11,14	35,018	3,35
Exposed soil	45,408	4,35	44,019	4,06	57,204	5,48	82,102	7,86
Anthropic use	23,597	2,26	24,597	2,27	13,600	1,30	48,271	4,62
Total	1043,4840	100	1083,484	100	1043,484	100	1043,4840	100

Source: Soares (2019).

Classification using MAXVER algorithm

The results obtained from the MAXVER classifier algorithm found five classes that discriminate the land use. These classes quantified area values of 501.633 ha of “pasture” class; 376.460 ha “natural vegetation” class; 35.018 ha “crops” class; 82.102 ha “exposed soil” class and 48.271 ha “anthropic use” class.

Analyzing the data from the MAXVER algorithm in the land use and soil occupation classification in the Funil HPP reservoir’s APPs, the obtained kappa coefficient showed the classification efficiency, reaching a “Very Good” kappa coefficient (0.68) according to Landis and Kock (1977) and an overall accuracy coefficient of 79.89%. Bolfe et al. (2004), when performing supervised classifications using the MAXVER method in an attempt to quantify different populations of three different vegetation classes, reached a kappa coefficient of 0.84 and an overall accuracy of 85.23%. The authors concluded that the kappa coefficient demonstrated consistency in assessing the accuracy of the mappings produced by the Maximum Likelihood method.

Object oriented classification using the Support Vector Machine (SVM) algorithm

The results obtained from the SVM classifier algorithm found five classes that discriminate land use. The area values for these classes were: 600.2254 ha class “pasture”, 256.2016 ha class “natural vegetation”, 116.2529 ha class “crops”, 57.2037 ha class “exposed soil” and 13.5994 ha class “anthropic use”.

Analyzing the data from the SVM algorithm on land use classification in the Funil HPP reservoir APPs, the obtained kappa coefficient showed the classification efficiency, reaching a “Very Good” kappa coefficient (0.80) according to Landis and Kock (1977) and an overall coefficient of accuracy of 86.29%.

Image classification using the K-nearest neighbor (KNN) algorithm

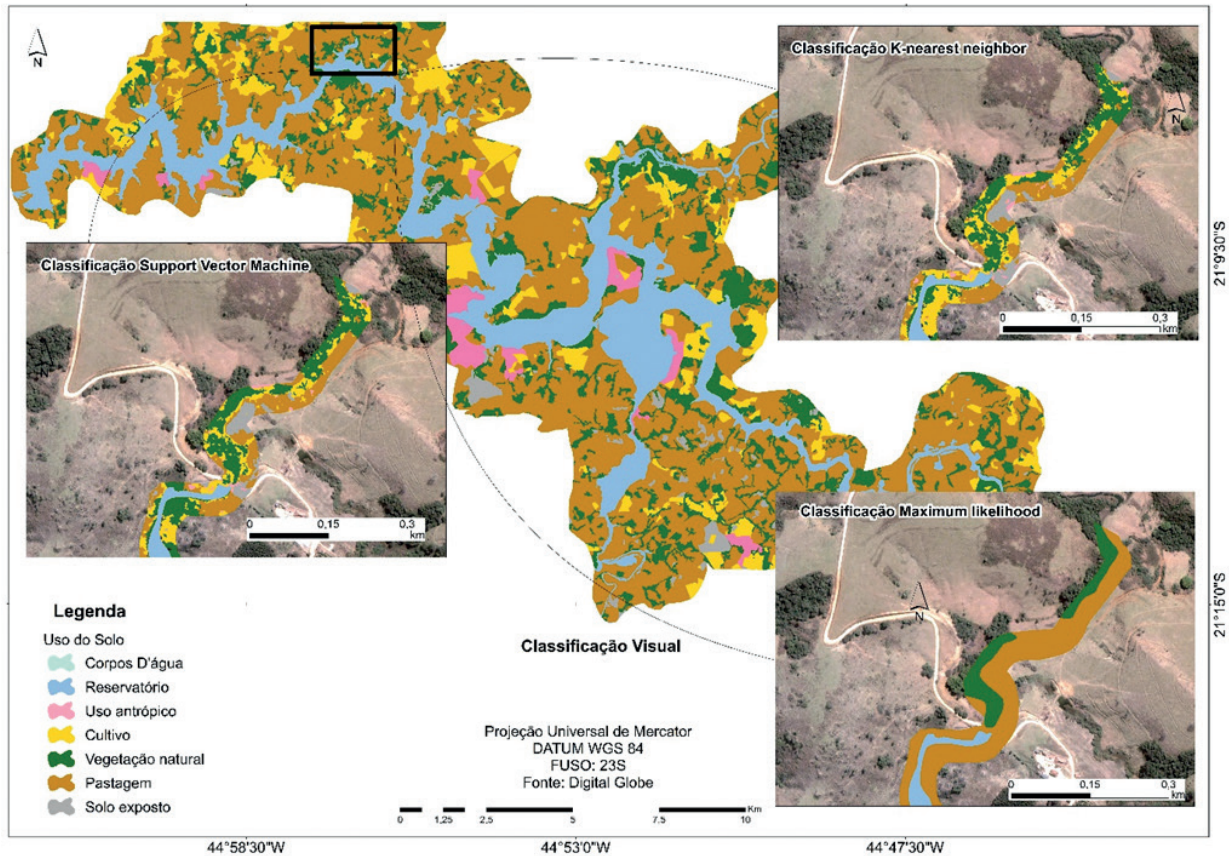
The classifier algorithm KNN obtained five classes that discriminate the land use. These classes quantified area values of 501.6337 ha for the “pasture” class, 304.1596 ha for the “natural vegetation” class, 107.7757 ha for the “crops” class, 44.0180 for the “exposed soil” class, and 24.5970 for the “anthropic use” class.

In the present work, the kappa coefficient aiming to analyze the discrimination of land use and occupation classes using the classified KNN algorithm showed the classification efficiency, reaching an “Excellent” kappa coefficient (0.88) according to Landis and Kock (1977), and an overall coefficient of accuracy of 91.40%.

Image

Figure 4 shows the results obtained by both classifications in a given area. It is possible to compare the difference of the classes found in each of the classification algorithms used with the visual classification.

Figure 4 – Comparison of classifiers MAXVER, SVM, KNN with visual rating.



Source: Soares (2019).

Coeficiente Kappa e Coeficiente de Exatidão Global

Statistical values obtained from the classifiers are described in Table 2.

Table 2 - Kappa coefficient values and overall accuracy for each classification method analyzed.

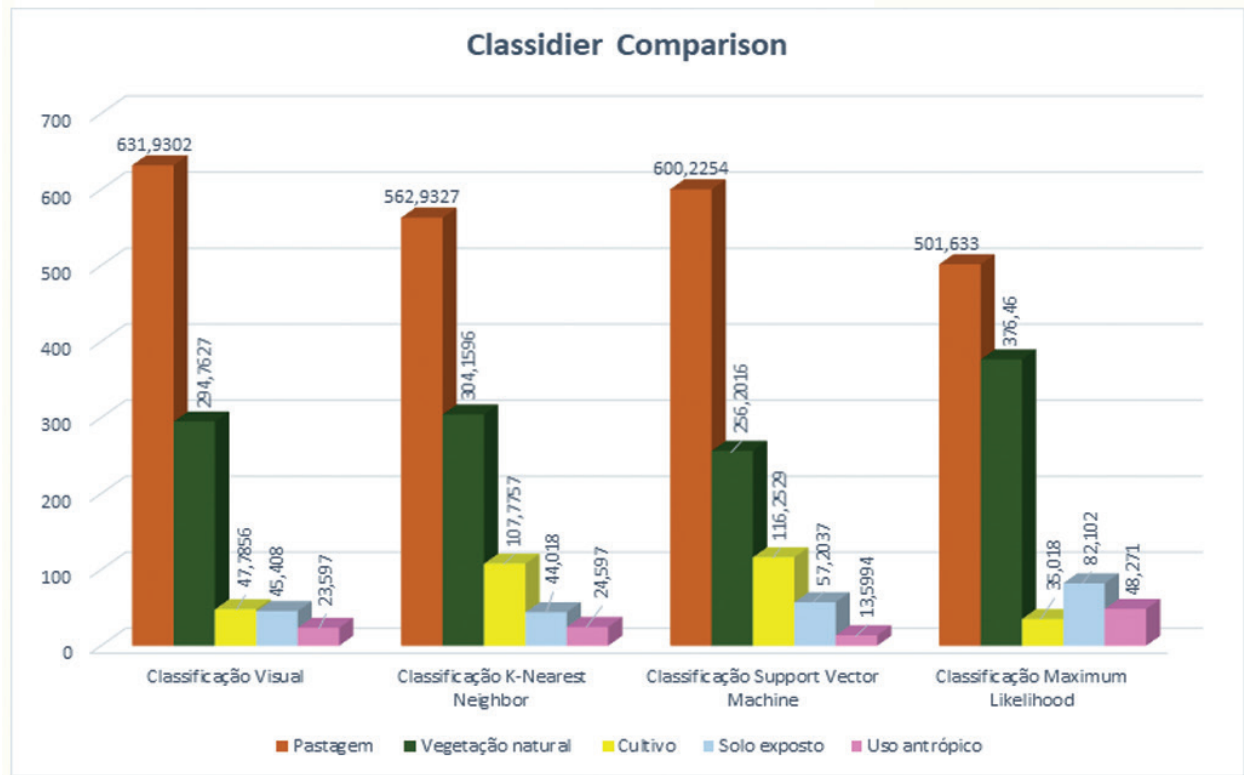
Classificações	Coeficiente Kappa	Overall accuracy (%)
<i>K-nearest neighbor</i> (KNN)	0,88	91,4
<i>Support vector machine</i> (SVM)	0,80	86,29
<i>Maximum likelihood</i> (MAXVER)	0,68	79,89

Source: Soares (2019).

It is possible to observe in Table 2 that the kappa coefficient and overall accuracy resulting from the K-nearest neighbor classification were higher than the others. The object-oriented classification at which the spectral, spatial and texture attributes are considered obtained a better result when compared to the pixel-by-pixel classification, at which the classifier algorithm considers only the spectral information attribute. Through this result, it was found that the classifier based on object-oriented image analysis satisfactorily perform their functions in the PPA classification.

By analyzing Figure 5, which shows the results obtained through the three classification algorithms that contemplated this study, MAXVER, KNN and SVM, it was observed the classifier that resulted in values closer to the reference map was the KNN algorithm. This also achieved the best statistical results for kappa coefficient and overall accuracy. However, the other classifiers performed their functions satisfactorily, with their particularities, considering that for discrimination of certain classes, the other algorithms reached values higher than the KNN as is the case of the “Pasture” and “Exposed Soil” class.

Figure 5 – Quantification of study area classes using reference map and KNN, MAXVER and SVM classification algorithms.



Source: Soares (2019).

User and Producer Accuracy

For the KNN classification, the best values for user accuracy were observed for the “natural vegetation”, pasture”, “anthropic use” and “exposed soil” classes, obtaining lower values for the “crops” class. These values refer to commission errors from the probability that a classified pixel in the image will represent the class in the field, as shown in Table 3.

Tabel 3 – Comparison of User and Producer accuracy to each class among SVM, KNN AND MAXVER.

Classe informacional	SVM		KNN		MAXVER	
	Usu.	Prod.	Usu.	Prod.	Usu.	Prod.
Natural vegetation	89,21	93,49	98,16	85,9	74,15	73,74
Pasture	82,43	96,08	83,78	99,36	97,99	64,3
Crops	87,28	59,95	78,73	89,31	13,54	29,09
Anthropic use	87,41	92,3	93,2	90,96	1,21	2,88
Exposed soil	96,71	61,79	99,8	92,31	69,1	72,46

Source: Soares (2019).

For producer accuracy, the KNN classifier obtained better results for the “pasture”, “exposed soil” and “anthropic use” classes, obtaining lower producer accuracy values for the “natural vegetation” and “crops” classes. These values refer to omission errors, which is the probability that a reference pixel will be correctly classified.

Conclusion

The K-nearest neighbor classifier was the algorithm that provided the best potential for discriminating Permanent Preservation Areas in high spatial resolution images. Thus, the use of the segmentation method combined with object-oriented classification is recommended in order to evaluate different classes of land use and in the inspection and monitoring of protected areas.

Comparação de classificadores supervisionados na discriminação de áreas de preservação em reservatório hidrelétrico

Resumo

A manutenção de matas ciliares, considerada uma das práticas vegetativas de mitigação da degradação dos recursos hídricos, é exigida por lei. Contudo, no Brasil, ainda há uma progressiva e constante descaracterização dessas áreas. Diante de tal realidade, torna-se necessário ampliar pesquisas que identifiquem as mudanças ocorridas e forneçam soluções eficientes com rapidez e baixo custo. Técnicas de sensoriamento remoto demonstram grande potencial de aplicação na caracterização dos recursos naturais. O objetivo deste trabalho foi mapear, caracterizar o uso e a ocupação do solo e verificar o melhor método de classificação de imagem de alta resolução espacial das Áreas de Preservação Permanente do reservatório da Usina Hidrelétrica de Funil, localizada entre os municípios de Lavras, Perdões, Bom Sucesso, Ibituruna, Ijaci e Itumirim no Estado de Minas Gerais. Os métodos utilizados para classificação da imagem de alta resolução espacial do Satélite Quickbird foram: visual, orientada a objetos e pixel a pixel. Os resultados demonstraram que o melhor método para o mapeamento de uso e ocupação do solo da área de estudo foi a classificação orientada a objetos, utilizando o algoritmo *K-nearest neighbor*, com coeficiente *kappa* de 0,88 e exatidão global de 91,40%.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto. Matas ciliares. Coeficiente *kappa*. Exatidão global.

References

- ADDISCOTT, T. M. A critical review of the value of buffer zone environments as a pollution control tool. In: HAYCOCK, N. E. et al. (Ed). **Buffer zones: their processes and potential in water protection**. Hertfordshire: Quest Environment, 1997. p. 236-243.
- AGUIRRE-GUTIÉRREZ, J.; SEIJMONSBERGEN, A. C.; DUIVENVOORDEN, J. F. Optimizing land cover classification accuracy for change detection, a combined pixel-based and object-based approach in a mountainous area in Mexico. **Applied Geography**, Amsterdam, v. 34, n. 1, p. 29-37, fev. 2012.
- BLASCHKE, T. Object based image analysis for remote sensing. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 2-16, 2010.
- BRASIL, Resolução CONAMA n. 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 maio 2002. Seção 1, p. 68.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006, revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 maio 2012. Seção 1, p. 49.
- CAMPOS, A. R. ; FONSECA, D. F. ; SAMPAIO, D. M. ; ELMIRO, M. A. T. Classificação orientada a objeto para mapeamento do uso e cobertura do solo do município de Rio Acima, MG: por crescimento de regiões e por extração de objetos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: Inpe, 2013. p. 8035-8042.
- CAVALCANTI, G. G.; LOCKABY, B. G. Effects of sediment deposition on aboveground net primary productivity, vegetation composition, and structure in riparian forests. **Wetlands**, Dordrecht, v. 26, n. 2, p. 400-409, set. 2006.
- COLLINS, A. L.; WALLING, D. E.; MCMELLIN, G. K.; ZHANG, Y.; GRAY, J.; MCGONIGLE, D. A preliminary investigation of the efficacy of riparian fencing schemes for reducing contributions from eroding channel banks to the siltation of salmonid spawning gravels across the south west UK. **J. Journal of Environmental Management**, London, v. 91, n. 4, p. 1341-1349, jan. 2010.
- CORRELL, D. L. Buffer zones and water quality protection: General principles. In: HAYCOCK, N. E. e BURT, K. W. T. (Ed.). **Buffer zones: their processes and potential in water protection**. Edgewater: Smithsonian Environmental Research Center, 2001. p. 7-20.
- COSTA, T. A.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; GLERIANI, J. M. Conflitos de uso da terra na microbacia do São Bartolomeu – Viçosa, MG. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 3, p. 281-295, jul./set. 2013.

DIETZOLD, S. S.; WENDEL, N. L. **Água sem florestas?** Recife: Editora da UFRPE, 2004.

DIGITAL GLOBE. **Digital Globe:** an imagery and information company. Disponível em: <http://www.digitalglobe.com/>. Acesso em: 17 jun. 2018.

FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H. C. T. Situação da mata ciliar do Ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p. 617-623, 2004.

FERREIRA, V. M. Voçorocas no município de Nazareno, MG: origem, uso da terra e atributos do solo. 2005. 81 p. **Dissertação** (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D. **Restauração da mata ciliar:** manual para recuperação de áreas ciliares e microbacias. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2002.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Washington, v. 33, n. 1, p. 159-174, dez. 1977.

LIMA, W. P. Função hidrológica da mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1998. p. 25-42.

MASCARENHAS, L, M, A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na Bacia do Rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 1, 2009, p. 5-18.

MOUNTRAKIS, G.; JUNGHOIM, C. O. Support vector machines in remote sensing: a review. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 2011, n. 66, p. 247-259, dez. 2010.

PACUERA. **Plano de conservação e uso do entorno do reservatório artificial da Usina Hidrelétrica do Funil – PACUERA FUNIL.** Lavras: Consórcio AHE Funil, 2011. Disponível em: <http://www.ahefunil.com.br/home/downloads>. Acesso em: 11 nov. 2013.

PEREIRA, L. O.; SILVA, A. E. P.; NEGRI, R. G.; SANT'ANNA, S. J.; DUTRA, L. V.; FREITAS, C. C.; ERTHAL, G. J. Análise comparativa dos métodos de classificação SVM e Maxver-ICM polarimétrico em imagem de radar ALOS PALSAR. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: Inpe, 2011. p. 8223-8230.

PORTES, R. C.; BEZERRA, N. R.; SILVA, H. C.; SPINOLA, D. N.; FERNANDES, E. I. F.; VIEIRA, C. A. O.; BASTOS, R. K. X. Determinação da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa – Minas Gerais, Brasil, por meio de geoprocessamento e análise multi-critério. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 1., 2009, Montevideo. **Anais...** Montevideo: Inpe, 2009. p. 40-42.

ROVANI, F. F. M.; CASSOL, R. Áreas de preservação permanente e conflitos ambientais no município de Barão de Cotegipe (RS): Uma análise com Auxílio das geotecnologias. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 32, n. 2, p. 51-70, jul./dez. 2012.

SANTOS, J. R.; GALVÃO, L. S.; OLIVEIRA, L. E.; ARAGÃO, C. Remote sensing of amazonian forests: monitoring structure, phenology and responses to environmental changes. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 66/7 - International Issue, p. 1413-1436, dez/2014.

SARMIENTO, C. M.; RAMIREZ, G. M.; COLTRI, P. P.; SILVA, L. F. L.; NASSUR, O. A. C.; SOARES, J. F. (2014). Comparação de classificadores supervisionados na discriminação de áreas cafeeiras em Campos Gerais–Minas Gerais. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, 2014, p. 546-557.

SOARES, V. P.; MOREIRA, A. D. A.; ALVARES SOARES RIBEIRO, C. A.; GLERIANI, J. M.; GRIPP J. J. Mapeamento de áreas de preservação permanentes e identificação dos conflitos legais de uso da terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 555-563, maio/jun. 2011.

Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Minas Gerais – UPGRH-GD1. Plano Diretor de Recursos Hídricos e enquadramento da Bacia do Alto Rio Grande GD1, set. 2015.

VALLE JUNIOR, R. F. ; PISSARRA T. C. T. ; PASSOS, A. O. ; RAMOS T. G. ; ABDALA V. L. Diagnóstico das áreas de preservação permanente na Bacia Hidrográfica do Rio Tijuco, Ituiutaba - MG, utilizando tecnologia SIG. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 495-503, maio/jun. 2010.

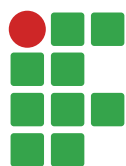
VINCENT, L.; SOILLE, P. Watersheds in digital spaces: an efficient algorithm based on immersion simulations. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, Paris, v. 13, n. 6, p. 583-598, jun. 1991.

XU, Y.; ZHU, Q.; FAN, Z.; QIU, M.; CHEN, Y.; LIU, H. Coarse to fine K nearest neighbor classifier. **Pattern Recognition Letters**, North-Holland, v. 34, n. 9, p. 980-986, fev. 2013.

YAN, G.; MAS, J. F.; MAATHUIS, B. H. P.; XIANGMIN, Z.; VAN DIJK, P. M. Comparison of pixel-based and object-oriented image classification approaches-a case study in a coal fire area, Wuda, Inner Mongolia, China. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 27, n. 18, p. 4039-4055, mar. 2006.

Received: March 26, 2018

Accepted: June 25, 2018



Evaluation of the residual nitrogen effect liberated by the soybean straw on the maize yield in the second crop

Ivan Vilela Andrade Fiorini¹

Cassiano Spaziani Pereira²

Hélcio Duarte Pereira³

Felipe Ribeiro Resende⁴

Ewerton Léllys Resende⁵

Adriano Alves da Silva⁶

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of Nitrogen (N) liberated by the early soybean straw, inoculated in function of dosage and application means of the inoculant, over the vegetative growth and grain yield of second crop corn, in succession. The hybrid corn Land® was sowed in January 1st, 2017 over the soybean straw from a former experiment in Sinop (MT). The trial design used was randomized blocks (DBC) with four replications and ten treatments. For the soybean treatments: witness without N application (only inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* and *B. elkanii*); for the other treatments, it has been applied the dosage of 10 kg ha⁻¹ of N in different phenological stages and ways of application (by haul at sowing; in V2 by haul and leaf fertilization; in V4 by haul and leaf fertilization; in R1 by haul and leaf fertilization; in R2 by haul and leaf fertilization). Plant height, stalk diameter, total chlorophyll and grain yield were evaluated. The N mineralization from the soybean straw is not enough to fulfill the corn N demand. Even though there were no significant differences among the treatments, the N application in V2 and R1 stages, by topdressing on former soybean, provided the highest grain yield of corn.

Keywords: Zea mays L. Nitrogen demand. Vegetative growth. Soybean straw.

Introduction

The corn (*Zea mays* L.) is one of the most important cultivated and consumed cereals in the world, this is due to its productive potential, nutritive value and uses, in both human and animal feed. In Brazil, in the 2016/2017 crop, about 96 million tons of corn were produced, after the United States of America (USA) and China, which produced approximately 384.8 and 219.6 million tons, respectively. In Brazil, the second corn crop of 2017 produced almost 61 million tons, about 60% of the total corn production in the country (CONAB, 2015).

1 Universidade Federal do Mato Grosso, pós-doutorado, Bolsista PNPd CAPES, UFMT *Campus* Sinop, Sinop, Mato Grosso, Brasil. ivanvaf@yahoo.com.br. Avenida Jacarandás, 6471, Parque das Ararás, Sinop, Mato Grosso, 78.557-456.

2 Universidade Federal do Mato Grosso/ICAA- Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais - UFMT *Campus* Sinop, professor de Agronomia. cassianospaziani@yahoo.com.br.

3 Universidade Federal de Lavras (UFLA), mestrado em Fitotecnia. Lavras, Minas Gerais. hhelciopassos@yahoo.com.br.

4 UFLA, graduando em Agronomia. feliperibeiroresende@gmail.com.

5 UFLA, mestrado em Genética. elresendeagro@outlook.com.

6 Centro Universitário de Formiga (UNIFOR-MG), professor titular I. adrianoas@msn.com.

Second harvest corn, after soybean crop, allows intensive use of soil, better workforce and machinery utilization, rotation/succession of leguminous plants with grasses, maintenance/increase of soil organic matter, as well as nutrient release from straw, mainly Nitrogen (N) (BASTOS et al., 2008).

In Brazil, the use of cover crops and rotation aims the no tillage sustainability and it is necessary to consider the usage of residual N from soybean straw, in N fertilization of the second corn, successively cultivated, through vegetal straw decomposition. The establishment of cover crops for formation and maintenance of cultural straws in soil surface, mainly in Cerrado regions, have been showing some obstacles because the climate conditions in these regions favor decomposition of vegetable residues. Usually, this decomposition is controlled mainly by the C/N relation, lignin level, and management, which will define the size of fragments and climate action, especially air temperature and precipitation (TORRES et al., 2005).

Amongst the existing nutrients in the soybean straw and that can be used by corn, N can be cited, which is the most required by both cultures. The corn crop responds to high rates of this nutrient, being recommended the use of cover plants, like crotalaria and crotalaria + millet as predecessors associated to the application of 120 kg ha⁻¹ in topdressing, what increases production costs (KAPPES et al., 2013).

This way, in decisions taking the usage of N fertilization must be considered: the cultivation system (no tillage system), sowing period (second crop), culture rotation and N sources, among others, highlighting the recommendations of N must be specific and not generalized (CHAGAS et al., 2007).

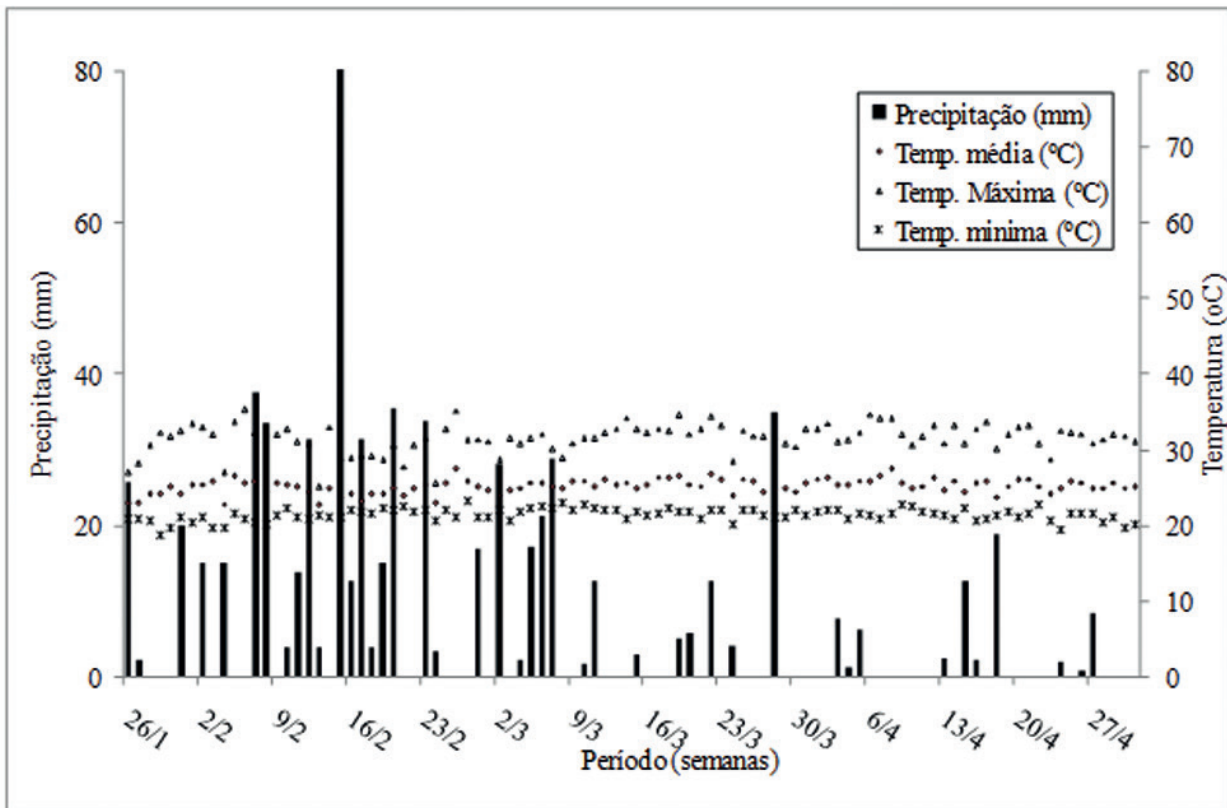
In the face of what was exposed, this study aimed to verify the effect of N released by the early soybean straw, inoculated in function of dosage and application means of the inoculant, over the vegetative growth and grain yield of second crop corn, in succession.

Material and methods

The experiment was carried out in a commercial area cultivated in minimum tillage system for more than five years, from February to July 2017, in the city of Sinop (MT). The place of the experiment is located at Latitude 11°57'05" S and Longitude 55° 23'51" W and average altitude of 380 m with flat topography. The climate, according to Koppen-Geiger, is classified as Aw, having two well-defined seasons, a rainy season between October and April, and another drought from May to September, with low annual temperature ranges from 24 to 27°C, the average annual rainfall is around 2.100 mm (GARCIA et al., 2013).

Climatological data of the conduction period of the experiment, between 01/26/17 and 04/27/17, are presented in Figure 1.

Figure 1 - Rainfall (mm), minimum average and maximum temperatures (°C) per week during the experiment period, 2016/2017, Sinop (MT).



Source: Elaborated by the authors (2017).

Soil was collected six months before sowing of soybean with the aid of a Dutch auger in the layer of 0 to 20 cm deep, and subsequent chemical analysis of the soil in laboratory. The chemical analysis of the soil obtained the following results: pH (CaCl₂) 5.1; M.O. ; 18.55 g dm⁻³; P (Melich); 6.07; K, 52.00 mg dm⁻³; Here; 2.84; Mg; 0.93; S; 0.40; Al; 00; H; 2.92; CTC pH 7.0; 6.82 cmol dm⁻³; V (%) = 57.2; Ca / Mg ratio; 3.05; Ca / K; 21.85; Mg / K; 7.16. The micronutrient values in mg dm⁻³ were: Zn; 5.51; Ass; 0.44; Faith; 199.16; Mn; 11.25; B; 0.15. The physical analysis of the soil obtained the values: Sand; 497; Silt; 125; Clay; 378, in g dm⁻³, respectively.

Soil analysis results showed the base saturation is in accordance with the crop demand. Liming was not necessary; in pre planting, the fertilization was haul made with 500 kg ha⁻¹ from the formulated 00:18:18, according to the farmer's management, supplying phosphorus and potassium to soybean. The soil of the region is classified as Red Yellow Latosol (SANTOS et al., 2013).

The experimental design was randomized block design (DBC), with four replications and ten treatments, totaling 40 plots. The treatments were: control without N application (only inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* and *B. elkanii*). For the other treatments, the dose of 10 kg ha⁻¹ of N (Urea 45% N) was applied, corresponding to 22.5 kg ha⁻¹ of urea, at different times (phenological stages) and methods of application: by haul at sowing; in V2 by haul and leaf fertilization; in V4 by haul and leaf fertilization; in R1 by haul and leaf fertilization; in R2 by haul and leaf fertilization.

The experimental plots consisted of four rows and five meters length, totaling 10 m². We considered the useful area of the plot the two central rows and four meters length, totaling 4 m². As border, we discarded half meter in each edge of the portions and the two lateral lines (borders).

The cultivated soybean, previously to the corn, was the TMG 132 RR, at the density of 15 seeds by meter, aiming to obtain an average population of 260 thousand plants ha⁻¹. Before the sowing of soybean, we carried out the treatment of seeds (TS) applying the insecticides based on Fipronil of the pyrazole group and the fungicides benzimidazoles, in the dose of 2 mL kg⁻¹ of seed. We also applied the micronutrients cobalt and molybdenum, in the proportion of 5g of Co and 42 g of Mo to increase the efficiency of the nodulation (ALMEIDA, 2011). We also conducted, before the sowing, the inoculation of seeds with a peat inoculant for soybean, *Bradyrhizobium japonicum*, class SEMIA, 5079 and 5080, minimum concentration of rhizobacteria of 7 x 10⁹ cells/g, dose of 200g ha⁻¹, and in liquid form, dose 200 mL ha⁻¹ with the concentration of rhizobacteria of 5 x 10⁹ cell/mL, of *Bradyrhizobium elkanii*, class SEMIA 587 and 5019. The mixture was made in polyethene bags until the complete mixture of the inoculant into the seed.

The crop management followed the recommendations and was held by the farmer under the demands of the soybean. To control the rust, it was carried out four applications of fungicide of the chemical group (Estróbirulina and Triazole) and (trifloxystrobin and Propiconazole); with the second application of fungicide, we applied the micronutrients Mn and Mo foliar.

Before the sowing, we hold the drying out of the weeds with the application of 1,5 kg ha⁻¹ of glyphosate (granular) and in post-emergency at 30 DAE we applied more 1,5 kg ha⁻¹ of glyphosate, with the volume of 100 L ha⁻¹, with the aid of a bar sprayer tractor-processed. The weed control was carried out within the recommended period, from the germination to thirty days after sowing, period considered of critical competition between the crop and the weeds.

The corn hybrid Land® spacing 0.45 m between rows and population of 60 thousand plants ha⁻¹ was sowed over the plots of the experiment of forms of fertilization with N in soybean on January 26, 2017 with the no till sower coupled to the subsequent tractor and on the same day after the soybean harvest, in order to evaluate the residual of mineral N from the treatments on soybean. In the sowing fertilization, it was used the dose of 40 kg ha⁻¹ of N; 98,4 kg ha⁻¹ of P₂O₅, and 52.5 kg ha⁻¹ K₂O according to the results from the soil analysis and the expectation of good performance conforming to Souza and Lobato (2004). The N application on topdressing in the level of 30 kg ha⁻¹ was held at the stage of four expanded leaves of corn with urea (45% N) and incorporated at 5 cm depth.

The evaluations of the corn hybrid began at full flowering (R2) and we assessed the levels of total chlorophyll, the height of plants and the stalk diameter, using the measurements of six plants by each useful plot. For the evaluation of chlorophyll level, we used a chlorophyll measurer of the brand ClorofiLOG (type CFL-1030) which estimates the level of chlorophyll in indirect form, by means of indirect readings of unities, which estimates with good accuracy the level of chlorophyll on leaves, being an efficient parameter for the follow-up N levels. The readings performed by the chlorophyll measurer shows proportional levels of chlorophyll on leaves and are calculated based on the amount of light transferred and absorbed through the leave in two wavelengths with different chlorophyll absorption (ARGENTA et al., 2001). We assessed six randomized plants in each useful plot, at the full flowering stage, measuring them in the superior leaf opposed to the main ear at the sixtieth day upon the corn germination.

We obtained the plants' height with the aid of a measuring tape applied to the six plants from the soil level to the last expanded leaf of the corn (leaf flag). The diameter of the stalk was identified close to the soil in the first node visible above the ground. The harvest was carried out manually on

June 15th, 2017, when we threshed the ears with the aid of a manual thresher. We quantified the grain yield by weighting the useful grains for each plot in the Fillizola precision scale and subsequently by adjusting the moisture to 13%, then we defined grain yield converted into kg ha^{-1} .

We submitted the data to analysis of variance (ANOVA), at the level of 5% of probability by the F test, with the aid of the statistical software SISVAR (FERREIRA, 2011). The means were compared by F Test at 5% probability.

Results and discussion

According to the analysis of variance (TABLE 1), the treatments with the N fertilization at different stages of soybean (before the succession of the second corn) did not present effect of any residual N on the traits of the total chlorophyll, nor the plant height or the stalk diameter and grain yield.

Table 1. Average of the analyzed characteristics on the second corn: total level of chlorophyll (CLO), plant height (PH), stalk diameter (SD), and grain yield (GY) after different forms and stages of application of 10 kg ha^{-1} of N in soybean. UFMT. 2016/2017 crop. Sinop (MT).

Treatments	CLO (SPAD)	PH (m)	SD (mm)	GY (kg ha^{-1})
Without N	66.25 a	1.89 a	17.50 a	5,224 a
N sowing	56.25 a	1.80 a	16.25 a	5,858 a
N V2 haul	57.50 a	1.82 a	17.00 a	7,019 a
N V2 leaf	60.25 a	1.84 a	18.00 a	7,299 a
N V4 haul	59.75 a	1.81 a	17.00 a	6,598 a
N V4 leaf	64.25 a	1.79 a	17.50 a	5,678 a
N R1 haul	63.00 a	1.91 a	16.75 a	6,912 a
N R1 leaf	62.00 a	1.86 a	18.00 a	7,491 a
N R2 haul	63.00 a	1.83 a	17.25 a	5,904 a
N R2 leaf	64.75 a	1.89 a	18.50 a	5,924 a
Average	61.70	1.84	17.37	6,391
C.V.(%)	10.93	3.62	5.05	19.95

The means followed by the same letter are not different from each other regarding the 5% of probability by the F test.

Source: Elaborated by the authors (2017).

For the chlorophyll index, the application of N on the different treatments did not modify the values and keep equal to the witness. The values of the chlorophyll readings at the flowering stage obtained in this study varied from 65.25 to 78.75 and are similar to those obtained by other authors in the corn (ARGENTA et al., 2001; AMARAL FILHO et al, 2005; FIORINI et al, 2017). Silveira and Damasceno (2003), working with the common bean, reported that the application of N by haul at topdressing did not modify the chlorophyll indexes among the treatments with N and the witness. According to such authors, probably the N absorbed by plants would be redistributed to the production of vegetative, reproductive structures and the nutrients accumulation would be transferred to the grains. This fact could have happened in the present study.

For the variable plant height, no significant effect was detected on the tested treatments and the values obtained varied from 1.79 to 1.91m. Such an event also happened on the stalk diameter, in which the values varied from 16.25 to 18.50mm with no statistical differences among the treatments. The absence of response regarding the plant height supports the statement of Valderrama et al. (2011), who evaluated the application of 0, 40, 80, and 120 kg ha of N in the form of urea for the same corn hybrid and did not observe any difference in the mentioned variable. Probably the residual soybean fertilization, with the application of only 10 kg ha⁻¹ of N, was not enough to get responses on the vegetative features of the corn growth and the total amount of chlorophyll.

For grain yield, we verified that, even though the fertilization treatments with N on soybean obtained higher values in such variable, in comparison to the witness without N, there were no significant differences among such treatments varying from 5,224.0 (witness) to 7,491.0 kg ha⁻¹, with an average of 6,390.7 kg ha⁻¹. Such values are considerably high for the region in which the experiment was carried out considering the climate conditions and the average yield of second corn in Brazil (CONAB, 2015). The results of various researches in Brazil show that the second corn has higher yield potential than 6.000 kg ha⁻¹, either cultivated in succession of soybean or not (DUARTE, 2013; SICHOKI et al., 2014; SILVA et al., 2015; FIORINI et al., 2015).

These high grain yield values of the corn are explained by the high capacity of the soil in providing plants with N, as well as by the adequate climate conditions during the crop cycle with good precipitations during the critical period of grain filling (AMARAL FILHO et al., 2005). The soil of the experimental area had good fertility conditions with good levels of nutrients and with the sowing and topdressing fertilization, besides the residual N arising from the soybean straw was not a limiting factor to the productivity of the second corn. According to Ritchie et al. (2003), at the moment of eggs number definition and the size of the ear (V12 stage), the lack of moisture and nutrients may reduce severely the potential number of grains and the size of the ears harvested, which explains the smaller length of the ears and lower yield of the second corn in comparison to the first crop ones.

Despite the inexistence of significant differences, the N application on soybean at the V2 and R1 stages, both by leaf or haul fertilization in topdressing, provided higher grain yield in the second corn. The results of this work supported the ones obtained by Souza et al. (2003), which also did not have any response on the corn yield to the application from 0 to 120 kg ha⁻¹ of N.

Nevertheless, Rezende et al. (2003) apud Amaral Filho et al. (2005) observed that the increase on grain yield, both for the row spacing or for the better density of plants, depended on the climate conditions in the agricultural year. He spaced the rows of 0.80 m with a population density of 40,000 plants ha⁻¹ without N fertilization and obtained the lowest grain yield on his study (6,048 kg ha⁻¹).

Caione et al. (2016) observed that the maximum yield of corn occurred with the application of 180 kg ha⁻¹ of N. In a study of N fertilization for corn, Araújo et al. (2004) verified an increase of 28% on the grain yield and 37% on the dry matter in comparison to the non-application of N, with the highest responses reached at the dose of 240 kg ha⁻¹.

Probably, the low doses of mineral N generated by the forms and ways of the N fertilization of soybean and the release of N by its straw, in addition to the low doses of N employed in the fertilization of the second corn, were not enough to cause responses on the second corn. Fornasieri Filho (1992) apud Amaral Filho et al. (2005) reported that in soils with adequate availability of organic matter and under the favorable occurrence of rain precipitation, the effects of N fertilization are, as a rule, barely apparent. We still need further research on the effects of residual N from soybean on the

second corn in different places, climate conditions, type of soils with different varieties and doses of N in the previous soybean.

Conclusions

The application of the N fertilization with 10 kg ha⁻¹, under the different ways studied here in the previous soybean crop, was not enough to increase the plant height, stalk diameter, total chlorophyll and grain yield of the second corn.

Despite the non-occurrence of significant differences, the application of N on topdressing in soybean at the V2 and R1 stages provided the highest values of grain yield on the second corn.

Avaliação do efeito residual do nitrogênio liberado pelos restos culturais da soja na produtividade do milho segunda safra

Resumo

Objetivou-se verificar o efeito de nitrogênio (N) liberado pela palhada da soja precoce inoculada em função de doses e formas de aplicação do inoculante sobre o crescimento vegetativo e a produtividade de grãos da cultura do milho segunda safra em sucessão. A semeadura do milho híbrido Land® ocorreu em 26 de janeiro de 2017 sobre a palhada de um experimento de soja em Sinop (MT). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições e dez tratamentos. Para os tratamentos na soja: testemunha sem aplicação de N (apenas inoculada com *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*) e para os demais tratamentos foi aplicada a dose de 10 kg ha⁻¹ de N em diferentes estádios fenológicos e modos de aplicação (a lanço em cobertura na semeadura; em V2 a lanço em cobertura; em V2 via foliar; em V4 a lanço em cobertura; em V4 via foliar; em R1 a lanço em cobertura; em R1 via foliar; em R2 a lanço em cobertura e em R2 via foliar). Foram avaliados: altura de plantas, diâmetro de colmo, clorofila total e produtividade de grãos. A mineralização do nitrogênio dos restos culturais da soja não é suficiente para atender à demanda de N do milho. A aplicação de nitrogênio nos estádios V2 e R1 em cobertura na cultura antecessora da soja proporcionou os maiores valores de produtividade de grãos ao milho.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Demanda de nitrogênio. Crescimento vegetativo. Palhada da soja.

References

ALMEIDA, J. A. R. Eficiência da fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja com aplicação de diferentes doses de molibdênio (Mo) e cobalto (Co). **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n. 2, p. 15-22, 2011.

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 Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 467-473, 2005.

ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p. 771-777, 2004.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 158-167, 2001.

BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; RIBEIRO, V. Q.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Doses e formas de parcelamento de nitrogênio para a produção de milho sob plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Recife, v. 39, n. 2, p. 275-280, 2008.

CAIONI, S.; LAZARINI, E.; PARENTE, T. L.; PIVETTA, R. S.; SOUZA, L. G. M. Nitrogênio e molibdênio para milho irrigado em região de cerrado de baixa altitude. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n. 3, p. 419-428, 2016.

CHAGAS, E.; ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. M. G. Decomposição e liberação de nitrogênio, fósforo e potássio de resíduos da cultura do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 723-729, 2007.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2014/2015**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_07_12_11_17_01_boletim_graos_julho_2015.pdf. Acesso em: 30 ago. 2015.

DUARTE, A. P. Adubação: cada milho com o manejo que merece. **A Granja**, n. 771, p. 38-42, 2013.

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

FIORINI, F. V. A.; PINHO, R. G. V.; CAMARGOS, R. B.; SANTOS, A. O.; FIORINI, I. V. A. Relação entre a perda de água dos grãos e características agrônômicas de híbridos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 88-100, 2015.

FIORINI, I. V. A.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, H. D.; PIRES, L. P. M.; FIORINI, F. V. A.; RESENDE, E. L. Dry matter accumulation, chlorophyll and sulfur leaf in corn fertilized with different sulfur sources. **Journal Bioenergy and Food Science**, Macapá, v. 4, n. 1, p. 1-11, 2017.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal, FUNEP, 1992. p. 273.

GARCIA, R. G.; DALLACORT, R.; KRAUSE, W.; SERIGATTO, E. M.; FARIA JÚNIOR, C. A. Calendário agrícola para a cultura do milho em Sinop (MT). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 218-222, 2013.

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M.; FERREIRA, J. P. D.; ALBEM, E.; PORTUGUAL, J. R.; VILELA, R. G. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 527-538, 2013.

REZENDE, S. G.; VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C. Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio no desempenho de cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, p. 34-42, 2003.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Informações Agronômicas. Piracicaba, n. 103, p. 1-20, set. 2003. Encarte. Disponível em: <[http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/DE02520B8765B8D683257AA0003C46A6/\\$FILE/Encarte103.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/DE02520B8765B8D683257AA0003C46A6/$FILE/Encarte103.pdf)> Acesso em: 27 nov. 2017.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SICHOCKI, D.; GOTT, R. M.; FUGA, C. A. G.; AQUINO, L. A. R.; RUAS, A. A.; NUNES, P. H. M. P. Resposta do milho safrinha a doses de nitrogênio e de fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 1, p. 48-58, 2014.

SILVA, A. G.; DUARTE, A. P.; PIEDADE, R. C.; COSTA, H. P.; MEIRELES, K. G. C.; BORGES, L. P. Inoculação de sementes de milho safrinha com Azospirillum e aplicação de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 3, p. 358-370, 2015.

SILVEIRA, P. M.; DAMASCENO, M. A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 1269-1276, 1993.

SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; SOBRINHO, T. A.; FEDATTO, E.; ZANON, G. D.; HASEGAWA, E. K. B. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na produtividade de milho em plantio direto irrigado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, p. 55-62, 2003.

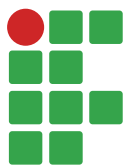
SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 609-618, 2005.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263.

Received: May 17, 2018

Accepted: July 4, 2018



Study of the environmental ecological environment: perception of children and young people of the schools from Obligado District, Department of Itapúa

Vanesa Juliet Dickel Tischler¹

Juan Jose Bonnin²

Abstract

For proper management and care of the environment in a citizenry, the implementation of education from an early age is necessary. Environmental education from its beginnings, when only general concepts about the environment were talked about, until today, with the influence of sustainable development, was intended to help the proper perception of the environment in people, for which we must become aware, besides transmitting to children and young people good practices that influence their daily lives and that constitute a way of life. From the study carried out, it is intended to reflect the perspective in knowledge, management, sensitivity and behavior relating it to environmental issues. Through the use of a mixed type survey, the sample under study was questioned about the level of knowledge about the environment resulting in regular knowledge, at which water and air were presented as an aspect of greater interest as a component environmental. Aware that there are environmental problems at different scales, more specifically, at regional level, environmental pollution is categorized in a first order of importance. Information about the environment is perceived to a greater extent through the media and even to a greater extent through television.

Keywords: Environment. Basic education. Environmental education. Environmental perception.

Introduction

One of the challenges facing environmental education is to imply the importance of discernment towards the environment, the ecosystem, and thereby contribute to the formation and training of young people and children, managers, planners and people in charge of making decisions, facilitating understanding, orienting their values and behaviors towards a harmonious relationship with nature. Another challenge in the social sector is radically transform the management structures and redistribution of natural resources. Both issues constitute true referential axes when talking about sustainable development.

Environmental education is undergoing changes in its terminology, focused on the dimension of sustainable development and, more specifically, on the problems involved with development. It focuses not only on formal and non-formal education because it is outside the school environment, but also on a deeper study of the relationships involving environmental quality, ecology, socio-economic factors and political trends, through a holistic view of problems (CARLSSON; MKANDLA, 1999;

¹ Escola de Pós-Graduação/Universidade Nacional de Itapúa, doutorando em Gestão ambiental. vanesadickel@hotmail.com. *Campus* Universitário de Encarnação, Itapúa, Paraguai.

² Faculdade de Ciências Agrárias/Universidade Nacional de Assunção, docente pesquisador. jose.bonnin@hotmail.com.

TILBURY, 1995), instead of achieving behavior modification, the purpose of previous versions of environmental education terminology.

Breiting (1997), Calvo and Franquesa (1998) and Curiel (2001) establishes the objective of environmental education to develop in students the training for action, that is, the use as a reference framework for democracy, as well as dialogue, negotiation and consensus to resolve conflicts by affecting, especially, the participation of individuals in these procedures as an essential part of their training.

Behaviors focused on changing the paradigm of environmental education are considered a way of rethinking our relations with the biosphere, at the same time as an instrument of social transformation (NOVO, 2009). The globality and depth of the sustainable challenge requires the participation of everyone, in particular, of people who in the future can make decisions. It takes entrepreneurs, scientists, engineers, lawyers, pedagogues, who can provide solutions to sustainability problems in their jobs and in their competence framework (MARTÍNEZ; AZNAR; ULL; PIÑERO, 2003). Since the Belgrano Conference (1975), it was established that environmental education involves a permanent process in which individuals and the community become aware of their environment and acquire the knowledge, values, skills, experiences and determination that will allow them to act individually as collectively in the resolution of present problems as in those that will come in the future.

Caride Gómez (2017) mentions that an investigation in environmental education is, by its very nature, necessary and inexcusable, built on the scenarios that pedagogical knowledge enables in its convergence with knowledge in the social and environmental field, and should be reflected in the conceptual frameworks, epistemological, theoretical, meteorological, academic etc. Environmental education reveals the predominant relationships of the human being with the environment, the causes of environmental problems and their possible consequences (FLORES, 2012). Andrade Frich & Ortiz Espejel, 2008, suggest that through environmental education research, environmental development and management models can be established. Thus, at present, there are some changes in the terminology of this discipline, so that it includes in greater depth the dimension of sustainable development.

Compiled for the first time in the report of the World Commission on Environment and Development (1987) (UNESCO) called *Our Common Future*, the union of education with sustainable development. However, as the changes in terminology point out, in many cases, they do not help but rather generate new confusion, shifting attention to what is really important in the new currents of thought. It should also take into account the internal environment of the person, such as the psychobiological factors of each individual and the external environment, which covers the natural environment, the social environment, that is, the organization of social groups and the artificial or technological environment that designates all the things invented by the human species (CURIEL, 2001). Passing the terminology from an ecological perspective to have an integral vision between social and nature.

Flores (2012) recognizes that environmental behaviors are not explained in themselves, but within the socio-cultural context in which they occur, making it possible to identify the opportunities offered by interaction and school or non-school work, as well as the types of restrictions that imposes, with its classification and social rank, being some of its characteristics:

- The articulation of environmental aspects with educational aspects;
- A complex object of study, with its concept of integral environment (natural, social and built);
- The questioning of the practices that give rise to environmental problems;
- The search for comprehensive and holistic answers.

On the other hand, Ramos (1992) cites that the work derived from educational research determines the pedagogical conditions, the modalities of intervention of the teaching staff, the most effective procedures for the assimilation of knowledge and the modification of concepts, values and attitudes of the public, however, since environmental education is the objective, it is constituted by the relationships between environmental and educational aspects. For some researchers, their borders are not so clear, because of the different biases addressed, for example, the ecological or the anthropogenic, causing confusion once again, such as focusing attention on conservation practices, which, although it corresponds to a perspective in education environmental, it does not constitute this type of education by itself (FLORES, 2012).

According to Morin, (1999), education is impossible without a reform of thought that leads to a true process of apprehension of man as a complex subject who thinks, feels, knows, values, acts and communicates. This principle is also valid for environmental education, at which technological information and communication strategies were also used for environmental education.

It is a priority that contemporary societies facilitate the feedback of environmental education with the needs of the communities in which the school is inserted. It also represents an opportunity for environmental education to reach its inhabitants, collaborating in the understanding of their problems and in the search for answers, as an alternative to environmental problems; in the community, you can develop educational actions that people tend to participate actively and self-organization to manage possible solutions. Salgado-Carmona and Sato (2012) mention that education linked to the community promotes respect for biological and cultural diversity so that societies strengthen and resist a capitalist model that devastates the relationships of human beings with each other and with their environment.

Through the link between the school and the community, it is intended to give value to the cultures of the communities, by promoting recognition of their identity and their relationship with others and the natural environment. Rodríguez and Hernández (2012) also demonstrated in their research that through environmental programs made up of concrete and viable actions, designed and executed by the students themselves, environmental problems of the school, community, where they stood out, can be mitigated; at school, the environmental actions in a fun and pleasant way; in the community, there are greater responsibilities for the commitment they assume with the population and the authorities, generating values of responsibility, maturity, discipline and companionship for the care of the environment of their community . Agro ecology projects are also presented, such as community gardens, where the promotion of critical awareness regarding consumption, as well as healthy eating. Where it is committed to an integrative environmental education that contemplates the union between disciplines and knowledge; theory and practice; epistemology, politics and ethics; actors and sectors; the local, regional and global; as well as past, present and future.

Flores (2012) thus concluded that environmental education and research in environmental education will help to see environmental problems differently, without directly solving them, but generating information that promotes knowledge for the transformation in the relationship of human beings with their environment.

Perception is not necessarily supported by a neutral way of contemplating the world, certain problems must be privileged over others with varying degrees of importance influenced by interests and power relations. By means of the observation, reality cannot be distorted, so the study of perception is very important (FLORES; REYES, 2010).

In their research, Montañó and Conde (2012) studied the perception of environmental problems

in the city of Arauca, where they investigated the assessment of the surveyed group among a youth group and an adult group, both groups received information from different sources on environmental issues, highlighting there are environmental problems, but there is a lack of tools to help valuing the environment, hence the need for more conscious citizenship forms of a more reinforced basic education towards the environment, educational campaigns, trainings, and encouragement of education. Environmental management in the rulers, fines and sanctions increases natural areas, respondents mention that the main problems in the region are related to the oil industry (region where these industries are located), garbage pollution, burning of garbage and pollution of rivers between the four most mentioned, also mentioning the influence of the media that can help generating education and awareness, focusing on those surveyed studies and TV as a means of influence.

It is stated in articles of the same nature that the educational instance is not having an effect on the attitudes and beliefs of the students (MONTAÑO; CONDE, 2012).

To achieve the stated objective, the study has been classified as a non-experimental and descriptive design. Based on the above, the objective of this research was to evaluate the ecological-environmental perception of children and young people from schools in the Obligado District, Department of Itapúa, in order to determine their vision towards their environment and their perspective towards the future in relation to the environment.

Materials and methods

The investigation was carried out in the Obligado District, Department of Itapúa, Paraguay, in schools that have the third cycle of basic schooling, which corresponds to a total of eight schools. In four of them, the surveys were selected for their location or distribution, three urban and one rural, being one of the urban private-subsidized and the others public institutions. In the country, there is no instance of study and approval of this type of analysis. The research does not respond to the biomedical field and does not imply any risk. Therefore, the work and consequently the questionnaire applied, as it was not invasive, did not require going through an Ethics Committee or similar for its application. However, the instrument was developed strictly based on the objectives set in the investigation and made known, considered and consented to by the educational authorities of each institution under analysis.

The population under study, to which the survey was applied, was the third cycle, students age 12 to 15 years old from 7th to 9th grade, with 40 students in their entirety. The general data of the institutions surveyed are detailed in Table 1:

Table 1 – Data of the educational institutions surveyed

Institution N°	Number of students in the third cycle	Sector	Zone
N° 1106	180	Priv. Subsidized Urban	Urban
N° 4083	65	Publica	Urban
N° 644	116	Publica	Urban
N° 1426	82	Publica	Rural
Total	443	-	-

Source: Elaborated by the authors (2019).

The methodology adopted was through the non-experimental and descriptive method, through the formulation of a mixed survey (closed and open), with general consultations on the perception in the environmental field, which helped evaluating the assessment of environmental care and its importance in ecology, its care etc. The survey consists of five sections and their respective questions:

- » Environmental knowledge:
 - Knowledge of the word environment.
 - The degree of knowledge.
- » Environmental perception.
- » Selection of ecosystem components and their level of importance.
- » Importance of environmental balance.
- » Existence of environmental problems in the country.
- » Environmental situation in the country.
- » Environmental situation in the region.
- » World environment situation.
- » Level of impact of environmental problems.
- » Environmental management.
- » Access to information about the environment and its problems.
- » What are the main environmental risks at the country level?
- » Whom does the treatment of environmental problems correspond to?
- » Worldwide, impact on environmental problems.
- » Environmental sensitivity.
- » Compliance with global warming forecasts.
- » Human activities impact the environment.
- » It is time to enhance positive changes.
- » Level of impact on the environment of the aforementioned activities.
- » Incidence of activities mentioned when raising awareness.
- » Environmental behavior.
- » Description of the environment in which one lives.
- » Draw how you see the environment in the future.

The first four were multiple-choices questions, and the last one open-ended; among them, it was requested to describe how they observe the future of the environment, emphasizing their perspective on it. Quantitative and qualitative approaches were taken for data collection and analysis, the data is presented in graphs, weighting the results obtained.

For the multiple-choices questions, the following options were taken into account, each one amounts to:

0 = Never - Bad - No	1 = Fair (enough)	2 = Fairly	3 = Very much – Excellent
----------------------	-------------------	------------	---------------------------

Results and discussion

The survey was conducted on 40 students, in order to obtain a general database on their knowledge, perception, management, sensitivity and their environmental behavior. In environmental issues, new knowledge is being generated, and it is very important to emphasize the assessment of the environment and its care since adolescence, thus facilitating the incursion of good practices related to environmental care. When asked if they know the word “environment”, 72.5% answered “quite a lot”, 15% “regularly” and 12.5% “a lot”, which should be taken into account. In general, it was observed that these students are considered poorly informed, however, it can be stated respondents know, in this age group, a basic approach makes it easier for them to learn new concepts and also become active in caring for the environment, therefore, it can be inferred the country has issues related to the environment in its study program for the years surveyed.

Regarding the consideration related to the degree of understanding of the knowledge of environmental issues, the students responded that in 67.5% they are considered quite informed, 27.5% regular and 5% think they know a lot. These data were considered sufficient to point out how they perceive their understanding in relation to environmental issues, being they aware that they need to learn more and more, since they are at the beginning of their educational stage.

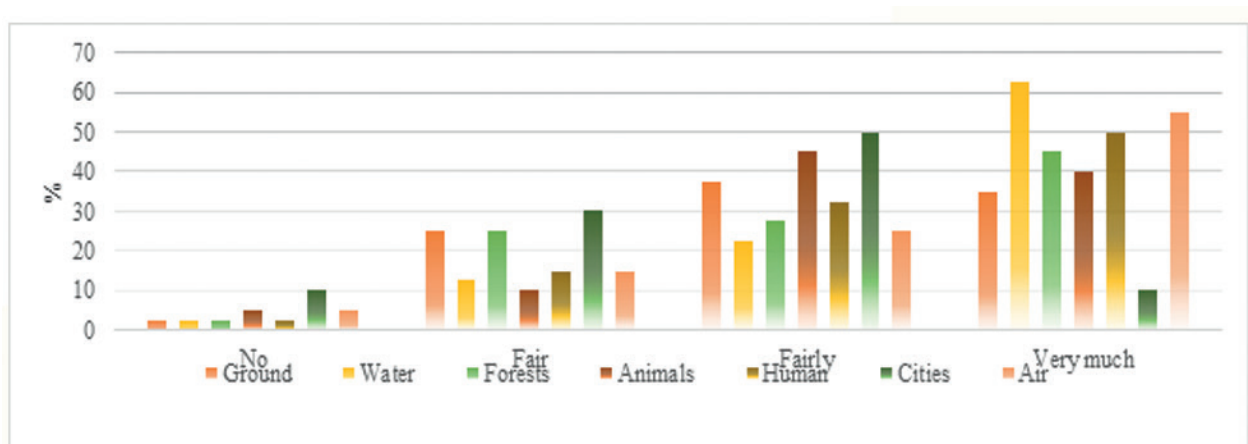
In the beginning of every person’s learning process, at schools, basic skills are instilled. In the early stages, it is important to promote a good perception even more, if one takes into account issues related to natural sciences.

In initial stages of the formation of a student, they are conceived with the basic competences, at which they also play the first impressions towards their environment.

Perceptions are the first awareness of something through the impressions that communicate the senses, which are focused on the second part of the survey; as mentioned by Vázquez and Elejalde (2013), a very important part of Environmental education and awareness is the perception of a person in understanding and making a judgment about environment care.

When asked about the level of importance of some items related to components of an ecosystem, water (62.5%) and air (55%) took first and second place, being able to interfere with this criterion campaigns environmentalists always address, followed by humans in third place, with 50% in order of importance, as it can be verified in Figure 1.

Figure 1 - Level of importance of items of ecological components

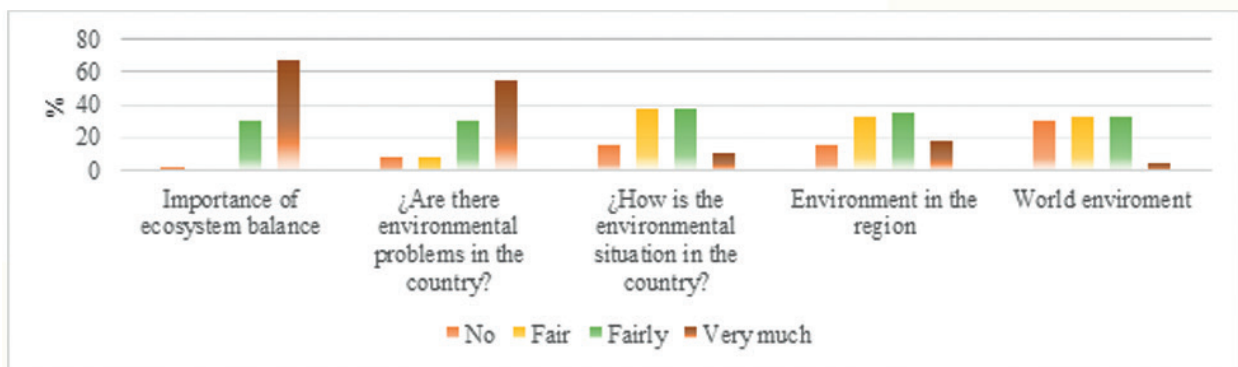


Source: Elaborated by the authors (2019).

Regarding whether the environmental balance is important, about 70% of the students considered it very important, in accordance to what mention Carlsson and Mkandla (1999) and Tilbury (1995) on growth related to what is sustainable development, which is increasingly applied in environmental education in schools, venturing into the Paraguayan basic education program.

More than half of them stressed that if there are environmental problems in the country, and that there are many, those are considered regular when comparing their region with the rest of the country, which is also seen as regular. At the global level of the environmental situation for the respondents, it is perceived as bad taking into account all these questions. The students see and evidence the existence of environmental problems in the world, country and region, and they are aware of these, being of utmost importance, as mentioned by some authors, the capacity for action is part of the objectives of environmental education (FIGURE 2).

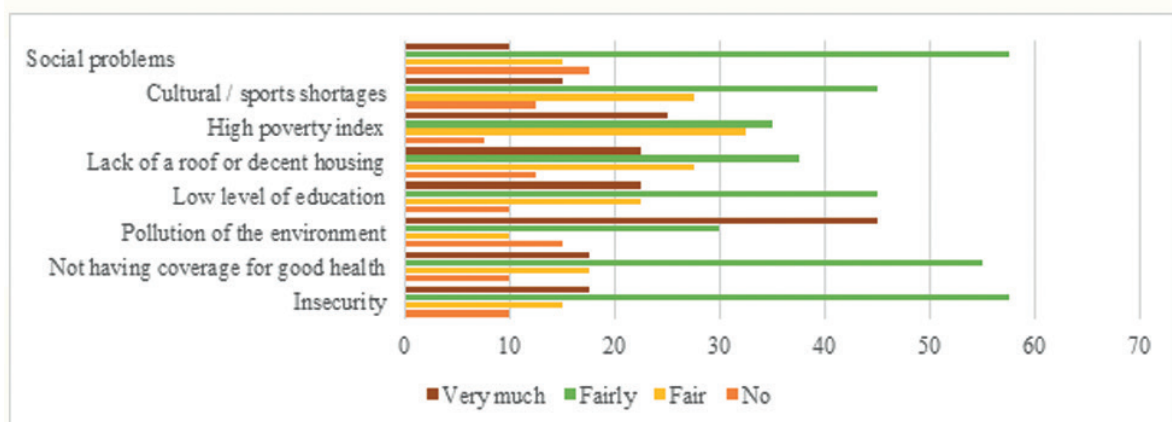
Figure 2 - Environmental perception



Source: Elaborated by the authors (2019).

Following, there were some common environmental problems found worldwide, at which respondents were asked to give their consideration on the level of importance of these in the region they inhabit. At this point, it could be observed that more than half considered much, giving importance to environmental pollution (45%), high poverty rate (25%), lack of a roof or decent housing (22%), low level in education (22%), and social problems being considered of less importance (17.5%) when compared to other considerations, in general all environmental problems were classified (FIGURE 3).

Figure 3. Level of importance of items for environmental problems.

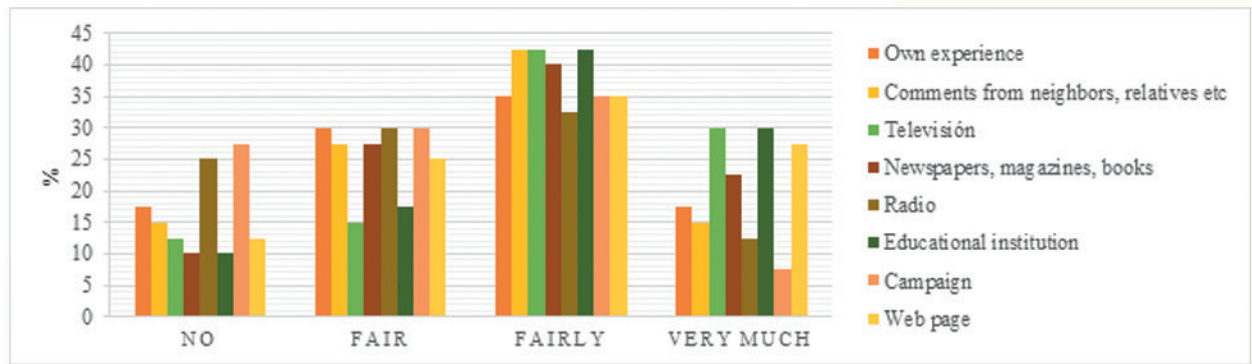


Source: Elaborated by the authors (2019).

Another question was related to whether they considered there could be a solution to the environmental problems mentioned in the previous questioning, 75% considered it as enough or a lot of the possibilities of being able to reach a solution, being important this positivism is already part of the way of knowing one can get there if they get involved.

When asked about where or how they came to access information about the environment and its problems, they responded that some sources mostly on Television and through the Educational Institutions; in order of importance and less valued, the specific campaigns related to environmental issues (FIGURE 4). These data also met the findings of Montaña and Conde (2012), in which study, institutions and television were also highlighted, hence their influence over general education.

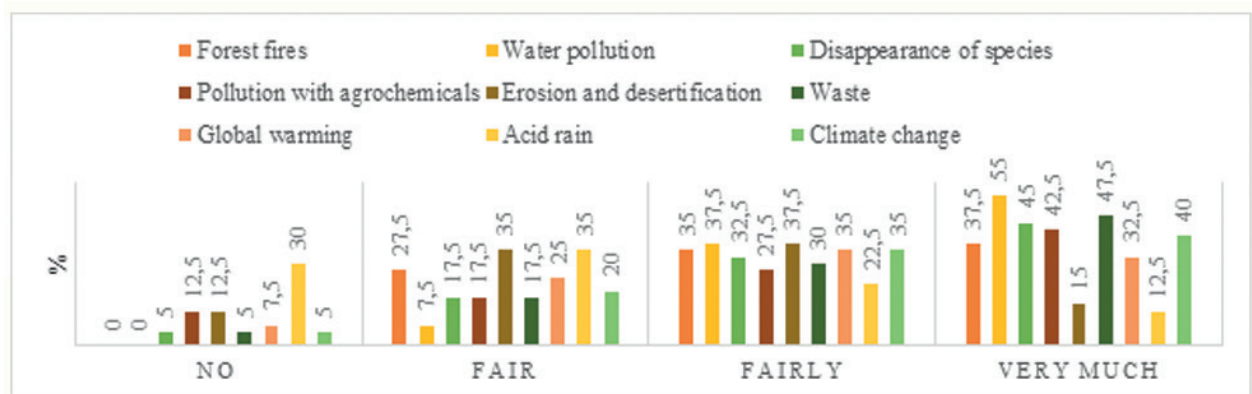
Figure 4 - Source of information.



Source: Elaborated by the authors (2019)

Regarding some environmental problems that are frequently heard, they were asked to assess their importance at the country level, and greater percentage of importance was recorded in the contamination of water, waste and the disappearance of species and to a lesser extent the acid rains, however, these types of rain were not yet registered in the country, these results being reflected in Figure 5. In relation to what was observed by Montaña and Conde (2012), to the people interviewed for water pollution and for the management of the waste, these issues can be related to the different campaigns focused on those issues.

Figure 5 - Assessment of environmental problems.



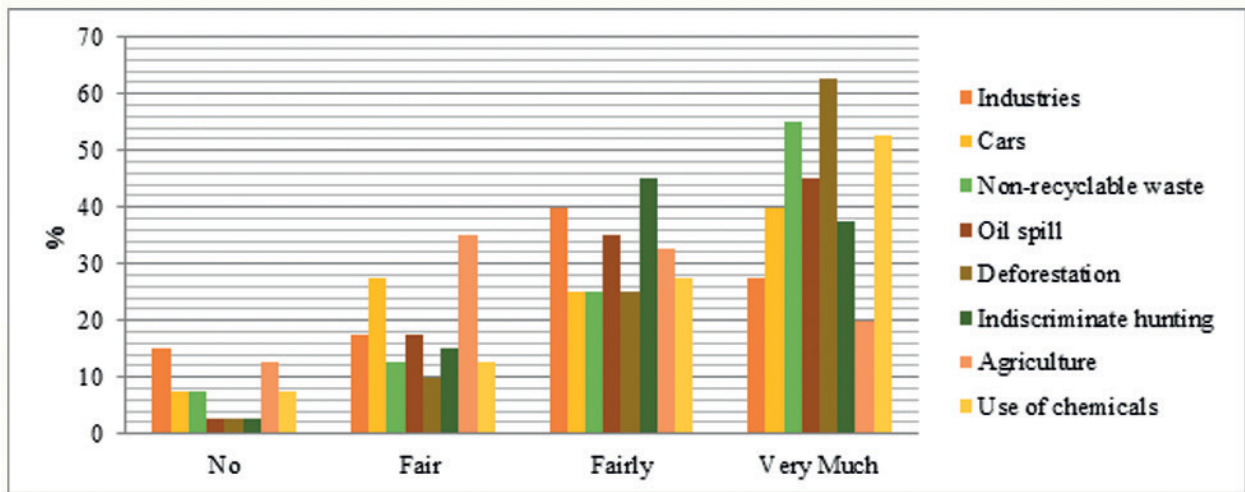
Source: Elaborated by the authors (2019).

Regarding environmental sensitivity, the students pointed out the following aspects: if they would come to believe that global warming forecasts would be fulfilled, 73% responded “quite a lot”.

Likewise, when asked about whether human activities produce environmental impacts on the environment, they answered yes, and that they are aware of it, but they also said there is time to make changes to improve the quality of life, showing optimism with the positive change.

As Figure 6 shows, when consulting the activities that destroy the environment most, deforestation, non-recyclable waste and agrochemical waste were valued with a higher score, and the industry is less valued, and may be due to the environment where these students find each other.

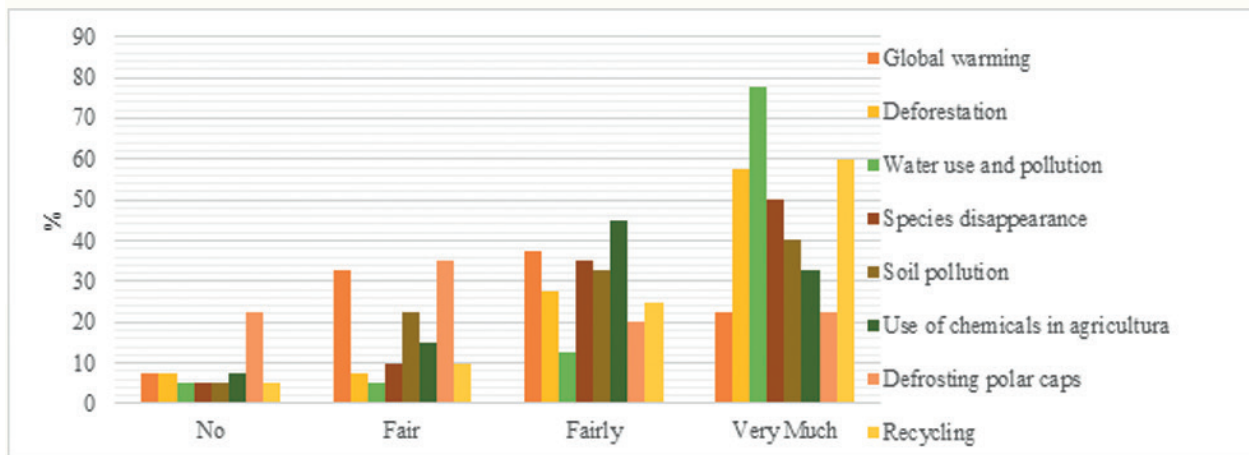
Figure 6 - Level of influence of environmental problems



Source: Elaborated by the authors (2019).

On sensitization, for which some activities were mentioned, it was shown that, through penalties for infractions, people would be influenced to a greater extent, and incentives were mentioned to a lesser extent. Among the most popular topics mentioned and observed in Figure 7, the most valued were the use and contamination of water, recycling and deforestation and, among the least mentioned, the defrosting of the polar caps.

Figure 7 – Assessment of environmental issues



Source: Elaborated by the authors (2019).

The influence of environmental education on the awareness towards the management of natural resources by people was positively valued. It is very important that the information reaches the whole community, since it is the most effective way. Secondly, politicians and administrative authorities are most likely aware of their importance and influence in decision making in the community.

When dealing with the subject on which one is interested in inquiring and on the opening of conducting conversations in a way to deal with the subject, 75% of respondents said that in particular they would be prone to initiate conversations.

Regarding the behavior of the respondents for their environment, through the general analysis of the responses, it was shown that 60% of the respondents are not in accordance with their environment, where pollution, excessive garbage and lack of conscious and collaborative people. 30% said they were satisfied, but with things to improve. They were also asked to make a design to see how they investigate or visualize the future of the environment, 70% of the respondents referred their future from a negative perspective. Destruction of biodiversity, cleaning and garbage were the most cited issues.

Conclusion

Through the students' perception of environment, the need for a basic education can be perceived, which cannot be isolated. It should be known that it is necessary for society to participate in order to reach an outcome, focusing on the use of technology and always making it clear that we are all part of the environment, being each other's attitude important. There is influence of informal education, mainly through television channels, which have a broad effect and influence children and young people on the prevention and care of the environment, however, with a tendency to always present negative aspects and not the positive advances that are achieved. When some results of the surveys were analyzed, a certain contradiction was perceived, they expressed, on one hand, hopes of change in the face of the current situation related to environmental problems; however, in their designs, the future is presented in a negative way, indicating there is uncertainty or fear, but there are anxieties for a better future. Naturalist campaigns focused on waste management and reforestation positively influence the sensitivity of children and youth. In a second stage of the investigation, it is intended to carry out a series of usual activities in awareness campaigns, aiming to establish the best approach to be considered in formal education.

Acknowledgement

To the National Council of Science and Technology (CONACYT) - Paraguay, for the incentive granted for the completion of the Doctorate in Environmental Management, PROCIENCIA Program.

Estudio del ámbito ecológico ambiental: percepción de niños y jóvenes de las escuelas del Distrito de Obligado, Departamento de Itapúa

Resumen

Para una adecuada gestión y cuidado del medio ambiente en una ciudadanía, es necesaria la implementación de educación desde edades tempranas. La educación ambiental desde sus comienzos, cuando solamente se hablaba de conceptos generales sobre medio ambiente, hasta hoy, donde con la influencia del desarrollo sustentable se pretendió ayudar a la percepción adecuada del medio ambiente en las personas, para lo cual se debe tomar conciencia de ello y transmitir a niños y jóvenes buenas prácticas que influyan en su cotidiano y que se constituyan en una forma de vida. A partir del estudio realizado, se pretende reflejar la perspectiva en conocimiento, gestión, sensibilidad y comportamiento relacionándolo con temas ambientales. Mediante la utilización de una encuesta tipo mixta, a la muestra objeto de estudio, se le cuestionó el nivel de conocimiento sobre el medio ambiente dando como resultado un conocimiento regular, donde el agua y el aire se presentaron como un aspecto de mayor interés como componente ambiental. Conscientes de que existen problemas ambientales en diferentes escalas, más específicamente, a escala regional, la contaminación del medio ambiente es categorizado en un primer orden de importancia. Informaciones sobre el medio ambiente son percibidas en mayor medida a través de los medios de comunicación y en mayor medida a través de la televisión.

Palabras-clave: Medio ambiente. Educación básica. Educación ambiental. Percepción ambiental.

References

BREITING, S. Hacia Un Nuevo Concepto de Educación Ambiental. Centro Nacional de Educación Ambiental, 1997. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/eu/ceneam/articulos-de-opinion/1997soren-breiting_tcm9-186955.pdf. Acceso en: 19 dic. 2017.

CALVO, S.; FRANQUESA, T. Sobre la nueva educación ambiental o algo así. **Cuadernos de Pedagogía**, 267, p. 48–54, 1998. Disponible en: <http://europa.sim.ucm.es/compludoc/AA?articuloid=98920>. Acceso en: 19 oct. 2017.

CARIDE GÓMEZ, J. A. **Educación social, derechos humanos y sostenibilidad en el desarrollo comunitario**. Ediciones Universidad de Salamanca, 29, 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.14201/teoredu2017291245272>. Acceso en: 17 ag. 2017.

CARLSSON, U.; MKANDLA, S. Environmental Education: Global Trends and Local Reality. **International Journal of Environmental Education and Information**, v. 18, n. 3, p. 203–210, 1999. Disponible en: <https://eric.ed.gov/?id=EJ595939>. Acceso en: 19 dic. 2017.

CURIEL, G. E. **Análisis de Indicadores de Desarrollo de la Educación Ambiental en España**. Universidad Complutense de Madrid, 2001. Disponible en: <http://biblioteca.ucm.es/tesis/bio/ucm-t25183.pdf>. Acceso en: 20 dic. 2017.

FLORES, R. C. Investigación en educación ambiental. **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, 2012. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140566662012000400002&script=sci_arttext. Acceso en: 19 dic. 2017.

FLORES, R. C.; REYES, L. H. **Estudio sobre las percepciones y la educación ambiental**. Universidad Autónoma del Estado de México, 2010. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/311/31121072004.pdf>. Acceso en: 14 nov. 2017.

FRICH, B. A.; ESPEJEL, B. O. Semiótica, Educación y Gestión Ambiental. **Ra Ximhai**, v. 4, n. 2, p. 311–314, 2008. Disponible en: <http://revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/view/6981/6489>. Acceso en: 22 febr. 2018.

MARTÍNEZ, A.; AZNAR, M.; ULL, S.; PIÑERO, A. Promoción de la sostenibilidad en los currícula de la enseñanza superior desde el punto de vista del profesorado: un modelo de formación por competencias. **Educatio siglo XXI**, n. 25, 2007. Disponible en: <https://digitum.um.es/xmlui/handle/10201/26794>. Acceso en: 19 dic. 2017.

MONTAÑO, C. R.; CONDE, M. R. G. Estudio de percepción de la problemática ambiental en Arauca: Herramientas para la valoración ecosistémica. Colombia. **Revista Universidad Nacional de Colombia**, v. 15, n. 1, 2012. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/30826/39308>. Acceso: 18 nov. 2017.

MORIN, E. **Los siete saberes necesarios para la educación del futuro (UNESCO)**. Paris, 1999. Disponible en: [http://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/123456789/1448/Los 7 saberes necesarios para la educación del futuro.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/123456789/1448/Los%207%20saberes%20necesarios%20para%20la%20educaci%C3%B3n%20del%20futuro.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acceso en: 7 mzo. 2018.

NOVO, M. La educación ambiental, una genuina educación para el desarrollo sostenible Environmental Education, a genuine education for sustainable development. **Revista de Educación**, numero extraordinario, p. 195–217, 2009. Acceso en: 20 dic. 2017.

RAMOS, J. C. **La educación ambiental: las grandes orientaciones de la Conferencia de Tbilisi, Unesco, 1980**. Conferencia Intergubernamental sobre Educación, n. 1, 1992, p. 77-85. Disponible en: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=+La+educaci%C3%B3n+ambiental.+Las+grandes+orientaciones+de+la+Conferencia+de+Tbilisi&publication_year=1980. Acceso en: 16 nov. 2017.

RODRÍGUEZ, A. E.; HERNÁNDEZ, A. F. Educación ambiental escolar y comunitaria en el nivel medio superior. **Revista Mexicana de Investigación Educativa - RMIE**, v. 17, n. 55, p. 1173–1199, 2012. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v17n55/v17n55a8.pdf>. Acceso en: 8 mzo. 2018.

SALGADO-CARMONA, A.; SATO, M. La percepción ambiental de los niños y adolescentes del “Quilombo” de Mata Cavalo (Mato Grosso, Brasil). In: FLORES, R. C. **Experiencias latinoamericanas en educación ambiental**, p. 39–58, 2012. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281110010_Experiencias_latinoamericanas_en_educacion_ambiental. Acceso en: 7 mzo. 2018.

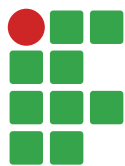
TILBURY, D. Environmental Education for Sustainability: defining the new focus of environmental education in the 1990s. **Environmental Education Research**, v. 1, n. 2, p. 195–212, 1995. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/1350462950010206>. Acceso en: 19 dic. 2017.

UNESCO. Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Informe Brundtland (p. 416). **Faculté des sciences de L'Éducation**, (1987). Disponible en ://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf. Acceso: 06 mzo.2018,

VÁZQUEZ, O. N. T.; ELEJALDE, M. M. F. La escuela cubana como contexto para el correcto desarrollo de la percepción ambiental. **Revista Complutense de Educación**, v. 26, n. 1, p. 31-46, 2013. Disponible en: <https://revistas.ucm.es/index.php/RCED/article/viewFile/42335/44225>. Acceso: 20 dic.2017

Received: April 2, 2018

Accepted: August 30, 2018



Germination of five weed species of Convolvulaceae family under the effect of temperature

Victor Domiciano de Silos Labonia¹

Jéssica Cursino Presoto²

Jeisiane de Fátima Andrade³

Saul Jorge Pinto de Carvalho⁴

Ricardo Victoria Filho⁵

Abstract

Seeds of several weed species have distinct development when germinating under different conditions of temperature, promoting variation on the management system. Thus, this work was carried out with the objective of evaluating the influence of temperature on the germination of five weed species of *Convolvulaceae* family, commonly known as morning glory. The work was performed in termogradient table and constituted by five independent experiments, divided by species, in a factorial combination of nine treatments (temperatures) and two seed dormancy breaking conditions (with or without acid scarification). The weed species were: *Ipomoea triloba*, *I. hederifolia*, *I. quamoclit*, *I. nil* and *Merremia cissoides*. Nine temperature intervals between 15 and 35°C were evaluated, under 8 hours of daily photoperiod. Experimental design adopted was totally randomized with four replicates. Percentage of germination was evaluated daily; the speed of germination index was calculated for the species. Generally, it was evident that temperatures lower than 17,2 °C reduced significantly germination of all species, inhibiting germination of *I. quamoclit*. Species demonstrated capacity of germinating on temperatures from 20°C to 35°C. Acid scarification of seeds with sulfuric acid was able of increasing significantly the percentage of seed germination.

Keywords: Morning glory. Biology. Development. Seeds.

Introduction

Morning glory (*Ipomoea* spp. and *Merremia* spp.) are among weeds with high importance in agricultural areas of Brazil. These plants belong to Convolvulaceae family and, besides competing by growth resources available in the environment (water, light and nutrients), they also interfere on mechanical harvest, due to their climbing habit (LABONIA et al., 2009; PAZUCH et al., 2015).

These species have successive fluxes of germination, concentrated on the spring and summer months, possibly due to dormancy that is considered a fundamental strategy for seed survival in soils for long periods of time (PAZUCH et al., 2015; SILVA et al., 2016). Thus, one of the major limita-

1 Syngenta Proteção de Cultivos, Gerente de Desenvolvimento de Produtos. victor.labonia@syngenta.com.

2 Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), mestranda, engenheira agrônoma. jessica.cursino_02@hotmail.com

3 Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), mestranda, engenheira agrônoma. jeisiane.eng.agronomia@gmail.com.

4 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, Machado (MG), 37750-000.

5 Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), Professor Titular. rvictori@usp.br.

tion for implanting integrated weed management programs is the lack of information about biology or ecology of weeds. This knowledge is considered essential for developing management systems which are economically and environmentally viable (CARVALHO; CHRISTOFFOLETI, 2007).

Knowledge related to seed germination, such as temperature, causes of dormancy and maximum depth that allows weed germination, associated to appropriate management practices, for example the determination of optimal moment for post-emergence application of herbicides, are important information for adopting viable integrated management systems (MONDO et al., 2010).

For beginning the process of germination, seeds demand several internal and external factors. The lack of any of these factors may cause slow germination or even induce seed dormancy (POPINIGIS, 1985; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). According to Castro and Vieira (2001), germination occur within temperature limits, at which there is an optimal value for maximum germination in a short period of time, however, these limits are variable for each weed species. In cases of temperatures above the optimum, denaturation may occur, consequently, loss of enzymatic activity. Considering temperatures below the optimum, seed metabolism is decreased or even paralyzed, reducing germinative process, what exposes seedlings to adverse environmental factors for long periods and reduces total germination (DIAS et al., 2009; ORZARI, 2013).

Therefore, the knowledge of environmental demands weed species germination is fundamental for interpretation of their ecological behavior in field condition, besides enabling the development of strategies to reduce weed seedbank in crop fields (MONDO et al., 2010). In this context, this work was carried out with the objective of evaluating the influence of temperature on the germination of five weed species of Convolvulaceae family.

Material and methods

The work was composed by five distinct experiments. These experiments were developed at the Laboratory of Seed Analysis of "Luiz de Queiroz" College of Agriculture – University of São Paulo, Piracicaba (SP). In each experiment, one weed species of Convolvulaceae family was evaluated independently. The species were: *Ipomoea triloba*, *I. hederifolia*, *I. quamoclit*, *I. nil* and *Merremia cissoides*.

Seeds of all species were commercially acquired and properly identified. Prior to the experiments, samples were submitted to germination tests to verify the viability of the seeds. Completely randomized experimental design was adopted in all the trials, with four replicates and 25 seeds per plot. Plots consisted of Petri dishes (8 cm of diameter), seeds were distributed into two sheets of germination paper, moistened with water in the ratio of 2.5 times the mass of the dry paper.

Each experiment was installed in factorial scheme 9 x 2, at which 9 corresponds to different ranges of temperature and 2 corresponds to the condition of the seeds, with or without chemical scarification. Nine ranges of temperature between 15 and 35 °C (treatments) with eight daily hours of photoperiod were evaluated (OLIVEIRA et al., 2005; STOCKMAN et al., 2007). Ranges of temperature were established in a thermogradient table (Van den Berg, Model 890). Seeds were scarified with sulfuric acid adopting intervals of time defined for each species by Azania et al. (2003).

After the experiments were installed, daily evaluations of percentage of germination were performed, the index of germination speed (IGS) was calculated for each replicate in order to allow the application of a multiple comparison test. The calculation of the IGS was based on Maguire (1962):

$$IGS = \sum \left(\frac{NGS}{DAS} \right) \quad (1)$$

at which:

NGS: non-accumulated number of seeds germinated per 100 seeds, in each date of evaluation;

DAS: number of days after the experiment was set up.

Seeds with radicle emission longer than 2.0 mm (CARVALHO et al., 2004; STECKEL et al., 2004) and more than 50% of cotyledonary leaves expanded were considered germinated. Evaluations were performed up to the stabilization of germination. Data were submitted to the application of F test on variance analysis, followed by Tukey's test. Due to variation of temperature registered in each position of thermogradient table, regressions were not adopted for analyzing data, once it was not considered a quantitative variable. All statistical tests were adopted with 5% of significance.

Results and discussion

Regarding to *Ipomoea triloba*, effects of temperature and dormancy breaking were observed on seed germination, however the interaction of these factors was not significant (TABLE 1). *I. triloba* showed greater capacity of germination on temperatures above 17.1°C. From this temperature and up to 35°C, percentage of germination was not different, both for seeds chemically scarified or seeds without treatment overcoming dormancy. Orzari et al. (2013), also studying *I. triloba*, observed higher germination in the temperature of 20.37°C and higher IGS in the temperature of 25°C.

Highest index of germination speed (IGS) was reached in temperatures between 23.7 and 35°C for seeds without chemical scarification, and between 23.7 and 30.2°C for seeds chemically scarified (TABLE 1). When seeds of *I. triloba* were scarified, germination was increased significantly, as well as IGS; however, the optimal temperature was concentrated at a lower range of values. Therefore, it may be highlighted that temperatures above 30.2°C reduced the IGS of scarified seeds.

Table 1 – Germination (%) and index of germination speed (IGS) of *Ipomoea triloba* under the influence of temperature.

Temperature (°C)	Germination (%)			IGS	
	Dormancy Overcome		Mean	Dormancy Overcome	
	Yes	No		Yes	No
15.5 - 17.1	21	11	16.0 b	0.53 A e	0.26 A d
17.2 - 19.3	62	45	53.5 a	2.62 A de	1.50 A cd
19.4 - 21.5	69	37	53.0 a	3.47 A cd	1.43 B cd
21.6 - 23.6	72	41	56.5 a	5.57 A bc	2.37 B bcd
23.7 - 25.8	68	40	54.0 a	6.74 A ab	2.91 B abc
25.9 - 28.0	69	49	59.0 a	8.11 A a	4.15 B ab
28.1 - 30.2	77	50	63.5 a	8.67 A a	4.82 B a
30.3 - 32.4	66	55	60.5 a	5.71 A b	4.15 B ab
32.5 - 35.0	58	43	50.5 a	5.41 A bc	2.99 B abc
Mean	62.4 A	41.2 B		---	---
F_{int}		1.499 ^{NS}			4.075*
F_{temp}		16.334*			37.790*
F_{over}		83.864*			126.644*
CV		18.97			23.47

^{NS}F-test not significant; *Test F significant at 5% of probability. Means followed by upper case letters in the rows or lowercase letters in the columns are not different according to Tukey's test, with 5% of significance.

Source: Elaborated by the authors (2019).

Regarding to *I. hederifolia*, interaction of temperature with dormancy overcoming was identified for both germination and IGS, suggesting that biological response of this species in at least one temperature is different as consequence of the treatment for overcoming dormancy (TABLE 2).

Temperatures at which *I. hederifolia* germinated in greater amount (%) and in a quicker way (IGS) were concentrated in the interval between 23.7 and 30.2°C for seeds without chemical treatment and between 21.6 and 35°C for seeds scarified (TABLE 2). Similar results were found by Cole and Coats (1973) for *I. purpurea*. These authors observed optimal germination between 20 and 30°C, besides reduction on germination speed and on dry matter transference from cotyledon to root/hypocotyl when temperatures were below 20°C.

Increased optimal temperature range for germination promoted by chemical scarification is predicted on literature, since this process enables higher water absorption by the seeds, which results in better conditions of germination and allows greater levels of IGS at lower temperatures (21.6–23.6°C). Scarification combined to higher temperatures, which accelerate water absorption and biochemical reactions related to the germinative process, resulted on increased IGS at the temperatures of 30.3-32.4 and 32.5-35.0°C. Constant temperatures below 19.4°C reduced germinative process of *I. hederifolia*, however, it was not possible to determine the minimal and maximal temperatures which inhibit germination of this species (TABLE 2).

Table 2. Germination (%) and index of germination speed (IGS) of *Ipomoea hederifolia* under the influence of temperature.

Temperature (°C)	Germination (%)		IGS	
	Dormancy Overcome		Dormancy Overcome	
	Yes	No	Yes	No
15.5 - 17.1	8 A b	6 A c	0.18 A c	0.15 A de
17.2 - 19.3	22 A b	11 A c	0.52 A c	0.25 A e
19.4 - 21.5	64 A a	42 B b	2.60 A b	1.73 B d
21.6 - 23.6	77 A a	55 B ab	5.91 A a	3.60 B c
23.7 - 25.8	61 A a	65 A a	5.53 A a	5.40 A a
25.9 - 28.0	71 A a	62 A a	5.61 A a	5.02 A ab
28.1 - 30.2	64 A a	56 A ab	5.37 A a	4.48 B abc
30.3 - 32.4	68 A a	54 B ab	5.40 A a	4.07 B bc
32.5 - 35.0	74 A a	49 B ab	5.63 A a	3.59 B c
F_{int}	5.298*		4.979*	
F_{temp}	53.693*		96.162*	
F_{over}	24.625**		35.793*	
CV	16.67		16.57	

*Test F significant at 5% of probability. Means followed by upper case letters in the rows or lowercase letters in the columns are not different according to Tukey's test, with 5% of significance.

Source: Elaborated by the authors (2019).

For seeds of *Merremia cissoides* without scarification, higher percentage of germination and higher IGS were reached simultaneously in the range between 25.9 and 35°C. Temperatures below 25.9°C reduced the seeds' germination speed (TABLE 3). On the other side, for seeds that received chemical treatment for overcoming dormancy, higher percentage of germination and higher IGS were reached between 23.7 and 32.4°C. When seeds of *M. cissoides* were scarified, temperatures below 23.6°C and above 32.5°C reduced the IGS (TABLE 3).

Regarding to *I. nil*, the effect of temperature and dormancy overcoming were observed on seed germination, however without interaction of these factors (TABLE 4). This species had higher ability to germinate in temperatures above 17.1°C. From 17.2°C and up to 32.4°C, no differences were observed on percentage of germination, for both seeds without chemical treatment and seeds scarified for overcoming dormancy. Similar results were found by Sobrero et al. (2003), who studied *I. nil* submitted to different temperatures. For these authors, this species have adequate germination in the range between 18 and 32°C. For Morán Lemir (1997), maximum germination of *I. nil* was reached between 19 and 37°C.

Treatment to overcome dormancy of *I. nil* increased both seed germination and IGS. It was also evident that higher percentage of germination and IGS were reached simultaneously in the range between 21.6 and 32.4°C. Temperatures above 32.5°C reduced both variables (TABLE 4).

Table 3. Germination (%) and index of germination speed (IGS) of *Merremia cissoides* under the influence of temperature.

Temperature (°C)	Germination (%)		IGS	
	Dormancy Overcome		Dormancy Overcome	
	Yes	No	Yes	No
15.5 - 17.1	21 A b	2 B d	0.44 A e	0.04 A f
17.2 - 19.3	56 A a	21 B cd	1.36 A de	0.49 B df
19.4 - 21.5	63 A a	50 B a	2.05 A cd	1.57 A cde
21.6 - 23.6	60 A a	40 B abc	3.55 A bc	1.99 B bcd
23.7 - 25.8	57 A a	39 B bcd	4.66 A ab	1.31 B def
25.9 - 28.0	63 A a	42 B abc	5.01 A ab	3.01 B ab
28.1 - 30.2	60 A a	41 B abc	4.94 A ab	3.06 B ab
30.3 - 32.4	60 A a	39 B abc	5.81 A a	2.85 B abc
32.5 - 35.0	55 A a	44 A ab	3.93 A b	3.52 A a
F_{int}	2.127*		6.740*	
F_{temp}	22.904*		7.556*	
F_{over}	103.953*		18.642*	
CV	19.91		21.79	

*Test F significant at 5% of probability. Means followed by upper case letters in the rows or lowercase letters in the columns are not different according to Tukey's test, with 5% of significance.

Source: Elaborated by the authors (2019).

Table 4. Germination (%) and index of germination speed (IGS) of *Ipomoea nil* under the influence of temperature.

Temperature (°C)	Germination (%)			IGS	
	Dormancy Overcome		Mean	Dormancy Overcome	
	Yes	No		Yes	No
15.5 - 17.1	26	20	23.0 d	0.69 A e	0.53 A d
17.2 - 19.3	58	36	47.0 ab	2.04 A cde	1.21 B cd
19.4 - 21.5	49	41	45.0 ab	1.72 A de	1.60 A bc
21.6 - 23.6	59	47	53.0 ab	3.73 A ab	2.54 B ab
23.7 - 25.8	61	44	52.5 ab	3.81 A ab	2.84 B a
25.9 - 28.0	68	42	55.0 a	4.62 A a	2.69 B a
28.1 - 30.2	59	43	51.0 ab	4.82 A a	2.97 B a
30.3 - 32.4	50	43	46.5 ab	3.30 A abc	2.95 A a
32.5 - 35.0	41	24	32.5 cd	2.36 A bcd	1.23 B cd
Mean	51 A	37 B		---	---
F_{int}	1.568 ^{NS}		2.932*		
F_{temp}	53.426*		33.895*		
F_{over}	13.412*		53.103*		
CV	18.48		21.71		

^{NS}F-test not significant; *Test F significant at 5% of probability. Means followed by upper case letters in the rows or lowercase letters in the columns are not different according to Tukey's test, with 5% of significance.

Source: Elaborated by the authors (2019).

Evaluating the experiment with *I. quamoclit*, the highest values of germination and IGS were reached for temperatures between 25.9 and 32.4°C considering seeds without scarification, and between 23.7 and 35.0°C for seeds scarified for dormancy overcoming. Even in this case, chemical scarification of *I. quamoclit* seeds was responsible for increasing germination and IGS, as well as increasing the amplitude of optimal temperature for germination (TABLE 5).

I. quamoclit have higher ability to germinate at temperatures above 19.3°C, which are in agreement to Horak and Wax (1991). These authors, studying *I. pendurata*, recorded germination values above 90% in temperatures from 20°C, that were hardly reduced at lower temperatures. Crowley and Buchanan (1980) observed that *I. hederacea* germinates at 16°C, however it requires temperatures of at least 20°C for maximum germination. For *I. quamoclit*, temperatures below 17.2°C inhibited germinative process, suggesting this temperature is the minimum to occurrence of germination of this species (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Maximum temperature for seed germination was not identified (TABLE 5).

Table 5. Germination (%) and index of germination speed (IGS) of *Ipomoea quamoclit* under the influence of temperature.

Temperature (°C)	Germination (%)		IVG	
	Dormancy Overcome		Dormancy Overcome	
	Yes	No	Yes	No
15.5 - 17.1	0 A b	0 A b	0.00 A d	0.00 A e
17.2 - 19.3	1 A b	3 A b	0.04 A d	0.09 A de
19.4 - 21.5	68 A a	27 B a	3.15 A c	1.09 B cde
21.6 - 23.6	73 A a	28 B a	3.77 A bc	1.20 B cd
23.7 - 25.8	74 A a	30 B a	5.29 A ab	1.75 B bc
25.9 - 28.0	78 A a	36 B a	5.75 A a	2.42 B ab
28.1 - 30.2	74 A a	29 B a	6.17 A a	2.17 B abc
30.3 - 32.4	74 A a	46 B a	5.59 A ab	3.24 B a
32.5 - 35.0	77 A a	29 B a	6.24 A a	1.91 B bc
F_{int}	10.218*		11.239*	
F_{temp}	230.934*		53.455*	
F_{over}	52.311*		240.328*	
CV	21.84		24.24	

*Test F significant at 5% of probability. Means followed by upper case letters in the rows or lowercase letters in the columns are not different according to Tukey's test, with 5% of significance.

Source: Elaborated by the authors (2019).

These results contribute for understanding the germination of Convolvaceae species in the soil, as well as in field condition. Working with the same weed species, Labonia et al. (2009) observed lower emergence of seedlings due to greater depth of the seeds in the soil, with or without straw covering. In this case, germination of all the species was reduced due to greater seeding depth, mainly when seeds were positioned 40 mm under the soil. The layer of straw and the positioning of the seed in the soil profile interfere on the radiation that seeds may receive and, also, on temperature at

which seeds will be exposed. Environments with lower radiation and lower thermal amplitude are less favorable to seed germination (CHRISTOFFOLETI et al., 2007).

Conclusions

Morning glory species have differential response to temperature effects, being able to germinate at a wide range of temperature. In general, significant reduction on germination was observed at temperatures lower than 17.2°C, which inhibited germination of *I. quamoclit*. At temperatures between 20 and 35°C, all the species demonstrated adequate capacity of germination, being potentiated when seeds were submitted to chemical scarification with sulfuric acid. The fastest germination occurred at temperatures between 25.9 and 30.2°C, however it was not possible to estimate the maximum temperature that inhibits seed germination.

Germinação de cinco espécies de plantas daninhas da família Convolvulaceae sob influência da temperatura

Resumo

Sementes das diversas espécies vegetais possuem desempenho variável quanto à germinação em diferentes condições de temperatura, causando alterações nos sistemas de manejo. Assim sendo, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência da temperatura na germinação de cinco espécies de plantas daninhas da família Convolvulaceae, comumente conhecidas como cordas-de-viola. O trabalho foi desenvolvido em mesa termogradiante e constou de cinco experimentos, separados por espécie, em esquema fatorial entre nove tratamentos (temperaturas) e duas condições de superação de dormência (presente ou ausente). As espécies de plantas daninhas foram: *Ipomoea triloba*, *I. hederifolia*, *I. quamoclit*, *I. nil* e *Merremia cissoides*. Avaliaram-se nove intervalos de temperatura entre 15 e 35°C, sob oito horas de fotoperíodo diário. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Diariamente, foi avaliada a porcentagem de germinação das sementes, com a qual foi gerado o Índice de Velocidade de Germinação (IVG). De modo geral, temperaturas abaixo de 17,2°C reduziram significativamente a germinação das sementes de todas as espécies, chegando a inibir por completo o processo germinativo de *I. quamoclit*. As espécies possuem adequada capacidade de germinação em temperaturas superiores a 20°C e inferiores a 35°C. A escarificação química com ácido sulfúrico aumentou a porcentagem de sementes germinadas.

Palavras-chave: Corda-de-viola. Biologia. Desenvolvimento. Sementes.

References

AZANIA, A. A. P. M.; AZANIA, C. A. M.; PAVANI, M. C. M. D.; CUNHA, M. C. S. Métodos de superação de dormência em sementes de *Ipomoea* e *Merremia*. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 203-209, 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582003000200005>. Acesso em: 03 jul. 2018.

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

CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Influência da luz e da temperatura na germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 527-533, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052007000400001>. Acesso em: 03 jul 2018.

CARVALHO, S. J. P.; LOPEZ-OVEJERO, R. F.; MOYSÉS, T. C.; CHAMMA, H. M. C. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Identificação de biótipos de *Bidens spp.* resistentes aos inibidores da ALS através de teste germinativo. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 411-417, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582004000300011>. Acesso em: 03 jul. 2018.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132 p.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; CARVALHO, S. J. P.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; NICOLAI, M.; HIDALGO, E.; SILVA, J. E. Conservation of natural resources in Brazilian agriculture: implications on weed biology and management. **Crop Protection**, v. 26, n. 3, p. 383-389, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.06.013>. Acesso em: 03 jul. 2018.

COLE, W. S.; COATS, C. E. Tall morningglory germination response to herbicides and temperature. **Weed Science**, v. 21, n. 5, p. 443-446, 1973.

CROWLEY, R. H.; BUCHANAN, G. A. Response of *Ipomoea spp.* and smallflower Morningglory (*Jacquemontia tamnifolia*) to temperature and osmotic stresses. **Weed Science**, v. 28, n. 1, p. 76-82, 1980.

DIAS, A. C. R.; CARVALHO, S. J. P.; BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Germinação de sementes aéreas pequenas de trapoeraba (*Commelina benghalensis*). **Planta Daninha**, v. 27, n. especial, p. 931-939, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000500006>. Acesso em: 03 jul. 2018.

HORAK, M. J.; WAX, L. M. Germination and seedling development of bigroot Morningglory (*Ipomoea pandurata*). **Weed Science**, v. 39, n. 3, p. 390-396, 1991.

LABONIA, V. D. S.; CARVALHO, S. J. P.; MONDO, V. H. V.; CHIONATO, M. G.; VICTORIA FILHO, R. Emergência de plantas da família Convolvulaceae influenciada pela profundidade da semente no solo e cobertura com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, n. especial, p. 921-929, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000500005>. Acesso em: 03 jul. 2018.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962. Disponível em: <https://eurekamag.com/pdf/014/014195562.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2018.

MONDO, V. H. V.; CARVALHO, S. J. P.; DIAS, A. C. R.; MARCOS FILHO, J. Efeitos da luz e temperatura na germinação de sementes de quatro espécies de plantas daninhas do gênero *Digitaria*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 131-137, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000100015>. Acesso em: 03 jul. 2018.

MORÁN LEMIR, A. H. Especies de *Ipomoea* (*Convolvulaceae*) mas frecuentes en cultivos de soja de la provincia de Tucumán. **Malezas**, v. 17, n. 1, p. 71-77, 1989.

OLIVEIRA, L. M.; CARVALHO, M. L. M.; SILVA, T. T. A.; BORGES, D. I. Temperatura e regime de luz na germinação de sementes de *Tabebuia impetiginosa* (Martius ex A. P. de Candolle) Standley e *T. serratifolia* Vahl Nich – Bignoniaceae. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 642-648, 2005.

ORZARI, I.; MONQUERO, P. A.; REIS, F. C.; SABBAG, R. S.; HIRATA, A. C. S. Germinação de espécies da família Convolvulaceae sob diferentes condições de luz, temperatura e profundidade de semeadura. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 53-61, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582013000100006>. Acesso em: 03 jul. 2018.

PAZUCH, D.; TREZZI, M. M.; DIESEL, F.; BARANCELLI, M. V. J.; BATISTEL, S. C.; PASINI, R. Superação de dormência em sementes de três espécies de *Ipomoea*. **Ciência Rural**, v. 45, n. 2, p. 192-199, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20120665>. Acesso em: 03 jul. 2018.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

SILVA, C. B.; OLIVEIRA, M.; DIAS, J. F.; ZANIN, S. M. W.; SANTOS, G. O.; CÂNDIDO, A. C. S.; PERE, M. T. L. P.; SIMIONATTO, E.; MIGUEL, O. G.; MIGUEL, M. D. Atividade alelopática dos lixiviados de *Asemeia extraaxillaris* (Polygalaceae) sobre o crescimento de *Ipomoea cordifolia*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, supl. 1., p. 215-222, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/14_093. Acesso em: 03 jul. 2018.

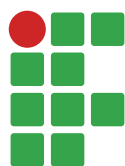
SOBRERO, M. T.; FIORETTI, M. N.; CHAILA, S.; AVILA, O. B.; OCHOA, M. C. Factores que influyen sobre la germinación de *Ipomoea nil* (L.) Roth. **Agrosur**, v. 31, n. 2, p. 60-68, 2003. Disponível em: http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304-88022003000200006&script=sci_arttext. Acesso em: 03 jul. 2018.

STECKEL, L. E.; SPRAGUE, C. L.; STOLLER, E. W.; WAX, L. M. Temperature effects on germination of nine *Amaranthus* species. **Weed Science**, v. 52, n. 2, p. 217-221, 2004. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/4046908>. Acesso em: 03 jul. 2018.

STOCKMAN, A. L.; BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; CHAMMA, H. M. C. P. Sementes de ipê-branco (*Tabebuia roseo-alba* (Ridl.) Sand. – BIGNONIACEAE): temperatura e substrato para o teste de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p. 139-143, 2007.

Received: July 3, 2018

Accepted: September 4, 2018



Evaluations of the quality of “pata-de-vaca” (*Bauhinia forficata* Link) sold in Brazil

Joyce Cabral Rodrigues¹

Elaine Santiago Brilhante de Albuquerque²

Ana Cláudia de Macêdo Vieira³

Abstract

The genus *Bauhinia* L. (Leguminosae), popularly known as “pata-de-vaca”, presents wide diversity in Brazil and comprises both native and exotic species. The species is most widely known in popular medicine is the *Bauhinia forficata* Link, it’s also called “true pata-de-vaca”, and it consists of a small tree whose leaves are used in the form of infusions to treat diabetes. Since the genus *Bauhinia* has characteristic bilobed leaves, traditional phytotherapeutic products that should be composed of *B. forficata* leaves are often falsified by replacing them with other species of the genus. We acquired samples of 10 different commercial packages of “pata-de-vaca” being sold as herbal drugs in various regions of Brazil and analyzed them in terms of their macro and microscopic composition. For comparison, we conducted a morpho-anatomical study of the leaves from the standard species and analyzed the scientific literature. The packages themselves and the labels were evaluated based on ANVISA health authority standards. Almost all leaf samples had anatomical characters different from the standard leaf, indicating they were not authentic. In addition, all of the packages contained contaminants. Thus, all samples were rejected based on the criteria above. These types of products, in addition to misinformed consumers, can present considerable risks to their health.

Keywords: Fabaceae. Herbal drugs. Medicinal plants. Medicinal tea. Quality control. Traditional herbal medicinal product.

Introduction

There has been a trend on healthier life habits among Brazilians, increasing interest for “natural therapies” and the use of traditional medicinal plants (SILVEIRA; BANDEIRA; ARRAIS, 2008). However, the dissemination of the use of medicinal plants, especially for self-medication, is mainly driven by economic considerations and their easy access by large segments of the population (SOUZA-MOREIRA; SALGADO; PIETRO, 2010). The World Health Organization (WHO, 2002) has consequently become aware of the negligence surrounding possible toxicity of plant remedies, especially when compared to conventional modern therapies. The erroneous identification of plants and the nonconventional use of traditional medicines present potential risks and can result in ineffective therapies and adverse reactions (WHO, 2002). Capasso et al. (2000) pointed out natural products, such as plant-derived drugs, and phytotherapeutics can reduce the efficiency of conventional treatments

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Faculdade de Farmácia, Laboratório de Farmacobotânica. joycecr.ufrj@gmail.com. Av. Carlos Chagas Filho, 373, Bloco A2, Sala 22, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro (RJ), 21941-902.

² UFRJ - Faculdade de Farmácia, Laboratório de Farmacobotânica. elaine.ufrj@hotmail.com.

³ UFRJ - Faculdade de Farmácia, Laboratório de Farmacobotânica. anavieira@gmail.com.

or even magnify their effects. Likewise, there is no effective guarantee the herbal drugs available commercially are efficient, safe or of true quality. In light of the popular and institutional interest in phytotherapeutic plants, Brazilian Health Ministry has introduced National Policies of Integrative and Complementary Practices to Unified Health System (SUS) designed to amplify the therapeutic options offered to users of that health system, with guarantees of access to medicinal plants, phytotherapeutics and other related services with safety, efficiency, and quality (BRASIL, 2006). One of the instruments used to strengthen that policy is the National List of Medicinal Plants of Interest to the SUS (RENISUS), which currently comprises 71 plant species with pharmacological potential (BRASIL, 2015).

The medicinal potential of *Bauhinia* L. is quite high, as three representatives of that genus are included in the RENISUS list: *B. affinis*, *B. forficata*, and *B. variegata*. Additionally, ethnobotanical studies undertaken by Pantoja and Lopes (2012) demonstrated that *B. forficata* was among the 10 medicinal plant species most cited by traditional users. According to Vaz and Tozzi (2005), the genus *Bauhinia* belongs to the family Leguminosae and comprises approximately 300 species; approximately 70% of which can be found in Brazil. Their leaves are deeply divided in the middle, forming two distinct lobes that resemble the hooves of cattle, so they are popularly known as *pata-de-vaca* and *unha-de-boi* (DI STASI; HIRUMA-LIMA, 2002; VAZ; TOZZI, 2005; LORENZI; MATOS, 2008). According to Silva e Cechinel-Filho (2002), the leaves, stems and roots of *Bauhinia* species are often consumed by Brazilians in the form of teas or other phytotherapeutic preparations to treat a number of infirmities. Among these species, *Bauhinia forficata* Link is most well-known within the scientific world due to its growing use in popular medicine as an anti-diabetic medicine; therefore, it is often referred to as the "true *pata-de-vaca*" (DI STASI et al., 2002; SILVA; CECHINEL-FILHO, 2002; SILVA et al., 2002; LINO et al., 2004; VENDRUSCOLO; MENTZ, 2006; MENEZES et al., 2007; BOSCOLO; VALLE, 2008; CUNHA-LIMA et al., 2008; CAZAROLLI et al., 2009; DEFANI et al., 2011; TROJAN-RODRIGUES et al., 2012; BALBINOT; VELASQUEZ; DÜSMAN, 2013).

Bauhinia forficata is native to Brazil and grows in the Atlantic Forest in humid sites (rarely within the forest itself) and often on slopes and in secondary formations. According to Lorenzi and Matos (2008), *B. forficata* is a spiny, semi-deciduous tree with an open canopy, from 5-9 m tall, with a light colored trunk. It has bilobed leaves and resembles the hoof of a cow. The flowers are white, arranged in axillary racemes, and the fruits are flattened, deciduous pods. According to Di Stasi and Hiruma-Lima (2002), the species has ornamental value due to its showy flowers, although other species of the same genus such as *B. blakeana* and *B. variegata* are preferred because *B. forficata* is covered with thorns. These exotic species have been widely used in remedies because of their immediately availability and physical resemblance to *B. forficata*. However, they have not been tested in terms of their medicinal efficiency and safety (LORENZI; MATOS, 2008).

Phytochemical analyses of extracts of plants from the genus *Bauhinia* have identified their main components as steroidal glycosides, triterpenes and lactons, with an abundance of free flavonoids and glycosides (SILVA; CECHINEL-FILHO, 2002; MARQUES et al., 2012; PEIXOTO-SOBRINHO et al., 2012). Only *B. forficata*, however, demonstrates the presence of the flavonoid kaempferitriin in its leaves (a compound known for its hypoglycemic activity), which is used as an analytical marker to identify extracts and preparations made from that species (SALATINO et al., 1999; HAVSTEEN, 2002; SILVA; CECHINEL-FILHO, 2002; SOUSA et al., 2004; CAZAROLLI et al., 2006).

In light of these studies, the use of *B. forficata* as a medicinal plant to treat *Diabetes mellitus* appears justified. While its mechanism of action is not totally clear, none of the above cited studies demonstrated any potential toxic effects – although ANVISA has not confirmed its complete safety, as

reported by Balbino and Dias (2010). There is a number of publications that have indicated negative results in terms of the anti-hypoglycemia activity of *B. forficata*, including a paper by Russo et al. (1990).

The macroscopic similarities on leaves from different *Bauhinia* species have resulted in the adulteration of herbal drugs and herbal inputs by substituting (or adding) the leaves of other species from that genus since, once they are triturated, they cannot be easily distinguished from *B. forficata*. These aspects make quality control of this plant extremely relevant, and microscopic evaluations can be used to identify the substitution of *B. forficata* by other species of the same genus.

As such, we evaluated the quality of herbal drugs sold as “pata-de-vaca” in Brazil through macro and microscopic examinations of the leaf material, comparing it with the morpho-anatomical study of the leaves from *Bauhinia forficata* Link and with the scientific literature in addition to evaluating the packaging and labeling of the herbal drugs for compliance with government standards.

Material and methods

Analyses of packaging and labeling

We acquired 10 packages of *pata-de-vaca* from 10 different manufacturers of herbal drugs, sold in shops in the states of Bahia (1), Espírito Santo (1), Goiás (1), Minas Gerais (1), Pará (1) and Rio de Janeiro (5), in Brazil. All of the samples were acquired and evaluated within the period from October/2012 to March/2014. We evaluated the packaging and labeling of the samples based on government criteria -RDC nº 10/10 (BRASIL, 2010) applicable during the studied period. Although the newest regulations -RDC nº 26/14 (BRASIL, 2014) concerning the registry of herbal medicines and the regulation of traditional herbal medicine products are similar to the older regulations, they contain more details concerning the necessities of primary and secondary packaging.

The integrity and opacity of the packages were analyzed according to the criteria of RDC 10/10 (BRASIL, 2010). The weights of the contents were compared to the weights printed on the labels by their manufacturers and were analyzed according to the published norms of INMETRO (BRASIL, 2008) that specify allowed weight variations of less than 9 % for samples with nominal contents up to 50 g.

Botanical evaluations

The purchased samples were evaluated in terms of their microscopic aspects and appearances.

For these evaluations, the contents of the samples were poured into white trays and analyzed in detailed visual examinations that compared them with the morphological patterns of *B. forficata* as described by Miyake; Akisue; Akisue (1986), Lorenzi and Matos (2008), and Lusa and Bona (2009). The commercial samples were divided into four parts (ANVISA, 2010), one of which was rehydrated in a 50 % ethanol: glycerin solution (2:1).

For the microscopic analyses, the hydrated sample portions were sectioned by hand, stained following the methodology of Bukatsch (1972), and subsequently mounted on semi-permanent slides for observation by light microscopy. To examine the adaxial and abaxial faces of the leaf epidermis, small rectangular regions were excised from the intercostal region of the middle third of the leaf blade and subsequently warmed in a 1:1 (v/v) solution of 20% hydrogen peroxide and glacial acetic acid (FRANKLIN, 1945). The epidermal sections were then stained with hydro-alcohol Safranin (STRASBURGER, 1924), mounted in 50% glycerin.

The sections were also examined under polarized light in order to analyze birefringent cell constituents such as prismatic crystals and druses. The solubility of these constituents was tested by immersing the leaf sections in 2% hydrochloric acid solution for 30 minutes (HOWARTH; WARNE, 1959).

The authenticity of the commercial samples was verified through comparison with morpho-anatomical studies of the *B. forficata* leaf conducted by Miyake, Akisue and Akisue (1986), Donato (1995), Lusa and Bona (2009). Additionally, verified samples of this species were collected in the Guapimirim Municipal Park in the state of Rio de Janeiro, Brazil. The species identification was verified by Dr. Angela Studart F. Vaz of the Instituto de Pesquisa do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, and voucher material was deposited in the herbarium of the Instituto de Biologia of Universidade Federal do Rio de Janeiro (RFA) under record number 40753. Histological sections were made from its leaves (midvein and lateral primary veins and petiole) and were used as standards following the same techniques above. However, the anatomical description of the proximal and distal pulvini of the standard leaves is not included here as there were so few of these structures present in the commercial samples, with those available so badly conserved that it made any comparative analysis difficult.

As herbal drugs are frequently contaminated by other plant parts from the same species, histological sections were made of the stems of *B. forficata* (in addition to the leaves) to evaluate if the samples contained only parts of that species or if they were contaminated by other materials from other plant taxa.

Analysis of foreign materials

Foreign materials were manually separated during visual inspection of the samples and then weighed separately to determine the contamination percentages. Foreign materials should not exceed an official limit of 2% m/m (BRASIL, 2010).

Results and discussion

Analysis of packaging and labeling

The packaging was considered to be of moderate to low quality in terms of criteria of integrity and opacity. Seven of the ten sample packages analyzed were perforated by staples, which contributes to the contamination of the plant material and creates risks to consumer health. Additionally, 90% of the packages were made of entirely transparent material with no opacity, which subjects the plant material to degradation through exposure to light. According to Amaral et al. (2003), the low qualities of the herbal drugs often encountered by consumers are probably related to poor drying processes, inadequate storage conditions and low quality packaging. As such, our evaluations of the packaging indicated the probable degradation of the plant material in detriment to its conservation and medicinal efficiency, thus offering real risks to the consumer. A critical case was observed with sample 8, which did not even have a label, demonstrating the manufacturer's lack of concern for the consumer and the absence of any quality control, as the samples were not acquired in bulk. In this case, the consumer is not supplied with information that could guide him/her about the use of that product.

It can also be observed in Table 1 that there were wide variations between the weights declared on the packaging and their actual contents; for some samples, there was no information at all about content weight on the label. In three samples, the weights varied by more than 9 % from declared

weights, although only one of them was underweight. In one of the samples that weighed more than the declared value, 66 % of the material was composed of stems, indicating falsification. Additionally, sample number 8 did not list any content weight at all, making it impossible to judge its conformity. According to Yokota et al. (2010), in addition to constituting consumer fraud, differences between the real and declared weights mean an absence or inefficiency of quality control by the manufacturers.

Table 1 – Analysis of the packages, labels and weights of the samples tested based on government criteria (RDC 10/10, RDC 14/16 and norms of INMETRO).

Sample	Integrity (packaging)	Opacity (packaging)	Declared weight (label)	Actual weight	Weight variation	Foreign material
1	Moderate	No	10g	10.3196g	+3.19%	Branches and barks
2	Moderate	No	20g	19.3166g	-3.41%	Branches
3	Low	No	20g	22.3582g	+11.79%	Branches and fruit
4	Low	No	15g	17.0300g	+13.53%	Branches
5	Moderate	Partial	20g	20.4992g	+2.49%	Branches
6	Low	No	20g	19.4452g	-2.77%	Branches
7	Low	No	20g	19.8503g	-0.75%	Branches
8	High	No	Not indicated	44.2505g	-	Fruit
9	Moderate	No	25g	23.3843g	-6.46%	Branches and fruit
10	Moderate	No	30g	26.1640g	-12.78%	Branches and barks

Source: Elaborated by the authors (2015).

None of the 10 samples demonstrated conformity with all of the mandatory items specified by the previous RDC 10/10 and the current RDC 26/14 standards, this non-compliance represents a threat to consumer health due to the lack of even minimal instructions concerning the correct use of the product, side effects or any effects of its long-term use.

Sample 8 did not conform to any of the basic requirements: product name, plant parts utilized, manufacturer's name, government registry number, expiration date, lot number, barcode. In fully 50 % of the samples, plant species was not declared, and only three of the samples correctly indicated the species *B. forficata*, as it is required by both RDC 10/10 and RDC 26/14. This same situation was observed by Engel et al. (2008), who reported only a single sample containing the correctly written scientific name of the plant sample. Melo et al. (2004) also found errors in the spelling of the genus and the specific epithet in samples of *pata-de-vaca*. A study by Nascimento et al. (2005) reported the lack of any scientific name on almost half of the samples they examined. The absence of the correct scientific name or indications for including plant parts may lead to adulteration and introduction of other plant organs that do not contain the desired active principles (or only contain them in very low quantities) (MELO et al., 2007). Therefore, encountering herbal drugs with correct labeling is a problem in many regions of Brazil.

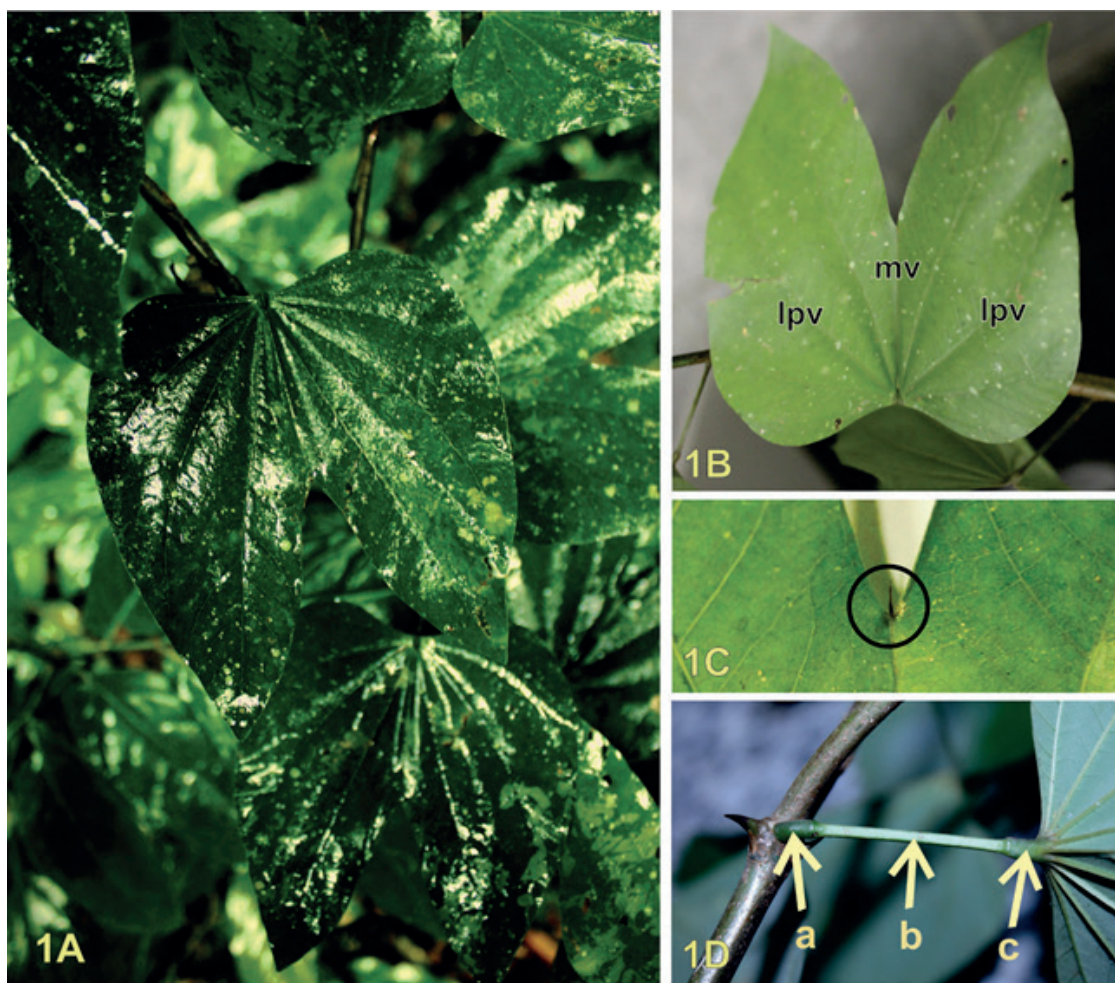
Of the 38 mandatory phrases to be included in the labels by RDC 10/10 regulations, 11 were not included in any of the sample labels analyzed: "used to alleviate the symptoms of"; "therapeutic use; counter indications"; "use restrictions"; "adverse effects"; "it can be used without a medical prescription"; "if these symptoms persist, seek medical assistance"; "if this medication is to be used continuously, talk to your doctor beforehand"; "prepare the infusion or decoction immediately before taking it"; "herbal drugs should not be used for periods longer than indicated"; "the prolonged use of this product should be accompanied by a medical professional".

Macroscopic analyses

Morphology of the standard leaves

The morphological characteristics of the standard leaf most relevant for the purposes of comparison and analysis with the commercial samples are described as follows: *Bauhinia forficata* Link has coriaceous leaves that are 8-12 cm long (FIGURE 1A). The leaves are divided into two lobes, with the central cleft extending one third or, more frequently, one half through the length of the leaf (FIGURE 1B). At the union of the two lobes, there is a mucro (FIGURE 1C). The leaf blade is symmetrical, with the adaxial surface glabrous and the abaxial surface pilose. The apices of the leaf lobes are acute, and the margins entire. The leaf base is slightly cordate. Venation pattern is actinodromous since each leaf has approximately nine veins that initiate radially from the same point and converge along the leaf borders to form a marginal venation. The vein in the region between the lobes is considered the midvein as Miyake, Akisue and Akisue (1986), Ellis et al. (2009) and Lin et al. (2015) even though it is thinner than the lateral veins.

Figure 1 – Macroscopic aspects of the *B. forficata*. A - Habitus. B - Bilobed leaf: lateral primary vein (l_{pv}) and midvein (mv). C - Detail of the mucro observed between the two lobes at the apex of the leaf. D - Proximal pulvinus (a), petiole (b) and distal pulvinus (c).



Source: Elaborated by the authors (2013).

Evaluations of the commercial samples

In general, the samples were poorly conserved, demonstrating deterioration and in some cases alteration on odors and colors of the leaves (FIGURE 2A). Most of the packages contained entire leaves (FIGURE 2B) or fragments. Their morphological characteristics suggested the presence of species of the genus *Bauhinia* as they demonstrated the typical cow's hoof (pata-de-vaca) shape; however, their lobe apex is not acute (FIGURE 2C) as is the case in *B. forficata* (FIGURE 1B). Additionally, almost all of the samples had contaminants, even within the 2% m/m limit permitted by the Brazilian Pharmacopeia. Sample 3 demonstrated the greatest percentage of contaminants (66%), containing stem fragments, a fruit pod and, mainly, wood material. It was suggested those samples were adulterated with other species of *Bauhinia* or with other unknown plants, as it was observed in the present work. Likewise, Melo et al. (2004) reported that more than half of the samples of *pata-de-vaca* examined by them had excessive amounts of contaminant materials (a result also reported for other medicinal plants, such as boldo [*Peumus boldus* Molina]). An examination of contaminating materials undertaken by Amaral et al. (2003) revealed that 86% of the commercial samples contained impurities above the limits, such as foreign plant parts derived from the same species, living or dead insects and inert contaminants such as soil, sand and pebbles. These contaminants are similar to those found in this study. As such, excessive quantities of contaminants represent a common problem not just for *B. forficata*, but, probably, for all species commercialized as herbal drugs (NASCIMENTO et al., 2005; MACRINI, 2011; COSTA; GUIMARÃES; VIEIRA, 2014).

Figure 2 – Macroscopic aspects of some samples.



A-B - Sample 3 – Note the presence of the degraded material, making macroscopic identification difficult due to its state of conservation (A) and foreign material (B). C - Entire leaves that resemble those of the genus *Bauhinia* in good state of conservation (Sample 5).

Source: Elaborated by the authors (2014).

The contaminants encountered in our samples (and reported in other studies) probably reflect the processes of raw product management, sanitation, and inadequate separation of the plant material – problematic factors that have often been observed in medicinal plant products (AMARAL et al., 2003).

Microscopic analyses

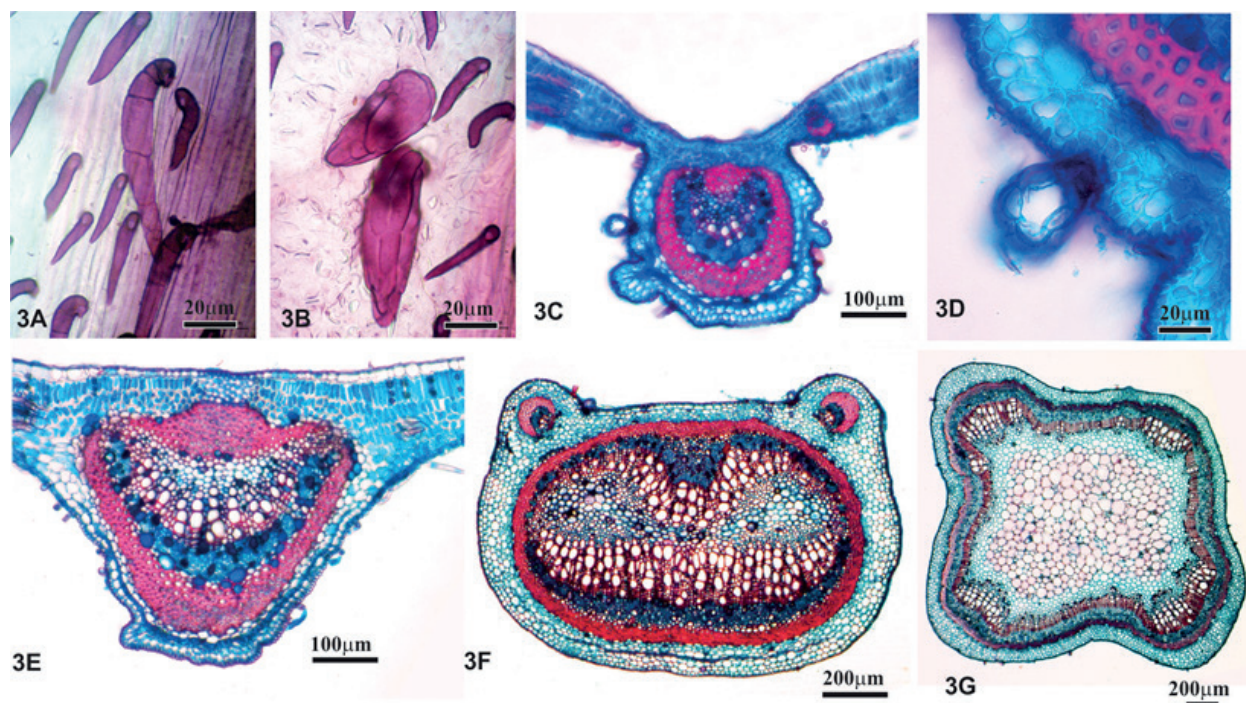
Leaf anatomy of the *Bauhinia forficata* Link standard

The anatomical characteristics of the standard leaf most relevant for comparison and analysis with the commercial samples are described as follows: The leaf blade epidermis, in frontal view, is glabrous and has trichomes near the veins in the adaxial face. The abaxial face shows the presence of unicellular and multicellular uniseriate tector trichomes (FIGURE 3A), as well as multicellular glandular navicular trichomes (FIGURE 3B).

The midvein, in transverse section, has a concave-convex to flat-convex profile (FIGURE 3C). The epidermis is unistratified and composed of rounded cells. Approximately five parenchyma layers can be observed below the adaxial face of the epidermis; two collenchyma and two parenchyma layers occur below the abaxial face. The collateral vascular bundle in the central region of the leaf is surrounded by a sheath of sclerenchyma.

The lateral primary vein, in transverse section, showed a flat-convex profile, and was greater in diameter than the midvein (FIGURE 3E). The epidermis on both faces was similar to the epidermis on the rest of the blade, although composed of cells of smaller dimensions. On the adaxial face, 2 layers of palisade parenchyma cells are interrupted by collenchyma cells. On the abaxial face, in a sub-epidermal position, from 1 to 2 layers of collenchyma and from 1 to 2 layers of fundamental parenchyma could be observed. The vascular bundle demonstrated the same histological organization observed in the midvein.

The petiole has a generally rounded outline when viewed in transverse section, although it becomes flattened in the anterior-posterior direction, with two lateral projections on the adaxial face (FIGURE 3F); these lateral projections each contain a collateral vascular bundle wrapped in a complete (although asymmetric) sheath of sclerenchyma. The epidermis is uniseriate, composed of diminutive, rounded cells covered by a thick cuticle with tector and glandular trichomes, as observed on the leaf blade (FIGURE 3D). On the adaxial face there are 4 to 5 layers of fundamental parenchyma, and the sub-epidermis of the abaxial face has 2 to 3 layers of collenchyma and 3 of parenchyma. Two collateral vascular bundles occupy the center region of the petiole, which can unite and form a continuous ring covered by a sheath of gelatinous fibers for almost its entire length. The pith is occupied by fundamental parenchyma composed of isodiametric cells of varying sizes, with idioblasts containing druses.

Figure 3. Light microscopy of the leaf of *Bauhinia forficata* standard.

A-B – FV- Epidermis on the abaxial face: unicellular and multicellular unistratified tector trichomes (A) and glandular navicular trichomes (B); C – TS- MV: general aspect; D – TS- MV: Detail of the navicular trichome; E – TS- LPV: general aspect; F – TS- Petiole: general aspect; J – TS- stem initiating secondary growth. FV- Frontal view; LPV- Lateral primary vein; MV- Midvein; TS- Transverse section.

Source: Elaborated by the authors (2015).

Stem anatomy of *B. forficata* standard

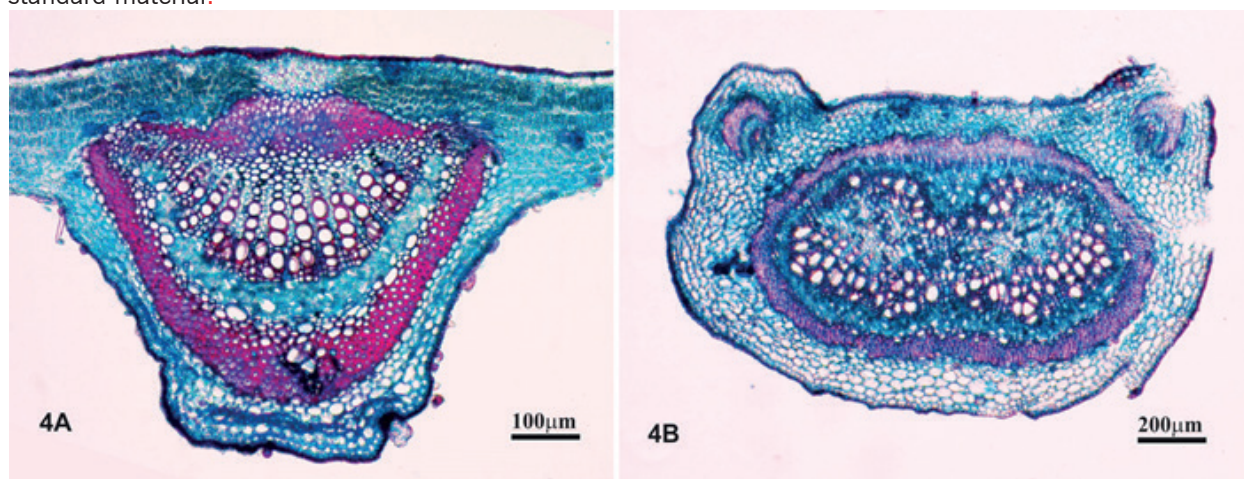
The stem appears quadrangular in transverse section, with incipient secondary growth at the level analyzed (FIGURE 3J). The epidermis is uniseriate, with rounded cells, and is covered by a thick cuticle with tector and glandular trichomes, as observed on the leaf blade. The cortical region has 4 to 8 collenchyma layers and 2 chlorophyllous parenchyma layers. The vascular system, in its primary structure, is of the eustele type, with collateral vascular bundles. In its secondary structure, the vascular system forms a complete ring delimited externally by sclerenchyma fibers, some of which are gelatinous. The pith is occupied by fundamental parenchyma composed of isodiametric cells of varying sizes, with idioblasts containing druses.

Evaluations of the commercial samples

In spite of the fact that the 10 commercial samples analyzed here were found to have botanical material identified as belonging to the genus *Bauhinia*, only sample 3 had leaves with anatomical characteristics similar to the *B. forficata* standard as described by Miyake, Akisue and Akisue (1986), Donato (1995), Lusa and Bona (2009) and to the standard leaves described here; we did, however, find leaves identified as being from other species in that same sample 3. Note that the lateral vein (FIGURE 4A) and the petiole (FIGURE 4B) demonstrate histological organization similar to the standard (FIGURES 3H, 3I). However, the excessive numbers of druses in the cortical region

in one of the histological sections of the midrib (FIGURE 5B) suggest that the sample is not pure. Similar results were reported by Engel et al. (2008) in their analyses, with only two of the samples demonstrating anatomical characteristics compatible with *B. forficata* and, again, essentially all the samples analyzed by them were identified as having contaminating material.

Figure 4. Aspect of material found in sample 3. The anatomical analysis revealed the sample's similarity to the standard material.



A – TS- Lateral primary vein; B – TS- Petiole. TS- Transverse section.

Source: Elaborated by the authors (2015).

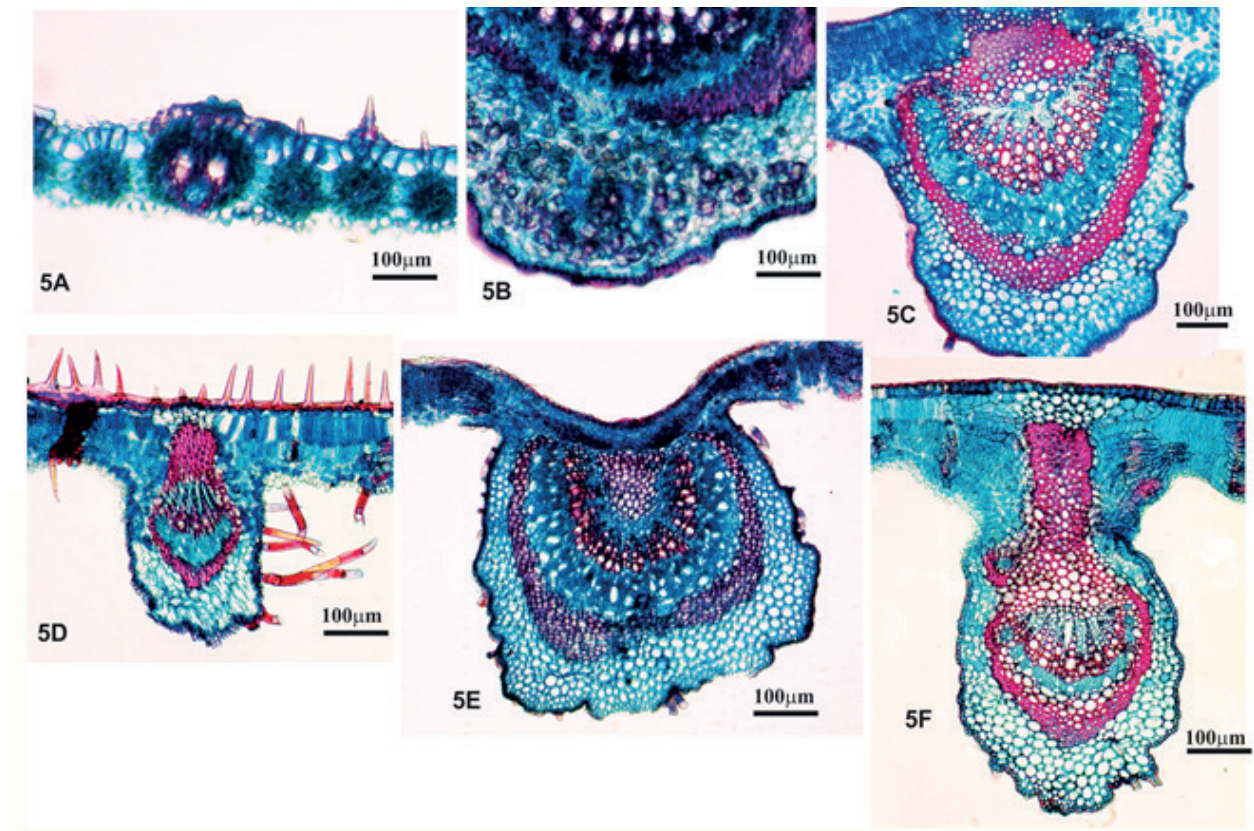
Diverse anatomical characteristics observed in the midvein and lateral primary vein of the sample leaves indicated the inclusion of other species of the genus *Bauhinia* or even other families. Leaves with histological organizations typical of the family Poaceae (grasses) were observed in sample 1 (FIGURE 5A). We observed: excesses of trichomes on the epidermis of samples 5 and 6 (FIGURE 5D), cortical parenchyma with greater numbers of cell layers and much smaller xylem/phloem ratios in samples 4, 7 and 9 (FIGURE 5C), vein outlines with elliptical shapes in samples 1, 2, 5, 6 and 10 (FIGURE 5D), greater numbers of cell layers in the cortical parenchyma on the abaxial face, sclerenchymatous bundle sheath extensions on the adaxial face of sample 8 (FIGURE 5F), and a general histological organization very distinct from the standard in sample 7 (FIGURE 5E).

The petioles of samples 4, 7, 8 and 10 demonstrated characteristics similar to those of the genus *Bauhinia*, although they did not correspond to the vascular bundle organization of the *B. forficata* standard, nor to the histological organization of its petiole (FIGURES 6A and 6B). The presence of stems in the samples demonstrated contamination, and the stems of samples 4, 5, 6 and 9 did not belong to the standard *Bauhinia* species due to the histological organization different from that of the standard and excessive quantities of trichomes (FIGURES 6C and 6D).

Though the standard leaves and the commercial samples are morphologically similar, the anatomical characteristics found in the samples deviate from those described as belonging to *B. forficata* in both the literature (MIYAKE; AKISUE; AKISUE (1986), Donato (1995), Lusa and Bona (2009)) and the anatomical description carried out in this study. The parts of the *B. forficata* leaf most useful in the analysis were the mid and lateral veins and the petiole, not only due to the vascular organization so characteristic of the standard leaf, but because these elements were better conserved in the samples and thus easier to handle.

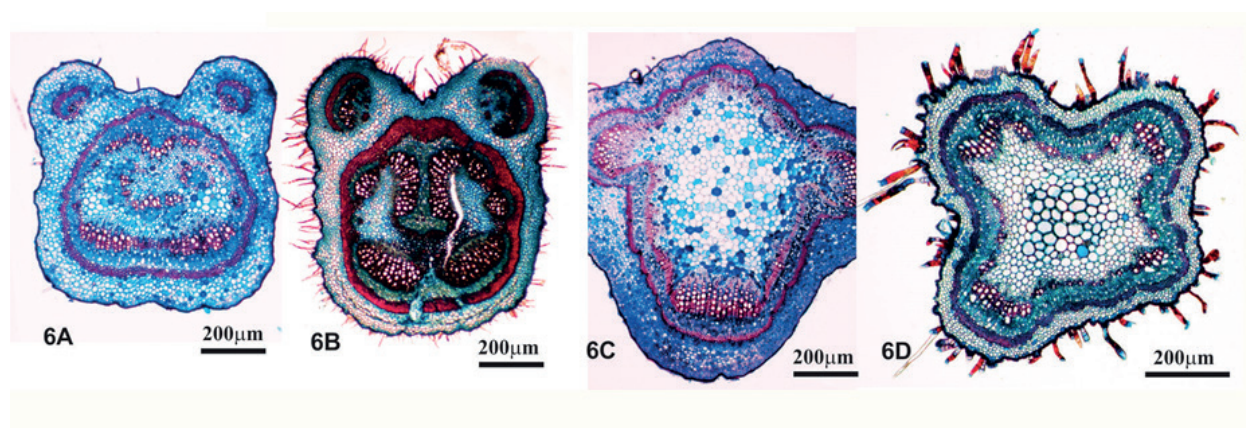
According to Martins and Figueiredo (2009), the quality of herbal drugs in the marketplace will depend in large part on their production systems. The harvesting of wild plants is the main source of herbal drugs commercialized in Brazil today. A significant portion of these drugs available for sale in that country is of inferior quality, with problems that include contamination, altered phytochemical profiles and unreliable botanical identifications. Additionally, harvesting in the wild threatens many natural plant populations (MARTINS; FIGUEIREDO, 2009) and demonstrates a disconnection between the manufacturers and the sustainable production of those herbal drugs. The macroscopic similarities of the leaves of various species of *Bauhinia* favor the adulteration of herbal drugs and other plant products, as *B. forficata* leaves are obtained by harvesting non-cultivated plants (AZEVEDO; SILVA, 2006). *B. forficata* is, however, a pioneer species that can grow well under full sunlight in open areas, a characteristic that would allow the use of cultivation strategies as reasonable alternatives to harvesting its leaves in the field (REIS; MARIOT; STEENBOCK, 2010), which would decrease falsification.

Figure 5. TS – Anatomical aspect of materials found in the different analyzed samples, including the presence of contaminants. When comparing the sample veins (TS) to those of *B. forficata*, none of them fit the standard.



A – Sample 1: Contaminant with histological organization similar to that of the Poaceae family; B – MV - Sample 3: Excessive quantities of druses; C – LPV - Sample 4: Histological organization different from that of the standard; D – LPV - Sample 6: Excessive quantities of tector trichomes on the adaxial face; E – MV - Sample 7 and F – LPV - Sample 8: Histological organization different from that of the standard. LPV - Lateral primary vein. MV - Midvein. TS- Transverse section.

Source: Elaborated by the authors (2015).

Figure 6. General aspect of petioles and stems in transverse section found in the analyzed samples.

A-B – Sample petioles: note the histological organizations typical of the genus *Bauhinia*, although not similar to the standard. Sample 4 (A) and sample 8 (B); C-D – Stems of the samples: note the histological organizations that differ from the standard. Sample 4 (C) and sample 5 (D).

Source: Elaborated by the authors (2015).

Because herbal drugs are widely sold throughout Brazil and easy to acquire, there is an overwhelming need for more intensive monitoring and control of their quality. This species has been the focus of a wide variety of studies that have demonstrated its therapeutic usefulness, however little information is available concerning the toxicity of this remedy. Studies of this type will be extremely necessary, especially because pata-de-vaca is a popular traditional native medicinal plant in Brazil with widely known pharmacological effects.

Conclusions

Of the 10 samples analyzed, none demonstrated the required quality for herbal drugs. All of them were deficient in terms of their packaging, and their labeling lacked the required information and/or provided erroneous data. Additionally, only one sample had leaves with anatomical characteristics of *B. forficata*, and essentially all samples contained various types of contaminants.

Acknowledgments

The authors thank PET-Farmácia for the study grant.

Avaliações da qualidade do "pata-de-vaca" (*Bauhinia forficata* Link) vendido no Brasil

Resumo

O gênero *Bauhinia* L. (Leguminosae), conhecido popularmente como pata-de-vaca, apresenta ampla diversidade no território brasileiro, compreendendo tanto espécies nativas quanto espécies exóticas. A espécie mais conhecida na medicina popular, *Bauhinia forficata* Link, denominada "pata-de-vaca verdadeira", é uma arvoreta cujas folhas são utilizadas sob forma de infusão para o tratamento

da diabetes. Como as espécies do gênero *Bauhinia* apresentam folhas bilobadas, essa semelhança contribui fortemente para a falsificação de produtos tradicionais fitoterápicos que deveriam ser constituídos de folha de *Bauhinia forficata*. Foram adquiridas 10 amostras comerciais de diferentes fabricantes de “pata-de-vaca” que a comercializam sob a forma de droga vegetal em várias regiões do Brasil e foram analisadas sob aspectos macro e microscópicos. Para fins comparativos, realizou-se o estudo morfoanatômico da folha da espécie padrão e analisou-se a literatura científica. Os pacotes e os rótulos foram avaliados baseados nas normatizações da ANVISA. Quase todas as amostras tinham caracteres anatômicos diferentes da folha padrão indicando que não eram autênticas. Ademais, todos os pacotes continham contaminantes. Assim, os resultados obtidos mostraram que todas as amostras analisadas foram reprovadas quanto aos aspectos avaliados. Esse tipo de produto, além de lesar o consumidor, ocasiona um risco significativo à saúde da população.

Palavras-chave: Chá medicinal. Controle de qualidade. Droga vegetal. Fabaceae. Plantas medicinais. Produto tradicional fitoterápico.

References

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Farmacopeia Brasileira**, v. 1. 5. ed. Brasília, 2010. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33832/260079/5ª+edição+-+Volume+1/4c530f86-fe83-4c4a-b907-6a96b5c2d2fc>. Acesso em: 12 maio 2015.

AMARAL, F. M. M.; COUTINHO, D. F.; RIBEIRO, M. N. S.; OLIVEIRA, M. A. Avaliação da qualidade de drogas vegetais comercializadas em São Luís/ Maranhão. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Maringá, v. 13, supl.1, p. 27-30, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v13s1/a11v13s1.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2014.

AZEVEDO, S. K. S.; SILVA, I. M. Plantas medicinais e de uso religioso comercializadas em mercados e feiras livres no Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v. 20, n. 1, p. 185-194, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062006000100017&lng=en. Acesso em: 11 dez. 2013.

BALBINO, E. E.; DIAS, M. F. Farmacovigilância: um passo em direção ao uso racional de plantas medicinais e fitoterápicos. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 6, p. 992-1000, dez. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-695X2010000600027&lng=en. Acesso em: 09 abr. 2014.

BALBINOT, S.; VELASQUEZ, P. G.; DÜSMAN, E. Reconhecimento e uso de plantas medicinais pelos idosos do Município de Marmeleiro – Paraná. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**. v. 15, n. 4, p. 632-638, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722013000500002&lng=en. Acesso em: 09 set. 2015.

BOSCOLO, O. H.; VALLE, L. S. Plantas de uso medicinal em Quissamã, Rio de Janeiro, Brasil. **Iheringia**, Sér Bot. v. 63, n. 2, p. 263-277, 2008. Disponível em: http://www.fzb.rs.gov.br/upload/20140328114019ih63_2_p263_278.pdf. Acesso em: 09 abr. 2014.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Portaria nº 248, de 17 de julho de 2008**. Dispõe sobre os critérios para verificação do conteúdo líquido de produtos pré-medidos com conteúdo nominal igual, comercializado nas grandezas de massa ou volume. 2008. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001339.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2015.

BRASIL. **A fitoterapia no SUS e o Programa de Pesquisa de Plantas Medicinais da Central de Medicamentos**. Brasília, Ministério da Saúde, 2006. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/fitoterapia_no_sus.pdf. Acesso em: 10 mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. **MS elabora Relação de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS**. Portal da Saúde, 06 mar. 2009 Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/sus/pdf/marco/ms_relacao_plantas_medicinais_sus_0603.pdf. Acesso em: 05 maio 2015.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução de diretoria colegiada nº 10, de 9 de março de 2010**. Notificação de drogas vegetais junto à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e dá outras providências. 2010. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_10_2010_COMP.pdf/6d4feca0-9b45-48f8-b44e-231fa048e4a6. Acesso em: 16 maio 2013

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução de diretoria colegiada nº 26 de 13 de maio de 2014**. Dispõe sobre registro de medicamentos fitoterápicos e o registro e a notificação de produtos tradicionais fitoterápicos. 2014. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/3171284/%283%29RDC_26_2014_COMP.pdf/84bee0e4-6504-461d-b672-77b088898e2d. Acesso em: 10 mar. 2015.

BUKATSCH, F. Bemerkungen zur Doppelfärbung Astrablau-Safranin. **Mikrokosmos**, v. 61, p. 255, 1972.

CAPASSO, R.; IZZO, A. A.; PINTO, L.; BIFULCO, T.; VITOBELLO, C.; MASCOLO, N. Phytotherapy and quality of herbal medicines. **Fitoterapia**, v. 71, n. 1, p. S58-S65, ago. 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367326X00001738/pdf?md5=82bfdada3ed20624858312957ec35029&pid=1-s2.0-S0367326X00001738-main.pdf>. Acesso em: 22 out. 2014.

CAZAROLLI, L. H.; ZANATTA, L.; JORGE, A. P.; SOUSA, E.; HORST, H.; WOEHL, V. M.; PIZZOLATTI, M. G.; SZPOGANICZ, B.; SILVA, F. R. M. B. Follow-up studies on glycosylated flavonoids and their complexes with vanadium their anti-hyperglycemic potential role in diabetes. **Chemico-Biological Interactions**, v. 163, p. 177–191, Jul. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009279706002092/pdf?md5=a1a6529b6c826830c3fb4e6bcf1ba0c8&pid=1-s2.0-S0009279706002092-main.pdf>. Acesso em: 26 set. 2014.

CAZAROLLI, L. H.; FOLADOR, P.; PIZZOLATTI, M. G.; SILVA, F. R. M. B. Signaling pathways of kaempferol-3-eohesperidoside in glycogen synthesis in rat soleus muscle. **Biochimie**, v. 91, p. 843–849, abr. 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030090840900100X/pdf?md5=0298968ecbaf2d65fe346f40dbc83c4c&pid=1-s2.0-S030090840900100X-main.pdf>. Acesso em: 26 set. 2014.

COSTA, R. P. C.; GUIMARÃES, A. L. A.; VIEIRA, A. C. M. Avaliação da qualidade de amostras de plantas medicinais comercializadas no Brasil. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 35, n. 3, p. 425-433, 2014. Disponível em: http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/Cien_Farm/article/viewFile/3001/1607. Acesso em: 02 jun. 2015.

CUNHA-LIMA, S. T.; RODRIGUES, E. D.; MELO, T.; NASCIMENTO, A. F.; GUEDES, M. L. S.; CRUZ, T.; ALVES, C.; MEYER, R.; TORALLES, M. B. Levantamento da flora medicinal usada no tratamento de doenças metabólicas em Salvador, BA- Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 10, n. 4, p. 83-89, 2008. Disponível em: http://www.sbpmed.org.br/download/issn_08_4/artigo12_p83-89.pdf. Acesso em: 10 mar. 2015.

DEFANI, M. A.; BARBOSA, T. K.; ROSSI, S. L.; NASCIMENTO, R. C. Utilização das plantas medicinais por diabéticos do município de Goioerê – PR. **Saúde e Pesquisa**, v. 4, n. 2, p. 223-231, 2011. Disponível em: <http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/saudpesq/article/download/1871/1280>. Acesso em: 09 abr. 2014.

DI STASI, L. C.; HIRUMA-LIMA, C. A. **Plantas medicinais na Amazônia e na Mata Atlântica**. 2. ed. São Paulo, Editora UNESP, 2002.

DI STASI, L. C.; OLIVEIRA, G. P.; CARVALHAES, M. A.; QUEIROZ-JUNIOR, M.; TIENA, O. S.; KAKINAMIA, S. H.; REISB, M. S. Medicinal plants popularly used in the Brazilian Tropical Atlantic Forest. **Fitoterapia**, v. 73, p. 69-91, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367326X01003628/pdffft?md5=c5893a7f66e035d880ecacbb57703a22&pid=1-s2.0-S0367326X01003628-main.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2015.

DONATO, A. M. Anatomia foliar e abordagem fitoquímica de *Bauhinia forficata* Link. (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Bradea**, v. 6, n. 42, p. 357-371, 1995.

ELLIS, B.; DALY, D. C.; HICKEY, L. J.; JOHNSON, K. R.; MITCHELL, J. D.; WILF, P.; SCOTT, L. **Manual of Leaf Architecture**. Ithaca Cornell University Press, 2009.

ENGEL, I. C.; FERREIRA, R. A.; CECHINEL-FILHO, V.; MEYRE-SILVA, C. Controle de qualidade de drogas vegetais a base de *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 2, p. 258-264, abr./jun. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v18n2/21.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2014.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. **Nature**, v. 155, p. 51, 1945.

HAVSTEEN, B. H. The biochemistry and medical significance of the flavonoids. **Pharmacology & Therapeutics**, v. 96, n. 2, p. 67– 202, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016372580200298X/pdffft?md5=61aaa7eeb5e1f6ff9c882f7bcfbcd1ed&pid=1-s2.0-S016372580200298X-main.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2014.

HOWARTH, W.; WARNE, L. G. G. **Practical Botany for the Tropics**. London: Univ. of London Press. 1959.

LIN, Y.; WONG, W. O.; SHI, G.; SHEN, S.; LI, Z. Bilobate leaves of *Bauhinia* (Leguminosae, Caesalpinioideae, Cercideae) from the middle Miocene of Fujian Province, southeastern China and their biogeographic implications. **BMC Evolutionary Biology**, v. 15, p. 1-17, 2015. Disponível em: <https://bmcevolbiol.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12862-015-0540-9>. Acesso em: 14 jun. 2016.

LINO, C. S.; DIÓGENES, J. P. L.; PEREIRA, B. A.; FARIA, R. A. P. G.; ANDRADE NETO, M.; ALVES, R. S.; QUEIROZ, M. G. R.; SOUSA, F. C. F.; VIANA, G. S. B. Antidiabetic activity of *Bauhinia forficata* extracts in Alloxan-diabetic rats. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v. 27, n. 1, p. 125 – 127, 2004. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/bpb/27/1/27_1_125/_pdf/-char/en. Acesso em: 26 set. 2014.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008.

LUSA, M. G.; BONA, C. Análise morfoanômica comparativa da folha de *Bauhinia forficata* Link e *B. variegata* Linn. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 1, p. 196-211, mar. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abb/v23n1/v23n1a22.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2013

MACRINI T. **Análise farmacognóstica de amostras de drogas vegetais psicoativas comercializadas em Diadema**. São Paulo, 2011. 123f. Dissertação (Mestrado)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

MARQUES, G. S.; MONTEIRO, R. P. M.; LEÃO, W. F.; LYRA, M. A. M.; PEIXOTO, M. S.; ROLIM-NETO, P. J.; XAVIER, H. S.; SOARES, L. A. L. Avaliação de procedimentos para quantificação espectrofotométrica de flavonoides totais em folhas de *Bauhinia forficata* Link. **Química Nova**, v. 35, n. 3, p. 517-522, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v35n3/14.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2013.

MARTINS, E. R.; FIGUEIREDO, L. S. Cultivo de plantas medicinais. In: LEITE, J. P. V. **Fitoterapia: bases científicas e tecnológicas**. São Paulo: Atheneu, 2009. p. 143-167.

MELO, J. G.; NASCIMENTO, V. T.; AMORIM, E. L. C.; ANDRADE-LIMA, C. S.; ALBUQUERQUE, U. P. Avaliação da qualidade de amostras comerciais de boldo (*Peumus boldus* Molina), pata-de-vaca (*Bauhinia* spp.) e ginkgo (*Ginkgo biloba* L.). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 14, n. 2, jul./dez. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v14n2/a04v14n2.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2013.

MELO, J. G.; MARTINS, J. D. G. R.; AMORIM, E. L. C.; ALBUQUERQUE, U. P. Qualidade de produtos a base de plantas medicinais comercializados no Brasil: castanha-da-índia (*Aesculus hippocastanum* L.), capim-limão (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf) e centela (*Centella asiatica* (L.) Urban). **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 1, p. 27-36, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abb/v21n1/04.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2014.

MENEZES, F. S.; MINTO, A. B. M.; RUELA, H. S.; KUSTER, R. M.; SHERIDAN, H.; FRANKISH, N. Hypoglycemic activity of two Brazilian *Bauhinia* species: *Bauhinia forficata* L. and *Bauhinia monandra* Kurz. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 1, p. 08-13, jan./mar. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v17n1/a03v17n1.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2013

MIYAKE, E. T.; AKISUE, G.; AKISUE, M. K. Caracterização farmacognóstica da Pata-de-vaca *Bauhinia forficata* Link. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 1, n. 1, p. 58-68, 1986. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v1n1/a07v1n1.pdf>. Acesso em: 03 set. 2013.

NASCIMENTO, V. T.; LACERDA, E. U.; MELO, J. G.; LIMA, C. S. A.; AMORIM, E. L. C.; ALBUQUERQUE, U. P. Controle de qualidade de produtos à base de plantas medicinais comercializados na cidade do Recife-PE: erva-doce (*Pimpinella anisum* L.), quebra-pedra (*Phyllanthus* spp.), espinheira santa (*Maytenus ilicifolia* Mart.) e camomila (*Matricaria recutita* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 7, n. 3, p. 56-64, 2005. Disponível em: http://www.sbpmed.org.br/download/issn_05_3/artigo8_v7_n3.pdf. Acesso em: 09 abr. 2014.

PANTOJA, S. C. S.; LOPES, G. F. G. Levantamento das espécies de plantas medicinais utilizadas pela população de Santa Cruz – Rio de Janeiro – RJ. **Revista Eletrônica Novo Enfoque**, v. 15, p. 62-68, 2012. Acesso em: 09 set. 2015.

PEIXOTO-SOBRINHO, T. J. S.; GOMES, T. L. B.; CARDOSO, K. C. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; AMORIM, E. L. C. Teor de flavonóides totais em produtos contendo pata-de-vaca (*Bauhinia* L.) comercializados em farmácias de Recife. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 4, p. 586-591, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v14n4/03.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2013.

REIS, M. S.; MARIOT, A.; STEENBOCK, W. Diversidade e domesticação de plantas medicinais. In: SIMÕES, C. M. O. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6. ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2010. p. 45-74.

RUSSO, E. M.; REICHEL, A. A.; SÁ, J. R.; FURLANETTO, R. P.; MOISÉS, R. C.; KASAMATSU, T. S.; CHACRA, A. R. Clinical trial of *Myrcia uniflora* and *Bauhinia forficata* leaf extracts in normal and diabetic patients. **Revista Brasileira de Pesquisas Médicas e Biológicas**, v. 23, n. 1, p. 11-20, 1990. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2201413>. Acesso em: 10 abr. 2013.

SALATINO, A.; BLATT, C. T. T.; SANTOS, D. Y. A. C.; VAZ, A. M. S. F. Foliar flavonoids of nine species of *Bauhinia*. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 1, abr. 1999. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84041999000100003&lng=en&nrm=iso&tln g=en. Acesso em: 21 ago. 2013.

SILVA, K. L.; CECHINEL-FILHO, V. Plantas do gênero *Bauhinia*: composição química e potencial farmacológico. **Química Nova**, v. 25, n. 3, p. 449-454, set. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v25n3/9339.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2013.

SILVA, F. R. M. B.; SZPOGANICZ, B.; PIZZOLATTI, M. G.; WILLRICH, M. A. V.; SOUSA, E. Acute effect of *Bauhinia forficata* on serum glucose levels in normal and alloxan-induced diabetic rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 83, p. 33-37, jul. 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874102001939/pdf?md5=2bf39eef661d7f9f581830e07c41e6c&pid=1-s2.0-S0378874102001939-main.pdf>. Acesso em: 03 set. 2013.

SILVEIRA, P. F.; BANDEIRA, M. A. M.; ARRAIS, P. S. D., Farmacovigilância e reações adversas às plantas medicinais e fitoterápicos: uma realidade. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 4, p. 618-626, out./dez. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v18n4/v18n4a21.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2014.

SOUSA, E.; ZANATTA, L.; SEIFRIZ, I.; CRECZYNSKI-PASA, T. B.; PIZZOLATTI, M. G.; SZPOGANICZ, B.; SILVA, F. R. M. B. Hypoglycemic Effect and Antioxidant Potential of Kaempferol-3,7-O-(r)-dirhamnoside from *Bauhinia forficata* leaves. **Journal of Natural Products**, v. 67, n. 5, p. 829-832, abr. 2004. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/np030513u>. Acesso em: 21 ago. 2013.

SOUZA-MOREIRA, T. M.; SALGADO, H. R. N.; PIETRO, R. C. L. R., O Brasil no contexto de controle de qualidade de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 3, p. 435-440, jun./jul. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v20n3/a23v20n3.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2013.

STRASBURGER, E. **Handbook of Practical Botany**. New York, The MacMillan Company, 1924.

TROJAN-RODRIGUES, M.; ALVES, T. L. S.; SOARES, G. L. G.; RITTER, M. R. Plants used as antidiabetics in popular medicine in Rio Grande do Sul, southern Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 139, p. 155-163, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874111007732/pdf?md5=f406b426a845c58f29c44192354a72d9&pid=1-s2.0-S0378874111007732-main.pdf>. Acesso em: 09 set. 2015.

VAZ, A. M. S. F.; TOZZI, A. M. G. A. Sinopse de *Bauhinia* sect. *Pauletia* (Cav.) DC. (Leguminosae: Caesalpinioideae: Cercideae) no Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 3, p. 477-491, jul./set. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbb/v28n3/28999.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2013.

VENDRUSCOLO, G. S., MENTZ, L. A. Levantamento etnobotânico das plantas utilizadas como medicinais por moradores do Bairro Ponta Grossa, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Sér Bot. p. 61, n. 1-2, p. 83-103, 2006. Disponível em: http://www.fzb.rs.gov.br/upload/20140328134730ih61_p83_103.pdf. Acesso em: 22 nov. 2013.

WHO. **The importance of pharmacovigilance: Safety monitoring of medicinal products**. United Kingdom, WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 2002. Disponível em: <http://apps.who.int/medicinedocs/pdf/s4893e/s4893e.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2014.

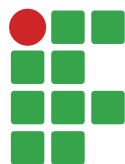
YOKOTA, A. A.; JACOMASSI, J.; LAVERDE JUNIOR, A.; TAKEMURA, O. S. Avaliação da qualidade de produtos contendo *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek – Celastraceae (espinheira-santa) comercializados na cidade de Umuarama-PR. **Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 31, n. 2, p. 159-168, jul./dez. 2010. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/8788/8353>. Acesso em: 18 nov. 2015.

Received: August 21, 2017

Accepted: January 12, 2018

Sumário

Radioespectroscopía de campo para áreas de resiembra de palma aceitera africana en el Pacífico de Costa Rica.....	112
Ramón Masís Campos; Jonnathan Reyes Chaves; Rafael Arce Mesén; Rubén Martínez Barbáchano	
Necessidade de bordadura em ensaios de valor de cultivo e uso na cultura do arroz.....	127
Marcelo Eduardo Forni de Mattos; Flávia Barbosa Silva Botelho; Gabriel Mendes Villela; Douglas Goulart Castro; Bruno Manoel Rezende Melo; Tácio Peres da Silva	
Interferência de eventos transgênicos nos atributos morfológicos e produtivos do milho	139
Laís Teles de Souza; José Luiz de Andrade Rezende Pereira; Silas Maciel de Oliveira	
Comparação de classificadores supervisionados na discriminação de áreas de preservação em reservatório hidrelétrico.....	150
Jefferson Francisco Soares; Gláucia Miranda Ramirez; Mirléia Aparecida de Carvalho; Marcelo de Carvalho Alves; Christiany Mattioli Sarmiento; Diego Bedin Marin	
Avaliação do efeito residual do nitrogênio liberado pelos restos culturais da soja na produtividade do milho segunda safra	166
Ivan Vilela Andrade Fiorini; Cassiano Spaziani Pereira; Hécio Duarte Pereira; Felipe Ribeiro Resende; Ewerton Léllys Resende; Adriano Alves da Silva	
Estudio del ámbito ecológico ambiental: percepción de niños y jóvenes de las escuelas del Distrito de Obligado, Departamento de Itapúa.....	176
Vanessa Juliet Dickel Tischler; Juan Jose Bonnin	



Radioespectroscopía de campo para áreas de resiembra de palma aceitera africana en el Pacífico de Costa Rica

Ramón Masís Campos¹

Jonnathan Reyes Chaves²

Rafael Arce Mesén³

Rubén Martínez Barbáchano⁴

Resumen

El presente trabajo permitió caracterizar espectralmente la palma africana a escala foliar, por medio de trabajo de campo con un radioespectrometro portátil en plantaciones en el Pacífico Central y Sur de Costa Rica. Se recopiló firmas espectrales de palmas sanas, enfermas y con deficiencias nutricionales. Para su registro geográfico, espectral y fitosanitario se diseñó e implementó una Geodatabase. La determinación de firmas permite desarrollar bibliotecas espectrales de diferentes tipos de vegetación, suelos y aguas. Además permite mejores clasificaciones de imágenes satelitales que derivan cartografía temática o calcular múltiples índices de vegetación, entre otros. La vegetación sana tiene una reflectividad baja en el visible aunque tiene un pico en el verde debido a la presencia de la clorofila. El comportamiento espectral en la vegetación enferma tiene una baja en la curva de reflectividad en el infrarrojo y aumenta la reflectividad en las longitudes de onda del rojo y azul. También la reflectividad de una planta depende de su contenido en agua.

Palabras clave: Espectrometría de campo. Comportamiento espectral. Plantaciones de Palma. Costa Rica.

Introducción

La vegetación tiene un comportamiento espectral según la especie, contenido de humedad, la estructura de su follaje, salud, estado fenológico, pigmentación (clorofila, xantofila o carotenoides). En la agricultura, los análisis espectrales tienen cada día más relevancia con los productores de los principales cultivos de Costa Rica (café, banano, caña de azúcar, piña, palma aceitera, arroz, otros), además facilita la intervención técnica de agrónomos y fisiólogos vegetales, debido a sus bondades para realizar inferencias sobre su estado fitosanitario (detección temprana de plagas, enfermedades, deficiencias nutricionales o disponibilidad de agua).

En el país se han implementado iniciativas, por medio de diversas investigaciones para construir bibliotecas mediante la colección de diversos comportamientos espectrales mediante la espectrometría de campo. Por ejemplo, el Programa de Investigaciones Aerotransportadas y Sensores Remotos (PRIAS) tiene como objetivo desarrollar una metodología para la toma de comportamientos

1 Universidad de Costa Rica (UCR), máster en SIG y TD. ramon.masiscampos@ucr.ac.cr.

2 Universidad de Costa Rica (UCR), máster en SIG y TD. jonnathan.reyeschaves@ucr.ac.cr.

3 Universidad de Laval, doctor en Geografía. rafael.arce@ucr.ac.cr.

4 Universidad de Valladolid, máster en SIG y TD. ruben.martinezbarbachano@ucr.ac.cr.

espectrales de diferentes coberturas vegetales (café, piña, minerales) para su incorporación en imágenes hiperespectrales.

De la misma manera, el equipo técnico de CARTA 2005 colectó de manera experimental 45 tipos diferentes de comportamientos espectrales (asfalto, caña de azúcar, yuca, pasto, maíz, rocas, cenizas, agua, otros), distribuidos por el país en sitios como: Turrialba, Volcán Arenal e Irazú, Sierpe, La Selva, Santa Rosa, Los Inocentes, Ciruelas y Tilarán. Su recopilación tenía como objeto su utilización en la clasificación de imágenes hiperespectrales Hymap. También Alfaro (2009), aplicó espectroradiometría en campo para la detección de enfermedades en plátano y banano en una finca en el cantón Osa como parte de su trabajo final de graduación para optar al título de máster en SIG y Teledetección, UNA-UCR.

Finalmente, el valor agregado de la determinación de firmas espectrales en campo permite al analista de imágenes hiperespectrales (Hyperion, Hymap, AVIRIS, HYDICE, otros) la corrección radiométricamente, desarrollar bibliotecas espectrales de diferentes coberturas (vegetación, suelos, aguas), obtener mejores clasificaciones de coberturas que derivan cartografía de la distribución de las masas forestales, cultivos, pastizales para grandes extensiones geográficas o generar diferentes tipos de índices de vegetación, índices de área foliar, biomasa, otros.

Área de estudio

En 1944, la United Fruit Company introdujo la palma aceitera en Quepos, Costa Rica. Dos décadas, la compañía Grupo NUMAR expandió el cultivo a la zona de Coto, donde se plantaron 2.800 ha (CORTÉS, 1994).

El último Censo Agropecuario 2014 de Costa Rica, registró que el país tenía unas 66.419 ha sembradas de palma aceitera. La mayoría de las fincas están concentradas en la vertiente Pacífico (Parrita, Quepos, Osa, Corredores, Golfito, Pérez Zeledón) con el 87% de las plantaciones y algunos sectores en el Caribe, especialmente en Matina y Guácimo.

Tanto en el Pacífico Central y Sur, el cultivo es producido en cooperativas, compañías y productores particulares. Según Canapalma (2014), en el país el 63.7% de las áreas sembradas están en manos de pequeños productores independientes y cooperativas. A nivel nacional se estima que hay unos 2.100 productores asociados al cultivo.

Entre las agroproductoras más importantes en el área de estudio están: Coopecalifornia, Coopesilencio, Palmatica, CoopeAgropal, Coopevaquita, CIPA, Coopeguaycará, Coopesur, Sermucoop, Coopegamba, Coopetriunfo, Coodesa, Coopeintegración, Coopesierreacantillo, Surcoop, Coopetriunfo, entre otros.

Dentro de la delimitación de la presente investigación (FIGURA 1), se abarca los cantones de la provincia de Puntarenas productores de palma: Parrita, Aguirre, Osa, Golfito y Corredores. Esta región se orienta de oeste a suroeste entre las coordenadas geográficas: 9°38'N, 84°33'O y 8°2'N, 82°49'O, a lo largo de 220 km y cubre unos 5.347 km² (casi un 9,5 % del territorio nacional).

Figura 1 – Área de estudio: Pacífico Central y Sur de Costa Rica.



Fuente: Proyecto B6003. Universidad de Costa Rica (2017).

Cultivo de estudio

En el país existen al menos 8 variedades “tradicionales” de palma (Deli x Nigeria, Deli x Ghana, Deli x Ekona, Deli x Lame, Deli x Yangambi, Deli x Avros, Tanzania x Ekona, Bamenda x Ekona), sin

embargo desde el 2004 que se comercializan clones de alta densidad como: Themba, Zeus, Titán, Tornado, entre otros (ASD Costa Rica) (TABLA 1).

Tabla 1 – Variedades de palma aceitera africana identificadas en el trabajo de campo.

Característica	Compacta x Nigeria	Ghana	Themba	Evolution	Tornado Amarillo	Clon Sunrise	Drake A
Crecimiento del tronco (cm/año)	40-45	-	58	50-55	24,1	28,4	32
% aceite en racimo	20-30	31,2	27,5	>30	26,7	28,6	32,2
Tamaño del fruto	9-11 g	-	Grandes	>11 g	12,9 g	8,2 g	9,2 g
Peso del racimo (kg)	18-22	-	5,6 (primer año)-13,1 (quinto año)	>22	14,9	-	18,5 (promedio de 5-7 años dds)
Tolerancia a la luminosidad	Moderada a baja luminosidad	-	Adaptada a baja luminosidad	Moderada a la baja luminosidad	-	-	-
Tolerancia a la temperatura	Moderada al frío	Tolerante a bajas temperaturas	-	Moderada a las bajas temperaturas	-	-	-
Tolerancia a la sequía	Moderada-alta	Tolerante a déficit hídrico	Adaptada a déficit anual de hasta 300mm	Moderada	-	-	-
Largo de la hoja	660-690 cm	Cortas	630 cm (hoja 17 al quinto año)		598 cm (9 años dds)	727 cm (9 años dds)	699 cm (10 años dds)
Resistencia a plagas/enfermedades	Tolerancia moderada al trastorno de la PC o pudrición del cogollo	Tolerante a la pudrición común de flecha	Tolerancia a flecha/arqueo foliar y baja incidencia del anillo rojo	Evolution Blue presenta resistencia moderada a flecha seca	-	-	Tolerante a la pudrición del cogollo
Densidad (plts/ha)	160-180	-	160	-	190 (clon tornado)	-	-
Rendimiento	3,5 (primer año) y 27,5 (quinto año) ton/ha	93,8 kg/palma/año	-	97 kg/palma/año	43,6 ton/ha	41,1 ton/ha	40 ton/ha (promedio de 8-11 años dds)

Fuente: Recopilado de ASD Costa Rica (2017).

Para el desarrollo óptimo de la palma en Costa Rica, la Cámara Nacional de Productores de Palma (CONAPALMA) sugiere las siguientes condiciones agroecológicas:

1. Siembra desde 0 a 400 metros sobre el nivel del mar, con suelos limosos profundos y bien drenados.
2. Temperaturas promedio anuales entre 23° C y 27° C. Además se requiere una insolación de unas 5 horas al día.
3. Precipitaciones entre 1750 y 2000 mm anuales, con una distribución de 150 mm por mes.

No obstante, el sistema productivo de la palma aceitera africana es susceptible a diversas plagas, enfermedades, deficiencias nutricionales o tipos de estrés (TABLA 2).

Tabla 2 – Plagas, enfermedades, deficiencias nutricionales y estrés en la palma aceitera africana.

Plagas	Enfermedades	Deficiencias nutricionales	Estrés
Zompopas, Opsiphanes cassina, Acharia hyperoche, Oiketicus kirby, Stenoma cecropia, Automeris sp, Chupadores homópteros, Rhynchophorus palmarum, Strategus aloeus, Rhinostomus barbirostris, Sagalassa valida, ratas, taltuzas.	Anillo rojo, Pestalotiopsis, Mycosphaerella elaeidis, Marchitez sorpresiva, Marchitez sorpresiva, Anillo clorótico, Pudrición de flecha común, Arqueo foliar, Pudrición severa del cogollo, Pudrición del cogollo clásica, Mancha anular, Pudrición basal húmeda seca, corchosa, Marchitez por Fusarium.	N, K, Mg, B, P	Déficit hídrico

Fuente: Chinchilla [sin fecha].

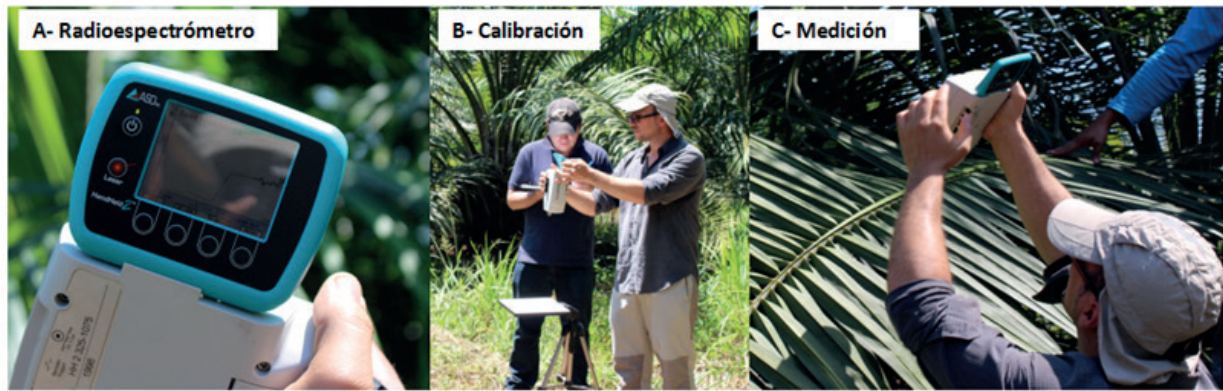
Material y métodos

Para el trabajo de campo, el proyecto utilizó un espectroradiómetro FieldSpec HandHeld 2 ASD (Analytical Spectral Devices). Su rango espectral comprende los 325 nm y 1075 nm, con una precisión de 1 nm. Es decir, cubre aproximadamente desde el azul al infrarrojo cercano.

Chuvieco (2002), señala que existen una serie de factores que pueden modificar la captura de los comportamientos espectrales como: el ángulo de iluminación solar (se debe considerar la hora y la fecha durante el año), la orientación de las laderas por donde ingresa el ángulo de iluminación, la influencia de la atmósfera, especialmente el papel de las nubes en la absorción o dispersión de diferentes longitudes de onda, la condición fenológica, de suelos u otras condiciones ambientales.

La recopilación de los comportamientos espectrales se hicieron en condiciones atmosféricas soledas durante las 8:00 am y las 2:00 pm. Calibrando con un panel de referencia blanco (spectralon, politetrafluorotileno sintético) con dimensiones de 5,1 x 5,1 cm a 30,5 cm x 30,5 cm, para optimizar el instrumento, regulando el tiempo de integración de acuerdo a la intensidad de la luz utilizada, de esta manera se evitó saturar el FieldSpec HandHeld 2 (FIGURA 2).

Figura 2 – Espectroradiómetro de campo.



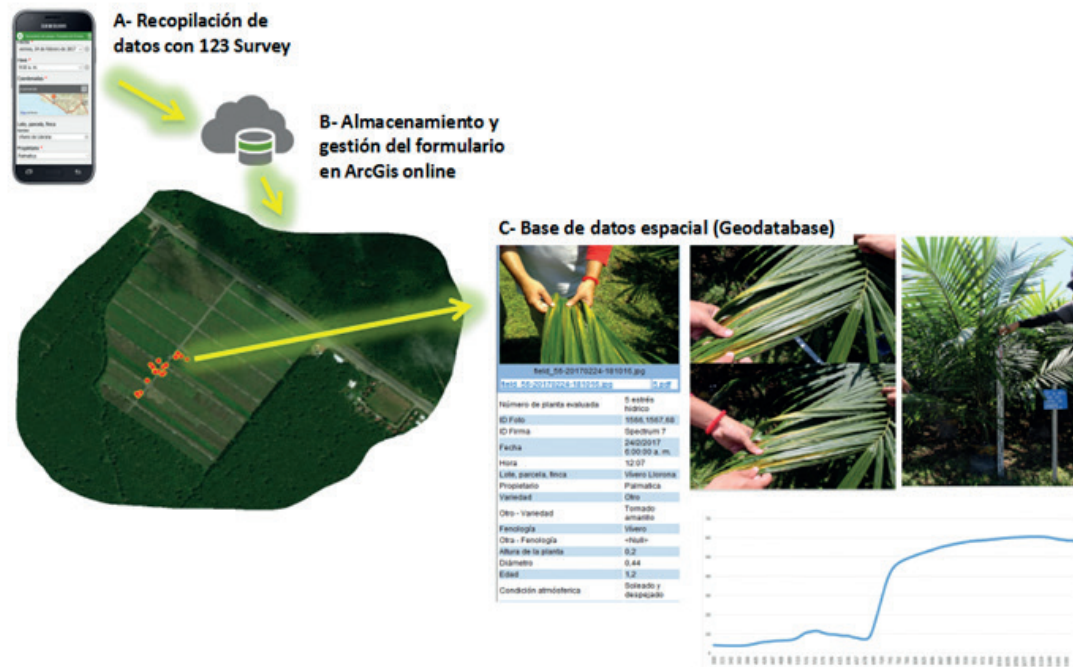
Fuente: Proyecto B6003. Universidad de Costa Rica (2017).

En la colecta del comportamiento espectral foliar de la palma se consideró para la medición la hoja número 9, en aquellas plantas menores de 3 años y la número 17 para palmas más adultas. La selección de las hojas obedece a que es la hoja más representativa según estado fonológico de la hoja en ese momento. Al mismo tiempo, con el fin de mejorar la descripción del comportamiento espectral, se diseñó e implementó una Geodatabase de ESRI (FIGURA 3) para levantar datos asociados a cada planta estudiada como: altura, diámetro, edad, fecha, hora, condición atmosférica, variedad, propietario, registros fotográficos, evaluación fitopatológica y fenológica de la planta in situ. En campo, la información fue recopilada con la aplicación para Android Survey123 y administrada con ArcGis Online.

Para el procesamiento de datos, la descarga de los comportamientos espectrales del espectroradiómetro se realizó con el software RS3 y la manipulación de los archivos de extensión *.asd se realizó con ViewSpec Pro. Con esta herramienta, se puede graficar el comportamiento espectral y convertir los datos como ficheros ASCII o txt para adjuntarlos a la base de datos.

Además, se usó el software SAMS, creado por la Universidad de California/Davis que permite administrar y analizar bases de datos espectrales con sus metadatos para su incorporación en bibliotecas espectrales para introducir al software ENVI. Este tipo de estudios tiene un carácter más de carácter de representación gráfica y de almacenamiento de los datos para que sirva de insumo para posteriores estudios.

Figura 3 – Diseño e implementación de la base de datos espaciales de las firmas espectrales.



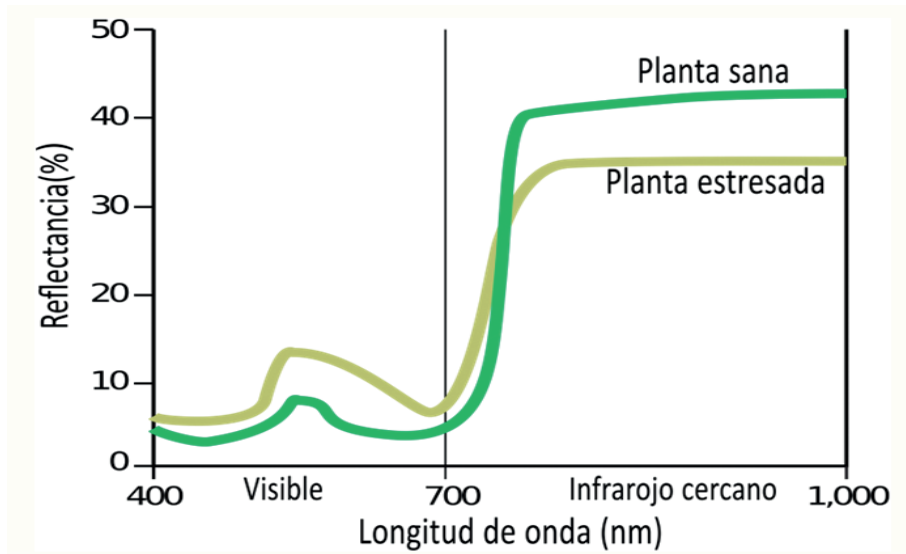
Fuente: Proyecto B6003. Universidad de Costa Rica (2017).

Resultados y discusión

En general, los comportamientos espectrales de la vegetación manifiestan una variabilidad por la presencia de pigmentos, estructura celular (formas y tipo de hoja) y el contenido de humedad. En el espectro visible las plantas se caracterizan por una baja reflectividad en el visible, debido a que todos los pigmentos absorben las longitudes de onda entre los 445 nm y 645 nm, excepto en la banda intermedia de 550 nm (verde), donde refleja un poco más la energía electromagnética (FIGURA 4).

En contraste a una hoja enferma, esta aumenta la presencia de carotenos respecto al decrecimiento de la clorofila. Espectralmente tiene un incremento de la reflectividad en el rojo. La elevada reflectividad en el infrarrojo cercano se debe a la baja absorptividad de la clorofila, estructura celular y el contenido de agua de la hoja.

Figura 4 – Respuesta espectral típica de la vegetación sana y estresada.



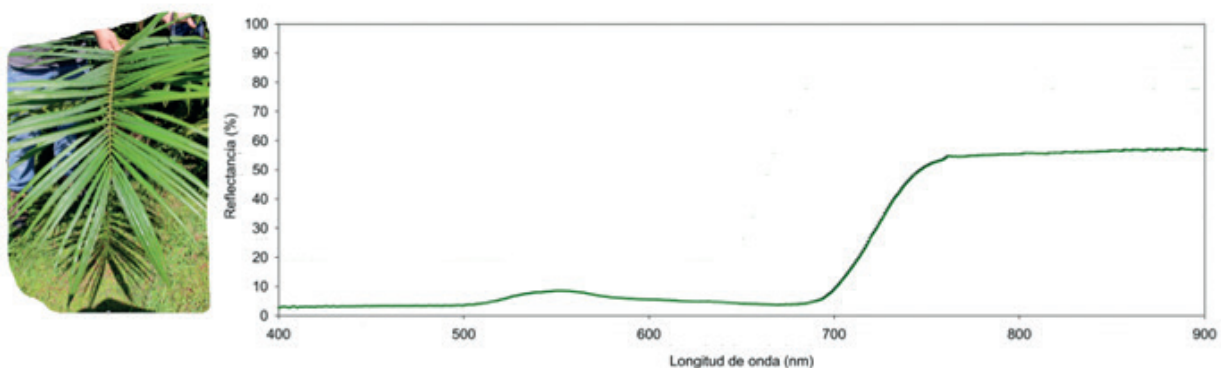
Fuente: Modificado de GREENSEEKER™ (2017).

Caracterización espectral de la palma aceitera sana

La vegetación sana tiene una reflectividad baja en el visible aunque tiene un pico en el verde debido a la presencia de la clorofila. También la reflectividad es muy alta en el infrarrojo próximo debido a la escasa absorción de energía por parte de las plantas en esta banda.

En el caso de la Figura 5 corresponde a una palma joven en condiciones sanas que tiene una reflectancia en el verde (525 nm-605 nm) entre un 3 y 4% más alta que las longitudes de onda del espectro visible que se extiende entre el azul (325-525 nm) y rojo (655-700 nm). Pero, es en el infrarrojo cercano (700 nm-1025nm) donde se refleja más energía que la que absorbe, más del 50% de la energía es reflejada en esa región del espectro electromagnético

Figura 5 – Comportamiento espectral promedio de la palma sana en el estado fenológico en vivero.



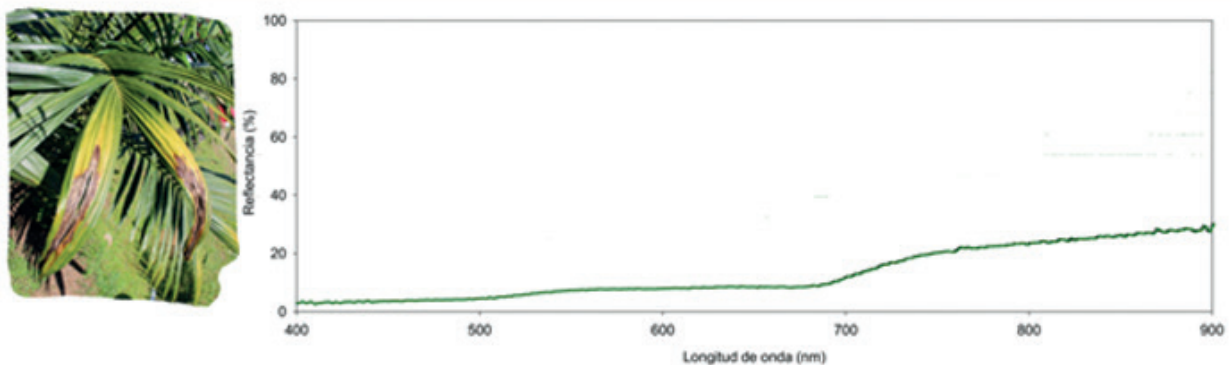
Fuente: Proyecto B6003. Universidad de Costa Rica (2017).

Caracterización espectral de la palma aceitera enferma o muerta

El comportamiento espectral en la vegetación enferma tiene una baja en la curva de reflectividad en el infrarrojo y aumenta la reflectividad en las longitudes de onda del rojo y azul. También la reflectividad de una planta depende de su contenido en agua. Cuando el contenido humedad aumenta disminuye la reflectividad, ya que crece la absorción de radiación por parte del agua contenida en la planta.

El déficit hídrico (FIGURA 6) en la palma se manifiesta con el amarillamiento y muerte de hojas bajas e incluso doblamiento del cogollo. El comportamiento espectral tiene una reflectancia baja en el visible e infrarrojo cercano respecto a una palma sana. No obstante, entre la región entre 700 y 750 nm (Far red), la reflectancia aumenta entre un 30 y 50%.

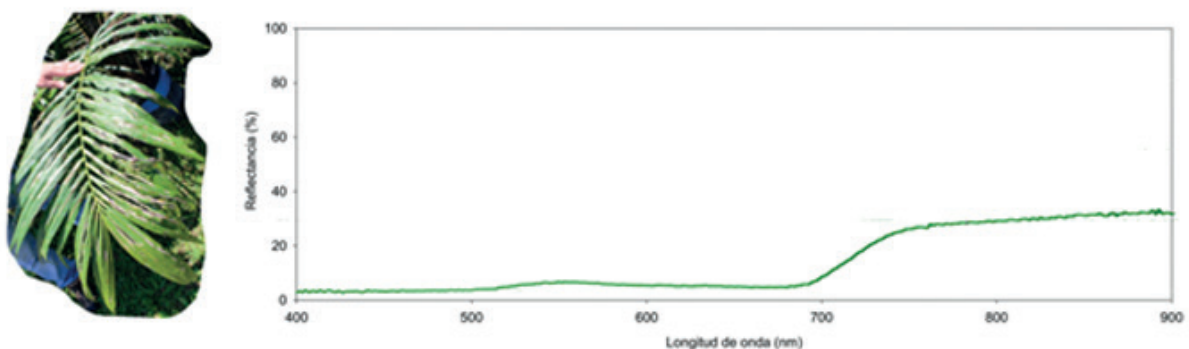
Figura 6 – Comportamiento espectral de la palma aceitera con estrés hídrico en vivero.



Fuente: Proyecto B6003. Universidad de Costa Rica (2017).

La antracnosis es una enfermedad común en plantas juveniles. Dominguez y otros (2012) indican que la lesión más frecuente se localiza en la parte distal de los folíolos. El desarrollo incluye el crecimiento de manchas que se tornan de un color pardo oscuro rodeado por un halo amarillento (FIGURA 7).

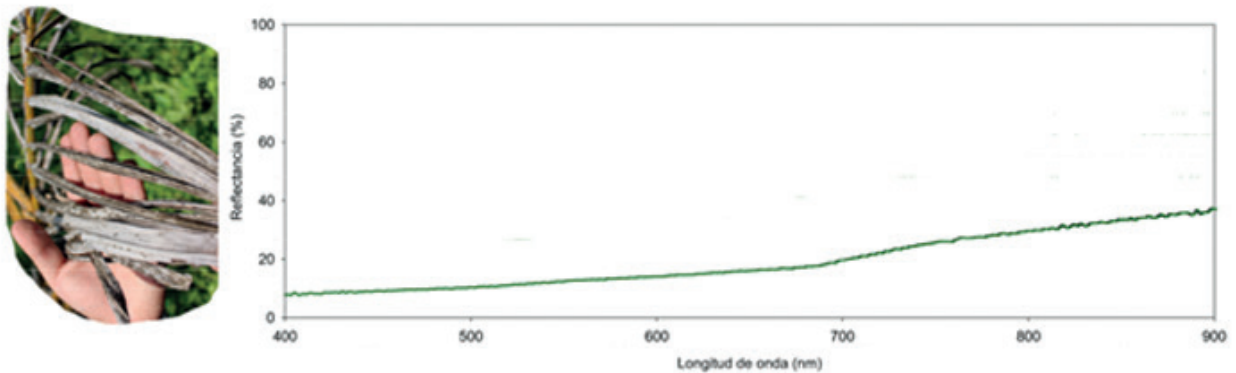
Figura 7 – Comportamiento espectral de palma aceitera con Antracnosis sp en estado fenológico en vivero.



Fuente: Proyecto B6003. Universidad de Costa Rica (2017).

Por otro parte, en el caso de una hoja enferma la presencia de clorofila se va debilitando y aumenta la dominancia de los pigmentos amarillos, ocres, rojos y naranjas. Cuando las hojas mueren (FIGURA 8), la energía es reflejada en todas las regiones entre 325 y 1025 nm. Especialmente en el infrarrojo cercano donde existen reflectancias cercanas al 70%.

Figura 8 – Comportamiento espectral de palma aceitera muerta.



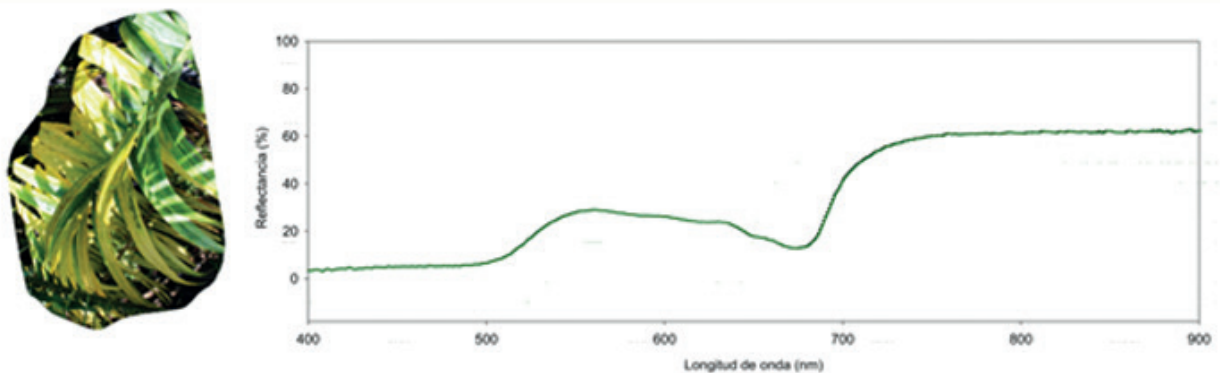
Fuente: Proyecto B6003. Universidad de Costa Rica (2017).

Caracterización espectral de la palma aceitera con deficiencia nutricional

Las deficiencias nutricionales en la palma aceitera son identificadas en evaluaciones particulares. En el caso de las hojas, éstas pueden tornarse amarillas, anaranjadas o manifestar franjas blancuzcas por carencia de N, Mg, P, B, K.

El nitrógeno es un elemento vital en la fotosíntesis. Su carencia torna amarillo pálido el follaje y reduce el tamaño de las hojas y folios. La respuesta espectral manifiesta que las hojas aparecen amarillas debido a que los carotenos y xantofilos absorben la luz azul y reflejan la luz verde y roja. Probablemente porque los carotenos y xantofilos son los dominantes en las hojas, específicamente 645-685 nm (FIGURA 9).

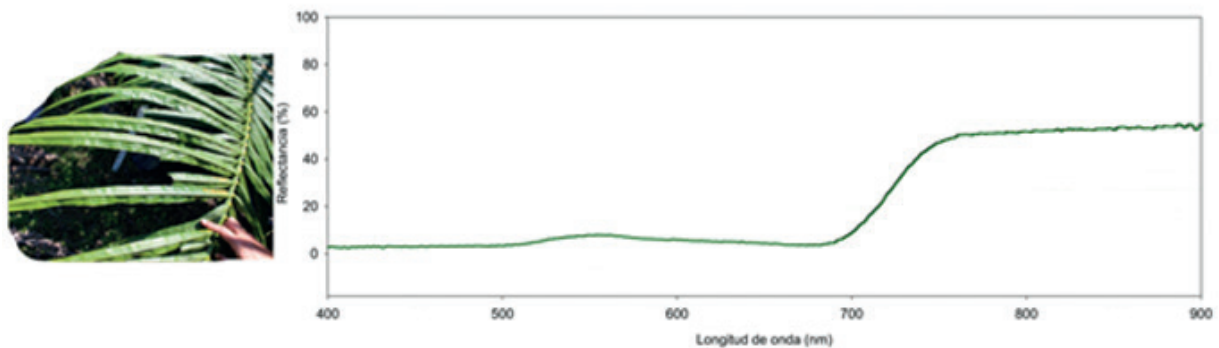
Figura 9 – Comportamiento espectral de palma aceitera con deficiencia de N en estado fenológico en vivero.



Fuente: Proyecto B6003. Universidad de Costa Rica (2017).

Las deformaciones y los corrugamientos en las hojas son respuestas a la falta de boro (FIGURA 10). La palma aceitera es sensible a las bajas concentraciones de este elemento, presentando anomalías en su crecimiento, desarrollo y reproducción. Gutiérrez y Torres (2013) señalan que a nivel de folíolos se observan con frecuencia una coloración verdosa más intensa y texturas arrugadas o risadas.

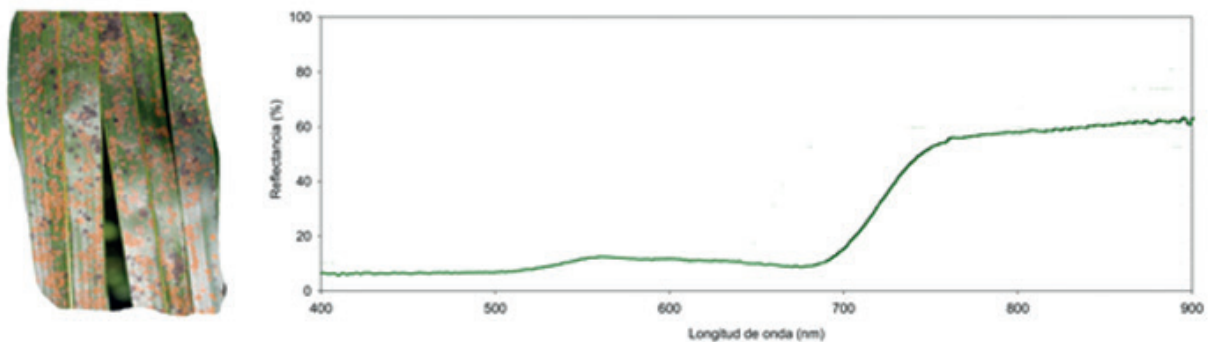
Figura 10 – Comportamiento espectral de palma aceitera con deficiencia de B en estado fenológico en vivero.



Fuente: Proyecto B6003. Universidad de Costa Rica (2017).

Por otro lado, las manchas anaranjadas son señales de bajas concentraciones de potasio (FIGURA 11) y esto ocurre frecuentemente para hojas viejas. En casos graves, los puntos amarillo-naranja se convierten en manchas necróticas. La carencia de este elemento se puede identificar en la región de 650-780 nm, especialmente en las reflectancias a 440, 520, 600 y 720 nm.

Figura 11 – Comportamiento espectral de palma aceitera con deficiencia de K.



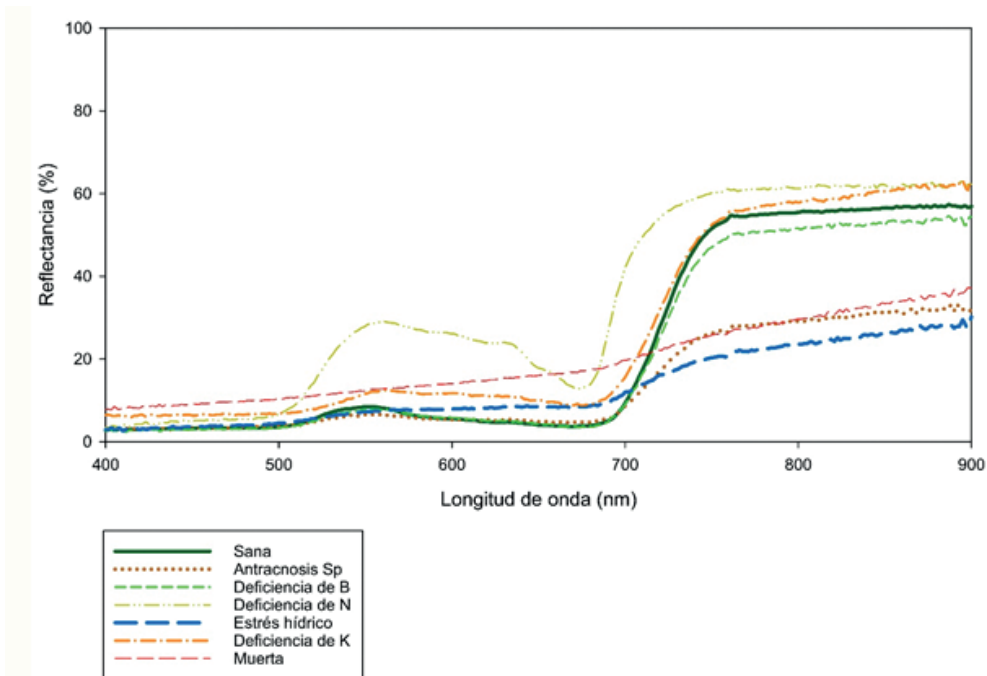
Fuente: Proyecto B6003. Universidad de Costa Rica (2017).

Agrupando, todas las observaciones se obtiene una gráfica que describe el comportamiento de la palma. Según la Figura 12, el porcentaje de la reflectancia en la longitud de onda entre los 500 nm y los 600 nm es la que presenta mayor porcentaje entre las diferentes condiciones principalmente en la hoja con deficiencia de nitrógeno, situación contraria se ve en las hojas que manifiestan Antracnosis sp.

Para el caso de las plantas con estrés hídrico o muertas presentan una curva moderadamente creciente en el porcentaje de la reflectancia en la medida que se acercan al infrarrojo cercano.

El inicio del infrarrojo cercano marca de manera abrupta un cambio en comportamiento de las hojas de palma aceitera que presentan deficiencia de Nitrógeno, Potasio, Boro o de la misma planta sana, llegando a alcanzar valores de reflectancia mayores al 40 %.

Figura 12 – Comportamiento espectral de palma aceitera en diferentes condiciones.



Fuente: Proyecto B6003. Universidad de Costa Rica (2017).

Consideraciones finales

El objetivo de efectuar la caracterización espectral de la palmera, fue con la finalidad de potenciar el uso de esa información a una biblioteca espectral en programas como ENVI para futuras clasificaciones conforme aumente la disponibilidad de imágenes obtenidas de satélites o vehículos aéreos no tripulados. De esta manera, los datos colectados permiten hacer validaciones cruzadas para mejorar el proceso de clasificación de imágenes y los análisis locales o regionales de parte del sector agroproductivo de la palma aceitera (cooperativas, empresas o CANAPALMA en el caso costarricense).

Una limitante técnica detectada en la recolección de firmas espectrales en campo es la variabilidad del tiempo atmosférico (presencia de humedad atmosférica, nubosidad, lluvia, otros) en cortos periodos de tiempo, por lo que se recomienda medir con el dispositivo leaf clip conectada a una batería autónoma para reducir el ruido entre los 325 - 400 nm y 900 y 1075 nm del FieldSpec HandHeld.

Igualmente, se recomienda que estos estudios espectrales puedan medir en longitudes de onda entre los 1075 nm y 2500 nm, con el fin de identificar el contenido de humedad en la vegetación y analizar especialmente el estrés hídrico. Para esto, se puede medir y registrar con espectrofotómetros de laboratorio por medio del muestreo de folíolos en campo. Otro punto importante a considerar para

futuras investigaciones es hacer el análisis y verificar si las variaciones espectrales (valor medio y desviación estándar) tienen discrepancias suficientes para ser identificadas en una imagen, ya que esta investigación se concentró en los datos levantados en campo.

Finalmente, es importante incluir dentro de los equipos de trabajo las profesiones de diferentes áreas de conocimiento (Geografía, Agronomía, Biología, Física, entre otros) en la construcción de las bibliotecas espectrales.

Agradecimiento

Los investigadores desean manifestar su gratitud a la Vicerrectoría de Investigación de UCR, por su apoyo para financiar el proyecto B6003. De la misma manera, extendemos el agradecimiento a los productores que permitieron el trabajo de campo y a los asistentes del proyecto: María Monge, Jorge Sánchez y Josué Monge.

Field Spectroradiometry for African Oil Palm Plantations in the Pacific of Costa Rica

Abstract

This study allowed the leaf-scale spectral characterization of African oil palm by conducting field work with a portable spectroradiometer in plantations of the Central and South Pacific of Costa Rica. Spectral signatures of healthy, diseased and nutrient-deficient oil palms were collected. A geodatabase was designed and implemented for geographical, spectral and phytosanitary records. Determination of spectral signatures allows developing spectral libraries of different types of vegetation, soils and water. It also improves the classification of satellite images for thematic cartography and provides the calculation of multiple indices, among others. Healthy vegetation presents low reflectivity in the visible, although there is a peak in the green wavelength due to the presence of chlorophyll. The spectral behavior of diseased vegetation shows a reflectivity curve with a decrease in the infrared and an increase in the red and blue wavelengths. Reflectivity also depends on the water content of the plant.

Keywords: Field spectrometry. Spectral behavior. Plantations of Palma. Costa Rica.

Referencias

ACUÑA-RUZ, T.; MATTAR, C.; HERNÁNDEZ, H. J. Caracterización espectral de Quillaja saponaria (Mol). **Revista de Teledetección**, v. 47, p. 65-73, 2016. Disponible en: <http://polipapers.upv.es/index.php/raet/article/view/6488/7137>. Consultado en: 10 marzo 2017.

ALFARO, M. **Uso de espectroradiometría de campo en la detección de enfermedades en cultivos de musáceas: plátano y banano en Osa, Puntarenas, Costa Rica**. Disertación (Magíster en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección), Universidad Nacional-Universidad de Costa Rica, 2009.

ARAQUE, L.; JIMÉNEZ, A. Caracterización de firma espectral a partir de sensores remotos para el manejo de sanidad vegetal en el cultivo de palma de aceite. **Revista Palmas**, v. 30, n. 3, 2009. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1455>. Consultado el: 14 marzo 2017.

CANAPALMA. **Información del Cultivo de Palma en Costa Rica**. 2014. Disponible en: http://www.canapalma.cr/images/CANAPALMA_Informacion_Cultivo_de_PA_en_Costa_Rica_12Dic2014.pdf. Consultado en: 14 marzo 2017.

CHINCHILLA, C. **Una propuesta para el registro de la información durante de las visitas fitosanitarias a las plantaciones de palma aceitera en América Tropical**. Disponible en: http://www.asd-cr.com/images/Propuesta_de_claves_Ene_11.pdf. Consultado en: 8 diciembre 2016.

CHUVIECO, E. **Teledetección Ambiental**, Barcelona, Editorial Ariel, 2002.

CORTÉS, G. **Atlas Agropecuario de Costa Rica**. San José, C. R.: EUNED, 1994.

DOMÍNGUEZ, I.; MOHALI, S.; MARÍN, M.; PINO, H. **Caracterización y variabilidad genética de Colletotrichum gloeosporioides sensu lato en plantaciones de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq) en Venezuela**. *Tropical Plant Pathology*, v. 37, n. 2, p. 108-122, 2012.

GIRALDO, R.; MOLINA, A.; TORRES-LEON, J. L.; ACOSTA, M.; MARTÍNEZ, S. Estudio de firmas espectrales de palmas de aceite afectadas con la Marchitez letal, usando análisis estadísticos de datos funcionales. **Revista Palmas**, v. 37, n. especial, p. 131-139, 2016. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11897>. Consultado el: 16 de abril de 2017.

GUTIÉRREZ, M.; TORRES, J. Síntomas asociados a la deficiencia de boro en la palma aceitera (*Elaeis guineensis jacq.*) en Costa Rica. **Agronomía Mesoamericana**. v. 24, p. 441-449.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). **VI Censo Nacional Agropecuario. Atlas Estadístico Agropecuario**. INEC. San José. C. R. Disponible en: http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos-biblioteca-virtual/01._atlas_estadistico_agropecuario_2014.pdf. Consultado el: 16 abril 2017.

KALACSKA, M. **Final report Carta 2005 Spectral Data Collection**. 2005, San José, Costa Rica.

MEXZÓN, R.; CHINCHILLA, C. **El gusano túnel, Stenoma cecropia Meyrick en palma aceitera en América Central**. *ASD Oil Palm Papers*. v. 27, p. 32-36, 2004.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (MAG). **Plan estratégico de la cadena productiva de Palma aceitera. Periodo 2008-2010**. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-4277.pdf> . Consultado el 3 mayo 2016.

MOHD, N.; MOHAMAD, A.; SEMAN, A.; BAHROM, E. El uso de sensores remotos para detectar la infección por Ganoderma. **Revista Palmas**, v. 37, n. especial, p. 140-150, 2016. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11898>. Consultado el: 16 marzo 2017.

NAVARRO, R. Evaluación de las variables biofísicas mediante teledetección en pinares mediterráneos. **Revista Ambienta**, 2013. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_AM/Ambienta_2013_105_78_88.pdf. Consultado en: marzo 2017.

RODRÍGUEZ, G.; SILVA, R.; CASARES, R.; DÍAZ, A.; BARRIOS, R. Fluctuación poblacional de las fases inmaduras de *Opsiphanes cassina* Felder (Lepidoptera: Nymphalidae) en palma aceitera, estado Monagas, Venezuela. Universidad de Oriente Press. **Revista Científica UDO Agrícola**, v. 12, n. 4, p. 845-854, 2012.

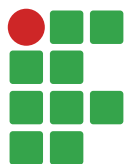
SELVARAJA, S.; BALASUNDRAM, S.; VADAMALAI, G.; HUSNI, M. Use of Spectral Reflectance to Discriminate between Potassium Deficiency and Orange Spotting Symptoms in Oil Palm (*Elaeis guineensis*). **Life Science Journal**, v. 10, n. 4, 2013. Disponible en: http://www.lifesciencesite.com/life1004/121_21167life1004_947_951.pdf. Consultado en: marzo 2017.

THENKABAIL, S. P.; LYON, J. G. **Hyperspectral Remote Sensing of Vegetation**. Boca Raton: CRC Press, 2011. DOI: 10.1201/b11222.

VILLEGAS, D. **Evaluación de la fertilización de liberación controlada para el primer año en palma aceitera híbrida (*Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*)**. Tesis Lic. Quito, ECU, Universidad Central del Ecuador, 2015. 98p.

Recibido: 21/06/2017

Aceptado: 28/05/2018



Necessidade de bordadura em ensaios de valor de cultivo e uso na cultura do arroz

Marcelo Eduardo Forni de Mattos¹

Flávia Barbosa Silva Botelho²

Gabriel Mendes Villela³

Douglas Goulart Castro⁴

Bruno Manoel Rezende Melo⁵

Tácio Peres da Silva⁶

Resumo

A precisão experimental é afetada diretamente pelo tamanho da parcela e, por esse motivo, os pesquisadores adotam conhecimentos empíricos para o seu dimensionamento. Além disso, há outros importantes aspectos para a determinação do tamanho ideal da parcela como tipo de cultura e presença ou ausência de bordadura. Portanto o objetivo deste trabalho foi verificar a necessidade da utilização de bordaduras nos ensaios de Valor de Cultivo e Uso em um Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas e avaliar a precisão experimental na presença ou ausência de bordadura. O estudo foi conduzido em área experimental na Universidade Federal de Lavras, localizada na cidade de Lavras, Minas Gerais, durante três safras (2014/2015, 2015/2016, 2016/2017). Foram avaliadas linhagens de arroz de terras altas e seus diferentes tipos de colheita (área útil e bordadura). O delineamento realizado foi de blocos casualizados, com três repetições, avaliando a produtividade de grãos. As análises de variância individuais foram realizadas considerando somente a área útil e a bordadura para os três anos agrícolas. Procedeu-se também à análise conjunta com emprego de parcela subdividida no espaço envolvendo a posição da colheita da área útil e bordadura, além das linhagens. Pode-se concluir que se faz necessária a utilização de bordaduras em ensaios de Valor de Cultivo e Uso em Programas de Melhoramento de Arroz de Terras Altas, por contribuir para a melhoria do desempenho e precisão experimental das linhas centrais das parcelas.

Palavras-chave: *Oryza sativa*. Produtividade de grãos. Planejamento experimental

Introdução

O arroz (*Oryza sativa*) é considerado um dos principais alimentos para mais da metade da população mundial, tendo destaque principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil, apresentando importância estratégica em níveis econômicos e sociais. É um cereal considerado de

1 Universidade Federal de Lavras, graduando em Agronomia. marcelo.mattos1996@hotmail.com.

2 Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura, professora doutora adjunta. flaviabotelho@dag.ufla.br.

3 Universidade Federal de Lavras, doutorando em Genética e Melhoramento de Plantas. gabrielmendesagro@gmail.com.

4 Universidade Federal de Lavras, doutorando em Fitotecnia. douglasgoulartcastro@gmail.com.

5 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Campus Inconfidentes, técnico administrativo. bruno.melo@ifsulde Minas.edu.br.

6 Universidade Federal de Lavras, doutorando em Fitotecnia. tacioagro@gmail.com.

elevado nível energético, devido principalmente à alta concentração de amido, além de fornecer vitaminas e minerais.

Com o aumento da população e a crescente demanda por alimentos, a produção agrícola deve dobrar nos próximos 20 anos (FRANKARD et al., 2011). Portanto um dos grandes desafios da agricultura moderna é garantir e manter a produção das culturas frente às mudanças climáticas (CECCARELLI, 2010). Desse modo, o arroz é visto como uma espécie de extrema importância, sendo considerada a de maior potencial de aumento no combate à fome mundial (GOMES et al., 2004).

A lavoura orizícola no Brasil é cultivada em dois ecossistemas de produção denominados de Várzeas e Terras Altas. O ecossistema de terras altas pode ser em sistema de sequeiro tradicional ou sistema de sequeiro sob irrigação suplementar. No caso do arroz de terras altas, predomina o sistema de sequeiro sendo caracterizado principalmente pelo uso de baixa tecnologia, alto risco, menor produtividade de grãos e baixo custo de produção (GUIMARAES; MEDEIROS; SOARES, 2005). Segundo a CONAB (2017), a área produzida na safra 2016/17 com arroz de terras altas foram 26,09 % da área nacional e a de arroz irrigado equivalente a 73,91 % da área, enquanto a produtividade média foi 2,28 ton ha⁻¹ e 7,5 ton ha⁻¹, respectivamente.

Embora seja uma cultura de extrema importância para a economia e para o abastecimento mundial, nota-se um déficit em relação a pesquisas e ao desenvolvimento biotecnológico para o arroz, principalmente visando ao melhoramento do cereal cultivado no ecossistema de Terras Altas. Atualmente ele ainda prevalece como cultura desbravadora, sendo usado para recuperação de áreas degradadas ou para preparar o solo para posterior cultivo da soja ou do milho. Mas é importante que ele volte a ter seu papel de destaque no abastecimento nacional, pois é fundamental para o suprimento da população.

Com a atuação dos programas de melhoramento no Brasil, antes das linhagens ou cultivares serem lançadas aos produtores, são necessárias avaliações de desempenho fenotípico em diferentes condições edafoclimáticas por pelo menos dois anos agrícolas, em ensaios denominados de Valor de Cultivo e Uso (VCU). A metodologia desses ensaios estabelece o agrupamento de cultivares conforme o período de desenvolvimento vegetativo, formando diferentes experimentos, que serão avaliados utilizando o delineamento em blocos ao acaso com três repetições e unidade experimental (parcela) constituída por cinco linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamento de quarenta centímetros. A área útil (4,8 m²), portanto, é formada pelos quatro metros centrais das três fileiras internas.

Para determinar o tamanho adequado de uma parcela para uma espécie e em uma certa condição, vários fatores devem ser considerados, como: o nível de erro experimental que é aceitável, a variabilidade de indivíduos dentro da parcela em relação à variabilidade entre parcelas, o delineamento experimental, o caráter que está sendo avaliado, as características de crescimento da cultura, o custo por indivíduo em relação ao custo por unidade experimental e, principalmente, a heterogeneidade do solo (PORTMANN; KETATA, 1997; ANDRADE, 2002; ALVES; SERAPHIN, 2004).

O efeito bordadura corresponde à diferença de desempenho produtivo entre as linhas centrais e laterais de uma parcela. Assim, a bordadura é utilizada para evitar a influência entre as unidades experimentais adjacentes, para reduzir o efeito da competição entre parcelas que apresentem tratamentos distintos e, conseqüentemente, o erro experimental (STORCK, 2005).

A utilização de parcelas muito grandes faz com que os blocos tenham um aumento de tamanho, gerando menor possibilidade de se encontrarem blocos homogêneos. Quando as parcelas são pequenas, podem sofrer influências de parcelas vizinhas, além das diferenças entre as plantas ou falhas dentro das parcelas.

A precisão experimental é afetada diretamente pelo tamanho da parcela e é por esse motivo que os pesquisadores adotam conhecimentos empíricos para sua correta utilização. Além disso, temos outros importantes aspectos para a determinação do tamanho ideal da parcela, como tipo de cultura e presença ou ausência de bordadura.

Valentini (1988) destaca que o uso de bordadura evidentemente aumenta a unidade experimental e os custos para a sua manutenção, ou seja, quanto maior as parcelas nos vários locais de condução dos ensaios, maior será a necessidade com insumos agrícolas e também para realização dos tratos culturais. Portanto o uso de bordadura só é recomendado quando realmente existe efeito sobre a precisão experimental via competição interparcelar; caso contrário, segundo Storck et al. (2005), o pesquisador pode coletar os dados em toda unidade experimental, possibilitando o uso de unidades experimentais menores e maior número de repetições na mesma área experimental, o que pode resultar em uma maior precisão do experimento.

Alguns trabalhos realizados com diferentes espécies apresentaram diferentes resultados quanto à necessidade da utilização das bordaduras. Na cultura do feijão, em alguns casos, demonstrou-se que a utilização de bordaduras contribuiu para melhorar a precisão experimental (DEBOUCK; HIDALGO, 1985; COSTA; ZIMMERMANN, 1998). Cargnelutti Filho (2003), em trabalhos realizados com milho, concluiu que a utilização de bordaduras não modifica a precisão dos ensaios, inferindo que parcelas menores equivalentes à área útil têm a capacidade de manter a precisão experimental.

Contudo, o efeito de bordadura na precisão experimental dos ensaios de competição de linhagens de arroz de terras altas em Minas Gerais é desconhecido. Assim, o objetivo do trabalho foi verificar a necessidade da utilização de bordaduras nos ensaios de Valor de Cultivo e Uso em Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas e avaliar a precisão experimental das diferentes formas de colheita de uma parcela.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em área experimental do Departamento de Agricultura, na Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada na cidade de Lavras, no estado de Minas Gerais, a uma altitude de 954 m, 21°12'11" de Latitude Sul e 44°58'47" de Longitude Oeste. O clima é classificado como subtropical úmido. Apresenta temperatura média de 19,4 °C, precipitação média anual de 1529,7 mm e possui duas estações definidas, seca, de abril a setembro, e chuvosa, de outubro a março, é do tipo Cwb, conforme classificação climática de Köppen (ANTUNES, 1986). O solo predominante na área experimental de Lavras é do grupo Latossolo, classificado como Latossolo Vermelho Escuro distroférico típico.

Foram avaliadas 13 linhagens de arroz de terras altas do experimento de VCU, pertencentes ao Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras em convênio com a Embrapa Arroz e Feijão e Epamig. A relação das linhagens está apresentada na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Linhagens de arroz de terras altas que foram avaliadas nos experimentos nas safras 2014/15, 2015/16, 2016/17.

Identificação	Genótipo
1	CMG 2162
2	CMG 2168
3	BRS Esmeralda
4	CMG 2170
5	BRSMG Caçula
6	CMG 2185
7	CMG 2187
8	CMG 2188
9	CMG 2085
10	BRSMG Caravera
11	CMG 1511
12	CMG 1896
13	CMG 1509

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Os experimentos de VCU foram conduzidos nas safras 2014/15, 2015/16 e 2016/17. O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos casualizados, com três repetições. As parcelas experimentais foram constituídas de cinco linhas, com quatro metros de comprimento, espaçadas de 0,35 m, com densidade de semeadura de 80 sementes por metro linear.

Utilizou-se de semeadura direta e o manejo foi semelhante ao adotado para o plantio comercial na região, sendo irrigado a 80% da capacidade de campo referente à cultura, por meio do sistema de aspersão.

A abertura dos sulcos e a adubação foram feitas de forma mecânica. Na adubação de plantio foram usados 450 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16. A densidade de semeadura foi de 80 sementes/metro linear. Para controle de plantas daninhas foi feita aplicação do herbicida Herbadox logo após o plantio, antes da emergência das plantas de arroz. Após 30 dias decorridos da emergência das plântulas de arroz, foi feita aplicação com o herbicida Clincher e o herbicida Ally. No estágio de maturação dos grãos, procedeu-se à colheita da área útil da parcela e das duas linhas laterais (bordadura) separadamente. Foi avaliada a característica produtividade de grãos em kg ha⁻¹.

Após a coleta dos dados, foram realizadas as análises de variâncias individuais e conjuntas, por meio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). As análises de variância individuais foram realizadas considerando somente a área útil e a bordadura para os três anos agrícolas. Procedeu-se também à análise conjunta com emprego de parcela subdividida no espaço envolvendo a posição da parcela (área útil e bordadura) e as linhagens para verificar se há diferença significativa entre essas parcelas em cada ano agrícola, empregando a metodologia apresentada por Ramalho (2005). Por fim, foi feita a análise de interação tripla objetivando acompanhar o comportamento das linhagens em relação à posição das linhas nas parcelas nos 3 anos agrícolas. A precisão experimental também foi calculada utilizando o coeficiente de variação experimental (CV) para a análise conjunta de cada caráter avaliado individualmente, ambos em porcentagem (RESENDE; DUARTE, 2007).

Resultados e discussões

O resumo da análise de variância para produtividade (kg ha^{-1}) para cada safra, considerando a colheita somente da área útil e colheita da bordadura, está apresentado na Tabela 2. A precisão experimental foi avaliada pelo coeficiente de variação (CV%), podendo ser considerada alta em todas as safras e tipos de parcelas, exceto para a bordadura na safra 2016/17. Analisando somente o coeficiente de variação em todas as safras, considera-se uma maior precisão experimental realizando a colheita da área útil. Verificando-se as médias, constata-se que a área útil nas três safras possui valores de produtividades superiores às médias fornecidas pela bordadura, sendo evidente quando se considera a principal função das linhas laterais, que é reduzir o efeito de tratamentos entre as unidades experimentais.

Dias (2013) encontrou em seus trabalhos uma semelhança nas estimativas do coeficiente de variação experimental para a área útil e bordadura, o que permite inferir a não necessidade de bordadura pelo fato do mesmo grau de competição entre as plantas nas duas fontes de variação avaliadas, além dos fatores ambientais não controláveis que acabaram influenciando de modo semelhante os dois tipos de parcelas.

Detectou-se também diferença significativa entre as linhagens estudadas, fato que indica existência de variabilidade genética entre elas. Esse fato evidencia, a princípio, possível sucesso na seleção de linhagens com diferentes comportamentos em relação à produtividade de grãos (kg ha^{-1}) em experimentos de VCU.

Tabela 2 – Análise de variância individual para produtividade de grãos (kg ha^{-1}) considerando cada safra realizada nos anos agrícolas 2014/15, 2015/16 e 2016/17 e as médias obtidas nas parcelas da área útil e bordadura.

Safras	Parcela	Linhagem		Pr>F	Média	CV (%)
		GL	QM			
14/15	Útil	12	862361,9544	0,0017*	4050,64	11,38
	Bordadura	12	11508247,57	0,003*	3692,55	13,76
15/16	Útil	12	1223124,153	0,0204*	4773,14	14,24
	Bordadura	12	1378812,099	0,1054 ^{NS}	4698,26	18,6
16/17	Útil	12	2993085,422	0	4132,09	15,53
	Bordadura	12	2332561,949	0,012*	3525,49	25,3

* - significativo com 5% de significância. ^{NS} - não significativo

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

O resumo da análise de variância conjunta para produtividade (kg ha^{-1}), considerando os diferentes tipos de parcelas e as linhagens avaliadas, está apresentado na Tabela 3. Para a fonte de variação Parcelas, levaram-se em consideração somente dois tipos: bordadura e área útil. As linhagens diferenciaram-se significativamente, ou seja, não houve comportamento coincidente entre as linhagens do VCU durante os três anos agrícolas. A fonte de variação Parcelas apresentou Teste F significativo ($p \leq 0,05$), indicando que os diferentes tipos de parcelas influenciam a produtividade de grãos de arroz para as safras 2014/15 e 2016/17, sendo não significativo para a safra 2015/16. Não ocorreu interação significativa entre Linhagens *versus* Parcelas nas safras 2014/15 e 2015/16, indicando que as linhagens apresentam performances coincidentes nos diferentes tipos de parcelas,

fato que a princípio poderia evidenciar não ser necessário o uso de bordadura, considerando os anos agrícolas individualmente.

Tabela 3 – Análise de variância conjunta para produtividade de grãos (kg ha^{-1}) considerando as linhagens avaliadas e os tipos de parcelas (área útil e bordadura) em cada safra realizada nos anos agrícolas 2014/15, 2015/16 e 2016/17.

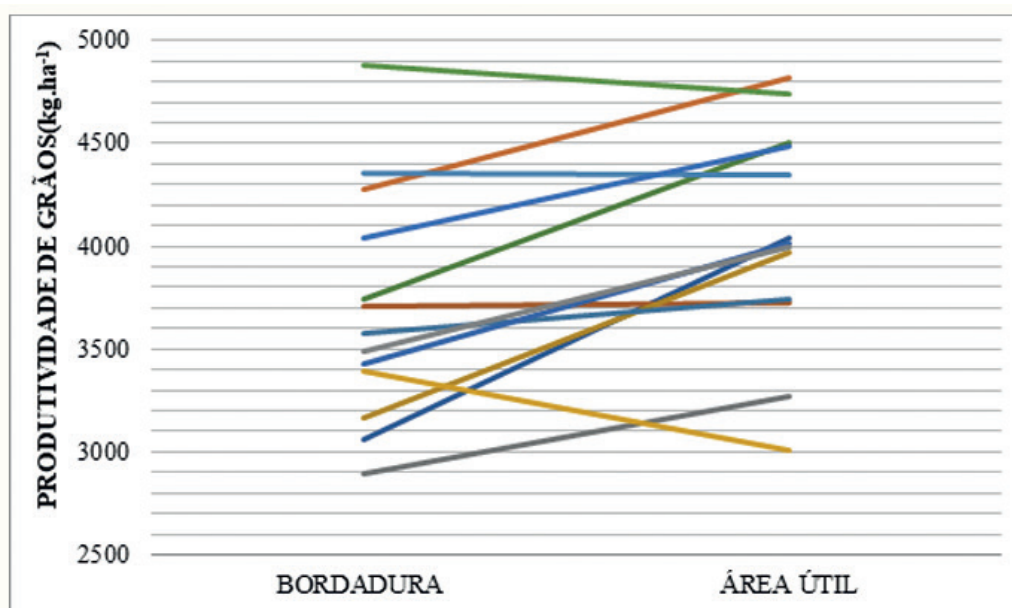
FV	GL	QM		
		2014/15	2015/16	2016/17
Repetição	2	3020378,931 *	2304059 *	170343 NS
Linhagem	12	1578372,797 *	2469652 *	4071367 *
Linhagem*Repetição	24	344960,2022 *	1001961 *	870570,5 *
Parcelas	1	2500461,9 *	109330 NS	7175132 *
Linhagem*Parcelas	12	243009,7881 NS	132283,8 NS	1254281 *
Erro	26	117140,1621	241326,4	325756,1
CV (%)		8,84	10,37	14,91

* - significativo com 5% de significância. NS - não significativo

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

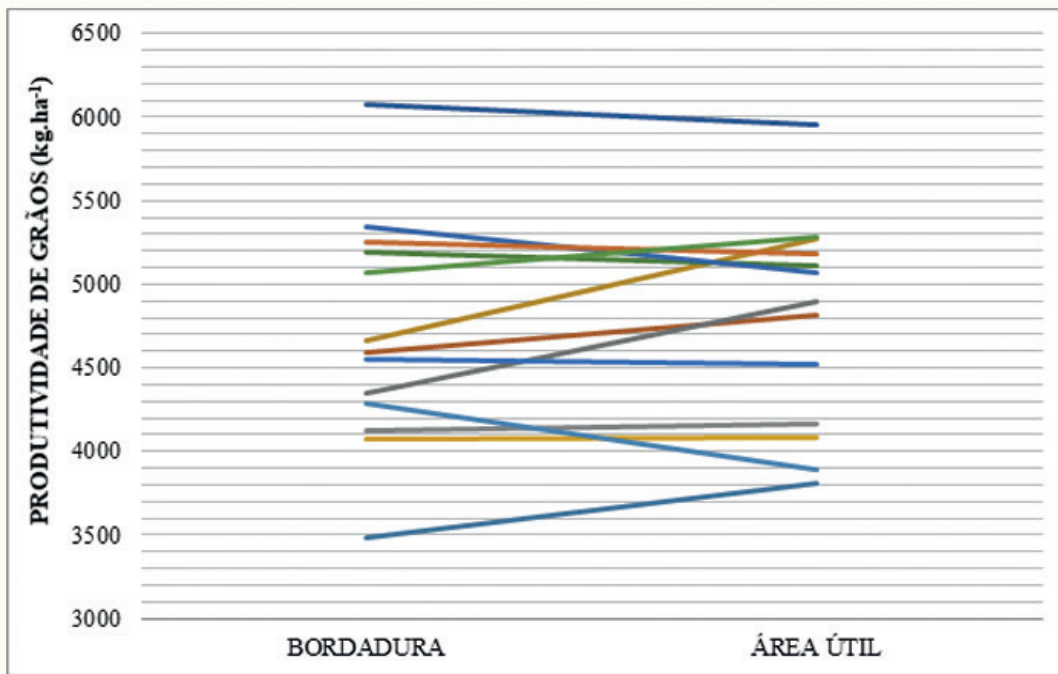
Como forma de visualização, foram plotados gráficos (FIGURAS 1, 2 e 3) para cada safra, objetivando a visualização dos comportamentos das linhagens em relação à produtividade de grãos quando se considera a colheita da área útil e da bordadura. Fica evidente na visualização uma interação bastante significativa para a safra 2016/17 (FIGURA 3), de acordo com a significância da Tabela 2. Para as demais safras (2014/15; 2015/16), há um comportamento suavizado das linhagens em relação à produtividade de grãos na parcela da área útil e da bordadura, justificando a não significância da interação Linhagens *versus* Parcelas da Tabela 3.

Figura 1 – Gráfico comparativo no desempenho das linhagens para produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em relação as linhas da área útil e da bordadura para safra 2014/15



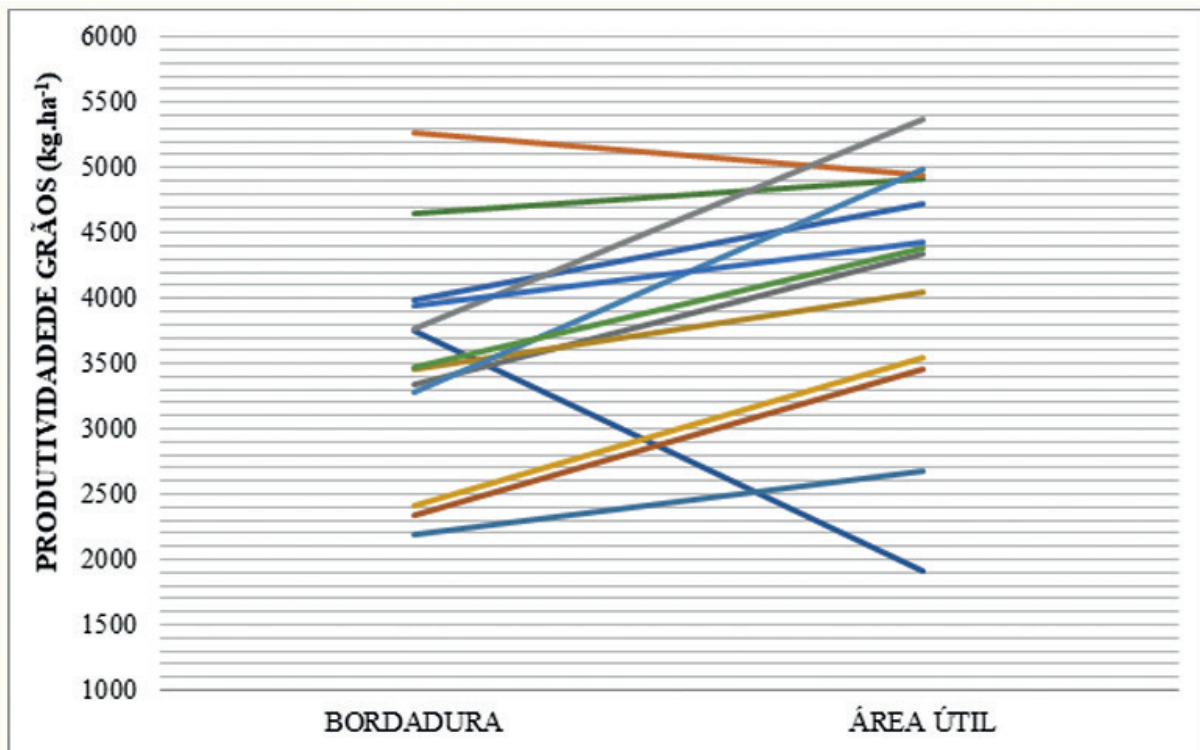
Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Figura 2 – Gráfico comparativo no desempenho das linhagens para produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) em relação as linhas da área útil e da bordadura para safra 2015/16.



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Figura 3 – Gráfico comparativo no desempenho das linhagens para produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) em relação as linhas da área útil e da bordadura para safra 2016/17.



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

A análise de variância conjunta tripla envolvendo as três safras está representada pela Tabela 4. A fonte de variação Parcelas apresentou resultado significativo levando em consideração os três anos, o que evidencia a necessidade do uso de bordadura. Justifica-se nesse ponto de vista que a média obtida na parcela da área útil é estatisticamente superior à bordadura (TABELA 5). Nota-se também que há interação entre Parcelas *versus* Ano, indicando que os diferentes anos agrícolas podem influenciar o tipo de parcela. Allard e Bradshaw (1964) justificam tal resultado obtido, pois consideram a existência de duas condições que contribuem para a interação de linhagens com os ambientes aos quais são submetidas: previsível e imprevisível. A primeira inclui variações ambientais que ocorrem de local para local, como clima, solo e técnicas agrônômicas. A segunda implica variações anuais na distribuição de chuvas, temperatura do solo e do ar e ocorrência de geadas.

Tabela 4 – Análise de variância conjunta para produtividade de grãos (kg ha^{-1}) considerando as linhagens avaliadas, tipos de parcela (área útil e bordadura) e cada safra realizada (2014/15, 2015/16 e 2016/17).

FV	GL	QM
Ano	2	20422752*
Rep (Ano)	6	1831594*
Linhagem	12	4301665*
Linhagem*Rep (Ano)	72	739164*
Linhagem*Ano	24	1908864*
Parcelas	1	7024473*
Parcelas*Ano	2	1380225*
Parcelas*Linhagem	12	338870 ^{NS}
Parcelas*Linhagem*Ano	24	645352,1*
Erro	78	228074,2
CV	11,52%	

* - significativo com 5% de significância. ^{NS} – não significativo

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

A não significância da fonte de variação Linhagens *versus* Parcelas permite inferir que o comportamento das linhagens em relação aos tipos de colheita aparentemente não variou para os três anos agrícolas. Entretanto como relatado anteriormente nas análises individuais (TABELA 2), verifica-se maior precisão experimental nas linhas centrais, justificando que o uso de bordaduras contribui para um melhor desempenho das linhagens.

Por fim, quando se considera a interação tripla Parcelas *versus* Linhagem *versus* Ano temos um Teste F significativo ($P \leq 0,05$), o qual permite concluir que nos diferentes anos agrícolas houve comportamentos distintos na avaliação da necessidade do uso de bordaduras, considerando todas as linhagens.

Tabela 5 – Teste de média das linhagens nos tipos de parcelas, em três anos agrícolas, para produtividade de grãos (kg ha⁻¹)

Tratamentos	Médias	Teste
Área útil	4318,62	a
Bordadura	3972,10	b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, com nível de 5% pelo teste de agrupamento de médias Scott & Knott.

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Nesse caso, com base nos resultados, evidencia-se a necessidade do uso de bordadura nos experimentos de VCU para Arroz de Terras Altas. Krause et al. (2007) concluíram que o uso de bordaduras laterais em feijoeiro não contribuiu para a melhoria da precisão experimental e não alterou o desempenho médio das linhagens avaliadas. Uma maior precisão experimental foi obtida quando se considerou apenas a área total da parcela. Em contrapartida, Oliveira (2005) destaca que não é recomendada a substituição de bordaduras por um número maior de repetições em experimentos de comparação de híbridos de milho.

Em outras culturas, experimentos relacionados ao uso de bordaduras já foram realizados. Na cultura do arroz irrigado ficou evidenciado que, pela análise dos contrastes, é indispensável o uso de bordadura de extremidades de fileiras nas parcelas dos ensaios de avaliação de rendimento de cultivares de arroz. Outra constatação foi que a extensão de bordadura de extremidades de fileiras a ser usada em ensaios de rendimento não deve ser a mesma para cultivares de características agrônômicas diferentes, ressaltando a necessidade de pesquisas sobre o assunto (VERNETTI et al., 1982). Com o cultivo de arroz de sequeiro, Zimmermann (1980) recomendou a utilização de duas linhas na bordadura, visando obter maior precisão experimental em pesquisas agrícolas.

De acordo com Marques Junior (1997), o emprego de bordadura em feijoeiros não propiciou melhorias significativas na eficiência dos experimentos de avaliação de populações segregantes e por essa razão seu emprego não é recomendado para a cultura. Considerando o fato de que o uso ou não de linhas de bordadura nas unidades experimentais não altera a precisão dos ensaios de cultivares e linhagens de feijoeiro, pode-se inferir que o uso de unidades menores, equivalentes à área útil, mantém a mesma precisão. Com isso, o uso de mais repetições, em uma mesma área experimental, é recomendado para obter resultados mais significativos estatisticamente (RIBEIRO et al., 2001). Da mesma forma, em estudos de rendimento de grãos para a cultura do milho, a eliminação dos resultados das linhas laterais na comparação de cultivares não altera a precisão do experimento (CARGNELUTTI FILHO, 2003).

Conclusões

Pode-se concluir que se faz necessária a utilização de bordaduras em ensaios de Valor de Cultivo e Uso em Programas de Melhoramento de Arroz de Terras Altas, pois contribui para a melhoria do desempenho e precisão experimental das linhas centrais das parcelas.

Necessity of the inclusion of borders in value of cultivation and use trials in upland rice

Abstract

Experimental accuracy in crop research is directly affected by the size of plots. For this reason, researchers use empirical knowledge to determine plot size. There are also other important aspects for determining ideal plot size. These include the type of crop and the use, or not, of borders. The objective of this research was to verify the necessity of including border material in the value of cultivation and use trials in breeding programs of upland rice and to evaluate the experimental accuracy with and without the inclusion of borders. The research was conducted in an experimental area at the Federal University of Lavras, located in the State of Minas Gerais, during three harvests (2014/2015, 2015/2016, 2016/2017). Thirteen upland rice strains and methods of evaluation (useful area and border) were evaluated. A randomized complete block design with three replications was used to evaluate grain yield. Individual analyses of variance were performed considering the useful areas and the borders for the three agricultural years. A joint analysis was also performed with the use of a subdivided plot involving the location of the harvest in terms of the useful area and border among the rice strains. It was concluded it is necessary to use borders in the value of cultivation and use trials in breeding programs of upland rice as it contributes to the performance and experimental accuracy of research results.

Keywords: *Oryza sativa*. Yield. Experimental planning.

Referências

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environment interaction in applied plant breeding. **Crop Science**, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n. 138, p. 9-13, jul. 1986.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; LÚCIO A. D.; CARVALHO, M. P.; SANTOS, P. M. A precisão experimental relacionada ao uso de bordaduras nas extremidades das fileiras em ensaios de milho. **Ciência Rural**, v. 33, n. 4, 2003.

CECCARELLI, S.; GRANDO, S.; MAATOUGUI, M.; MICHAEL, M.; SLASH, M.; HAGHPARAST, R.; RAHMANIAN, M.; TAHERI, A.; AL-YASSIN, A.; BENBELKACEM, A.; LABDI, M.; MIMOUN, H.; NACHIT, M. Plant breeding and climate changes. **The Journal of Agricultural Science**, v. 148, n. 6, p. 627-637, 2010.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Levantamento da safra agrícola 2016/2017 – dezembro 2017. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 19 out. 2017.

COSTA, J. G. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Efeitos de bordaduras laterais e de cabeceira no rendimento e altura de plantas de feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 8, p. 1297-1304, 1998.

DEBOUCK, D. G.; HIDALGO, R. Morfologia de la planta de frijol común. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, E.; SCHOONHOVEN, A. V. (Eds.). **Frijol: investigación y producción**. Cali, Colombia, p. 7 – 41, 1985.

DIAS, K. O. G. Plot size and border effect on breeding of *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1426-1431, 2013. Available in: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013001100002>. Acesso em: 23 abr. 2018.

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

FRANKARD, V.; VANDENABLEELE, S.; REUZEAU, C.; LEJEUNE, P.; WOLF, J. de; PUZIO, P.; VAN CAMP, W.; PEFEROEN, M. Identification of genes for yield enhancement and abiotic stress tolerance by high throughput phenotyping. In: SIMPÓSIO SOBRE TOLERÂNCIA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM PLANTAS: ADAPTANDO AS CULTURAS AO CLIMA DO FUTURO. 2011. Santo Antônio de Goiás. **Documentos...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. p. 103-109.

GOMES, A. S.; MAGALHÃES JR., A. M. **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, Embrapa-Informação Tecnológica. 2004.

KRAUSE, W.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. F. B. Alternativas para melhorar a eficiência dos experimentos de valor de cultivo e uso na cultura do feijoeiro. **Revista Ceres**, v. 54, p. 199-205, 2007.

MARQUES JÚNIOR, O. G. **Eficiência de experimentos com a cultura do feijão**. Tese de doutorado (Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia). Lavras, Universidade Federal de Lavras. 80 p. 1997.

MEDEIROS, R. D.; SOARES, A. A.; GUIMARÃES, R. M. Compactação do solo e manejo da água. I: efeitos sobre a absorção de N, P, K, massa seca de raízes e parte aérea de plantas de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 940-947, 2005.

OLIVEIRA, S. J. R. Substituindo o uso de bordaduras laterais por repetições em experimentos com milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 10-15, fev. 2005.

PORTMAN, P.; KETATA, H. Field plot technique. In: KEMPTON, R. A.; FOX, P.N.; CERESO, M. (Eds). **Statistical methods for variety evaluation**. Springer Netherlands, p. 9-18, 1997. 192 p.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, p. 182-194, 2007.

RIBEIRO, N. D.; STORCK, L.; MELLO, R. M. Bordadura em ensaios de competição de genótipos de feijoeiro relacionados à precisão experimental. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 13-17, 2001.

STORCK, L.; OLIVEIRA, S. J. R.; GARCIA, D. C.; BISOGNIN, D. A. Comprimento e largura do tamanho ótimo da parcela experimental em batata. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, Santa Maria, Sept./Oct. 2005.

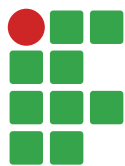
VERNETTI, V. P.; VERNETTI, F. J.; SILVEIRA JUNIOR, P. Efeito de bordadura lateral e de extremidades de fileiras, sob dois níveis de nitrogênio, em quatro cultivares de arroz na região sudeste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 1982, v. 17, n. 2, p. 185-194.

ZIMMERMANN, F. J. P. Efeito de bordadura em parcelas experimentais de arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 297 - 300, jul. 1980.

Histórico editorial

Submetido em: 25/03/2018

Aceito em: 04/06/2018



Interferência de eventos transgênicos nos atributos morfológicos e produtivos do milho

Laís Teles de Souza¹

José Luiz de Andrade Rezende Pereira²

Silas Maciel de Oliveira³

Resumo

O potencial de utilização e de benefícios de plantas geneticamente modificadas é enorme e dinâmico e, quanto mais conhecimento científico e técnico a ele for agregado, mais alternativas de manejo agrícola sustentáveis são disponibilizadas. Porém, pouco se conhece sobre os efeitos da resistência a herbicidas e sobre o ataque de insetos nas características agrônômicas de plantas de milho. A presente pesquisa foi conduzida com o objetivo de investigar o efeito dos eventos transgênicos sobre as características morfológicas e produtivas de híbridos de milho. Para isso, foi realizado um experimento de campo em duas safras utilizando híbridos convencionais e transgênicos isogênicos. As variáveis analisadas foram: altura de planta, altura de espiga, espessura de colmo e produtividade de grãos. A introdução de diferentes biotecnologias modificou as características morfológicas e produtivas de plantas de milhos. Versões transgênicas apresentaram altura de planta e produtividade de grãos 5 e 10%, respectivamente, maior em relação às isolinhas convencionais.

Palavras-chave: Proteína Cry1Ab. Enzima PAT. Enzima EPSPS. Rendimento de grãos. Interação ambiente *versus* genótipo.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais produzido no mundo. No entanto, a produtividade desse cereal pode ser comprometida por diversos fatores abióticos e bióticos. Entre os fatores bióticos, a interferência exercida pela presença de plantas daninhas e insetos-praga pode resultar em sérios prejuízos para o rendimento das lavouras e, conseqüentemente, para o produtor rural (KOZLOWSKI, 2002; FERNANDES; CARNEIRO, 2006).

A competição entre plantas daninhas pode reduzir de 12 a 100% os lucros de uma lavoura de milho de acordo com a espécie, grau de infestação, tipo de solo, condições climáticas do período e estágio fenológico da cultura (ALMEIDA, 1981; CONSTANTIN e OLIVEIRA, 2005). Por outro lado, os insetos-praga, como a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797)), destacam-se tanto pela redução da produtividade e da qualidade do produto quanto pela dificuldade de controle (CARVALHO, 1982; WAQUIL et al., 1982; BARROS et al., 2010) Ademais, o mal uso de

1 Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", doutoranda do Departamento de Produção Vegetal. laisteles.souza@hotmail.com.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Inconfidentes, professor. joseluiz.pereira@ifsuldeminas.edu.br.

3 Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", doutorando do Departamento de Produção Vegetal. silasmaciel2000@hotmail.com

herbicidas e inseticidas contribui para o surgimento de casos de resistência, o que dificulta e onera o controle fitossanitário.

Neste contexto, técnicas de biotecnologia foram aplicadas desenvolvendo plantas de milho geneticamente modificadas, resistentes a herbicidas e ao ataque de insetos, como uma alternativa de proteção para minimização de perdas causadas por esses fatores (CIB, 2013; CTNBio, 2009). Os genes introduzidos nas plantas transgênicas de milho codificam a expressão da proteína Bt, de ação inseticida, que são efetivos no controle de lepidópteros, como *S. frugiperda*, *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Diatraea saccharalis* (HUANG et al., 2002). Para o controle de plantas daninhas, podem ser inseridos em cultivares de milho, soja e algodão genes que expressam a enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), isolada da *Agrobacterium tumefaciens*, que torna a planta tolerante ao glifosato (SPENCER et al., 2000). Deste modo, é possível a utilização de herbicidas de amplo espectro em pós-emergência, porém com baixa fitotoxicidade às culturas (BARRY et al., 1992, PADGETTE et al., 1995).

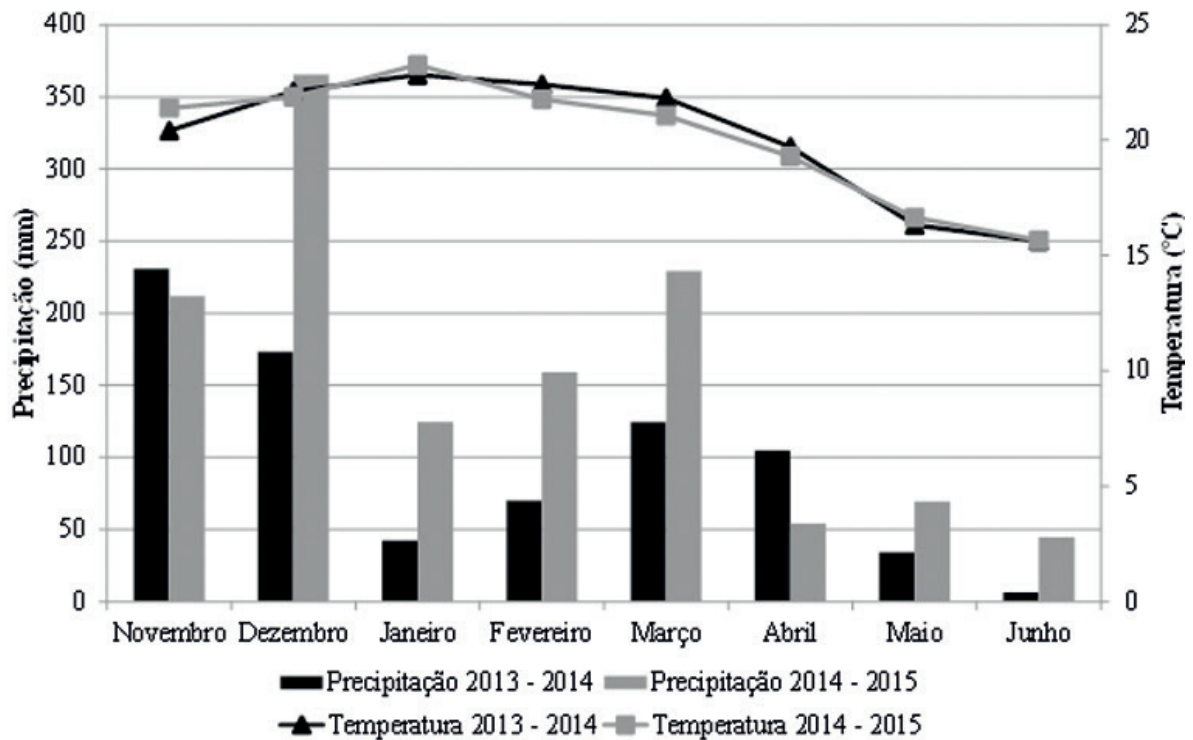
O potencial de utilização e de benefícios do sistema de plantas geneticamente modificadas é enorme, dinâmico e tende a oferecer mais e melhores alternativas de manejo agrícola sustentável à medida que mais conhecimento científico e técnico a ele for agregado. Porém, pouco se conhece sobre os efeitos da resistência a herbicidas e ataque de insetos nas características agrônômicas de plantas de milho. Melhorar a compreensão sobre a interferência das plantas transgênicas nas características morfológicas e produtivas de híbridos desse cereal é importante para aprimorar o manejo cultural e fitossanitário da cultura.

A presente pesquisa foi conduzida com o objetivo de investigar o efeito dos eventos transgênicos sobre as características morfológicas e produtivas de híbridos de milho. Para isso, foi realizado um experimento de campo em duas safras utilizando híbridos convencionais e transgênicos isogênicos.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no município de Inconfidentes (MG), Brasil, em duas safras (2013 - 2014 e 2014 - 2015), na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (22°18'47"S; 46°19'54,9"W; e 940 m de altitude), em solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo eutrófico, cultivado com milho nas últimas quatro safras. O clima da região é classificado como tropical de altitude, que possui inverno tipicamente seco (Cwb). A temperatura e precipitação média anual são de 19,3 °C e 1.411 mm (BRASIL, 1992; FAO, 1985). Os valores médios de precipitação pluviométrica e temperatura durante os períodos em estudo são apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Valores médios de precipitação pluviométrica e temperatura por mês durante os períodos em estudo (2013 - 2014 e 2014 - 2015).



Fonte: Elaborado pelos autores com dados coletados da estação meteorológica do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes (2018).

Antes do início do experimento foi realizada uma análise química do solo nas áreas experimentais entre 0 e 0,2 m de profundidade. Os resultados foram: pH de 5,3, matéria orgânica do solo de 3,97 g dm⁻³, P de 13,25 mg dm⁻³; 85,7 mg dm⁻³ de K; 2,39 cmol dm⁻³ de Ca; 0,57 cmol dm⁻³ de Mg; 4,95 cmol_c dm⁻³ de H+Al em pH 7.0; saturação de bases de 39,09%. Posteriormente foram realizadas correções e adubações segundo as recomendações oficiais do estado de Minas Gerais para a cultura do milho (RIBEIRO et al., 1999).

Empregou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial, sendo 2 híbridos da empresa Dow AgroSciences (2B587 e 2B688) *versus* 3 tecnologias (convencional, evento simples e evento piramidado) totalizando seis materiais, com 4 repetições. Os híbridos denominados convencionais não são organismos geneticamente modificados. Os híbridos denominados simples possuem os genes *CRY1F* e *PAT* (eventos TC1507 e T25) da bactéria não patogênica *Bacillus thuringiensis* var. *aizawai* e da bactéria *Streptomyces viridochromogenes* cepa Tu494. Esses genes comandam expressão das proteínas Cry1F e PAT, que codificam proteínas de efeito inseticida sobre lepidópteros e tolerância ao herbicida glufosinato de amônio, respectivamente. Os híbridos denominados piramidados possuem os genes *Cry1F*, *Cry1A.105*, *Cry2Ab2* (eventos TC 1507 e MON 89034), que conferem resistência a insetos pela produção de proteínas de efeito inseticida sobre lepidópteros e os genes *CP4 EPSPS* e *PAT* (eventos NK603 e T25 que conferem tolerância aos herbicidas glifosato e glufosinato de amônio, respectivamente).

Os híbridos 2B587 e 2B688 são do tipo simples e triplo, com maturação estimada em 815 e 860 graus dia. A densidade de semeadura dos híbridos foi de 120 mil sementes ha⁻¹. No estágio 3

(escala BBCH) foi realizado o desbaste, adotando população de 65.000 plantas ha⁻¹. O controle de plantas daninhas foi realizado trinta dias após a emergência por meio de uma aplicação do herbicida Atrazina na dose de 1.500 g ha⁻¹ de ingrediente ativo.

As parcelas foram constituídas por 4 linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas em 0,8 m entre si. As duas linhas centrais da parcela foram consideradas como área útil para avaliações.

Quando as plantas atingiram o estágio 10.5 (escala BBCH), foi avaliada a altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e espessura de colmo (EC), obtidas pela média de dez plantas escolhidas aleatoriamente na área útil da parcela. A AP e AE foram mensuradas da superfície do solo ao ponto de inserção da folha bandeira e ao ponto de inserção da espiga principal, respectivamente. A EC foi mensurada por meio de um paquímetro digital, a 5 cm acima da espiga principal.

Para a determinação da produtividade de grãos (PG) foi realizada a colheita manual das espigas da área útil das parcelas na maturação fisiológicas das plantas. As espigas foram debulhadas, os grãos pesados e, posteriormente, retiradas amostras para a determinação da porcentagem de umidade com o auxílio de um medidor de umidade de grãos tipo caneca, modelo G-300 da marca GEHAKA. Os dados de produtividade de grãos foram corrigidos para umidade de 13%.

Cada variável resposta foi submetida à normalidade e homogeneidade de variância (BOX; COX, 1964). Posteriormente, foi realizada a análise de variância (ANOVA) por meio do Teste F a 5% de probabilidade. Os resultados dos dois anos experimentais foram analisados de maneira conjunta como efeito fixo. Quando identificados os efeitos e suas interações, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa "Statistical Analysis System versão Windows 9".

Resultados e discussão

Os fatores ano e híbrido foram significativos para as variáveis AP e EC. O fator evento foi significativo para AP e AE. Houve interação entre ano e híbrido e entre híbrido e evento para a variável AE (TABELA 1). Os valores de altura de planta, altura de espiga e espessura de colmo das avaliações realizadas no primeiro estágio reprodutivo das plantas de milho foram superiores no híbrido 2B688 (TABELA 1). Os resultados corroboram as informações apresentadas pela Embrapa (2016). Isso se deve ao fato de que os híbridos possuem diferentes bases genéticas (PENARIOL et al., 2003; CARDOSO et al., 2003).

Em geral, os híbridos convencionais alcançaram menor altura de planta e espiga em relação aos híbridos transgênicos de evento simples ou piramidado (TABELA 1). Em plantas modificadas para obter a tolerância ao herbicida glifosato é possível que ocorra uma superprodução da enzima EPSPS (GRUYS; SIKORSKI, 1999), especialmente para cultivo em que não foi aplicado o herbicida (YAMADA; CASTRO, 2007). Normalmente, neste cenário, a superprodução da enzima EPSPS aumenta a produção dos aminoácidos aromáticos tirosina, fenilalanina e triptofano, que são compostos diretamente ligados à altura das plantas (SCHANBENBERGER et al., 1999; WAGNER et al., 2003; CEDERGREEN et al., 2007; GODOY, 2007; CARBONARI et al., 2007a; CARBONARI et al., 2007b; VELINI et al., 2008).

De maneira análoga, plantas que possuem a transferência de um gene com resistência a insetos, como é o caso dos híbridos de evento simples, apresentam superprodução de cristais denominados delta-endotoxinas ou proteínas Cry (AGAISSE; LERECLUS, 1995). As proteínas Cry são produzidas na fase estacionária ou esporulação e acumuladas no compartimento da célula mãe durante a esporulação, correspondendo a 25% do peso seco da célula (AGAISSE; LERECLUS, 1995).

Portanto a superprodução da proteína Cry também pode ter influenciado o crescimento da planta, proporcionando maior altura. Além disso, visualmente as plantas convencionais foram mais prejudicadas com ataques de insetos-praga em relação às plantas resistentes.

Tabela 1. Resultados médios da altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e espessura de colmo (EC) de dois híbridos de milho (2B587 e 2B688) com diferentes eventos transgênicos - CV, evento simples - ES e evento piramidado - EP em Inconfidentes (MG).

		AP		AE		EC	
		2013/2014	2014/2015	2013/2014	2014/2015	2013/2014	2014/2015
		----- m -----				----- mm -----	
2B587	CV	2,27	2,25	1,22	1,31	19,22	16,66
2B587	ES	2,43	2,27	1,32	1,31	19,63	16,57
2B587	EP	2,36	2,34	1,24	1,30	20,61	17,02
Média 2B587		2,32B		1,28		18,29B	
2B688	CV	2,37	2,23	2,28	1,18	18,66	16,54
2B688	ES	2,52	2,38	1,36	1,30	18,62	16,59
2B688	EP	2,56	2,47	1,40	1,39	19,04	16,88
Média 2B688		2,42A		1,32		18,56A	
Média dos anos		2,42a	2,32b	1,30	1,29	19,29a	16,71b
Médias dos eventos entre híbridos e anos							
ES EP	CV	2,28B		1,25		17,77	
		2,40A		1,33		17,85	
		2,43A		1,34		18,38	
ANOVA (Pr > F)							
	Ano (A)	0,0002**		0,7117		<0,0001***	
	Híbrido (H)	0,0001**		0,0719		0,0391*	
	A*H	0,2226		0,0044*		0,0998	
Pr>F	Evento (E)	<0,0001***		0,0008**		0,083	
	A*E	0,1933		0,4762		0,8259	
	H*E	0,1037		0,0034**		0,7563	
	A*H*E	0,4134		0,2326		0,7723	
CV %		5,4		7,2		16,5	

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na coluna diferem entre si e médias seguidas de letras distintas minúsculas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

O híbrido 2B688 convencional apresentou a menor altura de espiga diferindo das suas versões transgênicas. Apenas para o evento piramidado, o híbrido 2B587 apresentou menor altura de espiga em relação ao 2B688 (TABELA 2). Alterações morfológicas como na altura de planta ou de espiga podem modificar práticas culturais como a densidade de semeadura ou a resposta da planta a condições de estresse (SANGOI et al., 2002). Os resultados mostram que os híbridos de milho

transgênicos são mais altos e alguns casos com maior altura de espiga. O incremento na altura de espiga e planta não foi acompanhado pela espessura do colmo, característica importante para evitar o tombamento, sobretudo em híbrido modernos, que são semeados em maiores densidades.

Tabela 2 – Resultados médios de altura de espiga (AE) de dois híbridos de milho (2B587 e 2B688) com diferentes eventos transgênicos - CV, evento simples - ES e evento piramidado - EP) em Inconfidentes - MG.

Híbrido	Evento		
	CV	ES	EP
2B587	1,26 Aa	1.32Aa	1,27Ba
2B688	1,23 Ab	1,33 Aa	1,40 Aa
	Ano		
	2013/2014	2014/2015	
2B587	1.26 Ba	1.31 Aa	
2B688	1.35 Aa	1.29 Aa	

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na coluna diferem entre si e médias seguidas de letras distintas minúsculas na linha diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$).

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

A produtividade média dos híbridos geneticamente modificados foi maior em relação aos híbridos convencionais, apresentando uma produção em torno de 11.000 kg ha⁻¹ (TABELA 3). A produção de grãos é resultado de herança quantitativa e muitos fatores afetam essa variável. Portanto, sua correlação com uma única característica genotípica geralmente é baixa. Ainda, em condições ambientais que favoreçam a exploração dos eventos transgênicos, essa diferença pode ser potencializada, o que possivelmente ocorreu nesta pesquisa.

A produtividade média dos híbridos geneticamente modificados foi de 11.000 kg ha⁻¹, cerca de 900 kg ha⁻¹ ou 10% maior que os híbridos convencionais. Esses resultados estão dentro dos limites reportados para as perdas causadas, principalmente, pela lagarta do cartucho do milho (CARVALHO, 1970; CRUZ; TURPIN, 1983; WILLIAMS; DAVIS, 1990; CORTEZ; WAQUIL, 1997; CRUZ et al. 1999). Além disso, a área experimental foi cultivada com milho por safras seguidas, pois as condições climáticas tropicais do Brasil permitem a intensificação da produção (PATERNIANE, 2000). Conseqüentemente, em áreas com cultivos sucessivos há um aumento substancial do tamanho das populações de insetos-praga (HILL, 1983; HOLLINGSWORTH, 2011; OMOTO et al. 2015).

Tabela 3 – Resultados médios da produtividade de grãos de dois híbridos de milho (2B587 e 2B688) com diferentes eventos transgênicos - CV, evento simples - ES e evento piramidado - EP em Inconfidentes (MG).

	Evento	Produtividade (kg ha ⁻¹)		
		CV	ES	EP
2B587	2013/14	9.300	11.000	10.600
	2014/15	10.900	11.400	11.200
2B688	2013/14	10.300	10.500	10.700
	2014/15	9.500	10.600	11.400
Médias eventos		10.000 b	10.900 a	11.000 a
ANOVA (Pr > F)				
Pr>F	Ano (A)	0.1653		
	Híbrido (H)	0.4162		
	A*H	0.1248		
	Versão (V)	0.0157*		
	A*V	0.8349		
	H*V	0.6178		
	A*H*V	0.2129		
	CV	10,7		

Fonte: Elaboração dos autores (2018).

Conclusões

A introdução de diferentes biotecnologias modifica as características morfológicas e produtivas de plantas de milho. As versões transgênicas apresentam altura de planta e produtividade de grãos 5 e 10%, respectivamente, maior em relação às isolinhas convencionais.

Transgenic events interference on maize morphological and productive attributes

Abstract

Genetically modified plants have high potential for use and benefits; they are dynamic and tend to enable more sustainable agricultural management alternatives as scientific and technical information are applied. However, little is known about the effects of genetic modifications to induce resistance to herbicides and insect attacks on agronomic characteristics of maize plants. The objective of this study was to evaluate the effects of transgenic events on morphological and productive characteristics of maize hybrids. A field experiment was conducted in two crop seasons, using conventional and transgenic isogenic hybrids. The variables analyzed were plant height, ear height, stem diameter, and grain yield. The genetic modifications used in the evaluated transgenic hybrids affected the morphological and productive characteristics of the maize plants. The transgenic hybrids presented 5% higher plant height and 10% higher grain yield than the conventional hybrids.

Keywords: Cry1Ab protein. PAT enzyme. EPSPS enzyme. Grain yield. Environment-genotype interaction.

Referências

- AGAISSÉ, H.; LERECLUS, D. How does *Bacillus thuringiensis* produce so much insecticidal crystal protein? **Journal of Bacteriology**, v. 177, n. 21, p. 6027–6032, 1995.
- ALMEIDA, F. S. Eficácia de herbicidas pós-emergente no controle de plantas daninhas na cultura do milho. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina: 1981. p. 101-144 (Circular, 23).
- BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; RUBERSON, J. R.; OLIVEIRA, M. D. Development of *Spodoptera frugiperda* on different hosts and damage to reproductive structures in cotton. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 137, n. 3, p. 237–245, 2010.
- BARRY, G. G.; KISHORE, S; PADGETTE, M. Inhibitors of amino acid biosynthesis: strategies for imparting glyphosate tolerance to crop plants. In: SINGH, B. K. et al. **Biosynthesis and Molecular Regulation of Amino Acids in Plants**. Am. Soc. Plant Physiologists. Rockville, MD. p.139-145, 1992.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Meteorologia. **Normas climatológicas**. 1961 – 1990. Brasília, 1992, 84p.
- BOX, G. E. P.; COX, D. R. **An analysis of transformations**. J. R. Stat. Soc. Ser. B 26, 211–252, 1964.
- CARBONARI, C. A.; MESCHEDÉ, D. K.; VELINI, E. D. Efeito da aplicação de glyphosate no crescimento inicial de mudas de eucalipto submetidas a dois níveis de adubação fosfatada. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, 1., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2007a. p. 68-70.
- CARBONARI, C. A.; MESCHEDÉ, D. K.; VELINI, E. D. Acúmulo de fósforo em plantas de eucalipto submetidas à aplicação de diferentes doses de glyphosate. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, 1., 2007, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2007b. p. 76-78.
- CARDOSO, M. J.; CARVALHO, H. W. L.; SANTOS, M. X.; LEAL, M. L. S.; OLIVEIRA, A. C. Desempenho de híbridos de milho na região meio-norte do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 1, p. 43-52, 2003.
- CARVALHO, A. O. R. Pragas de milho e seu controle. 291p. (**Circular Técnica, 29**), 1982.
- CARVALHO, R. P. L. Danos, flutuações da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith 1797), **e sua suscetibilidade de diferentes genótipos de milho, em condições de campo**. Piracicaba, 1970. 170p. **Tese (Doutorado) - ESALQ/USP**.
- CEDERGREEN, N.; STREIBIG, J. C.; KUDSK, P.; MATHIASSEN, S. K.; DUKE, S. O. The occurrence of hormesis in plants and algae. **Dose-Response**, Amherst, v. 5, p. 150-162, 2007.

CIB. Conselho de Informações sobre Biotecnologia: **Eventos Aprovados - CTNBio**. 2013. Disponível em: <http://cib.org.br/biotecnologia/regulamentacao/ctnbio/eventos-aprovados>. Acesso em: 13 maio 2013.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA, R. S. Dessecação antecedendo a semeadura direta pode afetar a produtividade. **Potafós: Informações Agrônomicas**, 2005. n. 109, p. 14-15.

CORTEZ, M. G. R.; WAQUIL, J. M. Influência de cultivar e nível de infestação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no rendimento do sorgo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 26, p. 407- 410, 1997.

CRUZ, I.; TURPIN, F. T. Yield impact of larval infestation of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to mid whorl stage of corn. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 76, p. 1052-1054, 1983.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; VASCONCELOS, C. A. Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminum saturation. **International Journal of Pest Management**, London, v. 45, p. 293-296, 1999.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Safra 2013/2014**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/>>. Acesso em: 03 de agosto de 2016.

FAO. **Agroclimatological data for Latin América and Caribbean**. Roma, 1985. (Coleção FAO: Produção e Proteção Vegetal, v. 24).

FERNANDES, O. A.; CARNEIRO, T. R. Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* no Brasil. In: PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; ROSSI, M. M.; MALERBO-SOUZA, D. T. (Ed.). **Controle Biológico de Pragas: Na Prática**. Piracicaba, Ed. CP2, p. 75-82, 2006.

GODOY, M. C. **Efeitos do glyphosate sobre o crescimento e absorção do fósforo pela soja**. 2007. 43 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

GRUYS, K. J.; SIKORSKI, J. A. Inhibitors of tryptophan, phenylalanine and tyrosine biosynthesis as herbicides. In: SINGH, B. K. **Plant amino acids: biochemistry and biotechnology**. New York: Marcel Dekker, 1999. p. 357-384.

HILL, D. S. **Agricultural Insect Pests of the Tropics and their Control**. 2. ed. Cambridge **University Press**, Cambridge, UK, 1983.

HOLLINGSWORTH, R. G. Insect pest management of tropical versus temperate crops; patterns of similarities and differences in approach. **Acta Hort** 894:45–56, 2011.

HUANG, F.; BUSCHMAN, L. L.; HIGGINS, R. A.; LI, H. Survival of Kansas dipel-resistant European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) on Bt and non-Bt corn hybrids. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 95, n. 3, p. 614-621, 2002.

KOZLOWSKI, L. A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 365–372, 2002.

OMOTO, C.; BERNARD, O.; SALMERON, E.; SORGATTO, R. J. MDOURADO, P.; CRIVELLARI, A.; CARVALHO, R. A.; WILLSE, A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P. Field-evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. **Pest Management Science**, v. 72, p. 1727–1736, 2016.

PADGETTE, S. R.; KOLACZ, K. H.; DELANNAY, X.; RE, D. B.; LA VALLEE, D. J.; TINIUS, C. N.; RHODES, W. K.; OTERO, I.; BARRY, G. F. Development, Identification, and Characterization of a Glyphosate- Tolerant Soybean Line. **Crop Science**, v. 35, p. 1451-1461, 1995.

PATERNIANI, E. Sustainable Agriculture in the Tropics, in Transition to Global Sustainability: The Contribution of Brazilian Science. Ed. By Rocha-Miranda CE. **Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, Brazil, p. 181–194, 2000.

PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeados em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, p. 52-60, 2003.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. 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. 359p.

SANGOI, L.; DE ALMEIDA, M. L.; DA SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, v. 61, n. 2, p. 101–110, 2002.

SCHANBENBERGER, O.; KELLS, J. J.; PENNER, D. Statistical tests for hormesis and effective dosage in herbicide dose-response. **Agronomy Journal**, Madison, v. 91, p. 713-721, 1999.

SPENCER, M.; MUMM, R.; GWYN, J. Inventors - DeKalb Genetics Corporation, assignee.21/03/2000. **Glyphosate resistant maize lines**. U.S.patent 6040497

VELINI, E. D.; ALVES, E.; GODOY, M. C.; MESCHÉDE, D. K.; SOUZA, R. T.; DUKE, S. O. Glyphosate applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science**, New York, v. 64, p. 489-496, 2008.

WAGNER, R.; KOGAN, M.; PARADA, A. M. Phytotoxic activity of root absorbed glyphosate in corn seedlings (*Zea mays* L.). **Weed Biology and Management**, Kyoto, v. 3, p. 228-232, 2003.

WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A.; LORDELLO, A. I.; CRUZ, I.; OLIVEIRA, A. C. Controle da lagarta do cartucho em milho com inseticidas químicos e biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 163-166, 1982.

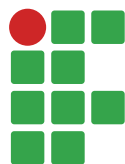
WILLIAMS, W. P.; DAVIS, F. M.; WINDHAM, G. L. Registration of Mp 708 germplasm line of maize. **Crop Science**, Madison, v. 30, p. 757, 1990.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. Efeitos do glifosato nas plantas: efeitos do glifosato nas plantas: efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. **Encarte técnico. Informações agronômicas nº 119** – setembro/2007.

Histórico editorial

Submetido em: 22/03/2018

Aceito em: 25/06/2018



Comparação de classificadores supervisionados na discriminação de áreas de preservação em reservatório hidrelétrico

Jefferson Francisco Soares¹

Gláucia Miranda Ramirez²

Mirléia Aparecida de Carvalho³

Marcelo de Carvalho Alves⁴

Christiany Mattioli Sarmiento⁵

Diego Bedin Marin⁶

Resumo

A manutenção de matas ciliares, considerada uma das práticas vegetativas de mitigação da degradação dos recursos hídricos, é exigida por lei. Contudo, no Brasil, ainda há uma progressiva e constante descaracterização dessas áreas. Diante de tal realidade, torna-se necessário ampliar pesquisas que identifiquem as mudanças ocorridas e forneçam soluções eficientes com rapidez e baixo custo. Técnicas de sensoriamento remoto demonstram grande potencial de aplicação na caracterização dos recursos naturais. O objetivo deste trabalho foi mapear, caracterizar o uso e a ocupação do solo e verificar o melhor método de classificação de imagem de alta resolução espacial das Áreas de Preservação Permanente do reservatório da Usina Hidrelétrica de Funil, localizada entre os municípios de Lavras, Perdões, Bom Sucesso, Ibituruna, Ijaci e Itumirim no Estado de Minas Gerais. Os métodos utilizados para classificação da imagem de alta resolução espacial do Satélite Quickbird foram: visual, orientada a objetos e pixel a pixel. Os resultados demonstraram que o melhor método para o mapeamento de uso e ocupação do solo da área de estudo foi a classificação orientada a objetos, utilizando o algoritmo *K-nearest neighbor*, com coeficiente *kappa* de 0,88 e exatidão global de 91,40%.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto. Matas ciliares. Coeficiente *kappa*. Exatidão global.

Introdução

As Áreas de Preservação Permanente (APP) têm importância vital para o equilíbrio ambiental e ecológico do planeta e devem estar cobertas com a vegetação original, não sendo áreas apropriadas para alteração de uso da terra (DIETZOLD; WENDEL, 2004). O conceito de APP advém do reconhecimento da sociedade sobre a importância em conservar a vegetação em localidades próximas às bacias hidrográficas e seus constituintes (BRASIL, CONAMA nº 303, 2002). Devido a sua importância, atualmente faz-se necessário monitorar essas áreas de maneira eficiente (MASCARENHAS et al., 2009), pois, ainda que a supressão seja proibida, as matas ciliares são diretamente afetadas pela

1 Universidade Federal de Lavras, doutorando em Engenharia Agrícola. jefferson_fsoares@live.com

2 Universidade Federal do Mato Grosso, professor do Departamento de Engenharia. glaucia_ramirez@ufmt.br

3 Universidade Federal de Lavras, professor do Departamento de Engenharia. mirleia@deg.ufla.br

4 Universidade Federal de Lavras, professor do Departamento de Engenharia. marcelo.alves@deg.ufla.br

5 Universidade Federal de Lavras, doutorando em Engenharia Agrícola. chrislavras@yahoo.com.br

6 Universidade Federal de Lavras, mestrando em Engenharia Agrícola. db.marin@hotmail.com

construção de hidrelétricas, aberturas de estradas em regiões com relevo acidentado, implantação de culturas agrícolas e pastagem (FERREIRA; DIAS, 2004). Matas ciliares são áreas de transição entre os ecossistemas terrestre e o aquático e possuem a função de regular as transferências de energia e nutrientes de um ecossistema para outro (CAVALCANTI; LOCKABY, 2006; COLLINS et al., 2010; CORRELL, 2001; KAGEYAMA et al., 2002; LIMA, 1998). Quando localizadas em áreas agrícolas, previnem ou minimizam a movimentação de sedimentos gerados pelos processos erosivos (ADDISCOTT, 1997).

Entre tantas iniciativas de organizações sociais e governamentais, certas ações são consideradas promissoras, a exemplo das leis que regem o uso dos recursos naturais. No Brasil, o Código Florestal Brasileiro regulamentado pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, estabelece as áreas fixas de vegetação a serem protegidas ao redor de lagos artificiais, com a função de preservação permanente (BRASIL, 2012).

A definição da área de entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica de Funil (UHE Funil) está estipulada no Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial (PACUERA, 2011), que a define como área de contribuição direta, ou seja, as encostas voltadas para o reservatório, que fisicamente interferem de forma direta na conservação da qualidade das águas. Essa área, embora não inundada, guarda relação estreita com o reservatório, podendo ser por ele afetada e é delimitada por uma linha imaginária que interliga as cristas marginais, paralela à cota de inundação (PACUERA, 2011).

Apesar das leis que regulamentam a manutenção e recuperação das áreas de entorno de reservatórios, ainda há progressiva e constante descaracterização dessas áreas. Entre as principais causas, estão a inexistência de uma demarcação oficial, a deficiência do estado em promover uma fiscalização ambiental eficiente e a indisponibilidade de conhecimento e métodos operacionais que viabilizem essas fiscalizações.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) podem servir como ferramenta auxiliar no controle e fiscalização das APPs a partir da junção dos dados de sensores remotos às técnicas de processamento digital de imagens (VALLE JUNIOR et al., 2010; SOARES et al., 2011; ROVANI; CASSOL, 2012; COSTA et al. 2013).

Os SIGs permitem uma análise espacial por meio da utilização de vários elementos do meio ambiente de forma integrada, gerando resultados eficientes, com rapidez e baixo custo (PORTES et al., 2009).

Estudos realizados por Santos et al. (2014) demonstraram a importância do sensoriamento remoto na estimativa de biomassa e na análise estrutural de florestas tropicais, foram utilizadas técnicas para analisar padrões fenológicos regionais e para quantificar os impactos das mudanças ambientais naturais e induzidas pelo homem sobre esses ecossistemas e a importância do uso combinado dessas técnicas na tentativa de compreender as mudanças ocorridas de forma rápida e eficiente.

A dificuldade encontrada nos estudos de sensoriamento remoto está na disponibilidade de métodos rápidos e precisos para obter mapas de uso e cobertura do solo. A classificação visual de imagens de satélite de alta resolução é uma técnica muito precisa, contudo torna-se inviável quando aplicada em áreas extensas, pelo fato da grande demanda de tempo para realizá-la. Uma alternativa recentemente utilizada foi a classificação digital, em que algoritmos permitiam a classificação automática pixel a pixel, porém os mapas resultantes dessa classificação não obtinham boa qualidade e necessitavam de constantes edições pós-classificação.

De modo a suprir limitações, como a grande demanda de tempo nas classificações e de extensas áreas de estudo, surgem as técnicas de classificação de imagens segmentadas e supervisiona-

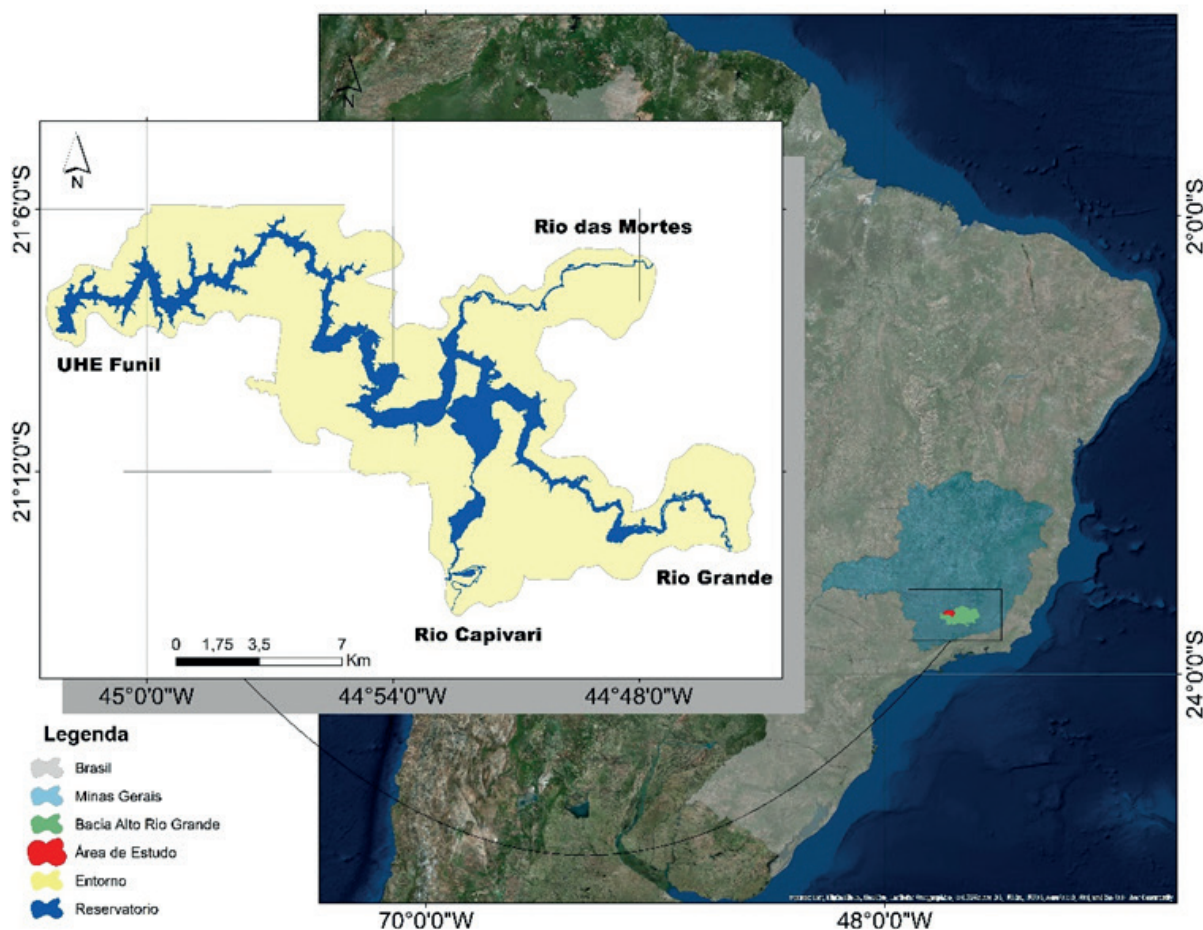
das que consideram na avaliação a informação espacial e de textura em imagens de alta resolução espacial, além da informação espectral. Assim, objetivou-se comparar diferentes classificadores de imagens de alta resolução espacial em APP do reservatório artificial da UHE Funil, bem como avaliar e quantificar as diferenças de exatidão de cada classificador.

Material e métodos

Área de estudo

A área de estudo encontra-se inserida na área de entorno da UHE Funil, como demonstrado na Figura 1, a UHE Funil pertence à Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande e está situada no sul de Minas Gerais, a Bacia é composta por 33 municípios abrangendo uma área aproximada de 9.000 km², possui área de drenagem de 240 km de extensão, atingindo cerca de 365.000 habitantes (UP-GRH-GD1, 2015).

Figura 1 – Reservatório da Usina Hidrelétrica do Funil e delimitação da área de entorno.



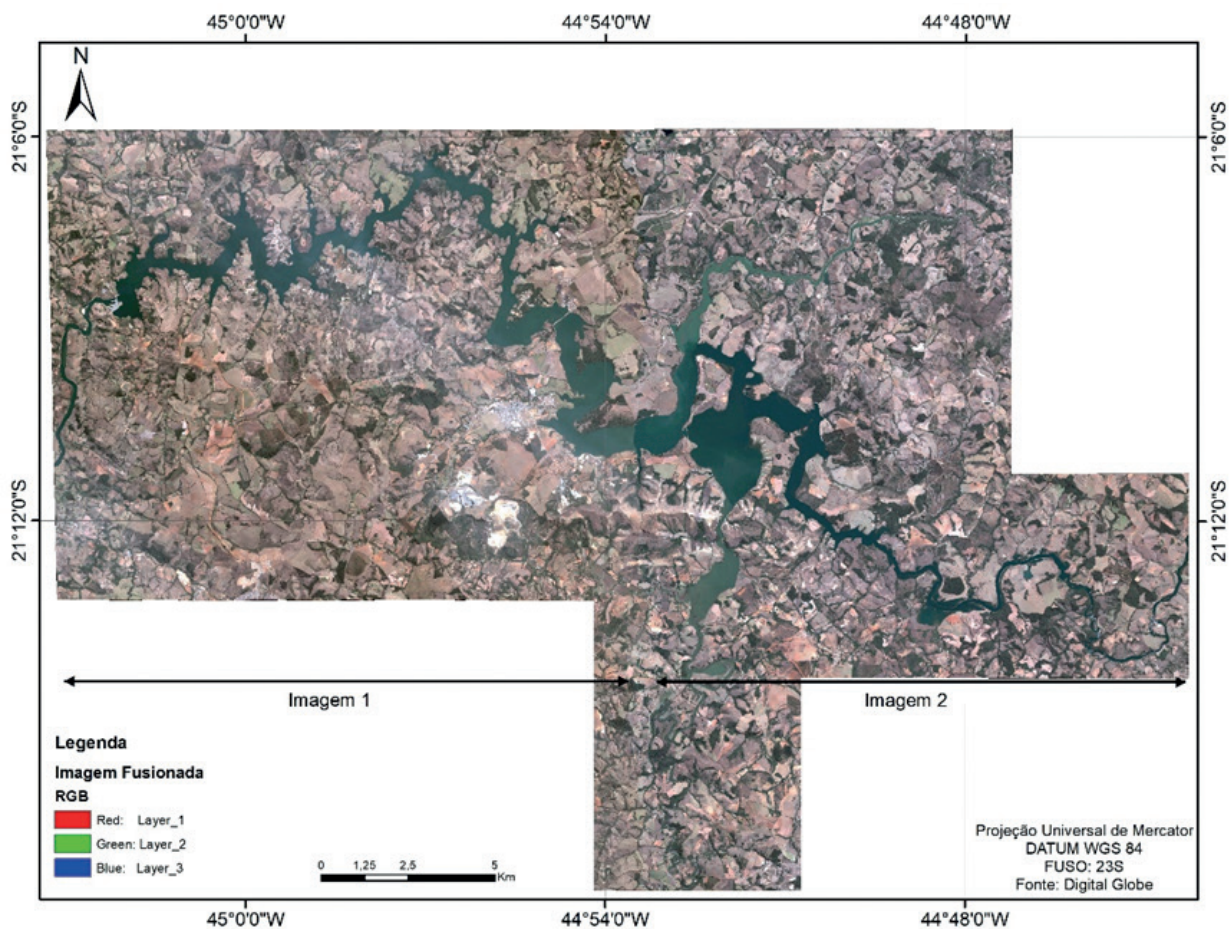
Fonte: Soares (2019).

Está localizada em uma área com relevo ondulado e a vegetação dominante é a transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado (FERREIRA, 2005). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwb (tropical de altitude). A UHE Funil está inserida na Bacia do Alto Rio Grande, à montante do Reservatório de Furnas, tendo como importantes afluentes o Rio das Mortes e o Rio Capivari, que ao se encontrarem ao Rio Grande formam o Reservatório da UHE Funil.

Imagem Quickbird

Para o estudo foram utilizadas duas imagens disponibilizadas pela empresa UHE Funil, demonstradas na Figura 2, o produto fornecido é um mosaico de imagens do Satélite Quickbird, ortoretificada, datadas em 30 de julho de 2009 e 07 de agosto de 2009, contendo três bandas multiespectrais (RGB-321) na composição de cores verdadeiras.

Figura 2 – Imagem fusionada na composição Cor verdadeira (RGB 321)



Fonte: Soares (2019).

As bandas espectrais cujas características constam na Tabela 1 foram fusionadas utilizando o Método de Gram-Schmidt, com a simulação de uma banda pancromática a partir das bandas multiespectrais de baixa resolução espacial (RSI, 2009), gerando uma imagem com resolução espacial de

61 centímetros e resolução radiométrica de 11 bits, as imagens em mosaico somam uma área de 470 km².

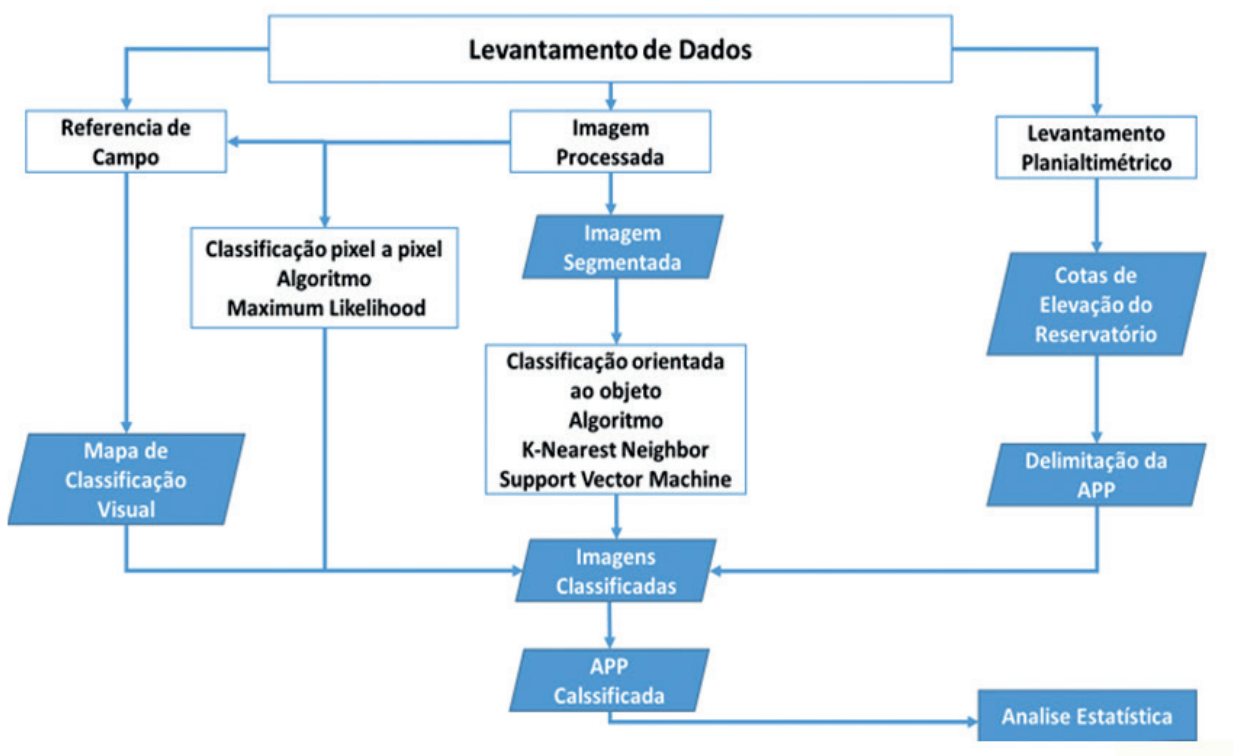
Tabela 1 – Dados do Satélite Quickbird.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
Pancromático	Pancromática (PAN)	445 - 900 μm	61 a 72 cm			
Multiespectral	Azul (B)	450 - 520 μm		1 a 3,5 dias	16,5 x 16,5 km	11 bits
	Verde (G)	520 - 600 μm	2,4 a 2,8 m			
	Vermelho (R)	630 - 690 μm				
	Infravermelho Próximo (NIR)	760 - 900 μm				

Fonte: Digital Globe (2017).

Entre as etapas de execução do projeto estão: levantamento de dados; agrupamento de informações; segmentação da imagem; classificação das imagens e análise estatística dos resultados, conforme Fluxograma apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma da metodologia utilizada (2019).



Fonte: Soares (2019).

Levantamento Planialtimétrico

Para a definição da APP, foi realizada a conversão de um levantamento planialtimétrico do reservatório para o formato *shapefile*, esse levantamento mediu a diferença entre o geóide e o elipsoide para definir a cota normal de operação (cota 808,00 m) e a cota máxima maximorum (810,61 m) já estabelecidas pelo projeto do empreendimento. Esse levantamento foi processado no programa AutoCAD 2010®. O levantamento planialtimétrico foi realizado utilizando Receptores GPS/GNSS Trimble R6 (L1/L2) e baseado no elipsoide de referência com dimensão específica. O modelo de ondulação utilizado no levantamento foi o MAPGEO2010 do IBGE.

O equipamento conta com um sistema de correção por rádio em tempo real (Real Time Kinematic - RTK), o conceito de posicionamento pelo RTK baseia-se na transmissão instantânea de dados de correções dos sinais de satélites e dos receptores instalados no vértice de referência ao receptor que percorre os vértices de interesse. Desta forma, proporciona o conhecimento instantâneo em tempo real de coordenadas precisas para os vértices do levantamento.

Referência de Campo

Para criação do mapa de referência de campo foi utilizada a classificação visual realizada no programa ENVI EX 4.8®, com correções de campo em áreas do levantamento consideradas duvidosas no decorrer da classificação. Para a classificação visual foram seguidos os requisitos de qualidade impostos pela legislação brasileira no Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984, mapeando em uma escala fixa de classificação de 1:1.000.

A classificação visual foi realizada em toda a área de entorno com base nas imagens adquiridas do reservatório. Para a área de entorno foram discriminados oito tipos de uso do solo, classificados em: “corpos d’água”; “uso antrópico”, “pastagem”; “vegetação natural”; “solo exposto”, “mineração”, “afloramento rochoso” e “culturas”.

Classificação de imagem pixel a pixel por Máxima Verossimilhança (MAXVER)

Para a classificação pixel a pixel, utilizou-se do algoritmo MAXVER do Programa ENVI EX 4.8®, foram coletadas amostras de 200 pixels para cada classe de uso do solo, esses representam $7,6 \times 10^{-8}$ % da área total da imagem. Posterior à classificação foi realizado recorte do raster, tomando como base o *shapefile* de delimitação da APP, gerado pelo levantamento planialtimétrico e, como resultado, as classes “corpos d’água”; “uso antrópico”, “pastagem”; “vegetação natural”; “solo exposto” e “culturas” foram identificadas na área pretendida. Nessa Classificação apenas a informação espectral de cada pixel é utilizada para classificar imagens.

Classificação de imagem orientada a objeto

Nesta etapa foram realizadas a segmentação e a classificação orientada a objetos utilizando as três bandas do visível (RGB-321) fusionadas com a banda pancromática (PAN) do Satélite Quickbird.

Segmentação

A utilização de algoritmos de segmentação de imagens é empregada na extração de informações de imagens, principalmente em imagens de alta resolução. Esses algoritmos têm por objetivo dividir uma imagem em regiões espacialmente contínuas, separadas e homogêneas.

A segmentação foi realizada no programa ENVI EX 4.8®, esse processo particiona a imagem, subdividindo-a, o nível de detalhe está associado à detecção de objetos e regiões de interesse que neste estudo foram as classes almeçadas. O processo de segmentação por extração de características é baseado no algoritmo que simula uma bacia hidrográfica por imersão, o chamado *watersheds by immersion* (SARMIENTO et al., 2014; CAMPOS et al., 2013; VINCENT; SOILLE, 1991). O passo inicial é a extração de características da imagem utilizando uma abordagem baseada em objetos para segmentar imagens, definidos a partir de uma região de interesse com características espaciais, espectrais (brilho e cor) e texturais que definem a região (AGUIRRE-GUTIÉRREZ; SEIJMONSBERGEN; DUIVENVOORDEN, 2012; BLASCHKE, 2010; YAN et al., 2006).

O algoritmo requer apenas um parâmetro de entrada e nível de escala para definir a similaridade dos pixels. Escolhendo um alto nível de escala, menos segmentos foram definidos; em uma escala de baixo nível, surgiram mais segmentos a serem definidos, ou seja, em uma escala de 0 a 100, 0 refere-se a uma supersegmentação e 100 a nenhuma segmentação. Em seguida, foi realizada a fusão de segmentos, em que foram agregados pequenos segmentos dentro de grandes áreas, esse parâmetro define o nível de fusão que varia de 0 a 100, e há a fusão de segmentos adjacentes com base em uma combinação de informação espacial e espectral. Esses valores, atribuídos ao nível de escala e fusão, foram definidos com base na pré-visualização disponibilizada pelo software.

Os valores utilizados foram alcançados por meio de tentativas e repetições na busca de encontrar os melhores resultados; para este trabalho, o valor de *merge* utilizado foi de 90%; o nível de escala na segmentação foi de 40%; para o refinamento da segmentação, foi utilizado contraste para comparar demais áreas da imagem.

Classificação utilizando *K-nearest neighbor* (KNN) e *Support vector machine* (SVM)

Para a classificação foram coletadas amostras “corpos d’água”; “uso antrópico”, “pastagem”; “vegetação natural”; “solo exposto”; “mineração”; “afloramento rochoso” e “culturas”. Coletadas as amostras, todos os parâmetros disponibilizados pelo programa ENVI para os atributos espacial, textura, espectral e customizado, descritos a seguir, foram considerados:

- Espacial: área, comprimento, compacidade, convexidade, solidez, arredondamento, fator forma, alongamento, medida do retângulo, direção principal, comprimento do eixo maior, comprimento do eixo menor, número de orifícios do polígono e área total do polígono da zona de contorno externo;
- Textura: distância da textura, média da textura, variância da textura, entropia da textura;
- Espectral: valor mínimo, máximo, médio e o desvio padrão dos pixels que compõem as bandas 1, 2 e 3 (RGB).

Com a finalidade de extrair informações e reconhecer padrões e objetos homogêneos, foram adotados os métodos KNN e SVM disponíveis pelo programa.

O algoritmo de classificação KNN é uma técnica empregada no reconhecimento de padrões em que o programa exige a seleção de valores do parâmetro *k*, sendo esse o número (*k*) de vizinhos considerados durante a classificação (XU et al., 2013). Foram testados os valores 1, 3, 5 e 7 (só é

possível utilizar valores ímpares) para o parâmetro K – que representa o número de vizinhos testados na classificação – sendo selecionado o valor 1 por apresentar melhores resultados.

O algoritmo SVM determina limites de decisão para a separação das classes bem como a minimização dos erros (MOUNTRAKIS; JUNGHOIM, 2010). Foi selecionada a função *kernel radial basis*, recomendada por Pereira et al. (2011) e Roza e Ribeiro (2013). Os valores *gamma* e parâmetro utilizados foram 0,03 e 100, os quais são padrões sugeridos pelo programa.

Posterior à classificação foi realizado recorte do raste, tomando como base o *shapefile* de delimitação da APP, gerado pelo levantamento planialtimétrico e como resultado apenas as classes: “corpos d’água”; “uso antrópico”; “pastagem”; “vegetação natural”; “solo exposto” e “culturas” foram obtidas na área pretendida.

Pós – classificação

Posterior às classificações, utilizando os algoritmos KNN e SVM e o algoritmo MAXVER, foi realizada a pós-classificação, ou seja, a comparação dos mapas temáticos resultantes das classificações com o mapa de referência de campo para análise da exatidão das classificações.

Na pós-classificação foi avaliada a exatidão dos mapas temáticos com base nas matrizes de confusão, tendo como resultado as seguintes análises: coeficiente *kappa*, exatidão global, exatidão do usuário (do ponto de vista do usuário) e exatidão do produtor (do ponto de vista do produtor).

A Exatidão Global é obtida dividindo o somatório dos pixels classificados corretamente contidos na diagonal principal pelo número total de pixels com o resultado em porcentagem de acertos, e o mínimo aceito para mapas de uso é de 85% (JENSEN, 1996). A exatidão global e a razão entre a soma de todos os elementos classificados corretamente pelo número total de elementos foram calculadas pela Equação 1:

$$E.G.= \frac{\sum_i^r x_{ii}}{n} \quad (1)$$

Em que:

E.G. = Exatidão Global

x_{ii} = Elementos da diagonal principal;

r = Número de classes;

n = Número total de amostras.

A exatidão do usuário é calculada dividindo o número total de *pixels* corretamente classificados em uma classe pelo número total de pixels classificados nessa classe e refere-se aos erros de comissão a partir da probabilidade de que um pixel classificado na imagem representa a classe no campo. A exatidão do usuário é expressa pela razão do número de elementos classificados corretamente em uma classe pelo número total de elementos classificados da classe e a exatidão do produtor é calculada dividindo o número total de pixels corretamente classificados em uma classe pelo número total de pixels dessa classe indicado na referência de campo.

O coeficiente *kappa* proposto por Landis e Koch (1977) considera toda a matriz de confusão no seu cálculo, inclusive os elementos de fora da diagonal principal, os quais representam as discordâncias na classificação e foi calculado utilizando a Equação 2.

$$\frac{N \sum x_{ii} - \sum x_{i+} x_{+i}}{N^2 - \sum x_{i+} x_{+i}} \quad (2)$$

Em que:

k = coeficiente *Kappa* de concordância;

N = número de observações (verdades de campo);

x_{ii} = observações na linha i e coluna i (diagonal principal);

x_{i+} = total marginal da linha i;

x_{+i} = total marginal da coluna i.

Resultados e discussão

Mapa referência

O mapa de referência de campo foi classificado envolvendo toda a área de entorno do reservatório, somando 21.195,91 hectares, nele foram identificadas oito classes de uso do solo, sendo 13.107,67 ha da classe “pastagem”, 3.792,98 ha da classe “vegetação natural”, 2.817,97 ha da classe “cultivo”, 573,53 ha da classe “corpos d’água”, 349,85 ha da classe “uso antrópico”, 345,01 ha da classe “solo exposto”, 170,67 ha da classe “mineração” e 38,23 ha da classe “aflorentamento rochoso”, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Quantificação da área de entorno – classificação visual.

Classes	Área Classificada (ha)	Porcentagem Classificada (%)
Pastagem	13.107,670	61,84
Vegetação natural	3.792,980	17,89
Cultivo	2.817,970	13,29
Corpos d’água	573,530	2,71
Uso antrópico	349,850	1,65
Solo exposto	345,010	1,63
Mineração	170,670	0,81
Aflorementamento Rochoso	38,230	0,18
Total	21.195,910	100

Fonte: Soares (2019).

Classificação visual da APP da UHE Funil

A área de interesse considerada no estudo (APP) são as cotas de operação da UHE Funil, área entre as cotas 808 e 810,61, as quais foram identificadas contemplando uma área de 1.043 ha; foram encontradas cinco classes de uso do solo, sendo 631,930 ha da classe “pastagem”; 294,763 ha da classe “vegetação natural”; 47,786 ha da classe “cultivo”; 45,408 ha da classe “solo exposto” e 23,597 ha da classe “uso antrópico”.

A identificação das classes por meio da classificação visual juntamente com as verificações de campo foi utilizada como padrão para criação do mapa referência de campo, o qual foi utilizado para a análise da veracidade dos classificadores. Em diversos estudos, a utilização da classificação visual

é tomada como referência de campo e também como o meio mais confiável de identificar classes em uma área. Todos os valores e classes obtidos pelos diferentes métodos de classificação foram descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Quantificação da APP de acordo os métodos propostos.

Classes	VISUAL		KNN		SVM		MAXVER	
	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%
Pastagem	631,930	60,55	562,933	51,95	600,226	57,52	501,633	48,07
Vegetação natural	294,763	28,24	304,160	31,76	256,202	24,55	376,460	36,07
Cultivo	47,786	4,57	107,776	9,94	116,253	11,14	35,018	3,35
Solo exposto	45,408	4,35	44,019	4,06	57,204	5,48	82,102	7,86
Uso antrópico	23,597	2,26	24,597	2,27	13,600	1,30	48,271	4,62
Total	1043,4840	100	1083,484	100	1043,484	100	1043,4840	100

Fonte: Soares (2019).

Classificação utilizando o algoritmo MAXVER

Os resultados obtidos a partir do algoritmo classificador MAXVER encontraram cinco classes que discriminam o uso do solo. Essas classes quantificaram valores de área de 501,633 ha da classe “pastagem”, 376,460 ha da classe “vegetação natural”, 35,018 ha da classe “cultivo”, 82,102 ha da classe “solo exposto” e 48,271 ha da classe “uso antrópico”.

Analisando os dados do algoritmo MAXVER na classificação do uso e ocupação do solo nas APPs do reservatório da UHE Funil, o coeficiente *kappa* obtido mostrou a eficiência da classificação, alcançando um coeficiente *kappa* “Muito Boa” (0,68) de acordo com Landis e Kock (1977) e um coeficiente de exatidão global de 79,89%. Bolfe et al. (2004), ao realizarem classificações supervisionadas utilizando o método MAXVER na tentativa de quantificar povoamentos diferenciados de três classes diferentes de vegetação, alcançaram coeficiente *kappa* de 0,84 e exatidão global de 85,23%. Os autores concluíram que o coeficiente *kappa* demonstrou consistência na avaliação da exatidão dos mapeamentos produzidos pelo Método Maximum Likelihood.

Classificação orientada a objeto utilizando o algoritmo Support Vector Machine (SVM)

O algoritmo classificador SVM obteve como resultado cinco classes que discriminam o uso do solo. Os valores de área para essas classes foram de 600,2254 ha classe “pastagem”, 256,2016 ha classe “vegetação natural”, 116,2529 ha classe “cultivo”, 57,2037 ha classe “solo exposto” e 13,5994 ha classe “uso antrópico”.

Analisando os dados do algoritmo SVM na classificação do uso do solo nas APPs do reservatório da UHE Funil, o coeficiente *kappa* obtido mostrou a eficiência da classificação, alcançando um coeficiente *kappa* “Muito Boa” (0,80) de acordo com Landis e Kock (1977) e um coeficiente de exatidão global de 86,29%.

Classificação da imagem utilizando o algoritmo *K-nearest neighbor* (KNN)

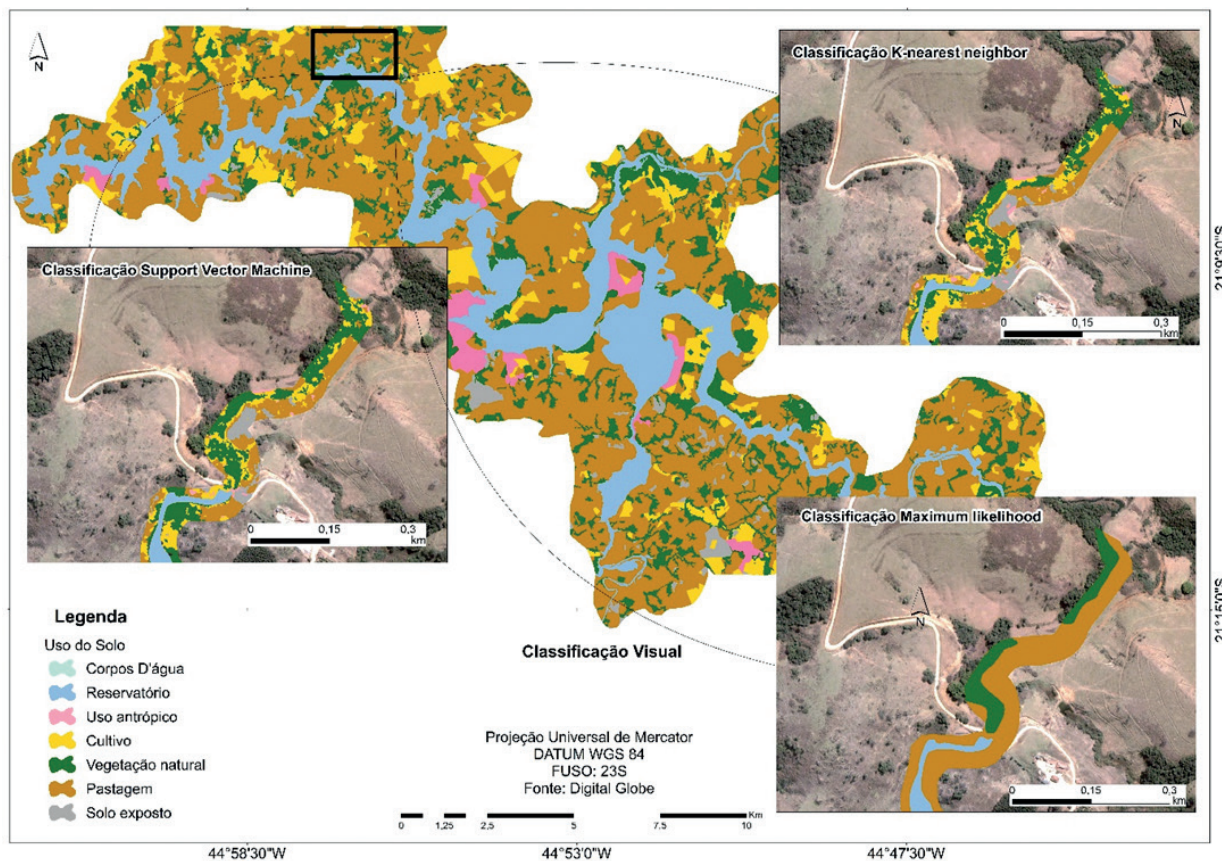
O algoritmo classificador KNN obteve como resultado cinco classes que discriminam o uso do solo. Essas classes quantificaram valores de área de 501,6337 ha para a classe “pastagem”, 304,1596 ha para a classe “vegetação natural”, 107,7757 ha para a classe “cultivo”, 44,0180 para a classe “solo exposto” e 24,5970 para a classe “uso antrópico”.

No presente trabalho, o coeficiente *kappa* visando analisar a discriminação das classes do uso e ocupação do solo utilizando o algoritmo classificado KNN mostrou a eficiência da classificação, alcançando um coeficiente *kappa* “Excelente” (0,88) de acordo com Landis e Kock (1977) e um coeficiente de exatidão global de 91,40%.

Imagem

A Figura 4 demonstra os resultados obtidos por ambas as classificações em uma determinada área. É possível comparar a diferença das classes encontradas em cada um dos algoritmos de classificação utilizados com a classificação visual.

Figura 4 – Comparação dos classificadores MAXVER, SVM, KNN com a Classificação Visual.



Fonte: Soares (2019).

Coeficiente Kappa e Coeficiente de Exatidão Global

Os valores estatísticos obtidos a partir dos classificadores são descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores de coeficiente *kappa* e exatidão global para cada método de classificação analisado.

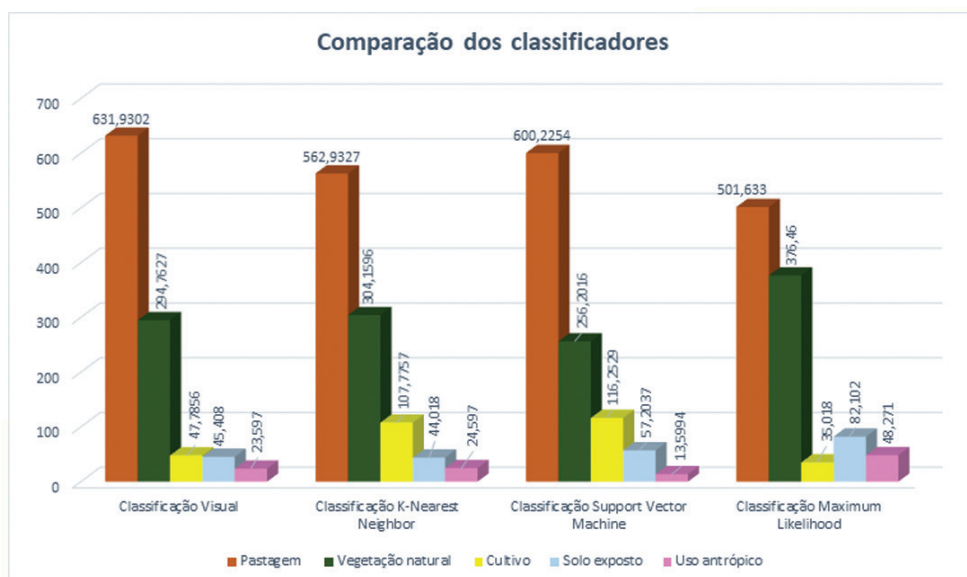
Classificações	Coeficiente Kappa	Exatidão Global (%)
<i>K-nearest neighbor</i> (KNN)	0,88	91,4
<i>Support vector machine</i> (SVM)	0,80	86,29
<i>Maximum likelihood</i> (MAXVER)	0,68	79,89

Fonte: Soares (2019).

Pode-se observar na Tabela 2 que o coeficiente *kappa* e a exatidão global resultantes da classificação por *K-nearest neighbor* foram superiores aos demais. A classificação orientada a objeto na qual são considerados os atributos espectral, espacial e de textura obtiveram um melhor resultado quando comparada à classificação pixel a pixel em que o algoritmo classificador considera apenas o atributo informação espectral. Por meio desse resultado, foi constatado que o classificador baseado na análise de imagem orientada a objeto desempenha suas funções satisfatoriamente na classificação em APP.

Analisando a Figura 5, que demonstra os resultados obtidos por meio dos três algoritmos de classificação que contemplaram este estudo, MAXVER, KNN e SVM, foi observado que o classificador que em média resultou em valores mais próximos do mapa de referência foi o algoritmo KNN, sendo esse também o que atingiu os melhores resultados estatísticos para o coeficiente *kappa* e a exatidão global. No entanto, os demais classificadores desempenharam suas funções satisfatoriamente, com suas particularidades, levando em consideração que para discriminação de determinadas classes os demais algoritmos alcançaram valores superiores ao KNN, como as classes “Pastagem” e “Solo exposto”.

Figura 5 – Quantificação das classes da área de estudo por meio do mapa de referência e dos algoritmos de classificação KNN, MAXVER e SVM.



Fonte: Soares (2019).

Exatidão do Usuário e do Produtor

Para a classificação KNN os melhores valores para a exatidão do usuário foram observados para as classes “Vegetação natural”, Pastagem”, “Uso antrópico” e “Solo Exposto”, obtendo valores inferiores para a classe “Cultivo”, esses valores referem-se aos erros de comissão a partir da probabilidade de que um pixel classificado na imagem representa a classe no campo, como apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação da exatidão do Usuário e do Produtor para cada classe entre os algoritmos SVM, KNN E MAXVER.

Classe informacional	SVM		KNN		MAXVER	
	Usu.	Prod.	Usu.	Prod.	Usu.	Prod.
Vegetação natural	89,21	93,49	98,16	85,9	74,15	73,74
Pastagem	82,43	96,08	83,78	99,36	97,99	64,3
Cultivo	87,28	59,95	78,73	89,31	13,54	29,09
Uso antrópico	87,41	92,3	93,2	90,96	1,21	2,88
Solo exposto	96,71	61,79	99,8	92,31	69,1	72,46

Fonte: Soares (2019).

Para a exatidão do produtor, o classificador KNN obteve melhores resultados para as classes “Pastagem”, “Solo exposto” e “Uso antrópico”, obtendo menores valores na exatidão do produtor para as classes “Vegetação natural” e “Cultivo”, esses valores referem-se aos erros de omissão, sendo a omissão a probabilidade de um pixel de referência ser corretamente classificado.

Conclusão

O classificador *K-nearest neighbor* foi o algoritmo que proporcionou melhor potencial para discriminação de áreas de preservação permanente em imagens de alta resolução espacial. Dessa forma, recomenda-se o uso do método de segmentação aliado à classificação orientada a objeto com o intuito de avaliar diferentes classes de uso do solo e na fiscalização e monitoramento de áreas de preservação.

Comparison of supervised classifiers in the discrimination of preservation areas in a hydroelectric reservoir

Abstract

The maintenance of riparian forests is considered one of the main vegetative practices for mitigating the degradation of water resources and is mandatory by law. However, in Brazil there is still a progressive and constant decharacterization of these areas. Facing this reality, it is necessary to broaden researches that identify the occurring changes and provide efficient solutions at a fast pace and low cost. Remote sensing techniques show great application potential in characterizing natural resources. The objective of this work was to map, to characterize the land use and occupation and to verify the best method of high spatial resolution image classification of the Permanent Preservation Areas of the Funil Hydroelectric Power Plant reservoir, located between the municipalities of Lavras,

Perdões, Bom Sucesso, Ibituruna, Ijací and Itumirim, in the state of Minas Gerais. The methods used to classify the high spatial resolution image from the Quickbird satellite were visual, object-oriented and pixel-by-pixel. Results showed the best method for mapping land use and occupation of the study area was object-oriented classification using the K-nearest neighbor algorithm, with kappa coefficient of 0.88 and global accuracy of 91.40%.

Keywords: Remote sensing. Riparian forests. Kappa coefficient. Overall accuracy.

Referências

ADDISCOTT, T. M. A critical review of the value of buffer zone environments as a pollution control tool. In: HAYCOCK, N. E. et al. (Ed). **Buffer zones: their processes and potential in water protection**. Hertfordshire: Quest Environment, 1997. p. 236-243.

AGUIRRE-GUTIÉRREZ, J.; SEIJMONSBERGEN, A. C.; DUIVENVOORDEN, J. F. Optimizing land cover classification accuracy for change detection, a combined pixel-based and object-based approach in a mountainous area in Mexico. **Applied Geography**, Amsterdam, v. 34, n. 1, p. 29-37, fev. 2012.

BLASCHKE, T. Object based image analysis for remote sensing. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 2-16, 2010.

BRASIL, Resolução CONAMA n. 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 maio 2002. Seção 1, p. 68.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006, revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 maio 2012. Seção 1, p. 49.

CAMPOS, A. R. ; FONSECA, D. F. ; SAMPAIO, D. M. ; ELMIRO, M. A. T. Classificação orientada a objeto para mapeamento do uso e cobertura do solo do município de Rio Acima, MG: por crescimento de regiões e por extração de objetos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: Inpe, 2013. p. 8035-8042.

CAVALCANTI, G. G.; LOCKABY, B. G. Effects of sediment deposition on aboveground net primary productivity, vegetation composition, and structure in riparian forests. **Wetlands**, Dordrecht, v. 26, n. 2, p. 400-409, set. 2006.

COLLINS, A. L.; WALLING, D. E.; MCMELLIN, G. K.; ZHANG, Y.; GRAY, J.; MCGONIGLE, D. A preliminary investigation of the efficacy of riparian fencing schemes for reducing contributions from eroding channel banks to the siltation of salmonid spawning gravels across the south west UK. **J. Journal of Environmental Management**, London, v. 91, n. 4, p. 1341-1349, jan. 2010.

CORRELL, D. L. Buffer zones and water quality protection: General principles. In: HAYCOCK, N. E. e BURT, K. W. T. (Ed.). **Buffer zones: their processes and potential in water protection**. Edgewater: Smithsonian Environmental Research Center, 2001. p. 7-20.

COSTA, T. A.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; GLERIANI, J. M. Conflitos de uso da terra na microbacia do São Bartolomeu – Viçosa, MG. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 3, p. 281-295, jul./set. 2013.

DIETZOLD, S. S.; WENDEL, N. L. **Água sem florestas?** Recife: Editora da UFRPE, 2004.

DIGITAL GLOBE. **Digital Globe: an imagery and information company**. Disponível em: <http://www.digitalglobe.com/>. Acesso em: 17 jun. 2018.

FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H. C. T. Situação da mata ciliar do Ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p. 617-623, 2004.

FERREIRA, V. M. Voçorocas no município de Nazareno, MG: origem, uso da terra e atributos do solo. 2005. 81 p. **Dissertação** (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D. **Restauração da mata ciliar: manual para recuperação de áreas ciliares e microbacias**. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2002.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Washington, v. 33, n. 1, p. 159-174, dez. 1977.

LIMA, W. P. Função hidrológica da mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1998. p. 25-42.

MASCARENHAS, L. M. A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na Bacia do Rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 1, 2009, p. 5-18.

SARMIENTO, C. M.; RAMIREZ, G. M.; COLTRI, P. P.; SILVA, L. F. L.; NASSUR, O. A. C.; SOARES, J. F. (2014). Comparação de classificadores supervisionados na discriminação de áreas cafeeiras em Campos Gerais–Minas Gerais. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, 2014, p. 546-557.

MOUNTRAKIS, G.; JUNGHOIM, C. O. Support vector machines in remote sensing: a review. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 2011, n. 66, p. 247-259, dez. 2010.

PACUERA. **Plano de conservação e uso do entorno do reservatório artificial da Usina Hidrelétrica do Funil – PACUERA FUNIL**. Lavras: Consórcio AHE Funil, 2011. Disponível em: <http://www.ahefunil.com.br/home/downloads>. Acesso em: 11 nov. 2013.

PEREIRA, L. O.; SILVA, A. E. P.; NEGRI, R. G.; SANT'ANNA, S. J.; DUTRA, L. V.; FREITAS, C. C.; ERTHAL, G. J. Análise comparativa dos métodos de classificação SVM e Maxver-ICM polarimétrico em imagem de radar ALOS PALSAR. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: Inpe, 2011. p. 8223-8230.

PORTES, R. C.; BEZERRA, N. R.; SILVA, H. C.; SPINOLA, D. N.; FERNANDES, E. I. F.; VIEIRA, C. A. O.; BASTOS, R. K. X. Determinação da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa – Minas Gerais, Brasil, por meio de geoprocessamento e análise multi-critério. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 1., 2009, Montevideo. **Anais...** Montevideo: Inpe, 2009. p. 40-42.

ROVANI, F. F. M.; CASSOL, R. Áreas de preservação permanente e conflitos ambientais no município de Barão de Cotegipe (RS): Uma análise com Auxílio das geotecnologias. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 32, n. 2, p. 51-70, jul./dez. 2012.

SANTOS, J. R.; GALVÃO, L. S.; OLIVEIRA, L. E.; ARAGÃO, C. Remote sensing of amazonian forests: monitoring structure, phenology and responses to environmental changes. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 66/7 - International Issue, p. 1413-1436, dez/2014.

SOARES, V. P.; MOREIRA, A. D. A.; ALVARES SOARES RIBEIRO, C. A.; GLERIANI, J. M.; GRIPP J. J. Mapeamento de áreas de preservação permanentes e identificação dos conflitos legais de uso da terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 555-563, maio/jun. 2011.

Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Minas Gerais – UPGRH-GD1. Plano Diretor de Recursos Hídricos e enquadramento da Bacia do Alto Rio Grande GD1, set. 2015.

VALLE JUNIOR, R. F. ; PISSARRA T. C. T. ; PASSOS, A. O. ; RAMOS T. G. ; ABDALA V. L. Diagnóstico das áreas de preservação permanente na Bacia Hidrográfica do Rio Tijuco, Ituiutaba - MG, utilizando tecnologia SIG. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 495-503, maio/jun. 2010.

VINCENT, L.; SOILLE, P. Watersheds in digital spaces: an efficient algorithm based on immersion simulations. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, Paris, v. 13, n. 6, p. 583-598, jun. 1991.

XU, Y.; ZHU, Q.; FAN, Z.; QIU, M.; CHEN, Y.; LIU, H. Coarse to fine K nearest neighbor classifier. **Pattern Recognition Letters**, North-Holland, v. 34, n. 9, p. 980-986, fev. 2013.

YAN, G.; MAS, J. F.; MAATHUIS, B. H. P.; XIANGMIN, Z.; VAN DIJK, P. M. Comparison of pixel-based and object-oriented image classification approaches-a case study in a coal fire area, Wuda, Inner Mongolia, China. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 27, n. 18, p. 4039-4055, mar. 2006.

Histórico editorial

Submetido em: 26/03/2018

Aceito em: 25/06/2018



Avaliação do efeito residual do nitrogênio liberado pelos restos culturais da soja na produtividade do milho segunda safra

Ivan Vilela Andrade Fiorini¹

Cassiano Spaziani Pereira²

Hélcio Duarte Pereira³

Felipe Ribeiro Resende⁴

Ewerton Léllys Resende⁵

Adriano Alves da Silva⁶

Resumo

Objetivou-se verificar o efeito de nitrogênio (N) liberado pela palhada da soja precoce inoculada em função de doses e formas de aplicação do inoculante sobre o crescimento vegetativo e a produtividade de grãos da cultura do milho segunda safra em sucessão. A semeadura do milho híbrido Land® ocorreu em 26 de janeiro de 2017 sobre a palhada de um experimento de soja em Sinop (MT). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições e dez tratamentos. Para os tratamentos na soja: testemunha sem aplicação de N (apenas inoculada com *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*) e para os demais tratamentos foi aplicada a dose de 10 kg ha⁻¹ de N em diferentes estádios fenológicos e modos de aplicação (a lanço em cobertura na semeadura; em V2 a lanço em cobertura; em V2 via foliar; em V4 a lanço em cobertura; em V4 via foliar; em R1 a lanço em cobertura; em R1 via foliar; em R2 a lanço em cobertura e em R2 via foliar). Foram avaliados: altura de plantas, diâmetro de colmo, clorofila total e produtividade de grãos. A mineralização do nitrogênio dos restos culturais da soja não é suficiente para atender à demanda de N do milho. A aplicação de nitrogênio nos estádios V2 e R1 em cobertura na cultura antecessora da soja proporcionou os maiores valores de produtividade de grãos ao milho.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Demanda de nitrogênio. Crescimento vegetativo. Palhada da soja.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo, devido ao seu potencial produtivo, valor nutritivo e usos tanto na alimentação humana quanto na animal. No Brasil, na safra 2016/2017, foram produzidos cerca de 96 milhões de toneladas de grãos de milho, atrás dos Estados Unidos da América (EUA) e da China que produziram aproximadamente 384,8 e 219,6 milhões de toneladas, respectivamente. No Brasil, a segunda safra de milho 2017

1 Universidade Federal do Mato Grosso, pós-doutorado, Bolsista PNPd CAPES, UFMT *Campus* Sinop, Sinop, Mato Grosso, Brasil. ivanvaf@yahoo.com.br. Avenida Jacarandás, 6471, Parque das Ararás, Sinop, Mato Grosso, 78.557-456.

2 Universidade Federal do Mato Grosso/ICAA- Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais - UFMT *Campus* Sinop, professor de Agronomia. cassianospaziani@yahoo.com.br.

3 Universidade Federal de Lavras (UFLA), mestrado em Fitotecnia. Lavras, Minas Gerais. hhelciopassos@yahoo.com.br.

4 UFLA, graduando em Agronomia. feliperibeiroresende@gmail.com.

5 UFLA, mestrado em Genética. elresendeagro@outlook.com.

6 Centro Universitário de Formiga (UNIFOR-MG), professor titular I. adrianoas@msn.com.

produziu cerca de 61 milhões de toneladas, praticamente 60% da produção total de milho no país (CONAB, 2015).

O cultivo do milho segunda safra, após a cultura da soja, permite o uso intensivo do solo, melhor aproveitamento da mão de obra e maquinário, rotação/sucessão de leguminosas com gramíneas, manutenção/aumento da matéria orgânica do solo, além da liberação de nutrientes das palhadas, principalmente de nitrogênio (N) (BASTOS et al., 2008).

No Brasil, a utilização de culturas de cobertura e rotação de culturas visa à sustentabilidade do sistema plantio direto e faz-se necessário considerar o aproveitamento do nitrogênio residual da palhada da soja, na adubação nitrogenada da cultura do milho segunda safra, cultivado em sucessão, por meio da decomposição dos restos vegetais. O estabelecimento de culturas de cobertura para formação e manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo, principalmente nas regiões de Cerrado, tem encontrado alguns obstáculos, pois as condições climáticas nessas regiões favorecem a decomposição dos resíduos vegetais. Normalmente, essa decomposição é controlada principalmente pela relação C/N, teor de lignina, manejo que definirá o tamanho dos fragmentos e ação do clima, principalmente temperatura do ar e precipitação (TORRES et al., 2005).

Entre os nutrientes presentes na planta da soja e que podem ser aproveitados pelo milho, pode-se citar o N, que é exigido em maior quantidade pelas duas culturas. A cultura do milho responde a altas doses desse nutriente, recomendando-se o uso de plantas de cobertura, como crotalária e crotalária + milheto, como antecessoras associadas à aplicação de 120 kg ha⁻¹ em cobertura, o que aumenta os custos de produção (KAPPES et al., 2013).

Desta forma, na tomada de decisão do uso da adubação nitrogenada deve ser considerado: sistema de cultivo (semeadura direta), época de semeadura (segunda safra), rotação de cultura e fontes de nitrogênio, entre outros, enfatizando que as recomendações de aplicação de N devem ser específicas e não generalizadas (CHAGAS et al., 2007).

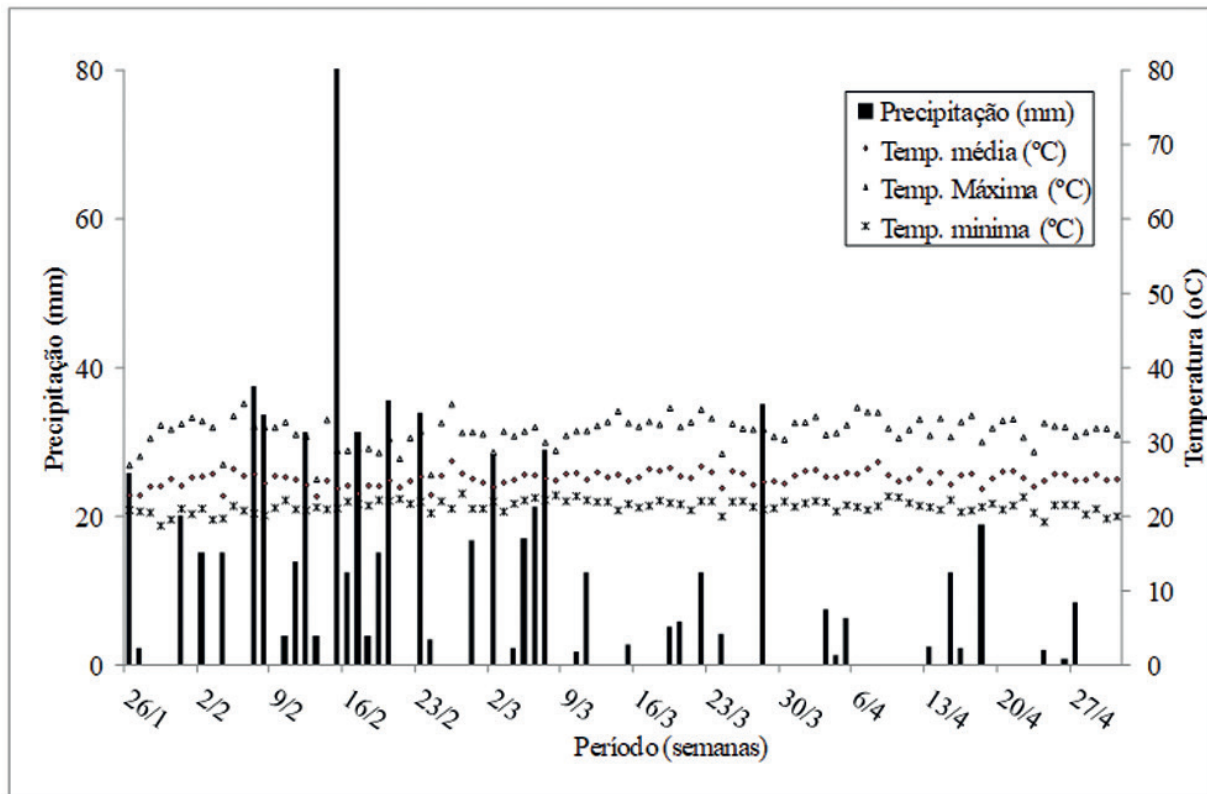
Diante do exposto, objetivou-se verificar o efeito do N liberado pela palhada da soja precoce, inoculada em função de doses e formas de aplicação do inoculante sobre o crescimento vegetativo e a produtividade de grãos da cultura do milho segunda safra em sucessão.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em área comercial cultivada em sistema de cultivo mínimo a mais de cinco anos, entre os meses de fevereiro a julho de 2017, no município de Sinop (MT). O local do experimento está localizado na Latitude 11°57'05" S e Longitude 55° 23'51" O e altitude média de 380 m com topografia plana. O clima segundo Koppen-Geiger é classificado como Aw, com duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa entre outubro e abril e outra seca, de maio a setembro, com baixa amplitude térmica anual variando de 24 a 27 °C, a pluviosidade média anual da região é em torno de 2.100 mm (GARCIA et al., 2013).

A Figura 1 apresenta os dados climatológicos do período de condução do experimento, entre os dias 26 de janeiro de 2017 e 27 de abril de 2017.

Figura 1. Precipitação Pluvial (mm) e Temperaturas mínimas, médias e máximas (°C), por semana, durante o período de condução do experimento. Safra 2016/2017. Sinop (MT).



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Realizou-se uma coleta de solo seis meses antes da semeadura da soja com o auxílio de um trado holandês na camada de 0 a 20 cm de profundidade e posterior análise química do solo em laboratório. A análise química do solo obteve os seguintes resultados: pH(CaCl₂): 5,1; M.O.: 18,55 g dm⁻³; P (Melich): 6,07; K: 52,00 mg dm⁻³; Ca: 2,84; MG: 0,93; S: 0,40; Al: 00; H: 2,92; CTC pH 7,0: 6,82 cmol dm⁻³; V(%): 57,2; relação Ca/MG: 3,05; Ca/K: 21,85; Mg/K: 7,16. Os valores de micronutrientes em mg dm³ foram: Zn: 5,51; Cu: 0,44; Fe: 199,16; Mn: 11,25; B: 0,15. A análise física do solo obteve os valores: Areia: 497; Silte: 125; Argila: 378, em g dm⁻³.

Com o resultado da análise de solo, observou-se que a saturação de bases está de acordo com a exigência da cultura, não sendo necessária a calagem; em pré-plantio realizou-se a adubação a lanço com 500 kg ha⁻¹ do formulado 00:18:18, conforme manejo do produtor, fornecendo fósforo e potássio à soja. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (SANTOS et al., 2013).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições e dez tratamentos, totalizando 40 parcelas. Os tratamentos foram: testemunha sem aplicação de N (apenas inoculada com *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*). Para os demais tratamentos aplicou-se a dose de 10 kg ha⁻¹ de N (Ureia 45% de N), que corresponde a 22,5 kg ha⁻¹ de ureia, em diferentes épocas (estádios fenológicos) e modos de aplicação: a lanço em cobertura na semeadura; em V2 a lanço em cobertura; em V2 via foliar; em V4 a lanço em cobertura; em V4 via foliar; em R1 a lanço em cobertura; em R1 via foliar; em R2 a lanço em cobertura e em R2 via foliar.

As parcelas experimentais foram constituídas de quatro linhas de cultivo e cinco metros de comprimento, totalizando 10,0 m². Foi considerada a área útil da parcela para amostrar as duas linhas centrais e quatro metros de comprimento, totalizando 4,0 m². Como bordadura, descartou-se meio metro em cada extremidade das parcelas e as duas linhas laterais (bordadura).

A cultivar de soja semeada anteriormente à cultura do milho foi a TMG 132 RR, na densidade de 15 sementes por metro, visando obter uma população média de 260.000 mil plantas ha⁻¹. Antes da semeadura da soja, realizou-se o tratamento de sementes (TS), aplicando inseticida à base de Fipronil do grupo Pirazol, e os fungicidas Piraclostrobrina do grupo das estrubirulinas e Metil Tiofanato do grupo dos Benzimidazois, na dose de 2 mL kg⁻¹ de semente. Aplicaram-se também os micronutrientes cobalto e molibdênio, na proporção de 5 g de Co e 42 g de Mo, para aumentar a eficiência da nodulação (ALMEIDA, 2011). Também realizou-se antes da semeadura a inoculação das sementes com inoculante turfoso para soja, *Bradyrhizobium japonicum*, estirpe SEMIA 5079 e 5080, concentração mínima de rizóbios de 7 x 10⁹ células/g, dose de 200 g ha⁻¹ e, na forma líquida, dose de 200 mL ha⁻¹ com concentração de rizóbios de 5 x 10⁹ células/mL, de *Bradyrhizobium elkanii*, estirpe SEMIA 587 e 5019. A mistura foi realizada em sacos de polietileno até que houvesse a completa mistura do inoculante na semente.

As recomendações foram realizadas pelo produtor conforme exigência da cultura de soja, seguindo os tratamentos culturais. Para controle da ferrugem foram realizadas quatro aplicações de fungicida do grupo químico Estrobirulina e Triazol: Trifloxistrobrina e Protiocozazole). Na segunda aplicação de fungicida, aplicaram-se os micronutrientes Mn e Mo foliar.

Antes da semeadura realizou-se a dessecação das plantas daninhas, com aplicação de 1,5 kg ha⁻¹ de glifosato (granulado) e em pós-emergência, aos 30 DAE, foi aplicado mais 1,5 kg ha⁻¹ de glifosato, com volume de calda de 100 L ha⁻¹, com auxílio de um pulverizador de barras tratorizado de arrasto. O controle de plantas daninhas ocorreu dentro do período recomendado, da germinação até trinta dias após o plantio, período considerado crítico de competição entre a cultura e as plantas invasoras.

O híbrido de milho Land® em espaçamento 0,45 m entre fileiras e população de 60 mil plantas ha⁻¹ foram semeados em cima das parcelas do experimento de modos de adubação com N na soja em 26 de janeiro de 2017, com a semeadora de plantio direto acoplada ao trator em sucessão e no mesmo dia após a colheita da soja, a fim de avaliar o residual de N mineral proveniente dos tratamentos na cultura da soja. Na adubação de semeadura foram utilizadas doses de 40 kg ha⁻¹ de N; 98,4 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 52,5 kg ha⁻¹ de K₂O, de acordo com os resultados da análise de solo e a expectativa de bom rendimento da cultura do milho conforme Souza e Lobato (2004). A aplicação de nitrogênio em cobertura na dose de 30 kg ha⁻¹ foi realizada no estádio de quatro folhas expandidas do milho com a ureia (45% N) a lanço e incorporada com 5 cm de terra.

As avaliações do híbrido de milho iniciaram-se no pleno florescimento (R2), foram avaliados o teor de clorofila total, a altura das plantas e o diâmetro dos colmos, com as medições de seis plantas por parcela útil. Para avaliação do teor de clorofila, utilizou-se de um clorofilômetro da marca ClorofiLOG (modelo CFL-1030), que estima o teor de clorofila de forma indireta, por meio de leituras indiretas de unidades, as quais preveem com boa precisão o teor de clorofila nas folhas, sendo eficiente parâmetro para o monitoramento do nível de N. As leituras efetuadas pelo clorofilômetro indicam valores proporcionais de clorofila na folha e são calculadas com base na quantidade de luz transmitida e absorvida por meio da folha em dois comprimentos de ondas com distintas absorbâncias de clorofila (ARGENTA et al., 2001).

Para essa característica foram utilizadas seis plantas ao acaso por parcela útil, no estágio de pleno florescimento, medida na folha superior oposta à espiga principal aos 60 dias após a germinação do milho.

A altura de plantas foi obtida, ainda em campo, com auxílio de uma trena, medindo-se as seis plantas do solo até a última folha expandida do milho (folha bandeira). O diâmetro de colmo foi obtido rente ao solo no primeiro nó visível acima do solo.

A colheita foi realizada manualmente, no dia 15 de junho de 2017, as espigas foram debulhadas com o auxílio de um debulhador manual. A produtividade foi quantificada por meio da pesagem dos grãos da área útil de cada parcela em balança de precisão Fillizola e posterior correção da umidade para 13%, a produtividade de grãos foi convertida em kg ha⁻¹.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANAVA), com nível de 5% de probabilidade pelo Teste F, com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). As médias foram comparadas pelo Teste F a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

De acordo com a análise de variância, observa-se na Tabela 1 que os tratamentos com os modos de adubação nitrogenada nos diferentes estádios da cultura da soja (anterior à sucessão do milho segunda safra) não geraram residual do nutriente nitrogênio que influenciasse significativamente as características teores de clorofila total, altura de plantas, diâmetro do colmo e produtividade de grãos.

Tabela 1 - Médias das variáveis analisadas em pleno florescimento do milho segunda safra: teor de clorofila total (CLO), altura de plantas (ALT), diâmetro de colmos (DC) e produtividade de grãos (PROD) na cultura do milho após diferentes formas e épocas de aplicação de 10 kg ha⁻¹ de nitrogênio na cultura da soja UFMT. Safra 2016/2017. Sinop (MT).

Tratamentos:	CLO (SPAD)	AP (m)	DC (mm)	PROD (kg ha ⁻¹)
Sem N	66,25 a	1,89 a	17,50 a	5224,00 a
N sementeira	56,25 a	1,80 a	16,25 a	5858,00 a
N V2 cobertura	57,50 a	1,82 a	17,00 a	7019,00 a
N V2 foliar	60,25 a	1,84 a	18,00 a	7299,00 a
N V4 cobertura	59,75 a	1,81 a	17,00 a	6598,00 a
N V4 foliar	64,25 a	1,79 a	17,50 a	5678,00 a
N R1 cobertura	63,00 a	1,91 a	16,75 a	6912,00 a
N R1 foliar	62,00 a	1,86 a	18,00 a	7491,00 a
N R2 cobertura	63,00 a	1,83 a	17,25 a	5904,00 a
N R2 foliar	64,75 a	1,89 a	18,50 a	5924,00 a
Médias	61,70	1,84	17,37	6390,70
C.V.(%)	10,93	3,62	5,05	19,95

As médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F.
Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Para o índice de clorofila total, a aplicação dos tratamentos com N não alterou os valores, não diferindo os tratamentos em relação à testemunha. Os valores de leituras indiretas de clorofila no estágio de florescimento obtidos neste estudo variaram de 65,25 a 78,75 e assemelham-se aos ob-

tidos por outros autores na cultura do milho (ARGENTA et al., 2001; AMARAL FILHO et al., 2005; FIORINI et al., 2017). Silveira e Damasceno (2003), trabalhando com a cultura do feijão, relataram que a aplicação de N a lanço em cobertura não alterou os índices de clorofila entre os tratamentos com N e testemunha. Segundo esses autores, provavelmente o N absorvido pelas plantas foi redistribuído para produção de estruturas vegetativas, reprodutivas e acúmulo de nutrientes que seriam translocados para os grãos, fato que também pode ter ocorrido neste estudo.

Para a variável altura de plantas, não houve efeito significativo para os tratamentos testados, sendo que os valores obtidos variaram de 1,79 a 1,91 m. O mesmo fato ocorreu para o diâmetro do colmo, em que os valores variaram de 16,25 a 18,50 mm, sem diferenças estatísticas entre os tratamentos com adubação residual da soja no milho. A ausência de resposta quanto à altura de plantas corrobora o trabalho de Valderrama et al. (2011), que avaliaram aplicação de 0, 40, 80 e 120 kg ha de N na forma de ureia para o mesmo híbrido de milho e não observaram diferença nessa variável. Provavelmente, o residual da adubação da soja com a aplicação dos tratamentos com 10 kg ha⁻¹ de N não foi o suficiente para obter respostas nas características vegetativas do crescimento do milho e nos teores de clorofila total.

Para a produtividade de grãos do milho, verificou-se que apesar de os tratamentos com a adubação de N na soja obterem maiores valores nessa variável em relação à testemunha sem N na soja, não houve diferenças significativas entre os tratamentos que variaram de 5.224,0 (testemunha) a 7.491,0 kg ha⁻¹, com média de 6.390,7 kg ha⁻¹. Esses valores são considerados altos para a região em que o experimento foi conduzido, dada as condições climatológicas de segunda safra e a média de produtividade de milho no Brasil (CONAB, 2015). Resultados de pesquisas no país demonstram que o milho segunda safra possui potencial de produtividade maior que 6.000,0 kg ha⁻¹ cultivados ou não em sucessão à soja (DUARTE, 2013; SICHOCKI et al., 2014; SILVA et al., 2015; FIORINI et al., 2015).

Esses bons valores de produtividade grãos do milho podem ser explicados pela elevada capacidade do solo em fornecer N para as plantas, bem como pelas adequadas condições climáticas durante o ciclo da cultura com boas precipitações durante o período crítico da produtividade de grãos no enchimento de grãos da cultura (AMARAL FILHO et al., 2005). O solo da área experimental possuía boas condições de fertilidade do solo com bons níveis de nutrientes e com a adubação de plantio e cobertura do milho, o residual de N proveniente da palhada da cultura antecessora da soja não foi limitante à produtividade da cultura do milho de segunda safra após a cultura da soja. De acordo com Ritchie et al. (2003), no momento da definição do número de óvulos e do tamanho da espiga (estádio V12), as deficiências de umidade e nutrientes podem reduzir seriamente o número potencial de sementes e o tamanho das espigas colhidas, o que explica os menores comprimentos de espigas e as menores produtividades de grãos do milho segunda safra em relação ao milho da primeira safra.

Apesar de não ocorrerem diferenças significativas, a aplicação de nitrogênio nos estádios V2 e R1 tanto no modo via foliar quanto na cobertura na cultura antecessora da soja proporcionou os maiores valores de produtividade de grãos no milho segunda safra. Os resultados do presente trabalho colaboram os obtidos por Souza et al. (2003), que também não obtiveram resposta na produtividade de grãos do milho à aplicação de 0 a 120,0 kg ha de N em cobertura. Porém, Rezende et al. (2003) apud Amaral Filho et al., (2005) observaram que o aumento na produtividade de grãos, para o espaçamento entre linhas e para a melhor densidade de plantas, dependeu das condições climáticas do ano agrícola. O espaçamento de 0,80 m entre linhas, a densidade populacional de 40.000 plantas ha e sem a adubação nitrogenada acarretaram a menor produtividade de grãos (6.048,0 kg ha⁻¹).

Caione et al. (2016) verificaram que a máxima produtividade do milho ocorreu com aplicação de 180,0 kg ha⁻¹ de N. Em estudo de adubação nitrogenada na cultura do milho, Araújo et al. (2004) observaram aumento de 28% na produção de grãos e de 37% na produção fitomassa seca em comparação a não aplicação de nitrogênio com as maiores produtividades e fitomassa alcançadas na dose 240,0 kg ha⁻¹.

Provavelmente as baixas doses de N mineral geradas pelos modos e formas da adubação nitrogenada da soja e a liberação de N pela sua palhada mais as baixas doses de N empregada nas adubações de plantio e cobertura do milho segunda safra não foram o suficiente para gerar respostas na produtividade do milho segunda safra. Fornasieri Filho (1992) apud Amaral Filho et al. (2005) relatou que, em solos com disponibilidade adequada de matéria orgânica e sob a ocorrência favorável de precipitação pluvial, os efeitos da adubação nitrogenada são, via de regra, pouco pronunciados. São necessários mais estudos sobre o efeito do N residual da soja na produção do milho segunda safra em diferentes locais, condições de clima, tipos de solos com diferentes variedades e doses de N na cultura antecessora da soja.

Conclusões

A aplicação da adubação nitrogenada com 10,0 kg ha⁻¹ de N sob os diferentes modos e formas de aplicação na cultura antecessora da soja não foi suficiente para gerar incrementos nas características altura de plantas, diâmetro de colmo, clorofila total e na produtividade de grãos do milho segunda safra.

Apesar de não ocorrer diferenças significativas, a aplicação de nitrogênio nos estádios V2 e R1 em cobertura na cultura antecessora da soja proporcionou os maiores valores com aumentos de produtividade ao milho segunda safra.

Evaluation of the residual nitrogen effect liberated by the soybean straw on the maize yield in the second crop

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of Nitrogen (N) liberated by the early soybean straw, inoculated in function of dosage and application means of the inoculant, over the vegetative growth and grain yield of second crop corn, in succession. The hybrid corn Land® was sowed in January 1st, 2017 over the soybean straw from a former experiment in Sinop (MT). The trial design used was randomized blocks (DBC) with four replications and ten treatments. For the soybean treatments: witness without N application (only inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* and *B. elkanii*); for the other treatments, it has been applied the dosage of 10 kg ha⁻¹ of N in different phenological stages and ways of application (by haul at sowing; in V2 by haul and leaf fertilization; in V4 by haul and leaf fertilization; in R1 by haul and leaf fertilization; in R2 by haul and leaf fertilization). Plant height, stalk diameter, total chlorophyll and grain yield were evaluated. The N mineralization from the soybean straw is not enough to fulfill the corn N demand. Even though there were no significant differences among the treatments, the N application in V2 and R1 stages, by topdressing on former soybean, provided the highest grain yield of corn.

Keywords: Zea mays L. Nitrogen demand. Vegetative growth. Soybean straw.

Referências

- ALMEIDA, J. A. R. Eficiência da fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja com aplicação de diferentes doses de molibdênio (Mo) e cobalto (Co). **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n. 2, p. 15-22, 2011.
- 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 Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 467-473, 2005.
- ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p. 771-777, 2004.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 158-167, 2001.
- BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; RIBEIRO, V. Q.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Doses e formas de parcelamento de nitrogênio para a produção de milho sob plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Recife, v. 39, n. 2, p. 275-280, 2008.
- CAIONI, S.; LAZARINI, E.; PARENTE, T. L.; PIVETTA, R. S.; SOUZA, L. G. M. Nitrogênio e molibdênio para milho irrigado em região de cerrado de baixa altitude. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 15, n. 3, p. 419-428, 2016.
- CHAGAS, E.; ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. M. G. Decomposição e liberação de nitrogênio, fósforo e potássio de resíduos da cultura do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 723-729, 2007.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2014/2015**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_07_12_11_17_01_boletim_graos_julho_2015.pdf. Acesso em: 30 ago. 2015.
- DUARTE, A. P. Adubação: cada milho com o manejo que merece. **A Granja**, n. 771, p. 38-42, 2013.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 1039-1042, 2011.
- FIORINI, F. V. A.; PINHO, R. G. V.; CAMARGOS, R. B.; SANTOS, A. O.; FIORINI, I. V. A. Relação entre a perda de água dos grãos e características agrônômicas de híbridos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 88-100, 2015.
- FIORINI, I. V. A.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, H. D.; PIRES, L. P. M.; FIORINI, F. V. A.; RESENDE, E. L. Dry matter accumulation, chlorophyll and sulfur leaf in corn fertilized with different sulfur sources. **Journal Bioenergy and Food Science**, Macapá, v. 4, n. 1, p. 1-11, 2017.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal, FUNEP, 1992. p. 273.

GARCIA, R. G.; DALLACORT, R.; KRAUSE, W.; SERIGATTO, E. M.; FARIA JÚNIOR, C. A. Calendário agrícola para a cultura do milho em Sinop (MT). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 218-222, 2013.

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M.; FERREIRA, J. P. D.; ALBEM, E.; PORTUGUAL, J. R.; VILELA, R. G. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 527-538, 2013.

REZENDE, S. G.; VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C. Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio no desempenho de cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, p. 34-42, 2003.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Informações Agronômicas. Piracicaba, n. 103, p. 1-20, set. 2003. Encarte. Disponível em: <[http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/DE02520B8765B8D683257AA0003C46A6/\\$FILE/Encarte103.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/DE02520B8765B8D683257AA0003C46A6/$FILE/Encarte103.pdf)> Acesso em: 27 nov. 2017.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SICHOCKI, D.; GOTT, R. M.; FUGA, C. A. G.; AQUINO, L. A. R.; RUAS, A. A.; NUNES, P. H. M. P. Resposta do milho safrinha a doses de nitrogênio e de fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 1, p. 48-58, 2014.

SILVA, A. G.; DUARTE, A. P.; PIEDADE, R. C.; COSTA, H. P.; MEIRELES, K. G. C.; BORGES, L. P. Inoculação de sementes de milho safrinha com *Azospirillum* e aplicação de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 3, p. 358-370, 2015.

SILVEIRA, P. M.; DAMASCENO, M. A. Doses e parcelamento de K e de N na cultura do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 1269-1276, 1993.

SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; SOBRINHO, T. A.; FEDATTO, E.; ZANON, G. D.; HASEGAWA, E. K. B. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na produtividade de milho em plantio direto irrigado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, p. 55-62, 2003.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

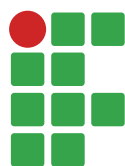
TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 609-618, 2005.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

Histórico editorial

Submetido em: 17/05/2018

Aceito em: 04/07/2018



Estudio del ámbito ecológico ambiental: percepción de niños y jóvenes de las escuelas del Distrito de Obligado, Departamento de Itapúa

Vanesa Juliet Dickel Tischler¹

Juan Jose Bonnin²

Resumen

Para una adecuada gestión y cuidado del medio ambiente en una ciudadanía, es necesaria la implementación de educación desde edades tempranas. La educación ambiental desde sus comienzos, cuando solamente se hablaba de conceptos generales sobre medio ambiente, hasta hoy, donde con la influencia del desarrollo sustentable se pretendió ayudar a la percepción adecuada del medio ambiente en las personas, para lo cual se debe tomar conciencia de ello y transmitir a niños y jóvenes buenas prácticas que influyan en su cotidiano y que se constituyan en una forma de vida. A partir del estudio realizado, se pretende reflejar la perspectiva en conocimiento, gestión, sensibilidad y comportamiento relacionándolo con temas ambientales. Mediante la utilización de una encuesta tipo mixta, a la muestra objeto de estudio, se le cuestionó el nivel de conocimiento sobre el medio ambiente dando como resultado un conocimiento regular, donde el agua y el aire se presentaron como un aspecto de mayor interés como componente ambiental. Conscientes de que existen problemas ambientales en diferentes escalas, más específicamente, a escala regional, la contaminación del medio ambiente es categorizado en un primer orden de importancia. Informaciones sobre el medio ambiente son percibidas en mayor medida a través de los medios de comunicación y en mayor medida a través de la televisión.

Palabras-clave: Medio ambiente. Educación básica. Educación ambiental. Percepción ambiental.

Introducción

Uno de los retos que enfrenta la educación ambiental es dar a entender la importancia del discernimiento hacia el medio ambiente, el ecosistema, y de ese modo contribuir en la formación y capacitación de jóvenes y niños, gestores, planificadores y personas encargadas de la toma de decisiones, facilitado la comprensión, orientando sus valores y comportamientos hacia una relación armónica con la naturaleza, siendo otro desafío en el sector social, transformar radicalmente las estructuras de gestión y redistribución de los recursos naturales. Ambas cuestiones se constituyen en verdaderos ejes referenciales al hablar de desarrollo sostenible.

La educación ambiental está sufriendo cambios en su terminología, enfocados en la dimensión del desarrollo sostenible y, más específicamente, en los problemas involucrados con el desarrollo. Se centra no solamente en una educación formal y no formal por estar fuera del ámbito escolar, sino también en un estudio más profundo de las relaciones existentes entre calidad ambiental, ecología,

¹ Escola de Pós-Graduação/Universidade Nacional de Itapúa, doutorando em Gestão ambiental. vanesadickel@hotmail.com. Campus Universitário de Encarnação, Itapúa, Paraguai.

² Faculdade de Ciências Agrárias/Universidade Nacional de Assunção, docente pesquisador. jose.bonnin@hotmail.com.

factores socioeconómicos y tendencias políticas, mediante una visión holística de los problemas (CARLSSON; MKANDLA, 1999; TILBURY, 1995). Asimismo, en lugar de lograr la modificación de la conducta, propósito de anteriores versiones de la terminología de educación ambiental.

Breiting (1997), Calvo e Franquesa (1998) e Curiel (2001) establecen como objetivo de la educación ambiental el desarrollar en los estudiantes la capacitación para la acción, es decir, la utilización como marco referencial de la democracia, así como del dialogo, la negociación y el consenso para resolver los conflictos incidiendo, especialmente, en la participación de los individuos en estos procedimientos como parte esencial de su capacitación.

A las conductas centradas en el cambio del paradigma de la educación ambiental se la considera como una vía de replanteamiento de nuestras relaciones con la biosfera, a la vez como un instrumento de transformación social (NOVO, 2009). La globalidad y la profundidad del reto sostenible necesitan de la participación de todos y, en particular, de las personas que en el futuro puedan tomar decisiones. Hacen falta empresarios, científicos, ingenieros, abogados, pedagogos que puedan dar soluciones a los problemas de sostenibilidad en sus puestos de trabajo y en su marco de competencias (MARTÍNEZ; AZNAR; ULL; PIÑERO, 2003). Desde la Conferencia de Belgrano (1975), se estableció que la educación ambiental conlleva un proceso permanente en el que los individuos y la comunidad se concientizan de su medio ambiente y adquieren el conocimiento, valores, destrezas, experiencias y determinación que les permitirá actuar individual como colectivamente en la resolución de los problemas presentes como en los que vendrán en el futuro.

Caride Gómez (2017) menciona que una investigación en educación ambiental es por su propia naturaleza, necesaria e inexcusablemente, construida en los escenarios que los saberes pedagógicos habilitan en su convergencia con los saberes en el ámbito social y ambiental, debiendo reflejarse en los marcos conceptuales, epistemológicos, teóricos, meteorológicos, académicos, etc. La educación ambiental revela las relaciones predominantes del ser humano con el medio ambiente, las causas de los problemas ambientales y sus posibles consecuencias (FLORES, 2012). Andrade Frich e Ortiz Espejel (2008), dan a entender que mediante investigación en la educación ambiental se podrá establecer modelos de desarrollo y de gestión ambiental.

Así, en la actualidad se están produciendo algunos cambios en la terminología de esta disciplina, para que recoja con mayor profundidad la dimensión del desarrollo sostenible. Recopilándose por primera vez en el informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1987) (UNESCO) denominado Nuestro Futuro Común, la unión de educación con desarrollo sostenible. Sin embargo, como señala los cambios en la terminología, en muchos casos, no ayudan sino más bien generan nuevas confusiones, desplazando la atención de lo verdaderamente importante en las nuevas corrientes de pensamiento. También se debe tener en cuenta el medio interno de la propia persona, como ser los factores psicobiológicos de cada individuo y el medio externo, que abarca el medio ambiente natural, el medio ambiente social, es decir, la organización de los grupos sociales y el medio ambiente artificial o tecnológico que designa todas las cosas inventadas por la especie humana (CURIEL, 2001). Pasando la terminología desde una perspectiva ecológica a poseer una visión integral entre lo social y la naturaleza.

Flores (2012), reconoce que los comportamientos ambientales no se explican en sí mismos, sino dentro del contexto sociocultural en que se producen, haciendo posible identificar las oportunidades que ofrecen la interacción y el trabajo escolar o no escolar, así también los tipos de restricciones que impone, con su clasificación y rango social. Siendo algunas de sus características:

- La articulación de aspectos ambientales con aspectos educativos,

- Un objeto de estudio complejo, con su concepto de medio ambiente integral (natural, social y construido),
- El cuestionamiento de las prácticas que dan origen a los problemas ambientales,
- La búsqueda de respuestas comprensivas y holísticas.

Ya la Ramos (1992), cita que el trabajo derivado de la investigación educativa determina las condiciones pedagógicas, las modalidades de intervención del personal docente, los procedimientos más eficaces para la asimilación de conocimientos y la modificación de conceptos, valores y actitudes del público, pero al ser el objetivo la educación ambiental ésta se constituye por las relaciones entre los aspectos ambientales y educativos. Para algunos investigadores sus fronteras no son tan claras, por los distintos sesgos abordados, como el ecológico o el antropogénico, originando una vez más confusiones, como la de centrar la atención en las prácticas conservacionistas, que si bien corresponden a una perspectiva en la educación ambiental, no constituye por sí misma este tipo de educación (FLORES, 2012).

De acuerdo a Morin, (1999), la educación es imposible sin una reforma del pensamiento que conduzca a un verdadero proceso de aprehensión del hombre como sujeto complejo que piensa, siente, conoce, valora, actúa y se comunica. Este principio, también es válido para la educación ambiental, donde también se utilizaron estrategias tecnológicas de la información y comunicación para la educación ambiental.

Es prioridad que las sociedades contemporáneas faciliten la retroalimentación de la educación ambiental con las necesidades de las comunidades en las que se encuentra inserta la escuela. Representa, además, una oportunidad para que la educación ambiental llegue a sus habitantes, colaborando en la comprensión de sus problemas y en la búsqueda de respuestas, como alternativa ante los problemas ambientales; en la comunidad se puede desarrollar acciones educativas que tiendan a la participación activa y auto-organización para gestionar posibles soluciones. Salgado-Carmona and Sato (2012) mencionan que la educación vinculada a la comunidad promueve el respeto a la diversidad biológica y cultural para que las sociedades se fortalezcan y resistan a un modelo capitalista que devasta las relaciones de los seres humanos entre sí y de éstos con su medio ambiente. Mediante la vinculación escuela – comunidad, se pretende dar valor a las culturas de las comunidades, al propiciar el reconocimiento de la identidad y de su relación con los otros y el medio natural. Rodríguez e Hernández (2012), también muestran mediante su investigación que a través de programas ambientales conformadas por acciones concretas y viables, diseñadas y ejecutadas por los propios estudiantes, se pueden mitigar problemas ambientales de la escuela, comunidad, donde resaltaron, en la escuela, las acciones ambientales de forma divertida y agradable, en la comunidad se observa mayores responsabilidades por el compromiso que asumen con la población y las autoridades, generando valores de responsabilidad, madurez, disciplina y compañerismo para el cuidado del ambiente de su comunidad. Se presenta también proyectos de Agro ecología, como ser huertas comunitarias, donde se aportan el fomento de la concientización crítica con respecto al consumo, así como la alimentación saludable. Donde se apuesta por una educación ambiental integradora que contempla la unión entre disciplinas y saberes; teoría y práctica; epistemología, política y ética; actores y sectores; lo local, regional y global; así como pasado, presente y futuro.

Flores (2012) concluyó así, que la educación ambiental y la Investigación en educación ambiental ayudaran a ver de manera diferente los problemas ambientales, sin resolverlos directamente, pero generando información que ayude al conocimiento para la transformación en la relación de los seres humanos con su medio ambiente.

La percepción no es necesariamente sustentada en una forma neutral de contemplar al mundo, se debe llegar a privilegiar ciertos problemas por sobre otros con distintos grados de importancia influidas por intereses y relaciones de poder. Mediante la observación no se puede llegar a distorsionar la realidad, por ello es de suma importancia el estudio de la percepción (FLORES; REYES, 2010).

En su trabajo de investigación estudiaron la percepción de la problemática ambiental en la ciudad de Arauca, Montaña e Conde (2012), en donde indagaron la valoración del grupo encuestado entre ellos grupo de jóvenes y grupo de adultos, ambos grupos reciben información de diferentes fuentes sobre temáticas medio ambientales, resaltando que ven que existen problemas ambientales, pero se ve la falta de herramientas para ayudar a que se valore el medio ambiente, viendo la necesidad para formar una ciudadanía más consciente en de una educación básica más reforzada hacia el medio ambiente, campañas educativas, capacitaciones, fomentar la educación. Ordenamiento ambiental en los gobernantes, multas y sanciones, aumentar las áreas naturales, los encuestados mencionan que los principales problemas en la región mencionan la industria petrolera (región donde se encuentran estas industrias), contaminación de basuras, quema de basuras y contaminación de ríos entre los cuatro más mencionados, mencionando también la influencia de los medios que puedan ayudar a generar educación y concienciación, enfocando los encuestados los estudios y la TV como medios de influencia.

Se plantea en artículos de la misma índole que la instancia educativa no se encuentra haciendo efecto en las actitudes y creencias de los estudiantes (MONTAÑO; CONDE, 2012).

Para lograr el objetivo planteado, el estudio ha sido clasificado como un diseño no experimental y descriptivo. Con base a lo expuesto anteriormente, el objetivo de esta investigación fue evaluar la percepción ecológico-ambiental de niños y jóvenes de escuelas del distrito de Obligado, Departamento de Itapúa, Paraguay, a fin de poder determinar la visión de ellos hacia su entorno y su perspectiva hacia el futuro con relación al medio ambiente.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Distrito de Obligado, Departamento de Itapúa, Paraguay, en los colegios y escuelas que poseen el tercer ciclo de escolaridad básica, siendo en total ocho. En cuatro de ellas, fueron realizadas las encuestas, seleccionadas por su ubicación y/o distribución tres urbanas y una rural, siendo una de las urbanas, privada-subsuencionada y las otras instituciones públicas. En el país, no se cuenta con una instancia de estudio y aprobación de este tipo de análisis. La investigación no responde al ámbito biomédico y no implica riesgo alguno. Por lo tanto, el trabajo y consecuentemente el cuestionario aplicado, al no ser invasivo, no requirió pasar por un Comité de Ética o similar para su aplicación. No obstante, el instrumento fue elaborado estrictamente con base a los objetivos planteados en la investigación y puestos a conocimiento, consideración y consentimiento de las autoridades educativas de cada institución objeto de análisis.

La población objeto de estudio, a las cuales se le aplicó la encuesta fue el tercer ciclo, estudiantes de 12 a 15 años cursado de 7^{mo} al 9^{no} grado, siendo en su totalidad 40 estudiantes. Los datos generales de las Instituciones encuestadas son detallados en la Tabla 1:

Tabla 1 – Datos de las instituciones educativas encuestadas.

Institución N°	Cantidad de estudiantes en el tercer ciclo	Sector	Zona
N° 1106	180	Priv. Subvencionada	Urbana
N° 4083	65	Pública	Urbana
N° 644	116	Pública	Urbana
N° 1426	82	Pública	Rural
Total	443	-	-

Fuente: Elaborado por los autores (2019).

La metodología adoptada fue a través del método no experimental y descriptivo, mediante la formulación de una encuesta mixta (cerrada y abierta), con consultas generales sobre la percepción en el ámbito ambiental, que ayudo a evaluar la valoración del cuidado del medio ambiente y su importancia en la ecología, su cuidado etc. La encuesta consta de cinco secciones y sus respectivas cuestiones:

- » Conocimiento ambiental:
 - Conocimiento de la palabra medio ambiente.
 - El grado de conocimiento.
- » Percepción ambiental.
- » Selección de componentes del ecosistema y su nivel de importancia.
- » Importancia del equilibrio del medio ambiente.
- » Existencia de problemas ambientales en el país
- » Situación del medio ambiente en el país.
- » Situación del medio ambiente en la región.
- » Situación del medio ambiente mundial.
- » Nivel de afectación de los problemas ambientales
- » Gestión ambiental.
- » Acceso a información sobre medio ambiente y sus problemas.
- » Cuáles son los principales riesgos ambientales a nivel país.
- » A quien corresponde el tratamiento de los problemas ambientales.
- » A nivel mundial, afectación de los problemas ambientales.
- » Sensibilidad Ambiental.
- » Cumplimiento de las previsiones del calentamiento global.
- » Producen impacto al medio ambiente las actividades humanas.
- » Se está a tiempo de realizar cambios positivos.
- » Nivel impacto perjudicial al medio ambiente de las actividades citadas.
- » Incidencia de actividades citadas a la hora de concienciar.
- » Comportamiento Ambiental.
- » Descripción del medio ambiente en que se vive.
- » Dibujar ¿Cómo ve usted al medio ambiente en el futuro?

Las cuatro primeras son cerradas teniendo como opciones cuatro casillas y en la última es tipo abierta donde se puedan explayar con sus respuestas, entre ellas se solicita describir como ellos observan el futuro del medio ambiente, haciendo énfasis a como es la perspectiva desde su entorno en cuanto al medio ambiente. Se da enfoques cuantitativos y cualitativos para recogida y análisis de datos, los datos son presentados en gráficos con la ponderación de los resultados obtenidos.

Para las encuestas cerradas se tomaron en consideración las siguientes opciones, donde cada una equivale a:

0=Nunca – Mala- No	1=Regular (lo suficiente)	2=Bastante	3=Mucho - Excelente
--------------------	---------------------------	------------	---------------------

Resultados y discusión

Se realizó la encuesta a 40 estudiantes con el objeto de obtener una base de datos general sobre su conocimiento, percepción, gestión, sensibilidad y su comportamiento ambiental. En temáticas sobre medio ambiente se van generando nuevos conocimientos, siendo de suma importancia enfatizar en la valoración al medio ambiente y su cuidado desde la adolescencia, facilitando así la incursión de buenas prácticas relacionadas al cuidado del medio ambiente. Cuando fueron consultados si conocen la palabra “medio ambiente”, 72,5% contestaron que bastante, 15% que lo conoce regular y 12,5% mucho, donde se debe tener en cuenta. En general se observó, que éstos estudiantes se consideran poco informados, sin embargo, se puede decir que el hecho de que los encuestados conozcan, en esta faja etaria, un enfoque básico facilita que puedan aprender nuevos conceptos y también llegar a ser partícipes en el cuidado del medio ambiente, siendo sabido que el país cuenta en su programa de estudio para los años encuestados temas relacionados con medio ambiente, que hace que ellos cuenten con conocimiento sobre algunos temas ambientales.

Con relación hacia la consideración relacionado al grado de comprensión del conocimiento de temas ambientales, los estudiantes respondieron que en un 67,5% se considera bastante informado, 27,5% regular y 5% cree conocer mucho. Estos datos fueron considerados para poder puntualizar cómo se perciben entendidos con relación a temas ambientales, siendo ellos consientes que les falta aprender y conocer aún más ya que se encuentran en los comienzos de su etapa educativa.

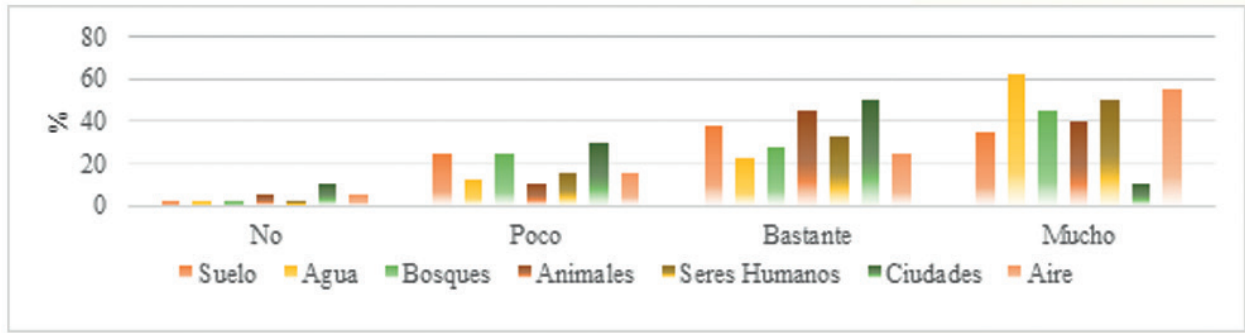
En la formación del conocimiento de saberes iniciales de toda persona, en las escuelas, se inculcan las competencias básicas. En etapas iniciales es importante fomentar una buena percepción más aún, si se toma en cuenta temas relacionados con las ciencias naturales.

En etapas iniciales de la formación de un estudiante son concebidas con las competencias básicas, en donde juegan también las primeras impresiones de estos hacia su entorno.

Las percepciones se constituyen en los primeros conocimientos de una cosa por medio de las impresiones que comunican los sentidos, las cuales se encuentran enfocadas en la segunda parte de la encuesta, como menciona Vázquez y Elejalde (2013) una parte muy importante de la educación y conciencia ambiental es la percepción que posee una persona para poder entender e dar un juicio en el cuidado del medio ambiente.

Cuando fue consultado sobre el nivel de importancia de algunos ítems relacionados a componentes de un ecosistema, el agua (62,5%) y el aire (55%) ocuparon el primer y segundo lugar, pudiendo deberse a la interferir a este criterio las campañas ecologistas que direcciona siempre al aire y agua, así seguido por los seres humanos en tercer lugar, con 50% en orden de importancia, conforme puede verificarse en la Figura 1.

Figura 1 – Nivel de importancia de ítems de componentes ecológicos

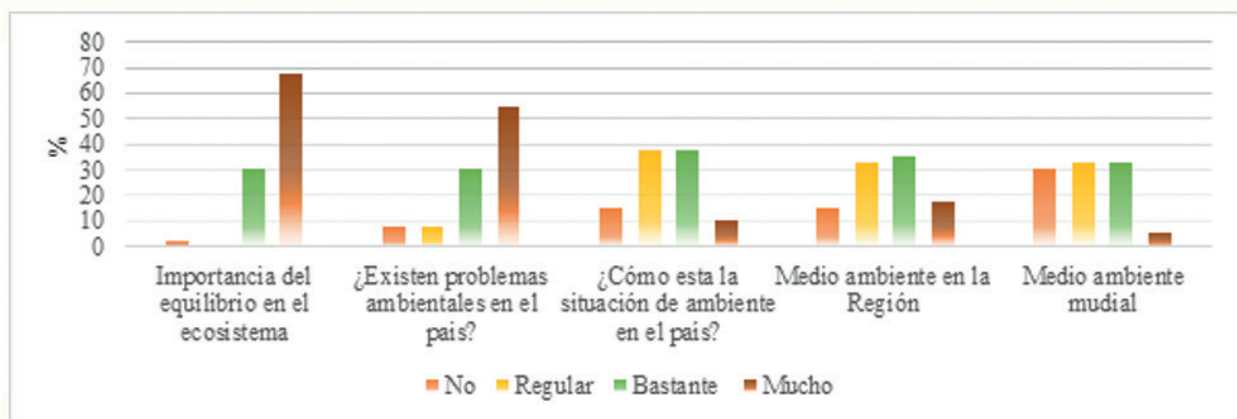


Fuente: Elaborado por los autores (2019).

Con relación sobre si es importante el equilibrio ambiental, cerca de un 70% de los estudiantes lo consideró muy importante, relacionando a la influencia que mencionan también Carlsson and Mkandla (1999) and Tilbury (1995) sobre el crecimiento relacionado a lo que es desarrollo sostenible, que ya va aplicándose en forma creciente en la educación ambiental en las escuelas, incursionando en el programa de la educación básica paraguaya.

Así más de la mitad de estos enfatizaron que si existen problemas ambientales en el país y que estos son muchos, sin embargo, estas situaciones relacionadas al ambiente son consideradas en el país en forma regular y al compararse su región con la del resto del país también es regular. A nivel mundial para los encuestados la situación medio ambiental, es mala tomándose en cuenta todos estos cuestionamientos los estudiantes ven y evidencian la existencia de problemas ambientales, tanto en el ámbito mundial, país y regional y, son conscientes de éstos, siendo de suma importancia pues, así como lo mencionan algunos autores la capacidad de acción es parte de los objetivos de la educación ambiental (FIGURA 2).

Figura 2 – Percepción ambiental.

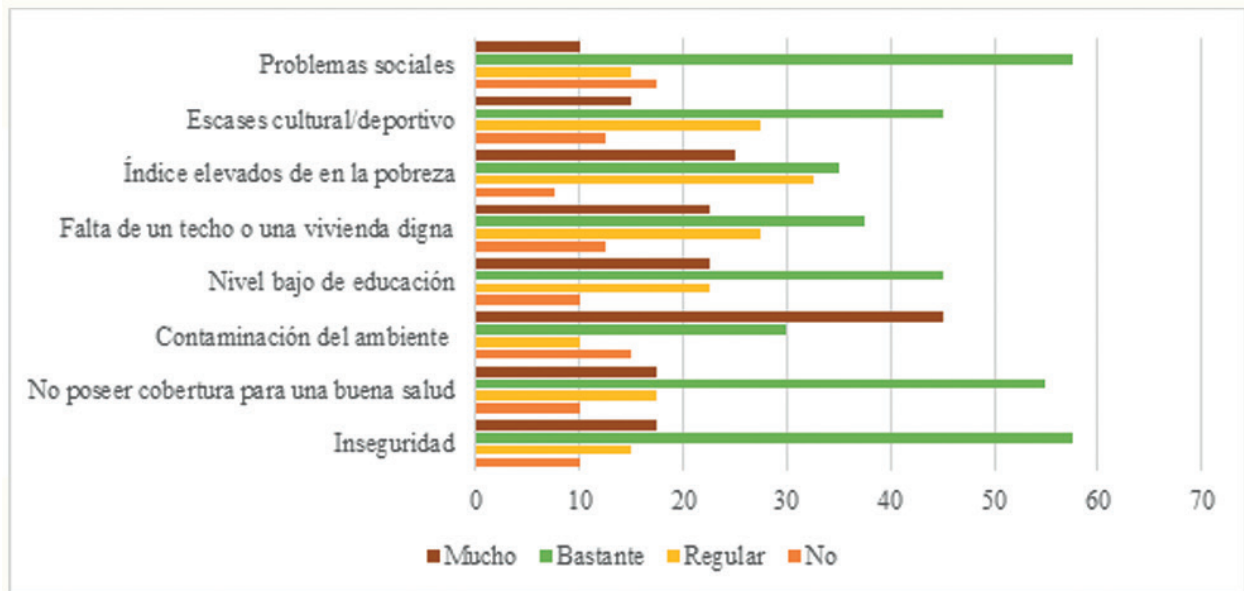


Fuente: Elaborado por los autores (2019).

Seguido fueron citados algunos problemas ambientales habituales encontrados mundialmente, donde se solicitó a los encuestados dar su consideración sobre el nivel de importancia de estos en la región que habitan. En este punto, pudo observarse que más de la mitad consideró mucho, dando

importancia a la contaminación del ambiente (45%), el índice elevado de pobreza (25%), falta de un techo o una vivienda digna (22%), nivel bajo en la educación (22%), siendo los considerados con menor grado de importancia los problemas sociales (17,5%), pero con un porcentaje bajo cuando comparado con las demás consideraciones, en general fueron clasificados todos los problemas ambientales citados como bastantes, que puede llegar a ser como es mencionado en la introducción al cambio de paradigma que menciona que todo es un equilibrio que en cada actividad puede llegar a influenciarnos no solamente positiva sino negativamente, índices pueden ser observado en la Figura 3.

Figura 3 – Nivel de importancia de ítems de los problemas ambientales.

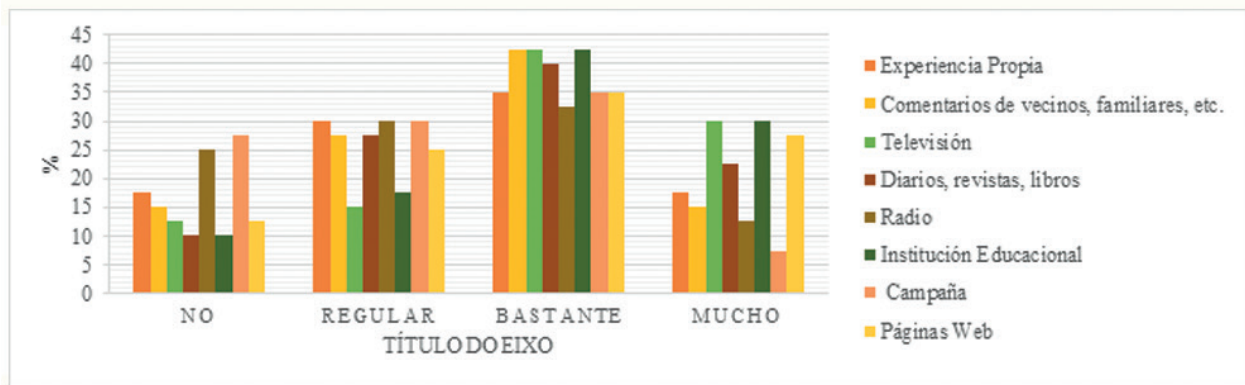


Fuente: Elaborado por los autores (2019).

Otro de los cuestionamientos fue con relación a si consideraban pueda haber solución a los problemas ambientales citados en el cuestionamiento anterior, un 75% lo consideraron como bastante o mucha las posibilidades de poder a llegar a una solución, siendo importante este positivismo ya es parte del camino de saber que se puede llegar si es que ellos se involucran.

Consultados sobre donde o como llegaron a acceder a información sobre el medio ambiente y sus problemas, los mismos respondieron que algunas fuentes donde tuvieron acceso a la información fueron en mayor medida por la Televisión y a través de las Instituciones Educativas, en orden de importancia y menos valoradas, pero igualmente consideradas las campañas específicas relacionadas con temas ambientales (Figura 4), este cuestionamiento también fue formado a los encuestados por Montañó e Conde (2012), donde también fueron resaltados las instituciones y la televisión, resaltando esto la influencia de ambas en la educación general.

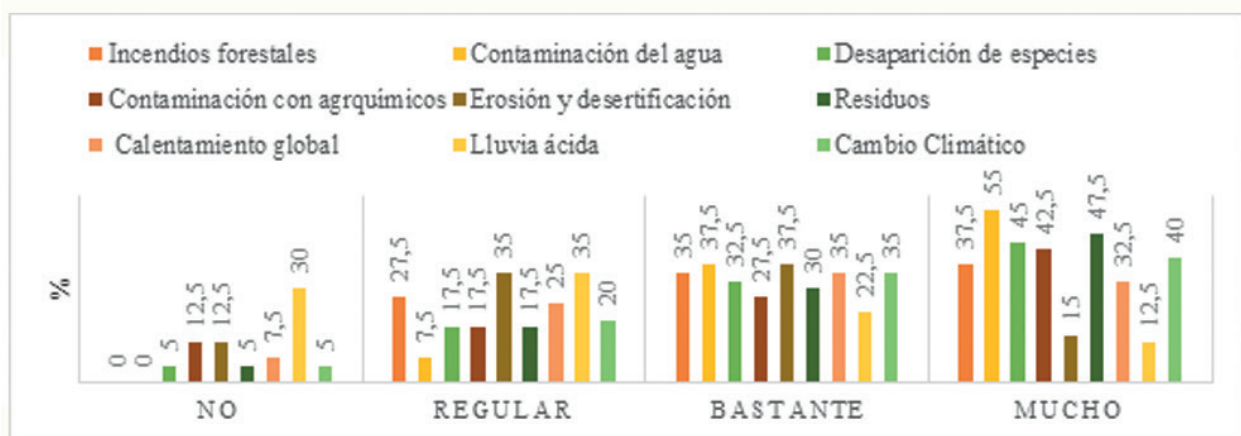
Figura 4 – Fuente de información.



Fuente: Elaborado por los autores (2019).

Sobre algunos problemas ambientales que son escuchados con frecuencia se pidió valorar su importancia a nivel país, con mayor porcentaje de importancia se registró a la contaminación del agua, los residuos y la desaparición de especies y en menor medida las lluvias ácidas, no obstante, estos tipos de lluvia aun no fueron registrados en el país, reflejándose estos resultados en la Figura 5. En relación a lo observado por Montaño e Conde (2012) se enfocaron también las personas entrevistadas por contaminación del agua y por manejo de los residuos, estos temas pueden ser relacionados a las diferentes campañas enfocadas a estos temas que ayudan a que sean más valorados.

Figura 5 – Valoración de los problemas ambientales



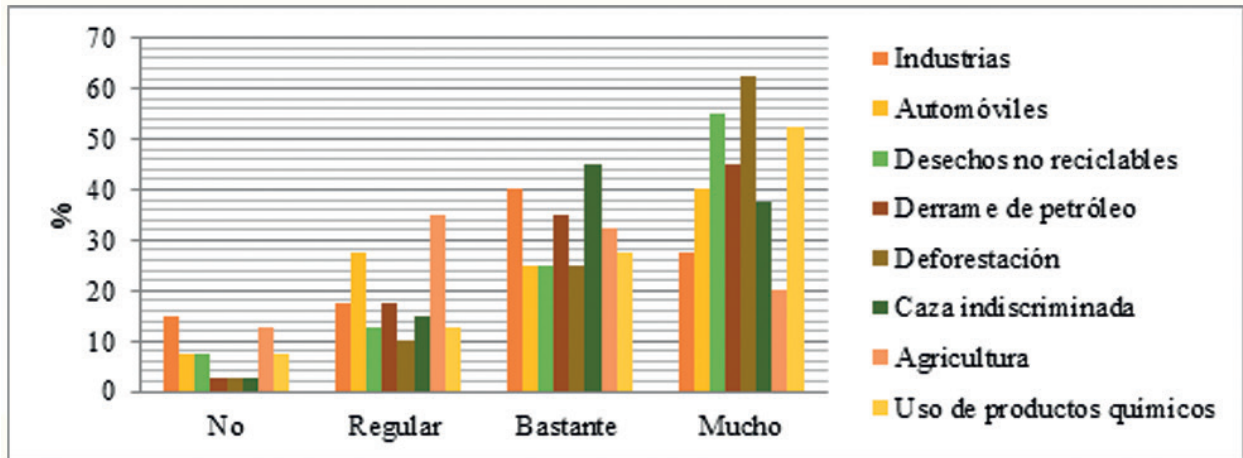
Fuente: Elaborado por los autores (2019).

Con relación a la sensibilidad ambiental, los estudiantes encuestados puntualizaron los siguientes aspectos. Con relación a que, si ellos llegarían a creer que las previsiones sobre el calentamiento global llegarían a cumplirse, un 73% respondió bastante.

Así mismo, cuando indagados sobre si las actividades humanas producen impactos ambientales o incidencia en el medio ambiente, los mismos afirmaron que sí, y que son conscientes de ello, pero así también manifestaron que se está a tiempo de realizar cambios para mejorar la calidad de vida, mostrándose optimistas con el cambio positivo.

Como muestra la Figura 6, al consultarles las actividades que destruyen más al medio ambiente fueron valoradas con mayor puntuación la deforestación, los desechos no reciclables y los desechos agroquímicos, y en menos valoración se encuentra la industria, pudiendo deberse al ambiente en donde estos estudiantes se encuentran.

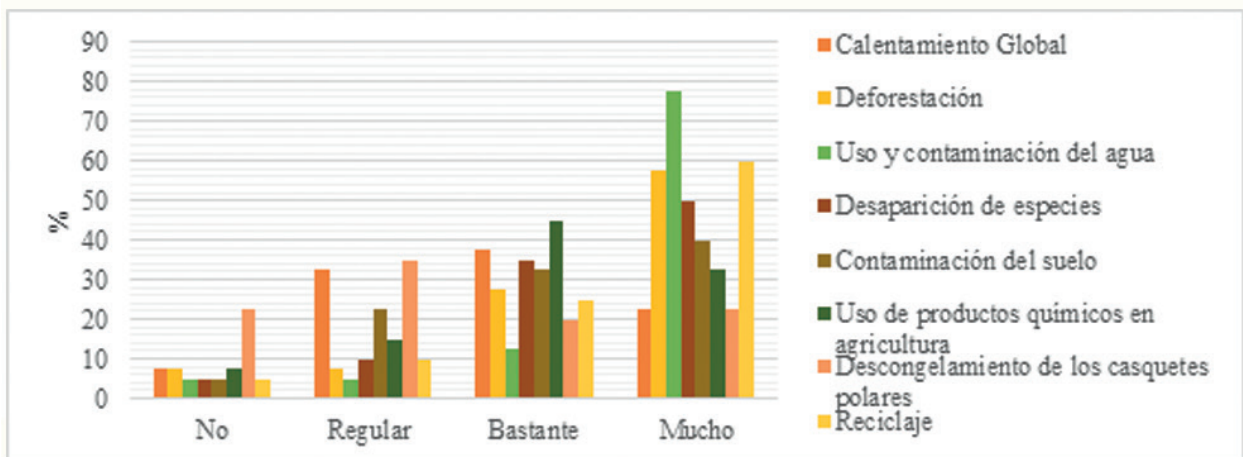
Figura 6 – Nivel de influencia de los problemas ambientales



Fuente: Elaborado por los autores (2019).

Sobre la sensibilización, donde fueron mencionadas algunas actividades, se evidenció que mediante sanciones a las infracciones se influenciaría en mayor grado en las personas, y en menor grado fueron mencionados incentivos. Entre los temas más populares mencionados y observados en la Figura 7, los más valorados fueron el uso y la contaminación del agua, el reciclaje y la deforestación y entre los menos mencionados, el descongelamiento de los casquetes polares.

Figura 7 – Valoración de temáticas ambientales



Fuente: Elaborado por los autores (2019).

Fue valorada positivamente la influencia de la educación ambiental en la concienciación hacia el manejo de los recursos naturales por las personas. Es de suma importancia que la información llegue a toda la comunidad, ya que es la forma más efectiva. En segundo lugar, los políticos y autoridades administrativas, lo más probable que estos estén en conocimiento de la importancia e influencia de estos en la toma de decisiones en la comunidad.

Cuando tratado el tema sobre el cual se tiene interés de indagar y sobre la apertura de realizar conversatorios de manera a tratar el tema, un 75% de los encuestados refirió que en particular si serian propensos a iniciar conversaciones.

Con relación al comportamiento de los encuestados para su medio ambiente, mediante el análisis general de las respuestas se evidenció que un 60% de los encuestados no se encuentra conforme con su ambiente, donde se resaltó la contaminación, la basura excesiva y la falta de personas más conscientes y colaboradoras, encontrándose también un 30% que manifestó estar conforme, pero con cosas que mejorar.

También se les solicitó realizar un diseño para ver como ellos indagan o visualizan el futuro del medio ambiente, el 70% de los encuestados refirió su perspectiva a futuro hacia lo negativo dirigiendo así sus diseños, entre los temas más citados fueron la destrucción de la biodiversidad, limpieza y basura.

Conclusión

A través de la percepción de los estudiantes sobre su medio ambiente se puede percibir la necesidad de una educación básica, la cual no puede ser aislada. Se debe saber que es necesario que la sociedad sea participe para poder llegar a un resultado, enfocando el uso de la tecnología, y dejando siempre en claro que todos somos parte del medio ambiente siendo importante la actitud de cada uno. Existe influencia de la educación informal, principalmente, a través de los canales de televisión, los cuales tienen un amplio efecto e influyen en los niños y jóvenes sobre la prevención y cuidado del medio ambiente, sin embargo, con tendencia a presentar siempre aspectos negativos y no los avances positivos que se logran. Cuando analizados algunos resultados de las encuestas se percibió cierta contradicción, manifestaron, por una parte, esperanzas de cambio ante la situación actual relacionado a los problemas ambientales, sin embargo, en sus diseños el futuro presentado en forma negativa indicó que existe incertidumbre o temor, pero si existen ansias de un futuro mejor. Las campañas naturalistas con enfocados al manejo de los residuos, la reforestación, influyen positivamente en la sensibilidad de los niños y jóvenes. En una segunda etapa de la investigación se pretende realizar una serie de actividades usuales en campañas de concienciación y así poder establecer cuál es aquel con mayor alcance para poder ser consideradas en la educación formal.

Agradecimiento

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) - Paraguay, por el incentivado otorgado para la realización del Doctorado en Gestión Ambiental, Programa PROCIENCIA.

Study of the environmental ecological environment: perception of children and young people of the schools from Obligado District, Department of Itapúa

Abstract

For proper management and care of the environment in a citizenry, the implementation of education from an early age is necessary. Environmental education from its beginnings, when only general concepts about the environment were talked about, until today, with the influence of sustainable development, was intended to help the proper perception of the environment in people, for which we must become aware, besides transmitting to children and young people good practices that influence their daily lives and that constitute a way of life. From the study carried out, it is intended to reflect the perspective in knowledge, management, sensitivity and behavior relating it to environmental issues. Through the use of a mixed type survey, the sample under study was questioned about the level of knowledge about the environment resulting in regular knowledge, at which water and air were presented as an aspect of greater interest as a component environmental. Aware that there are environmental problems at different scales, more specifically, at regional level, environmental pollution is categorized in a first order of importance. Information about the environment is perceived to a greater extent through the media and even to a greater extent through television.

Keywords: Environment. Basic education. Environmental education. Environmental perception.

Referencias

BREITING, S. **Hacia Un Nuevo Concepto de Educación Ambiental**. Centro Nacional de Educación Ambiental, 1997. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/eu/ceneam/articulos-de-opinion/1997soren-breiting_tcm9-186955.pdf. Acceso en: 19 dic. 2017.

CALVO, S.; FRANQUESA, T. Sobre la nueva educación ambiental o algo así. **Cuadernos de Pedagogía**, 267, p. 48–54, 1998. Disponible en: <http://europa.sim.ucm.es/compludoc/AA?articuloid=98920>. Acceso en: 19 oct. 2017.

CARIDE GÓMEZ, J. A. **Educación social, derechos humanos y sostenibilidad en el desarrollo comunitario**. Ediciones Universidad de Salamanca, 29, 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.14201/teoredu2017291245272>. Acceso en: 17 ag. 2017.

CARLSSON, U.; MKANDLA, S. Environmental Education: Global Trends and Local Reality. **International Journal of Environmental Education and Information**, v. 18, n. 3, p. 203–210, 1999. Disponible en: <https://eric.ed.gov/?id=EJ595939>. Acceso en: 19 dic. 2017.

CURIEL, G. E. **Análisis de Indicadores de Desarrollo de la Educación Ambiental en España**. Universidad Complutense de Madrid, 2001. Disponible en: <http://biblioteca.ucm.es/tesis/bio/ucm-t25183.pdf>. Acceso en: 20 dic. 2017.

FLORES, R. C. Investigación en educación ambiental. **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, 2012. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140566662012000400002&script=sci_arttext. Acceso en: 19 dic. 2017.

FLORES, R. C.; REYES, L. H. **Estudio sobre las percepciones y la educación ambiental**. Universidad Autónoma del Estado de México, 2010. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/311/31121072004.pdf>. Acceso en: 14 nov. 2017.

FRICH, B. A.; ESPEJEL, B. O. Semiótica, Educación y Gestión Ambiental. **Ra Ximhai**, v. 4, n. 2, p. 311–314, 2008. Disponible en: <http://revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/view/6981/6489>. Acceso en: 22 febr. 2018.

MARTÍNEZ, A.; AZNAR, M.; ULL, S.; PIÑERO, A. Promoción de la sostenibilidad en los currícula de la enseñanza superior desde el punto de vista del profesorado: un modelo de formación por competencias. **Educatio siglo XXI**, n. 25, 2007. Disponible en: <https://digitum.um.es/xmlui/handle/10201/26794>. Acceso en: 19 dic. 2017.

MONTAÑO, C. R.; CONDE, M. R. G. Estudio de percepción de la problemática ambiental en Arauca: Herramientas para la valoración ecosistémica. Colombia. **Revista Universidad Nacional de Colombia**, v. 15, n. 1, 2012. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/30826/39308>. Acceso: 18 nov. 2017.

MORIN, E. **Los siete saberes necesarios para la educación del futuro (UNESCO)**. Paris, 1999. Disponible en: [http://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/123456789/1448/Los 7 saberes necesarios para la educación del futuro.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/123456789/1448/Los%207%20saberes%20necesarios%20para%20la%20educaci%C3%B3n%20del%20futuro.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acceso en: 7 mzo. 2018.

NOVO, M. La educación ambiental, una genuina educación para el desarrollo sostenible Environmental Education, a genuine education for sustainable development. **Revista de Educación**, numero extraordinario, p. 195–217, 2009. Acceso en: 20 dic. 2017.

RAMOS, J. C. **La educación ambiental: las grandes orientaciones de la Conferencia de Tbilisi, Unesco, 1980**. Conferencia Intergubernamental sobre Educación, n. 1, 1992, p. 77-85. Disponible en: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=+La+educaci%C3%B3n+ambiental.+Las+grandes+orientaciones+de+la+Conferencia+de+Tbilisi&publication_year=1980. Acceso en: 16 nov. 2017.

RODRÍGUEZ, A. E.; HERNÁNDEZ, A. F. Educación ambiental escolar y comunitaria en el nivel medio superior. **Revista Mexicana de Investigación Educativa - RMIE**, v. 17, n. 55, p. 1173–1199, 2012. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v17n55/v17n55a8.pdf>. Acceso en: 8 mzo. 2018.

SALGADO-CARMONA, A.; SATO, M. La percepción ambiental de los niños y adolescentes del “Quilombo” de Mata Cavallo (Mato Grosso, Brasil). In: FLORES, R. C. **Experiencias latinoamericanas en educación ambiental**, p. 39–58, 2012. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281110010_Experiencias_latinoamericanas_en_educacion_ambiental. Acceso en: 7 mzo. 2018.

TILBURY, D. Environmental Education for Sustainability: defining the new focus of environmental education in the 1990s. **Environmental Education Research**, v. 1, n. 2, p. 195–212, 1995. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/1350462950010206>. Acceso en: 19 dic. 2017.

UNESCO. Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Informe Brundtland (p. 416). **Faculté des sciences de L'Éducation**, (1987). Disponible en : [://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf](http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf). Acceso: 06 mzo.2018,

VÁZQUEZ, O. N. T.; ELEJALDE, M. M. F. La escuela cubana como contexto para el correcto desarrollo de la percepción ambiental. **Revista Complutense de Educación**, v. 26, n. 1, p. 31-46, 2013. Disponible en: <https://revistas.ucm.es/index.php/RCED/article/viewFile/42335/44225>. Acceso: 20 dic.2017

Recibido: 02/04/2018

Aceptado: 30/08/2018