

**INSTITUTO FEDERAL**  
Sul de Minas Gerais

eISSN 2316-1817

**Indexada em**

AGRIS - Information System for the Agricultural Sciences and Technology

SUMÁRIOS.ORG

LATINDEX

REDIB

DOAJ

GOOGLE ACADÊMICO

Afiliada à Associação Brasileira de Editores Científicos (ABEC)

*Revista*

---

**AGROGEOAMBIENTAL**

---

Publicação Trimestral Científica e Tecnológica - IFSULDEMINAS

v.11 – n.1 – março / 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.1 (mar. 2019) -. - Pouso 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

---

ISSN 1984-428X – e-ISSN 2316-1817 – Indexação: AGRIS – DOAJ - Sumários.org - REDIB – Latindex – Google Acadêmico

## Expediente

### Editor-chefe

Miguel Angel Isaac Toledo del Pino

### Assistentes editoriais

Kélica Andréa Campos de Souza  
Alan Silva Fialho

### Comissão editorial

Cristiane Fortes Gris  
Jane Piton Serra Sanches  
Wellington Marota Barbosa

### Bibliotecária

Rosimeire Ribeiro

### Estagiária

Giovanna Bruno de Oliveira

### Revisão

Monalisa Aparecida Pereira

### Diagramação

M&W Comunicação Integrada

## Comissão editorial

Abdon Santos Nogueira - IFBaiano

Ademir Fontana - EMBRAPA

Aderlan Gomes da Silva - IFMG

Alan Silva Fialho - IFSULDEMINAS

Alessandro Salles Carvalho - UFJF

Ana Cristina Ferreira Moreira da Silva - IFSULDEMINAS

Ana Paula Dias Turetta - EMBRAPA

Anderson Ricardo Trevizam - UFLA

André Delly Veiga - IFSULDEMINAS

André Luis da Silva Castro - IFG

Antônio Sérgio da Costa - IFSULDEMINAS

Arcângelo Loss - UFSC

Ariana Vieira Silva - IFSULDEMINAS

Arivaldo Sá Júnior - IFSULDEMINAS

Aureliano de Albuquerque Ribeiro- UFC

Aurélio Ferreira Borges - IFRO

Brígida Monteiro Vilas Boas - IFSULDEMINAS

Bruno Corrêa Barbosa - UFJF

Caio de Teves Inácio - EMBRAPA

Carlos Andres Leguizamón Rojas - UNA - Paraguai

Carlos Cezar da Silva - IFSULDEMINAS

Carlos Edwar de Carvalho Freitas- UFAM

Carolina Mariane Moreira - IFSULDEMINAS

Claudino Ortigara - IFSULDEMINAS

Cleber Kouri de Souza - IFSULDEMINAS

Cleber Lázaro Rodas - UFLA

Cleiton Lourenço de Oliveira - IFSULDEMINAS

Cristiane Fortes Gris Baldan - IFSULDEMINAS

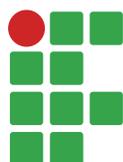
Daniel Fernandes da Silva - UFLA

Danielle Martins Duarte Costa - IFSULDEMINAS / UNIFEI

Diego César Terra de Andrade - IFSULDEMINAS

Diego Maia Zacardi - UFOPA

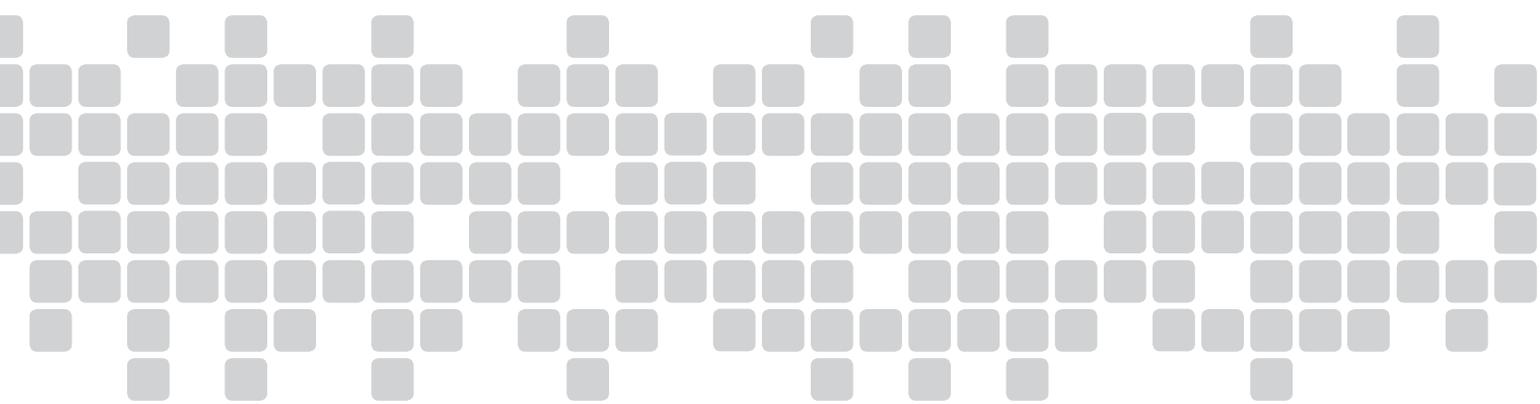
Dulcimara Carvalho Nannetti - IFSULDEMINAS  
Éder Clementino dos Santos - IFSULDEMINAS  
Edu Max da Silva - IFSULDEMINAS  
Eduardo Ferreira Molina - UNIFRAN  
Eliana Fortes Gris - UnB  
Elisa de Souza Junqueira Rezende - UNICAMP  
Eugênio José Gonçalves - IFSULDEMINAS  
Everton Vinicius Zambiazzi - UFLA  
Fábio Oseias dos Reis Silva - UFLA  
Fabricio Gomes Gonçalves - UFES  
Felipe Santana Machado - UFLA  
Flávia Monteiro Coelho Ferreira - IFSUDESTE - MG  
Franciane Diniz Cogo - UFLA  
Francisco César Gonçalves - IFSUDESTE - MG  
Guilherme Oberlender - IFSULDEMINAS  
Hugo Renan Bolzani - IFSULDEMINAS  
Igor Souza Pereira - IFTM  
Inêz Pereira da Silva - EPAMIG  
Isabel Ribeiro do Valle Teixeira - IFSULDEMINAS  
Jader Ribeiro Pinto - IFSul  
Jamil de Moraes Pereira - IFSULDEMINAS  
Jane Piton Serra Sanches - IFSULDEMINAS  
João Célio de Araújo - IFC  
João Mateus de Amorim - IFTM  
João Olympio de Araújo Neto - IFSULDEMINAS  
José Antonio Dias Garcia - IFSULDEMINAS  
José Luiz de Andrade Rezende Pereira - IFSULDEMINAS  
José Mauro Costa Monteiro - IFSULDEMINAS  
Juan Jose Bonnin - UNA - Paraguai  
Käthery Brennecke - UNICASTELO / USP  
Kátia Regina de Carvalho Balieiro - IFSULDEMINAS  
Leandro Campos Pinto - UFLA  
Leonardo Rubim Reis - IFSULDEMINAS  
Lilian Vilela Andrade Pinto - IFSULDEMINAS  
Luciana Faria - IFSULDEMIINAS  
Luiz Eugenio Veneziani Pasin - UNIFEI  
Marcos Caldeira Ribeiro - IFSUDESTE - MG  
Marcos Magalhães de Souza - IFSULDEMINAS  
Marcos Valério Gebra da Silva - FAJ  
Miguel Angel Isaac Toledo del Pino - IFSULDEMINAS  
Nara Cristina de Lima Silva - IFTM  
Narayana de Deus Nogueira - IFSULDEMINAS  
Patrícia de Oliveira Alvim Veiga - IFSULDEMINAS  
Paulo Oswaldo Garcia - IFSULDEMINAS  
Pedro Luiz Terra Lima  
Rafael Nogueira Scoriza - LANCASTER UNIVERSITY - UK  
Raphael Maia Aveiro Cessa - IFMT  
Raphael Nogueira Rezende - IFSULDEMINAS  
Raul Henrique Sartori - IFSULDEMINAS  
Renata Mara de Souza - IFSULDEMINAS  
Roger Nabeyama Michels - UTFPR  
Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto - EMBRAPA  
Rosângela F. de Paula Vitor Marques - UFLA  
Rosival Barros de Andrade Lima - UFRPE  
Saul Jorge Pinto de Carvalho - IFSULDEMINAS  
Silvio Henrique Delleposte Andolfato - UTFPR  
Sindynara Ferreira- IFSULDEMINAS  
Tatiana de Oliveira Ramos  
Vanessa Leite Rezende - UNESP  
Tatiane Tagliatti Maciel - UFJF  
Vanessa Martins - UFPI  
Verônica Soares de Paula Moraes - IFSULDEMINAS  
Walbert Júnior Reis dos Santos - IFSULDEMINAS  
Walnir Gomes Ferreira Júnior - IFSULDEMINAS  
Wellington Marota Barbosa - IFSULDEMINAS

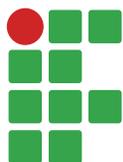


# Summary

## Scientific articles

Vulnerability of groundwater in the semiarid region of Bahia, municipality of Tucano, by GOD method .....	7
Yuri dos Santos Nascimento, Janisson Batista de Jesus, Ricardo Lacerda Gomes	
Use of drone with digital photographic machine embedded for determination of leaf cover ..	17
Roger Nabeyama Michels, Janksyn Bertozzi, Tatiane Cristina Dal Bosco, Marcelo Augusto de Aguiar e Silva, Estor Gnoatto, Cinthia Harumi Endo Soares	
Sensibility of sugarcane cultivars to pre and post-emergence herbicides .....	27
Fernanda Maria Rodrigues Castro, Adriano Teodoro Bruzi, Marcos Machado Mourão, Luiz Antônio de Bastos Andrade, Adenilson Henrique Gonçalves, José Airton Rodrigues Nunes	
Pumping yield of a PVC hydraulic ram prototype .....	37
Gustavo Eiji Ykeda, Fernando da Silva Barbosa, Miguel Angel Isaac Toledo del Pino	
Hypsometric models adjusted for a fragment of <i>Sensu stricto</i> Cerrado in Tocantins, Brazil .....	49
Igor Elói Silva Machado, Paulo Cesar Alves de Oliveira Medeiros, Marla Guedes Cordeiro Carvalho, Claudia Alicia Marín Perez, Thiago Franco Santana, Valdir Carlos de Lima Andrade	
Phenology of Arboreal Species for recovering degraded areas in the municipality of Machado, MG .....	63
Danilo Oliveira de Castro Lima, Walnir Gomes Ferreira Júnior, Wander Duarte Cruz Júnior	
Use of coproducts from vermiculite extraction in the production of <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke seedlings .....	75
Maria José de Holanda Leite, Olaf Andreas Bakke	
Poisonous flora at IFSULDEMINAS – Machado Campus, in Machado city, state of Minas Gerais ...	87
Marco Antonio Chiminazzo, Renon Santos Andrade, Leonardo Pazzini Vieira, Walnir Gomes Ferreira Júnior	
Priproica essential oil and nutritional content in response to organic fertilization and liming ....	101
Jessivaldo Rodrigues Galvão, Tiago Kesajiro Moraes Yakuwa, Júlio Cesar Gomes Costa, Deivison Rodrigues da Silva, Karine Costa de Almeida, Leonardo Brandão Araújo	
Physical attributes of a Dystroferric Red Latosol (Oxisol) under different management systems ...	111
Leandro Campos Pinto, Wantuir Filipe Teixeira Chagas, Francisco Hélcio Canuto Amaral	





## Vulnerability of groundwater in the semiarid region of Bahia, municipality of Tucano, by GOD method

Yuri dos Santos Nascimento<sup>1</sup>

Janisson Batista de Jesus<sup>2</sup>

Ricardo Lacerda Gomes<sup>3</sup>

### Abstract

Human activities can promote contamination of aquifers, compromising the quality of groundwater. Therefore, it is important to map the risks of vulnerability of natural environments, and one of the most used methods is the GOD (Groundwater occurrence; Overall aquifer class; Depth to groundwater). The present study has the objective of analyzing the vulnerability of aquifers to contamination in the municipality of Tucano, using GOD method. For the study, geological and hydrogeological data from 449 tubular wells obtained from the SIAGAS database (CPRM) were analyzed. G parameter was defined for the majority of the area as an unconfined aquifer, O parameter received values between 0.4 and 0.8 (due to variation of the lithological composition along the area) and D parameter, corresponding to the depth of the static level, was between 0.6 and 0.9, indicating a superficial water table. The GOD method indicated the occurrence of four classes of vulnerability: insignificant (1.28 %), low (71.99 %), average (23.79 %) and high (2.94 %). It was verified a low to medium vulnerability in most of Tucano territory, indicating low risk of contamination for the aquifer; an index pointing out high vulnerability was found only in the portion of Itapicuru River.

**Keywords:** Aquifer. Contamination. Geoprocessing.

### Introduction

Near 97% of fresh water available for human use can be found in the underground layers (MEIRA et al., 2014); however, natural quality of these water reserves may be at risk due to their excessive exploitation, uneven soil occupation and non-compliance to legislation (RIBEIRO et al., 2011). That may be due to eventual releases of pollutants on soil surface, they can reach aquifers if met with favorable infiltration and percolation environment (BATISTA et al., 2016).

Groundwater is usually of good quality; therefore, 39% of Brazilian municipalities collect them through tubular wells. In the state of Bahia, 78 cities are supplied solely by this water source, and 32 use groundwater as a complement to their supply (ANA, 2010).

In the municipality of Tucano, northeast Bahia, the tubular wells are registered in the Underground Water Information System (SIAGAS, 2016), at the Geological Service of Brazil (Mineral Resources Company - CPRM). These wells are intended for domestic industrial and commercial use, providing water for animals, among other uses (VIEIRA et al., 2005). In addition, groundwater is of great touristic importance for the semi-arid region because of thermal waters that attract visitors,

<sup>1</sup> Faculdade Dom Luiz de Orleans e Bragança, engenheiro civil. [yuri.dnsantos@gmail.com](mailto:yuri.dnsantos@gmail.com). BR 110, Km 7, Pombalzinho, Ribeira do Pombal (BA), CEP: 48.400-000.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, [janisson.eng@gmail.com](mailto:janisson.eng@gmail.com).

<sup>3</sup> Universidade Federal da Bahia, [ricardolacerda12@hotmail.com](mailto:ricardolacerda12@hotmail.com).

generating income and development for the locality. Therefore, it is important to supervise the qualitative and quantitative standard of these waters, since wells that are not monitored can become contamination routes for groundwater, affecting water quality in the aquifer (FERON; REGINATO, 2014).

According to Feron and Reginato (2014), there are distinct factors that must be not only integrated but analyzed in order to assess the vulnerability of aquifers. These factors may be natural (soil cover, existence of confined layers, structure and composition of rocks, among others) or through human intervention, according to Marquezan (2008). Thus, agricultural, industrial, urban and mining activities pollute by emission and leachate, exceeding the soil natural attenuation capacity on cover layers (FOSTER et al., 2002).

The ideal is to maintain groundwater quality by analyzing the vulnerability and risk of contamination in order to identify regions that present different risks of impurities (REGINATO; AHLERT, 2013). One of the most used methods in those analyzes is the GOD method, an acronym of each phase: Groundwater occurrence, Overall aquifer class and Depth to groundwater. The methodology proposed by this method, besides being very useful, serves to guide soil occupation, avoiding areas that may have greater potential for aquifers contamination, assisting, thus, in the management of water resources (SANTOS et al., 2013).

The GOD method for assessing the vulnerability of the aquifer to contamination is of simple application and it was widely tested in the Caribbean and Latin America in the 1990s (FOSTER et al., 2002), nowadays, it is widely used in Brazil (SOUZA et al., 2004, MONTEIRO; PEIXOTO, 2013, TERRA et al., 2013, DUARTE et al., 2016, SABADINI et al., 2017).

Therefore, when considering the potential risk of contamination of aquifers and anthropogenic exploration activity, the present study was carried out with the goal of analyzing the vulnerability of groundwater to contamination, using the GOD method, in the municipality of Tucano, state of Bahia.

## **Material and methods**

### **Area of study and data collection**

The study was carried out in the municipality of Tucano, Bahia, with a total area of 2,817.74 km<sup>2</sup>, located between the UTM (X/Y) coordinates: 552151,32 / 8740373,09 and 482422,268 / 8817963,622, in northeast Bahia, in the central portion of Itapicuru River Basin, located in the semi-arid climatic region, with annual rainfall lower than 700 mm, vegetation cover with pastures interspersed with areas of Caatinga vegetation (INEMA, 2017) and this type of soils: Latosols, Planosol and Vertisol, these are the predominant soils in the municipality (EMBRAPA SOLOS, 2016).

The depth (static water table level) and lithological composition of each well, of a total of 449, as well as lithology of the study area were acquired from Geological Survey of Brazil website (CPRM, 2017), through Groundwater Information System (SIAGAS) and from Data, which in turn provides data on the wells in Brazil, which were used for the present study of a time series of 01/01/1938 to 10/08/2013.

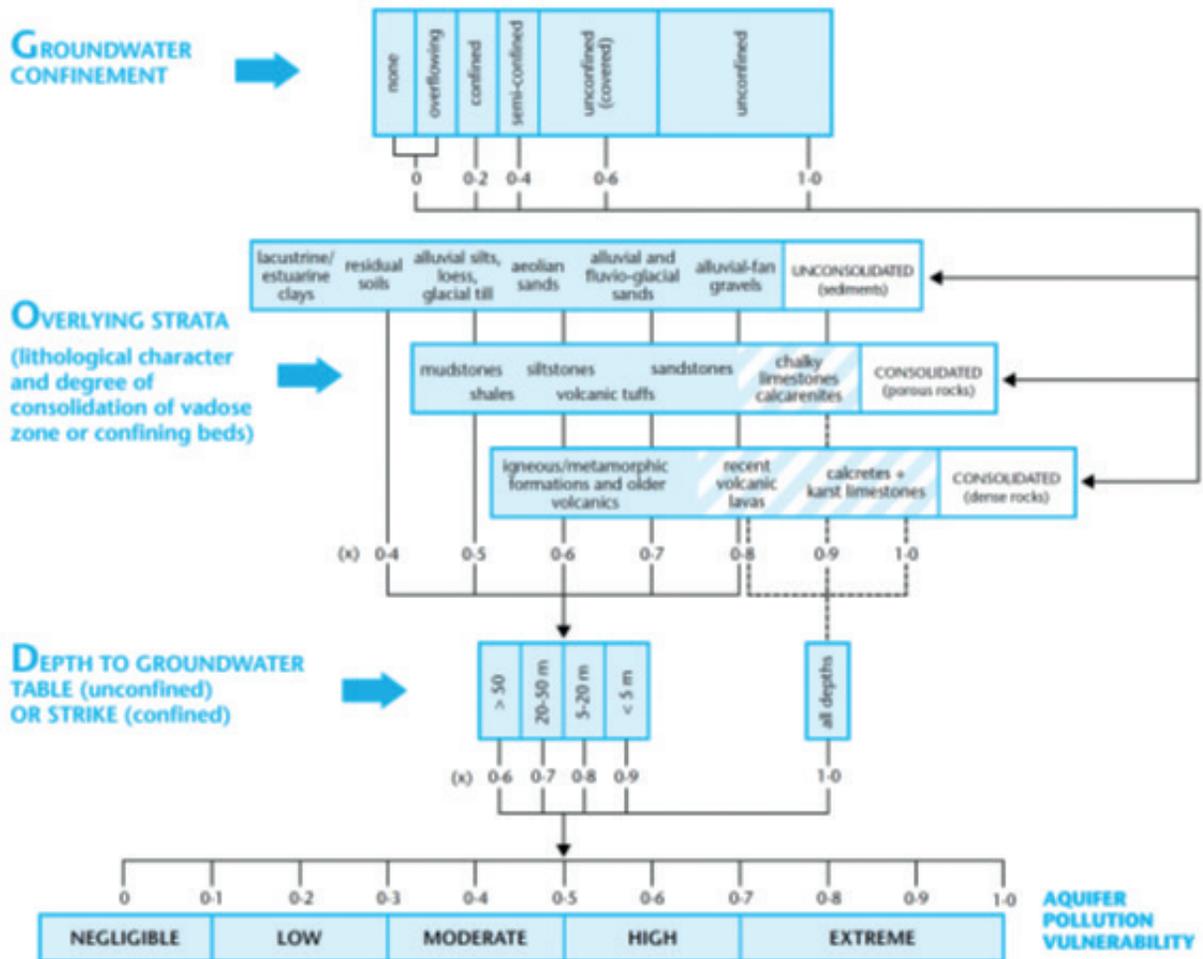
### **GOD Method**

The GOD method is divided into three phases (groundwater confinement rate, characteristic of the stratum of the aquifer and depth of the water table), it considers different conditions and establish a greater or lower potential of vulnerability of the aquifer (FIGURE 1) based on the characteristics of

each aquifer; for each characteristic, it was attributed a specific “weight” according to their composition, associated to the one verified in the municipality of Tucano.

The lithotype and lithology data were used to define the degree of confinement and the coverage strata, they were converted into a Raster matrix file and the values were assigned to each characteristic. In Phase 3, from the static groundwater vector data of each well, the Inverse Distance Weighting (IDW) method was performed, grouping the values according to the five depth classes of the method and exporting to a new Raster.

**Figure 1.** GOD method to classify aquifer contamination vulnerability.



Source: Foster et al. (2002).

All data were worked on ArcGIS 10.2.2, each Phase of the GOD method was performed independently in order to subsequently cross (multiply) the information of each pixel with its respective assigned value and generate the final map vulnerability of the aquifer.

## Results and discussion

The geological strata from the analyzed wells, which involve the lithologic characteristics that influenced the formation of the soil and the degree of consolidation of the vadose zone, presented two

defined units: Supracrustal Coverage and Crystalline Basement (TABLE 1), which have a correlation with their ligotype associated with the substrate characteristic and, consequently, the degree of vulnerability.

**Table 1.** Classification of existing geological formations in the municipality of Tucano (BA).

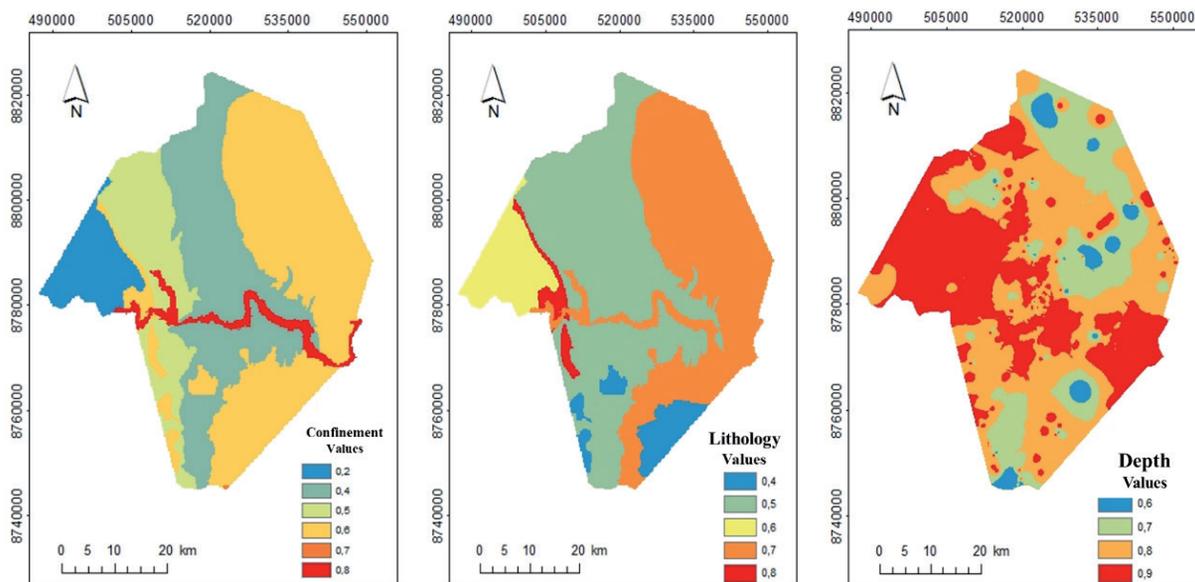
Geological Unit	Ligotypes	Characteristics
Supracrustal Coverage	Subarkoses sandstone, Coal, Shale, Siltstone	Sedimentary - Intergranular / Unconfined
Supracrustal Coverage	Sandy argilite, Conglomerate sandstone	Sedimentary - Intergranular / Unconfined
Supracrustal Coverage	Calcilutite, Sandstone, Conglomerate Sandstone, Conglomerate	Essentially Intergranular with influence Cárstica / -
Supracrustal Coverage	Conglomerate, Shale, Sandstone, Siltstone, Silexite	Sedimentary - Intergranular / Unconfined
Supracrustal Coverage	Sand deposits, Gravel deposits	Half porous behavior / Unconfined
Supracrustal Coverage	Clay deposits, Gravel deposits	Half porous behavior/ Unconfined
Crystalline Basement	Granodiorite and Granite	Fissural / -
Crystalline Basement	Metabasalt, Iron flock formation (BIFs)	Fissural / -
Supracrustal Coverage	Metasandstone, Metaconglomerate, Metachert	Fissural / -
Contact between Crystalline Basement and Supracrustal Coverage	Metadacite, Metatuff	Fissural / -
Contact between Crystalline Basement and Supracrustal Coverage	Migmatite, Kinzigite, Calcissilicatica rock, Quartzite	Fissural / -
Supracrustal Coverage	Siltstone, Carbonaceous shale, Calcilutite, Sandstone	Sedimentary - Intergranular / -
Supracrustal Coverage	Siltstone, Shale, Argilite, Sandstone Unconfined	Sedimentary - Intergranular /

**Source:** Prepared by the authors (2017).

Table 1 shows the supracrustal cover, which is associated to the sequence of the Marizal For-formation of the Tucano region, is the unit that best represents the recharge area for Tucano basin, due to the fact that it is covered by sedimentary package (MESTRINHO et al. , 2006) and because of the characteristics of the ligotipo, which has a higher permeability index, although it has a clayey characteristic with local silico-sandy spots, whereas the permeability index is lower for the Crystalline Basement sector even if it is fractured, conferred by the ligotipo composition.

The degree of groundwater confinement is directly related to the depositional cycle of the basin and to the lateral continuity of the sedimentary layers, indicating a free vertical and horizontal dynamic of the water flow at the most sandy recharge points; consequently, these points will have a higher permeability. Note that the groundwater in the studied area is mostly unconfined, assuming the highest values in the confinement stage (FIGURE 2), while the regions of geological compositions of fissured rocks obtained the lowest values.

**Figure 2.** Maps with values assigned by the GOD method for each phase: confinement, lithology and depth in the municipality of Tucano-BA.



**Source:** Prepared by the authors (2017).

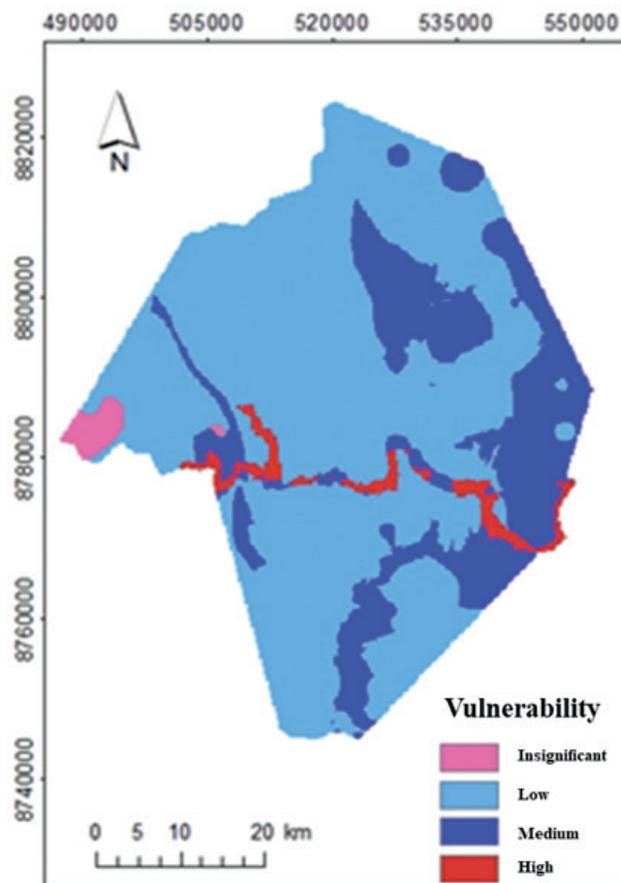
Lithology considers the values for the texture typologies, soil and rocks present in the vadose layer, this layer is located above the water table of each well; the lowest value (0.4) was characterized by the presence of clay deposit. In the wells with sandstone sediments, values of 0.6 to 0.8 were accepted, values of 0.5 (in the central portion of the studied area) were the most representative, influenced by the clay layer of the lithological material. 0.7 value was observed in all eastern regions, being also spatially significant in the area, indicating the influence of strata occurrence.

In terms of distance values from the surface to the static groundwater level, the most representative values were 0.8 and 0.9, which shows how superficial the aquifer is in the studied region, since the lowest value of 0.6 (depth greater than 50 m) was verified in some points throughout the entire municipality.

From the analyzes of the three phases of the GOD method, it was observed the groundwater of the study area expresses a low (71.99 %) and average (23.79 %) vulnerability (FIGURE 3), with small areas considered (1.28 %) regarding contamination risk, and only the section referring to the Itapicuru river showed itself as high (2.94 %), obtaining a value of 0.504; this section is in the limit for the class of medium to high and it is related to deposits of sand and gravel. This result of higher risk of contamination associated with the fluvial plains was also verified by Montero and Peixoto (2013), they observed extreme values of vulnerability along the Aguapeí and Tibiriça rivers, therefore,

the authors recommend rigid restrictions for handling and transporting contaminating substances and for implanting polluting activities near those areas.

**Figure 3.** Map of the vulnerability of the aquifer by the GOD method, in the municipality of Tucano-BA



**Source:** Prepared by the authors (2017).

The low vulnerability index for the Tucano region was also observed by Mestrinho et al. (2006), when analyzing the GOD method in the whole extension of the Itapicuru River Basin, they found values under 0.5; according to them, that is due to the presence of the Tucano sedimentary basin. However, they do not detail the mapping of groundwater in the municipality as it was carried out in the present study.

Although Phase 3 indicates shallow groundwater, which increases the risk of contamination, the other Phases of the GOD method (confinement criteria and lithological occurrence) were condition factors to classify the area vulnerability. Meira et al. (2014) observed a similar situation, observing the predominance of the moderate vulnerability class in 2/3 of the area of the Guarani aquifer, where there is the influence of soil type (Argisol) with high depth of the water table. The same conclusion was reached by Reginato and Ahlert (2013), who studied the Serra Geral aquifer system. Both aquifers, with groundwater level close to the surface, presented an expressive average and low vulnerability. However, for the Guarani, high risk areas were associated exactly to the shallow sites, in association with the other components of the method, while in the present study, high vulnerabilities were related to the sandy layer.

Duarte et al. (2016), when studying groundwater of Humaitá and Amazonas, verified a medium and high vulnerability to the contamination, explained by the fact that it is an unconfined aquifer, with a shallow static level, and it had the influence of the lithological Phase, which had sandy sediments of the vadose layer as its constituents. On the other hand, Souza et al. (2015) did not verify a high risk to the contamination even though they had a free, superficial aquifer, with silts and clays as cover layers, which guarantees less permeability to the contaminants.

There is a significant low vulnerability of groundwater contamination in the municipality of Tucano and, according to Oliveira et al. (2007), groundwater alternates from good quality to acceptable quality, for the authors, there is an improper pattern of these waters in areas close to the municipality, and it should be noted the underground water flows from neighboring regions may harm the water quality of the aquifer, paying attention to the underground water flow that has its preferential hydrodynamics in the Itapicuru Basin NW-SE, subordinated locally to a NS flow, towards the river channel, NS alignment in the central part of the sedimentary domain (Tucano municipality) (PURIFICATION et al., 2016).

Therefore, even if there is no high risk of environmental vulnerability of groundwater in the municipality of Tucano, it is important to monitor the study region in order to reduce anthropic impacts that may favor the contact of pollutants to aquifer waters.

## Conclusions

The GOD method allowed mapping the vulnerability of groundwater in the municipality of Tucano, indicating a low risk of contamination for the aquifer; there are points classified as medium to insignificant and only the Itapicuru River index pointing out a high vulnerability.

The assessment of potential groundwater contamination must be continuous and include other methods in order to observe different potentials of the methods and differences on them, aiming to ensure the aquifers good quality and the proper management of water resources.

## Vulnerabilidade das águas subterrâneas na região semiárida da Bahia, município de Tucano, pelo método GOD

### Resumo

As atividades humanas podem promover a contaminação dos aquíferos, comprometendo a qualidade das águas subterrâneas. Por isso, é importante mapear os riscos de vulnerabilidade dos ambientes naturais, um dos métodos mais utilizados para tanto é o GOD (sigla de *Groundwater occurrence; Overall aquifer class; Depth to groundwater*). Sendo assim, o presente trabalho tem o objetivo de analisar a vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos do município de Tucano utilizando o método GOD. Para o estudo foram analisados dados geológicos e hidrogeológicos de 449 poços tubulares obtidos no banco de dados SIAGAS (CPRM). O parâmetro G foi definido na maioria da área como aquífero não confinado, o parâmetro O recebeu valores entre 0,4 e 0,8 (devido à variação da composição litológica ao longo da área) e o parâmetro D, correspondente à profundidade do nível estático ficou entre 0,6 e 0,9, indicando um lençol freático superficial. O método GOD indicou a ocorrência de quatro classes de vulnerabilidade: insignificante (1,28 %), baixa (71,99 %), média (23,79 %) e alta (2,94 %). Verificou-se que o município de Tucano, na maior parte do território, possui uma

vulnerabilidade baixa a média, indicando um baixo risco de contaminação do aquífero, tendo apenas na porção do Rio Itapicuru um índice apontando alta vulnerabilidade.

**Palavras-chave:** Aquífero. Contaminação. Geoprocessamento.

## References

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas Brasil**: abastecimento urbano de água, v. 1, 2010. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/downloads/atlas/Resumo%20Executivo/Atlas%20Brasil%20-%20Volume%201%20-%20Panorama%20Nacional.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

BATISTA, C. S. P.; GESUALDO, G. C.; LEITE, P. C. C.; LASTORIA, G.; GABAS, S. G.; CAVAZZANA, G. H.; CASADEI, J. M.; AZOIA, T. S. **Aplicação do método GOD para avaliação de vulnerabilidade de aquífero livre em bacia hidrográfica**. *Águas Subterrâneas*, 2016, p. 1-14. Suplemento XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.

COMPANHIA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Serviço Geológico do Brasil**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

DUARTE, M. L.; ZANCHI, F. B.; NEVES, J. R. D.; COSTA, H. S.; JORDÃO, W. H. C. Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas no município de Humaitá, Amazonas, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, p. 402-413, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1797>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA SOLOS. **UEP Recife**, 2006.

FERON, G. L.; REGINATO, P. A. R. Avaliação da vulnerabilidade de aquíferos localizados na região central de Canoas-RS. **Águas Subterrâneas**, v. 28, n. 2, p. 1-13, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.14295/ras.v28i2.27866>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Proteção da Qualidade da Água Subterrânea**: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Servmar: Washington, D.C., 2006, p. 1-114.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (INEMA). **CBH Itapicuru**. Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias/comites/cbh-itapicuru/>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

MARQUEZAN, R. G. **Análise de recursos digitais como ferramentas de avaliação em ações de proteção de aquíferos no trajeto de oleodutos**. 2008. 184f. Tese (Doutorado) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MEIRA, J. R.; DE-CAMPOS, A. B.; PEREIRA, L. C. Vulnerabilidade natural e perigo à contaminação de zona de recarga do Aquífero Guarani. **Águas Subterrâneas**, v. 28, n. 1, p. 31-46, 2014. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view-File/27412/18080>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

MESTRINHO, S. S. P.; LUZ, J. A. G. da; PORCIÚNCULA, D. C. L. da. Análise da vulnerabilidade intrínseca das águas subterrâneas na Bacia do Rio Itapicuru, Bahia. **Águas Subterrâneas**, 2016, p. 1-20. Suplemento XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.

MONTERO, R. C.; PEIXOTO, A. S. P. Vulnerabilidade e perigo de contaminação dos aquíferos no Alto Aguapeí e Alto Peixe, SP. **Ciência & Engenharia**, v. 22, n. 1, p. 115-124, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/19834071.2013.22499>.

OLIVEIRA, I. B. de; NEGRÃO, F. R.; SILVA, A. G. L. S. Mapeamento dos aquíferos do estado da Bahia utilizando o índice de qualidade natural das águas subterrâneas-IQNAS. **Águas Subterrâneas**, v. 21, n. 1, p. 123-137, 2007. Disponível em: < <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/16176/10695>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

PURIFICAÇÃO, C. G. C. da; SOARES, R. S.; JESUS, M. H. de; SALLES, L. Q.; GONÇALVES, T. S. Hidrogeologia da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru-BA, como subsídio para o plano diretor de bacias. **Águas Subterrâneas**, 2016, p. 1-20. Suplemento XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.

REGINATO, P. A. R.; AHLERT, S. Vulnerabilidade do sistema aquífero Serra Geral na região nordeste do estado do Rio Grande Do Sul. **Águas Subterrâneas**, v. 27, n. 2, p. 32-46, 2013. Disponível em: < <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27060>>. Acesso em: 11 abr. 2017.

RIBEIRO, D. M.; ROCHA, W. F.; GARCIA, A. J. V. Vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos da sub-bacia do Rio Siriri, Sergipe. **Águas Subterrâneas**, v. 25, n. 1, p. 91-102, 2011. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/19366/17666>>. Acesso em: 11 abr. 2017.

SABADINI, S. C.; RUCHKYS, U. A.; VELÁSQUEZ, L. N. M.; TAYER, T. de C. Potencial de vulnerabilidade natural de aquíferos à contaminação no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais e sua relação com a atividade minerária de ouro. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 49, p. 340-352, 2017. Disponível em: < <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2017v27n49p340>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

SANTOS, A. C. B. dos; MENDES, R. L. R.; SILVA, G. N.; TAVARES, A. N. Vulnerabilidade de aquíferos: uma análise da aplicação do método GOD com a base de dados SIAGAS. **Águas Subterrâneas**, 2013, p. 1-4. Suplemento III Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (SIAGAS). Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>>. Acesso em: 05 dez 2016.

SOUZA, V. C. A. B.; SOARES, V. P.; MACIEL, A. V.; KEMERICH, P. D. C. Qualidade da água subterrânea do bairro Perpétuo Socorro de Santa Maria-RS. **Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas**, v. 5, n. 1, p. 31-49, 2004. Disponível em: <<https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/1188>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

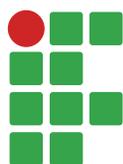
SOUZA, M. C. B.; MONTEIRO, C. A. B.; CASTRO, M. A. H. de. O uso da avaliação do perigo de contaminação do aquífero como um requisito para o licenciamento ambiental de cemitérios. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 6, n. 2, p. 137-153, 2015. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/29355/18076>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

TERRA, L. G.; LÖBLER, C. A.; SILVA, J. L. S. da. Estimativa da vulnerabilidade à contaminação dos recursos hídricos subterrâneos do município de Santiago-RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 10, n. 10, p. 2208-2218, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/223611707887>

VIEIRA, Â. T.; MELO, F.; LOPES, H. B. V.; CAMPOS, J. C. V.; BOMFIM, L. F. C.; COUTO, P. A. A.; BEVENUTI, S. M. P. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea**. Salvador: CPRM/PRODEEM, 2005, p. 1-36.

**Received:** September 02, 2017

**Accepted:** November 29, 2017



## Use of drone with digital photographic machine embedded for determination of leaf cover

Roger Nabeyama Michels<sup>1</sup>

Janksyn Bertozzi<sup>2</sup>

Tatiane Cristina Dal Bosco<sup>3</sup>

Marcelo Augusto de Aguiar e Silva<sup>4</sup>

Estor Gnoatto<sup>5</sup>

Cinthia Harumi Endo Soares<sup>6</sup>

### Abstract

The normalized difference vegetation index (NDVI) obtained via radiometer is important to determine the physiological state of plant, being a promising tool for decision making as to the best time for the application of agricultural pesticides, to analyze the threshold of economic damage. The use of drones with digital camera embedded in agriculture is in broad expansion. Through digital images analyzed in computer programs and correlated with NDVI it is possible to determine the leaf cover in plants. The aim of this study was to confirm the use of digital images at 30 m in height to determine the leaf cover, correlating them with NDVI values obtained on the ground. Therefore, 30 m height photos were taken with the help of a drone and three stages of maize development (N4, N8 and R1), which were considered as treatments; afterwards, the images were analyzed in software to survey the leaf cover. The NDVI data were obtained in the same areas at a height of 0.5 m from the crop canopy, and it were submitted to the Scott Knott Test at 5 % significance and Pearson correlation. There was no statistical difference between methods and the Pearson correlation coefficient value (0,952) confirms strong evidence for correlation between the two methods. Thus, it can be concluded that the use of drone with embedded digital camera has promising use for the determination of leaf cover in maize.

**Keywords:** Refletance. Digital image. Maize. NDVI.

1 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Londrina, professor. [rogernmichels@utfpr.edu.br](mailto:rogernmichels@utfpr.edu.br). Departamento Acadêmico de Engenharia Mecânica. Av. dos Pioneiros, 3131, Londrina (PR), Brasil, CEP: 86036-370.

2 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Londrina, Departamento Acadêmico de Química, professor. [janksynbertozzi@utfpr.edu.br](mailto:janksynbertozzi@utfpr.edu.br).

3 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Londrina, Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental, professora. [tatianebosco@utfpr.edu.br](mailto:tatianebosco@utfpr.edu.br).

4 Universidade Estadual de Londrina, professor. Centro de Ciências Agrárias. [aguiaresilva@uel.br](mailto:aguiaresilva@uel.br).

5 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Medianeira, Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica, professor. [gnoatto@utfpr.edu.br](mailto:gnoatto@utfpr.edu.br).

6 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Londrina, Departamento Acadêmico de Engenharia Mecânica, graduanda. [cinthia.endo16@gmail.com](mailto:cinthia.endo16@gmail.com).

## Introduction

Remote sensing is understood as an ensemble of techniques that captures spectral information of plants pigments, measuring culture reflectance without contact of measuring device or any kind of object (SILVA JÚNIOR et al., 2008). Thus, it is possible assess health and vigor of plants through data reading, being it a non-invasive technique that causes no damage (NILSSON, 1995).

By observing changes in the angle of leaves over time in a plant, it can be detected hydric stress; the color of leaves can inform limitations and nutritional imbalance, besides the possibility of identifying attack of pests and diseases (BARTON, 2012). According to Malenovský et al. (2009), the acquired data can be used to estimate, for example, chlorophyll content, water content or index of a leaf area.

Many multispectral sensors are capable of measuring electromagnetic radiation reflected or emitted by the vegetation (MALENOVSKÝ et al., 2009). The equipment used to obtain value of reflectance is the radiometer and its application on agriculture was only possible due to the development of proximal sensors, such as GreenSeeker®, N-Sensor and Crop Circle (BREDEMEIER et al., 2013).

The behavior of reflectance measures at different cultivation conditions are relevant information to be used on models to estimate damages (HIKISHIMA et al., 2010), for productivity forecast (ALI et al., 2014; CAO et al., 2015), agriculture of precision, fertilizers application (CHANG et al., 2014) and premature detection of lesions caused by herbicides (YAO et al., 2012).

The GreenSeeker® is an instrument that provides normalized difference vegetation index (NDVI) via reflectance measures, the interpretation of the NDVI provides quick and direct information about nutritional conditions, physiological state, stress and potential crop yields (GROHS et al., 2009; GUTIÉRREZ-SOTO et al., 2011).

Nowadays, digital cameras are promising equipment to measure area leaf on field (ADAMI et al., 2008), since they are portable and acquire images with good resolution, in a quick and simple way (GODOY et al., 2007). Zabot et al. (2008) state that the use of digital images is an easy tool to work with, being possible to collect many images in reduced time to process them with the support of specific programs that read images. These specific programs can detect, quantify and classify plant diseases from digital images at visible spectrum (BARBEDO, 2013). Another vantage is that analyses made with digital images have low costs, it can cost less than ten percent of the measurer leaf area equipment price (GONG et al., 2013).

Digital images manipulation through image editor software provide indexes which express the plant's green color. The use of quick technics, as digital image analysis, that allows evaluation directly on field, can optimize decisions making on the application of pesticides (BACKES et al., 2010).

VANTs and Drones represent a large variety of acknowledged agricultural assignments (FREEMAN; FREELAND; 2014), highlighting monitoring of natural resources, environment, atmosphere, hyperspectral imaging, lakes and river observation, such as agricultural practices imaging and soil use (JORGE et al., 2011).

The processing of digital images obtained through Drones and VANTs on softwares would dynamically evaluate larger areas of planting if compared to portable sensors, for example, GreenSeeker®.

Therefore, the objective of this work was to correlate digital images data obtained by Drone and processed on software with NDVI data collected on land with the purpose to determine leaf cover.

## Material and methods

The experiment was conducted at Universidade Estadual de Londrina (UEL), located in Londrina city, Paraná, Brazil, 23°19'40,92" South latitude and 51°12'19,20" East longitude, 560 above sea level, in the 2013/14 harvest.

Digital images such as values of NDVI were obtained from three different phases of maize culture: V4, V8 and R1, which were used as treatments.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) is the normalized vegetation index, defined as:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

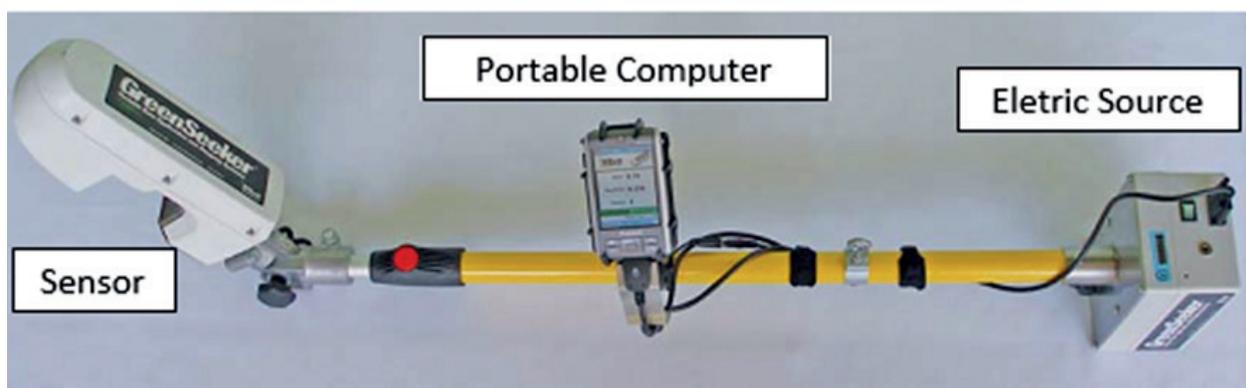
At which:

RED: radiation in the range of red (650 nm) incident on plant surface

NIR: near infrared (770 nm) reflected by it

Reflectance lectures (NDVI) were carried out 0,5 meters of distance from culture canopy, in central lines area, on gaps of 5 meters, totaling 14 lectures, with 3 repetitions each. The equipment used for reflectance measures was GreenSeeker®, model RT100, from NTech consisting of an adjustable sensor at increments of 15°, attached in an arm, also adjustable, that allows to keep it parallel to vegetation surface. The electric source is necessary to provide energy for optical sensor and the notebook. The notebook with programs is necessary for obtaining and storing data which are recorded on SD card (FIGURE1).

**Figure 1.** Components of GreenSeeker®, model RT100.



**Source:** adapted from GUTIÉRREZ-SOTO et al. (2011).

Digital photos were taken from a digital photographic machine: Go Pro of MP, attached to a drone Phantom 2Vision Quadcopter Digital (FIGURE 2) to 30 meters from height. The images were divided in 14 parts with the same dimensions of reflectance measures, the central parts were used to

reduce fisheye effect of the camera after being processed on Life Cycle Assessment Software (LCAS), a software that analyzes leaf cover.

**Figure 2.** Drone Phantom 2 Vision Quadcopter with the camera Go Pro®.



**Source:** PHANTOM 2 (2015).

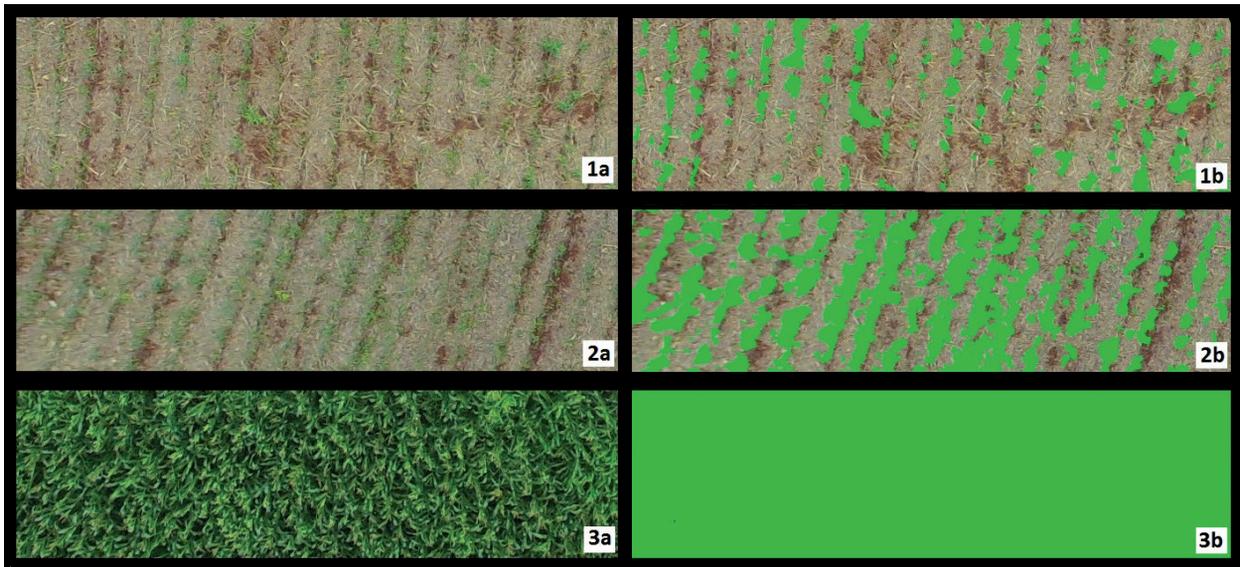
The LCAS was used to qualify leaf cover by counting green pixels on digital photos. LCAS, responsible for determination of coverage degree through RGB components analysis of digital images, was developed in the programming language Borland C++ Builder 6.0, compatible with Windows 32 bits system.

The statistic software used to compare means by Scott Knott's test was SASM-Agri (CANTERI et al., 2001).

## Results and discussions

Digital images captured at 30 meters height were processed by LCAS, Figure 3 exemplifies leaf cover determination (%) in each one of the treatments through the software.

**Figure 3.** Sample of digital images taken at 30 meters height (1a, 2a and 3a), analyzed by the LCAS software to get maize leaf cover (%) (1b, 2b and 3b).



**Source:** Elaborated by the authors (2019).

Means were compared by Scott-Knott's Test, at 5 % of significance, at NDVI data from three stages of maize studied; it was observed statistical difference for the three treatments: N4, N8 and R1 (TABLE 1). The same was verified for leaf cover data obtained from digital images taken by a Drone, at 30 meters height from the ground, and processed by the LCAS (TABLE 1).

**Table 1.** Comparison means, 5 % significance, for the N4, N8 and R1 treatments for NDVI and leaf cover obtained through embedded digital camera linked to a drone and processed by image analysis software.

Treatment	NDVI	Leaf cover (%)
N4	340,57 a	15,53 a
N8	413,44 b	17,86 b
R1	665,19 c	99,44 c

\* Means followed by different letters differ by the Scott-Knott's Test ( $P \leq 0.05$ ).

**Source:** Elaborated by the authors (2019).

By performing Pearson correlation between leaf cover and NDVI data, it was obtained the value of 95,5 %. Michels (2014) found 96,1 % of correlation between NDVI and leaf cover through digital images analysis of soy taken at 2 meters height, a similar value to the ones found in this work. These results show that even with a significant raise of distances in the images collection, with consequent increase in the evaluated area and studying cultures with distinct architectures, the capacity of verifying leaf cover differences was not affected. Since the results corroborate the values obtained by Michels (2014), it could ascertain a transportability of leaf cover analyzed by LCAS to differentiated structure cultures, as the case of soy and maize.

## Conclusion

The leaf cover values in different situations on fields evaluated through processed digital images taken at 30 meters height and analyzed by LCAS demonstrated strong correlation with the values obtained from NDVI data. Therefore, it can be concluded the use of Drone is promising for leaf cover analysis.

## Acknowledgments

The authors are grateful to Nomade do Ar company, which has provided the drone for the digital images.

## Utilização de drone com máquina fotográfica digital embarcada para a determinação de cobertura foliar

## Resumo

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) obtido via radiômetro apresenta importância para determinar o estado fisiológico de planta, sendo uma ferramenta promissora para a tomada de decisão quanto ao melhor momento para aplicação de defensivos agrícolas, e analisar o limiar de dano econômico. A utilização de drones com máquina fotográfica digital embarcada na agricultura está em ampla expansão. Por meio das imagens digitais analisadas em programas computacionais e correlacionadas com o NDVI é possível determinar a cobertura foliar em plantas. O objetivo deste trabalho foi confirmar a utilização de imagens digitais a 30 m de altura para determinação da cobertura foliar correlacionando-as com os valores de NDVI obtidos em terra. Para isso, foram retiradas fotos digitais a 30 m de altura, com o auxílio de drone, em três estádios de desenvolvimento do milho (N4, N8 e R1), os quais foram considerados tratamentos; posteriormente, as imagens foram analisadas em software para levantamento da cobertura foliar. Os dados de NDVI foram obtidos nas mesmas áreas a uma altura de 0,5 m do dossel da cultura e submetidos ao teste de comparação de médias Scott Knott a 5 % de significância e de correlação de Pearson. Não houve diferença estatística entre os métodos, o valor de correlação de Pearson apresentou coeficiente de 0,952, o que confirma uma forte evidência à correlação entre os dois métodos. Assim, pode-se concluir que o uso de drones com câmera digital incorporado tem uso promissor para a determinação da cobertura foliar em milho.

**Palavras-chave:** Refletância. Imagem digital. Milho. NDVI.

## References

ADAMI, M.; HASTENREITER, F. A.; FLUMIGNAN, D. L.; FARIA, R. T. de. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 1053-1058, out., 2008. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052008000400030&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052008000400030&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 12 mar. 2019. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000400030>.

ALI, A. M.; THIND, H. S.; SHARMA, S.; SINGH, V. Prediction of dry direct-seeded rice yields using chlorophyll meter, leaf color chart and GreenSeeker optical sensor in northwestern India. **Field Crops Research**, v. 161, p. 11-15, 2014. Disponível em [https://www.researchgate.net/publication/260995473\\_Prediction\\_of\\_dry\\_direct-seeded\\_rice\\_yields\\_using\\_chlorophyll\\_meter\\_leaf\\_color\\_chart\\_and\\_GreenSeeker\\_optical\\_sensor\\_in\\_northwestern\\_India](https://www.researchgate.net/publication/260995473_Prediction_of_dry_direct-seeded_rice_yields_using_chlorophyll_meter_leaf_color_chart_and_GreenSeeker_optical_sensor_in_northwestern_India). Acesso em: 25 mar. 2019.

BACKES, C.; VILLAS BÔAS, R. L.; LIMA, C. P. de; GODOY, L. J. G. de; BÜLL, L. T.; SANTOS, A. J. M. Estado nutricional em nitrogênio da grama esmeralda avaliado por meio do teor foliar, clorofilômetro e imagem digital, em área adubada com lodo de esgoto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 661-668, 2010. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052010000300018&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052010000300018&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 25 mar. 2019 <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000300018>.

BARBEDO, J. G. A. Digital image processing techniques for detecting, qualifying and classifying plant disease, **SpringerPlus**, Heidelberg, v. 2, p. 660-672, dez., 2013. Disponível em <https://springerplus.springeropen.com/articles/10.1186/2193-1801-2-660>. Acesso em: 25 de março de 2019.

BREDEMEIER, C.; VARIANI, C.; ALMEIDA, D.; ROSA, A. T. Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 7, p. 1147-1154, jul. 2013. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782013000700002&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782013000700002&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 25 mar. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013005000080>.

BARTON, C. V. M. Advances in remote sensing of plant stress. **Plant and Soil**, v. 354, n. 1-2, p. 41-44, May 2012. Disponível em <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-011-1051-0>. Acesso em: 25 mar. 2019.

CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTE, E. A.; GODOY, C. V. SASM-Agri: Sistema para Análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, n. 2, p. 18-24. 2001. Disponível em [http://www.agrocomputacao.deinfo.uepg.br/dezembro\\_2001/Arquivos/RBAC\\_Artigo\\_03.pdf](http://www.agrocomputacao.deinfo.uepg.br/dezembro_2001/Arquivos/RBAC_Artigo_03.pdf). Acesso em: 25 mar. 2019.

CAO, Q.; MIAO, Y.; FENG, G.; GAO, X.; LI, F.; LIU, B.; Y, S.; CHENG, S.; USTIN, S. L. KHOSLA, R. Active canopy sensing of winter wheat nitrogen status: An evaluation of two sensor systems. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 112, p. 54-67, mar. 2015. Disponível em <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2782532>. Acesso em: 25 mar. 2019.

CHANG D.; ZHANG, J.; ZHU, L.; GE, S.; LI, P.; LIU, G. Delineation of management zones using an active canopy sensor for tobacco field. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 109, p. 172-178, nov. 2014. Disponível em [https://www.researchgate.net/publication/267099810\\_Delineation\\_of\\_management\\_zones\\_using\\_an\\_active\\_canopy\\_sensor\\_for\\_a\\_tobacco\\_field](https://www.researchgate.net/publication/267099810_Delineation_of_management_zones_using_an_active_canopy_sensor_for_a_tobacco_field). Acesso em: 25 de março de 2019.

FREEMAN, P. K.; FREELAND, R. S. Politics & technology: U.S. polices restricting unmanned aerial systems in agriculture. **Food Policy**, v. 49, n. 1, p. 302-311, dez. 2014. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919214001390>. Acesso em: 25 mar. 2019.

GODOY, L. J. G. de; YANAGIWARA, R. S.; VILLAS BÔAS, R. L.; BACKES, C.; LIMA, C. P. de. Análise da imagem digital para estimativa da área foliar em plantas de laranja “Pêra”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 420-424, dez. 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-29452007000300004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452007000300004&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 25 mar. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452007000300004>.

GONG, A.; WU, X.; QIU, Z.; HE, Y. A handhelp device for leaf area measurement. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 98, p. 74-80, out. 2013. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169913001634>. Acesso em: 25 mar. 2019.

GROHS, D. S.; BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M.; POLETTO, N. Modelo para estimativa do potencial produtivo em trigo e cevada por meio do sensor GreenSeeker. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 1 p. 101-112. mar. 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162009000100011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162009000100011&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 25 mar. 2019. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162009000100011>.

GUTIERREZ-SOTO, M. V.; CADET-PIEDRA, E.; RODRIGUEZ-MONTERO, W.; ARAYA-ALFARO, J. M. El GreenSeeker™ y el diagnóstico del estado de salud de los cultivos. **Agronomía Mesoamericana**, San Pedro, v. 22, n. 2, p. 397-403, 2011. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/262653342\\_El\\_GreenSeeker\\_TM\\_y\\_el\\_diagnostico\\_del\\_estado\\_de\\_salud\\_de\\_los\\_cultivos](https://www.researchgate.net/publication/262653342_El_GreenSeeker_TM_y_el_diagnostico_del_estado_de_salud_de_los_cultivos). Acesso em: 25 mar. 2019.

HIKISHIMA, M.; CANTERI, M. G.; GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; SILVA, A. J. Quantificação de danos e relações entre severidade, medidas de refletância e produtividade no patossistema ferrugem asiática da soja. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 96 – 103, mar. 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1982-56762010000200004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-56762010000200004&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 21 de março de 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762010000200004>.

JORGE, L. A. C.; INAMASU, R. Y.; CARMO, R. B. de. Desenvolvimento de um VANT totalmente configurado para aplicações em Agricultura de Precisão no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba, 2011.

MALENOVSKÝ, Z.; MISHRA, K. B.; ZEMEK, F.; RASCHER, U.; NEDBAL, L. Scientific and technical challenges in remote sensing of plant canopy reflectance and fluorescence. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 60, n. 11, p. 2987-3004, May. 2009. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/60/11/2987/533160>. Acesso em: 21 mar. 2019.

MICHELS, R. N. **Utilização do índice de vegetação por diferença normalizada e de imagens digitais no estudo de doenças de plantas**. 2014. 68 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

NILSON, H. E. Remote sensing and image analysis in plant pathology. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 33, p. 489-528, set. 1995. Disponível em <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.py.33.090195.002421>. Acesso em: 21 mar. 2019.

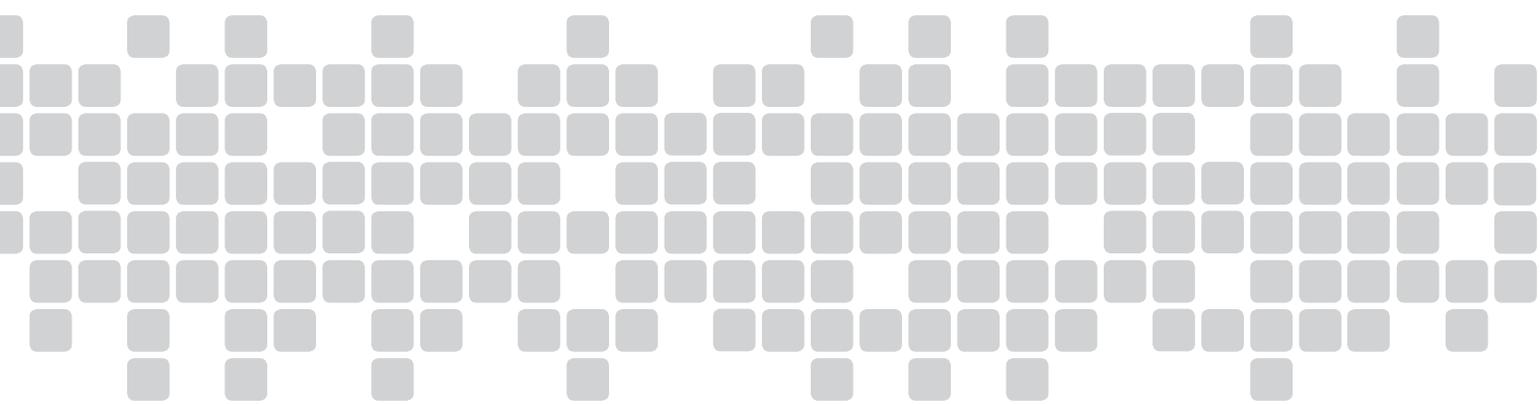
PHANTOM 2. Quick start guide. China, 2015.

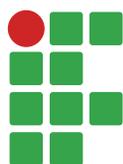
SILVA JÚNIOR, M. C. da; PINTO, F. A. C.; FONSECA, D. M. da; QUEIROZ, D. M. de; MACIEL, B. F. Detecção do efeito da adubação nitrogenada em *Brachiaria decumbens* Stapf utilizando um sistema de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 411-419, mar. 2008. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982008000300005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982008000300005&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 21 mar. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008000300005>.

ZABOT, L.; DUTRA, L. M. C.; MENEZES, N. L. de; GARCIA, D. C.; LUDWIG, M. P.; SANTOS, V. J. dos. Uso de imagens digitais para avaliação de plântulas de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 184-192, 2008. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222008000200023&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222008000200023&lng=es&nrm=iso). Acesso em: 21 mar. 2019. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222008000200023>.

**Received:** March 16, 2017

**Accepted:** December 12, 2017





## Sensibility of sugarcane cultivars to pre and post-emergence herbicides

Fernanda Maria Rodrigues Castro<sup>1</sup>

Adriano Teodoro Bruzi<sup>2</sup>

Marcos Machado Mourão<sup>3</sup>

Luiz Antônio de Bastos Andrade<sup>4</sup>

Adenilson Henrique Gonçalves<sup>5</sup>

José Airton Rodrigues Nunes<sup>6</sup>

### Abstract

Chemical control is used to restrain the attack of weeds on cultivated crops in Brazil; however, the overuse of chemical products can cause damage to the crops. This study aimed to evaluate the phytotoxicity caused by pre-emergence (PRE) and post-emergence (POST) herbicides in sugarcane cultivars and their influence in agronomic and technological traits as well as to verify the existence of correlation between the herbicides effect and the measured traits. The experiment was carried out in a randomized complete block design with three replications, considering the factorial combination of five sugarcane cultivars and five control strategies, being four herbicides and one control. The sensitivity was evaluated at 30, 60 and 90 days after application, through a scale of intoxication symptoms. The herbicides with active ingredients diuron + hexazinone and ametryn presented more phytotoxicity effect; the cultivars RB867515 and SP81-3250 showed greater toxicity symptoms when exposed to the agrochemicals. Plant height was the only trait influenced by the herbicides. It was observed a significant correlation between the trait number of stems and phytotoxicity effect.

**Keywords:** *Saccharum* spp. Cultivars. Phytotoxicity.

### Introduction

Sugarcane planting is one of the earliest relevant economic activities in Brazil, being part of the national agribusiness as the third most important agricultural commodity (MAPA, 2017), playing a meaningful economic and social role. This importance is attributed mainly to its versatility and multiple uses as raw material to sugar and alcohol production; as electric energy by the sugarcane bagasse

1 Lavras Federal University (UFLA), Department of Agriculture, agronomist engineer/ PhD student in Plant Science. [fefernandacastro@hotmail.com](mailto:fefernandacastro@hotmail.com). University Campus - Caixa Postal 3037, Lavras, 37200-000, MG, Brazil.

2 Lavras Federal University (UFLA), Department of Agriculture, agronomist engineer/ professor/ PhD in Genetics and Plant Breeding, [adrianobruzi@dag.ufla.br](mailto:adrianobruzi@dag.ufla.br).

3 Agronomist engineer. [marcos-mourao@hotmail.com](mailto:marcos-mourao@hotmail.com).

4 Lavras Federal University (UFLA), Department of Agriculture, agronomist engineer/ professor/ PhD in Plant Science. [laba@dag.ufla.br](mailto:laba@dag.ufla.br).

5 Lavras Federal University (UFLA), Department of Agriculture, agronomist engineer/ professor/ PhD in Weed Science. [adenilsonhg@dag.ufla.br](mailto:adenilsonhg@dag.ufla.br).

6 Lavras Federal University (UFLA), Department of Biology, agronomist engineer/ professor/ PhD in Genetics and Plant Breeding. [jarnunes@dbi.ufla.br](mailto:jarnunes@dbi.ufla.br).

burning; in natura for animal feed; as raw material in the manufacture of products as cachaça, syrup, brown sugar; also, to manufacture biodegradable plastics. According to the National Supply Company (CONAB, 2017), the production of sugarcane estimated for the 2017/18 harvest is 647.6 million tons and the estimated harvest area is about 8.84 million hectares.

The weeds presence during the sugarcane (*Saccharum* spp.) and other crops development affect the yield, quality, harvest, transport and processing. Chemical management is the main method used to control invasive species due to its variety, for being an economical and high yielding method. Usually, the herbicides are selective and control weeds without affecting the main crop; however, the plants tolerance to a particular herbicide can be changed if it is used incorrectly (RIZZARDI; FLECK, 2004; TORRES et al., 2012).

The response of sugarcane cultivars to herbicides depends on biotic and abiotic factors. Thereby, it is important to evaluate the herbicide absorption by the plant as well as the effects of toxicity to validate doses, active ingredients and timing of application, which contribute for the plant to express its genetic potential (CERDEIRA et al., 2015; ODERO et al., 2015).

Several studies about weed control with systematic application of herbicides in pre and post-emergence conditions have demonstrated that, when the sugarcane is exposed to the action of agrochemicals, it can have morphological, physiological and technological changes (VIATOR; GRIFFIN; ELLIS, 2002; TORRES et al., 2012, ODERO et al., 2015).

Therefore, it is necessary to evaluate the relationship between the possible negative effects caused by the use of herbicides and the important economic traits of the crop. This becomes more complex because of the large amount of products available in the market and the different cultivars, considering the interaction between them may be very specific.

In this sense, this study aimed to evaluate the phytotoxicity caused by pre-emergence (PRE) and post-emergence (POST) herbicides in sugarcane cultivars and their influence in agronomic and technological traits; furthermore, it intended to verify the existence of correlation between the effect of the herbicides and the measured traits.

## Material and methods

The experiment was carried out in the commercial area of sugarcane production of Cachaça Artesanal João Mendes company, in Perdões/MG city, located 842 m above sea level, 21°05'S and 45°05' W. According to Köppen, the regional climate is Cwb, with precipitation and temperature average of 1493.2 mm and 19.3°C (DANTAS et al., 2007).

Planting was carried out on November 2012, in a conventional cane-of-year system, in a randomized complete block design with three replications, considering the factorial combination of five sugarcane cultivars: RB867515, SP89-1115, SP80-1842, SP79-1011, SP81-3250 and four herbicides with different active ingredients (TABLE 1). The experimental plot consisted of four rows, 4 m long, with 1.4 m between rows and 12 sugar cane gems per linear meter, considering two central rows as effective area. Hand weeding was done for all plots.

**Table 1.** Active ingredients, formulations, commercially recommended doses, commercial brands and timing of application in days after planting (DAP).

Herbicide	Formulation <sup>1/</sup>	r.d. <sup>2/</sup> (L or kg ha <sup>-1</sup> )	Commercial Brand	Application (DAP)
Ametryn	CS	6.0	Gesapax 500	8 (PRE)
Diuron+hexazinone	WDG	2.5	Velpar K WG	8 (PRE)
Clomazone	EC	3.0	Gamit	8 (PRE)
MSMA	CS	2.5	Volcane	30 (POST)

<sup>1/</sup> CS - concentrated suspension, EC - emulsifiable concentrate and WDG- water dispersible granules;

<sup>2/</sup> recommended dose.

**Source:** Elaborated by the authors (2016).

Herbicides were applied using a pressurized costal sprayer, which has 2 m long of herbicide application bar and four flat nozzle fan-type (Teejet XR 11002), spaced in 50 cm, calibrated for the commercially recommended doses; the phytotoxicity evaluations were performed by two evaluators at 30, 60 and 90 days after application (DAA). It was used the EWRC (1964) scale of intoxication symptoms adapted by Rolim (1989), ranging from 0 (no damages) to 100 (total destruction) (TABLE 2).

**Table 2.** Percentage scale for evaluation of plants intoxication symptoms

Scale	Description	Damages
0	No effects	No damages
10		Slight discoloration and smaller plants
20	Light effects	Discoloration and smaller plants
30		More pronounced damages, but not lasting
40		Moderate damage, possibility of recovery
50	Moderate effects	Lasting damage, difficult recovery
60		Lasting damage, no recovery
70		Severe damage with plants death
80	Severe effects	Crops almost totally destroyed
90		Only few surviving plants
100	Total effect	Total destruction

**Source:** Adapted from Rolim (1989).

Agronomic and technological traits of the treatments were measured one year after planting. The estimated traits were: 1) Stalks number per linear meter (SN): counting of total stalks dividing them by the plot area; 2) Mean stalk diameter of ten plants (SD): using a digital caliper rule; 3) plant height (PH): measured in meters from ground level to the insertion of the first leaf of ten plants, using measuring tape; 4) stalks mean mass (SMM): weighing of stalks/number of stalks; 5) tons of stalks per hectare (TSH): total weight of the plot area, in kilograms, converted into tons per hectare.

At the harvest, samples of ten randomly selected stalks from each experimental plot were collected to determine the technological traits. At the Agronomic Institute of Campinas/Agribusiness Technology Agency of São Paulo - IAC/Apta, it was performed the analysis of: 1) apparent percentage of sucrose in sugarcane (Pol% cane); 2) percentage of insoluble matter contained in sugarcane (Fiber% cane); 3) percentage of soluble solids contained in sugarcane juice (Brix% cane juice); 4) apparent purity (Purity% cane); 5) total recoverable sugar (TRS) expressed as kilograms of sugar per 1,000 kilograms of sugarcane; 6) tons of Pol per hectare (TPH) (CONSECANA, 2006).

For joint variance analysis, it was adopted the split-plot in time model (STEEL; TORRIE, 1980), detailed in Equation 1:

$$Y_{ifjk} = \mu + c_i + t_f + b_j + ct_{if} + e_{ijf} + p_k + e_{jk} + cp_{ik} + tp_{fk} + ctp_{ifk} + \varepsilon_{ijkf} \quad (1)$$

At which:  $Y_{ifjk}$ : observation of the plot that received the  $i$  cultivar, with the  $f$  control, in the  $j$  block, at the  $k$  DAA;  $\mu$ : constant common to all observations;  $c_i$ : effect of cultivar  $i$ ;  $t_f$ : effect of control  $f$ ;  $b_j$ : effect of block  $j$ ;  $ct_{if}$ : effect of the interaction cultivar  $i$  ( $c_i$ ) and control  $f$  ( $t_f$ );  $e_{ijf}$ : random error associated with interaction  $c_i$ ,  $t_f$ ,  $b_j$  e  $ct_{if}$ ;  $p_k$ : effect of DAA  $k$ ;  $cp_{ik}$ : effect of the interaction cultivar  $i$  ( $c_i$ ) and DAA  $k$  ( $p_k$ );  $tp_{fk}$ : effect of the interaction control  $f$  ( $t_f$ ) and DAA  $k$  ( $p_k$ );  $ctp_{ifk}$ : effect of the interaction cultivar  $i$  ( $c_i$ ), control  $f$  ( $t_f$ ) and DAA  $k$  ( $p_k$ );  $\varepsilon_{ijkf}$ : experimental error (b).

Estimates of the phenotypic correlations measured between the traits were obtained according to Equation 2:

$$r_{xy} = \text{Cov}_{xy} / \sqrt{V_x V_y} \quad (2)$$

At which:  $\text{Cov}_{xy}$  estimation of phenotypic covariance between the variables X and Y;  $V_x$ ,  $V_y$ : are estimates of the mean phenotypic variances of the variables X and Y, respectively.

Variance analysis and correlation were conducted through Genes software (CRUZ, 2006). For statistical significance, it was adopted the grouping of cultivar averages using the Scott-Knott's method (1974), with 5 and 1 % of probability in the joint statistical analysis. As an estimate for the experimental precision, selective accuracy proposed by Resende and Duarte (2007) was adopted.

## Results and discussion

Considering the joint statistical analysis of the days after herbicides application (DAA), differences were observed in relation to phytotoxicity for cultivars, DAA and interaction cultivars versus herbicides. Through the interaction, it was possible to verify there was a different response of the cultivars in relation to the action of the herbicides, being that phytotoxicity was more evidenced when using ametryn and diuron + hexazinone, applied to cultivars RB867515 and SP81-3250 (TABLE 3). There are reports in the literature about the interaction between cultivars and herbicides in sugarcane cultivation, which reinforces the premise that some cultivars may be more sensitive to some active ingredients than to others (BARELA; CHRISTOFFOLETI, 2006; ODERO et al., 2015).

**Table 3.** Means of the phytotoxicity in sugarcane cultivars to the Ametryn and Diuron + Hexazinone herbicides.

Cultivars	Ametryn	Diuron + Hexazinone
RB867515	17.77a <sup>1/</sup>	11.11a
SP81-3250	11.11a	15.56a
SP80-1842	7.77b	4.44b
SP79-1011	3.33b	1.11b
SP89-1115	1.11b	2.22b

<sup>1/</sup>Means followed by the same letter in the column belong to the same group by the Scott-Knott's Test at 1 % probability.

**Source:** Elaborated by the authors (2016).

By analyzing the evaluation times, the cultivars showed more expressive phytotoxicity rates at 30 DAA (TABLE 4). Monquero et al. (2011) verified that at 90 DAA no treatment with herbicide exhibited visual symptoms of phytotoxicity in sugarcane, probably due to the efficiency loss of the product influenced by environmental factors. According to Cerdeira et al. (2015), the estimation of herbicide bio concentration in sugarcane depends on its degradation in the environment, water availability, herbicide presence in soil solution and herbicide distribution in the plant.

**Table 4.** Means of the phytotoxicity effect on cultivars evaluated at 30, 60 and 90 days after herbicide application (DAA).

DAA	Means
30	14.93a <sup>1/</sup>
60	5.86b
90	3.60b

<sup>1/</sup>Means followed by the same letter belong to the same group by the Scott-Knott test at 1% probability.

**Source:** Elaborated by the authors (2016).

Considering the analysis of the phytotoxic effect for the agronomic and technological traits evaluation, it was observed a difference among the cultivars, which was already expected because they were genotypes with distinct traits. There was a different herbicide effect only for PH trait and there was no interference of the agrochemicals in the performance of the technological traits. There was also no interaction between cultivars and herbicides. Velini et al. (2000), Silva et al. (2014) and Sabbag et al. (2017), studying the selectivity of some herbicides in sugarcane cultivars, did not observe negative effects for phytotoxicity on the technological and agronomic evaluated parameters.

Analysis of the agronomic trait SN of the cultivars in the experiment showed an increment of stalks for the cultivars SP79-1011 (51.13) and SP81-3250 (51.06) (TABLE 5). According to Oliveira et al. (2007) and Andrade-Junior et al. (2017), this may be due to the genetic characteristics of each variety and to results of edaphoclimatic conditions favorable to the interaction genotype versus environment, promoting higher performance of these genotypes. The lower NS of the cultivars RB867515, SP80-1842 and SP89-1115 could be also due to the influence of the herbicides, because even if they have not showed a significant effect, these cultivars may have had a physiologic disturb when submitted to the active ingredient reducing tillering, same results found by Procópio et al. (2015) in their studies.

**Table 5.** Means of the agronomic and technological traits: Stalks mean mass (SMM), stalks number (SN), plant height (PH), stalk diameter (SD), tons of stalks per hectare (TSH), tons of Pol per hectare (TPH), Brix% cane juice (Brix), Purity% cane (Purity) and total recoverable sugar (TRS kg t<sup>-1</sup>), of the assessed cultivars.

Traits	RB867515	SP80-1842	SP79-1011	SP81-3250	SP89-1115
SMM	1.43a <sup>1/</sup>	1.09b	1.15b	1.15b	1.50a
SN	37.80c	46.06b	51.13a	51.06a	44.26b
PH	2.13b	2.38a	2.01c	2.16b	2.22b
SD	32.08a	29.20b	28.53b	27.39b	32.82a
TSH	78.34b	75.38b	85.45a	86.11a	83.70a
TPH	12.53b	11.99b	13.57a	13.56a	14.63a
BRIX	21.21b	21.22b	21.11b	20.91b	22.25a
PURITY	90.80b	91.71a	90.34b	90.64b	92.35a
TRS	156.49b	155.32b	155.05b	153.97b	169.86a

<sup>1/</sup>Means followed by the same letter in the lines belong to the same group by the Scott-Knott's Test at 5 % probability.

**Source:** Elaborated by the authors (2016).

The SMM trait had an inverse behavior compared to the SN trait, especially to the cultivars SP89-1115 (1.50) and RB867515 (1.43). This result corroborates the fact that too much stalks per hectare can result in narrow stalks, reducing the stalk unit mass. This was verified by the higher SD means of these varieties: SP89-1115 (32.82 mm) and RB867515 (32.08 mm). Sales et al. (2016) observed a mean diameter of 27.66 mm in the sugarcane maturation period in their studies.

The cultivars SP79-1011 (85.45 t ha<sup>-1</sup>), SP81-3250 (86.11 t ha<sup>-1</sup>) and SP89-1115 (83.70 t ha<sup>-1</sup>) presented better performance to the trait TSH and to the trait TPH, which is directly related to the TSH trait. Means ranged from 14.63 t ha<sup>-1</sup> for cultivar SP89-1115 to 11.99 t ha<sup>-1</sup> for cultivar SP80-1842 (TABLE 5). Sales et al. (2016) verified a TSH mean of 46.41 t ha<sup>-1</sup> and TPH mean of 8.13 t ha<sup>-1</sup> in their experiment.

Mean values of total soluble solids (Brix% cane juice) showed all treatments were mature and ready for harvesting. The cultivar SP89-1115 obtained the highest value for Brix (22.25° Brix) (TABLE 5). The sugarcane industry considers that for a sugarcane to be processed, it must have at least 18° Brix for both plant cane and ratoon (FRANCO et al., 2008; FERNANDES, 2000).

The purity means ranged from 92.35 % for the cultivar SP89-1115 to 90.34 % for the cultivar SP79-1011 (TABLE 5), being within the standards required for industrialization (FERNANDES, 2000).

For the TRS yields, the cultivar SP89-1115 presented a mean value of 169.86 TRS kg t<sup>-1</sup>, superior than other cultivars. Franco et al. (2008), evaluating the variety SP81-3250, obtained means of 155.89 TRS kg t<sup>-1</sup> of sugarcane.

Through the herbicides analysis, it was possible to observe the active ingredients diuron + hexazinone and MSMA caused a decrease in the height final mean of the cultivars (TABLE 6), this effect may have been due to the action of this products and also due to the greater genotypes sensitivity.

**Table 6.** Means of the herbicides effect on the plant height (PH) agronomic trait.

Herbicides	PH
Ametryn	2.23a <sup>1</sup>
Diruon + Hexazinone	2.15b
Clomazone	2.24a
MSMA	2.07b

<sup>1</sup>/Means followed by the same letter belong to the same group by the Scott-Knott's Test at 5 % probability.

**Source:** Elaborated by the authors (2016).

Through the phenotypic correlation study between the traits and the herbicides phytotoxicity effect, it was possible to observe a low and negative correlation for most of the traits, indicating a low influence of phytotoxicity on their phenotypic expression. The SN was the only trait that presented significant correlation, indicating the increase in the phytotoxicity symptoms may cause the reduction of the stalks number in the cultivation total area because they were negatively correlated (TABLE 7).

**Table 7.** Phenotypic correlation ( $r_{xy}$ ) between the traits stalks mean mass (SMM), stalks number (SN), plant height (PH), stalk diameter (SD), tons of stalks per hectare (TSH), tons of Pol per hectare (TPH), Brix% cane juice (Brix), Purity% cane (Purity), total recoverable sugar (TRS kg t<sup>-1</sup>), and the phytotoxicity effect of the assessed herbicides.

Traits	$r_{xy}$
SMM	0.26
SN	-0.54*
PH	-0.10
SD	0.12
TSH	-0.18
TPH	-0.34
BRIX	-0.37
PUREZA	-0.34
TRS	-0.32

\* Significant at 5 % probability, by T Test.

**Source:** Elaborated by the authors (2016).

## Conclusions

The herbicides with active ingredients diuron + hexazinone and ametryn presented more phytotoxicity effect; the cultivars RB867515 and SP81-3250 showed greater toxicity symptoms when exposed to the agrochemicals. Plant height was the only trait influenced by the herbicides effect. It was observed a significant and negative correlation between the trait number of stems and phytotoxicity effect.

## Acknowledgements

The authors thank the Federal University of Lavras - UFLA (Agriculture Department) for the constant support, and CAPES, CNPq and FAPEMIG for the financial support and scholarship.

## Sensibilidade de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas pré e pós - emergentes

### Resumo

O controle químico é o mais utilizado para conter o ataque de plantas daninhas às principais culturas do Brasil, porém o uso excessivo pode acarretar danos às plantas de interesse. Com isso, objetivou-se avaliar a fitotoxicidade por herbicidas de pré-emergência (PRE) e pós-emergência (POST) em cultivares de cana-de-açúcar e sua influência em caracteres agronômicos e tecnológicos, além de verificar a existência de correlação entre o efeito dos herbicidas e os caracteres mensurados. O experimento foi conduzido no delineamento de blocos casualizados, com três repetições, considerando a combinação fatorial de cinco cultivares e cinco estratégias de controle, sendo quatro herbicidas e a capina manual. A sensibilidade foi avaliada aos 30, 60 e 90 dias após a aplicação, por meio de escala de notas de sintomas de intoxicação. Os herbicidas com os princípios ativos diuron + hexazinona e ametrina apresentaram maior efeito de fitotoxicidade; as cultivares RB867515 e SP81-3250 tiveram maiores sintomas de intoxicação quando expostas aos agroquímicos. A variável altura de planta foi a única influenciada pelo efeito dos herbicidas. Foi observada correlação significativa entre a variável número de colmos e o efeito de fitotoxicidade.

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp. Cultivares. Fitotoxicidade.

### References

- ANDRADE JUNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A.; RIBEIRO, V. Q.; SOBRINHO, C. A.; SILVA, P. H. S. da. Stalk yield of sugarcane cultivars under different water regimes by subsurface drip irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 3, p. 169-174, 2017. Available in: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n3p169-174>. Access in: 29 Nov. 2017.
- BARELA, J. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Seletividade de herbicidas aplicados em pré-emergência da cultura da cana-de-açúcar (RB 867515) tratada com nematicidas. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 371-378, 2006. Available in: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582006000200022>. Access in: 29 Nov. 2017.
- CERDEIRA, A. L.; PARÁIBA, L. C.; QUEIROZ, S. C. N. de; MATALLO; M. B.; FRANCO, D. A. S.; FERRACINI, V. L. Estimation of herbicide bioconcentration in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 4, p. 591-597, 2015. Available in: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20120466>. Access in: 29 Nov. 2017.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira, cana-de-açúcar. **Monitoramento agrícola - safra 2017/18**: primeiro levantamento, v. 4, n. 1, abr. 2017. Available in: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/1208\\_70e861d4ccc431c8aeb5e9b68d25d2f5](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/1208_70e861d4ccc431c8aeb5e9b68d25d2f5). Access in: 16 May 2017.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Instruções**; 5 ed. Piracicaba-SP: CONSECANA-SP, 2006. 112 p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes - Biometria**. 1 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. v.1, 382 p.

DANTAS, A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007. Available in: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000600039>. Access in: 4 jan. 2017.

EUROPEAN WEED RESEARCH COUNCIL (EWRC). Report of the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> meetings of EWRC – Committee of methods in Weed Research. **Weed Res.**, Oxford, v. 4, n. 1, p. 88, 1964.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na Agroindústria da Cana-de-açúcar**; 3 ed. Piracicaba: STAB – Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 2011. 416p.

FRANCO, A.; MARQUES, M. O.; MELO, W. J. de. Sugarcane grown in an Oxisol amended with sewage sludge and vinasse: nitrogen contents in soil and plant. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 4, p. 408-414, 2008. Available in: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162008000400013>. Access in: 16 May 2017.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio - **Balança Comercial do Agronegócio**–Março/2017. Available in: [www.agricultura.gov.br/noticias/exportacoes-do...us-8.../nota-marco-2017.docx](http://www.agricultura.gov.br/noticias/exportacoes-do...us-8.../nota-marco-2017.docx). Access in: 29 Nov. 2017.

MONQUERO, P. A.; BINHA, D. P.; INÁCIO, E. M.; SILVA, P. V. da; AMARAL, L. R. do. Seletividade de herbicidas em variedades de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 286-293, 2011. Available in: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v70n2/06.pdf>. Access in: 29 Nov. 2017.

ODERO, D. C.; FERNANDEZ, J. V.; SANDHU, H. S.; SINGH, M. P. Response of Energycane to Preemergence and Postemergence Herbicides. **Weed Technology**, v. 29, n. 4, p. 810-820, 2015. Available in: <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WT-D-15-00033.1>. Access in: 4 Jan. 2017.

OLIVEIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. A. de; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO O. T.; BESPALHOK-FILHO, J. C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; SILVA, D. K. T. da. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007. Available in: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/1672>. Access in: 4 Jan. 2017.

PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A. da; FERREIRA, E. A.; SILVA A. F. da; GALON, L. Weed management. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Sugarcane Agricultural Production, Bioenergy and Ethanol**. London, England: Academic Press, 2015. p. 133–159.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182 - 194, 2007. Available in: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/download/1867/1773/>. Access in: 29 Nov. 2017.

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G. Dose econômica ótima de acifluorfen + bentazon para controle de picão-preto e guaxuma em soja. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 117-125, 2004. Available in: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582004000100015>. Access in: 4 Jan. 2017.

ROLIM, J. C. **Proposta de utilização da escala EWRC modificada em ensaios de campo com herbicidas**. Araras: IAA/PLANALSUCAR. Coordenadoria Regional Sul, 1989. 3 p.

SABBAG, R. S.; MONQUERO, P. A.; HIRATA, A. C. S.; SANTOS, P. H. V. dos. Crescimento inicial de mudas pré brotadas de cana-de-açúcar submetidas à aplicação de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 16, n. 1, p. 38-49, 2017. Available in: <http://dx.doi.org/10.7824/rbh.v16i1.481>. Access in: 16 May 2017.

SALES, L. R.; CESAR, L. E. V.; BRUZI, A. T.; NUNES, J. A. R.; ANDRADE, L. A. de B., LOPES, M. F. Seleção de cultivares de cana-de-açúcar potenciais para o município de Lavras - sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, v. 8, n. 1, p. 97-109, 2016. Available in: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v8n12016788>. Access in: 4 Jan. 2017.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974. Available in: <https://www.ime.usp.br/~abe/lista/pdfXz71qDkDx1.pdf>. Access in: 4 Jan. 2017.

SILVA, A. F. da; GALON, L.; CONCENCO, G.; ASPIAZÚ, I.; FERREIRA, E. A.; TIRONI, S. P. Sugarcane cultivars present differential susceptibility to herbicides ametryn and trifloxysulfuron-sodium. **Australian Journal of Crop Science**, v. 8, n. 6, p. 965, 2014. Available in: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1003180/sugarcane-cultivars-present-differential-susceptibility-to-herbicides-ametryn-and-trifloxysulfuron-sodium>. Access in: 16 May 2017.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**; 2 ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1980.

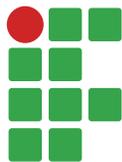
TORRES, L. G.; FERREIRA, E. A.; ROCHA, P. R. R.; FARIA, A. T.; GONÇALVES, V. A.; GALON, L.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A. Alterações nas características fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar submetida à aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 581-587, 2012. Available in: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582012000300014>. Access in: 16 May 2017.

VELINI, E. D.; MARTINS, D.; MANOEL, L. A.; MATSUOKA, S.; TRAVAIN, J. C.; CARVALHO, J. C. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré ou pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana-planta). **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p. 123-134, 2000. Available in: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582000000100012>. Access in: 4 Jan. 2017.

VIATOR, B. J.; GRIFFIN, J. L.; ELLIS, J. M. Sugarcane (*Saccharum* spp.) response to Azafeniden applied Preemergence and Postemergence. **Weed Technology**, v. 16, n. 2, p. 444-451, 2002. Available in: <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/0890-037X%282002%29016%5B0444%3ASSRТА%5D2.0.CO%3B2>. Access in: 4 Jan. 2017.

**Received:** June 26, 2017

**Accepted:** December 12, 2017



## Pumping yield of a PVC hydraulic ram prototype

Gustavo Eiji Ykeda<sup>1</sup>  
Fernando da Silva Barbosa<sup>2</sup>  
Miguel Angel Isaac Toledo del Pino<sup>3</sup>

### Abstract

The use of hydraulic rams has increased due to energy problems in rural environments and to the need for irrigation of crops, even in small properties. These pumps work on the principle of water hammer to pump water without the use of external energy; however, they present low efficiency, considering the pumping yield as a function of the pumping height. Thus, the objective of the present study was to evaluate the efficiency gain of a hydraulic ram through the addition of pressure retaining valve at its inlet. The valve has the function of forming a physical barrier to the water that returns after the blowing with the suction valve. The prototype was tested using a randomized block design, with 4 blocks. A conventional PVC hydraulic ram and a hydraulic ram with a pressure retaining valve were installed and evaluated at the same time and with the same pumping height, which increased one meter every four days, with four replications for each height. The water output flow, system inlet and outlet pressure, inlet flow, pumped water volume, and number of beats per minute were evaluated to assess the efficiency of the hydraulic ram prototype. The hydraulic ram with the valve presented lower pumping yields in most evaluated heights; it presented better pumping than the conventional hydraulic ram only for the height of nine meters, denoting a poor cost/benefit ratio.

**Keywords:** Water hammer. Pumping efficiency. Retention valve.

### Introduction

Hydraulic rams had been widely used in the past and are again being used due to the search for alternative energy sources to replace electrical energy or fossil fuels. These pumps are easily handled and does not require specialized workmanship for their use or maintenance; in addition, they do not demand electric power nor emit polluting gases, and their maintenance and operational costs are relatively low (ABATE, 2000).

Hydraulic ram has been used extensively for nearly a century in rural areas to pump water to heights greater than 100 meters. It is the ideal machine for pumping at certain conditions because the system works with only the force of falling water directed by a pipe. The system is automatic and has an exceptional history of absence of problems (WATT, 1975).

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus Inconfidentes*, discente do curso superior de Engenharia Agrônômica. [gustavo.e.ykeda@gmail.com](mailto:gustavo.e.ykeda@gmail.com). Rua Rio de Janeiro, 37, Atibaia (SP), CEP: 12942-270.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus Inconfidentes*, professor EBTT. [fernando.barbosa@ifsuldeminas.edu.br](mailto:fernando.barbosa@ifsuldeminas.edu.br).

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus Inconfidentes*, professor EBTT. [miguel.toledo@ifsuldeminas.edu.br](mailto:miguel.toledo@ifsuldeminas.edu.br).

Hydraulic rams should be installed at lower levels than the water source, at least 1.0 m and preferably at the lowest possible altitude (AZEVEDO NETO et al., 1998). According to the description of Azevedo Neto et al. (1998), the water that reaches the hydraulic ram exits through an external valve until reaching a high speed, then, the valve suddenly closes, causing an overpressure in the interior of the pump, called water hammer, which makes pumping the water possible.

Water hammer is the effect of the abrupt interruption of a continuous water flow into a pipe resulting in an increase in pressure; this is observed by abruptly closing the water outlet of a hose (TIAGO FILHO, 2002). The overpressure can be high, causing rupture and damages when it is not controlled; hydraulic rams use this overpressure to pump water of a reservoir to a higher point (CARVALHO; OLIVEIRA, 2008).

The ram prototype was developed considering that after an abrupt interruption of the water there is a potential energy generated within the hydraulic ram, and this energy causes the water to be pushed to an upper height (CARVALHO; OLIVEIRA, 2008), but there is a loss of energy during this process, because some of this energy is dissipated when the water that has suffered the blow meets the water that enters the system. Therefore, the inclusion of a physical barrier, such as a horizontal retainer in the lower tee fitting of the hydraulic ram, could minimize the dissipation of this energy.

In this context, the objective of this work was to evaluate the efficiency gain of a PVC hydraulic ram prototype through the addition of a retaining valve at its inlet and compare it to a conventional PVC hydraulic ram, considering this addition would increase the pumping height, and the constructive material would resist the internal pressure increase, increasing cost/benefit ratio.

## Material and methods

The study was conducted at the Farm School of the Federal Institute of Education, Science and Technology of South of Minas Gerais, Inconfidentes campus, Minas Gerais, Brazil. The water source was a reservoir built near the nursery of that institution (22°18'42.05"S, 46°20'1.63"W). The topography of the study site was analyzed to measure the height at which the hydraulic rams were installed, reaching a maximum height of 5 meters.

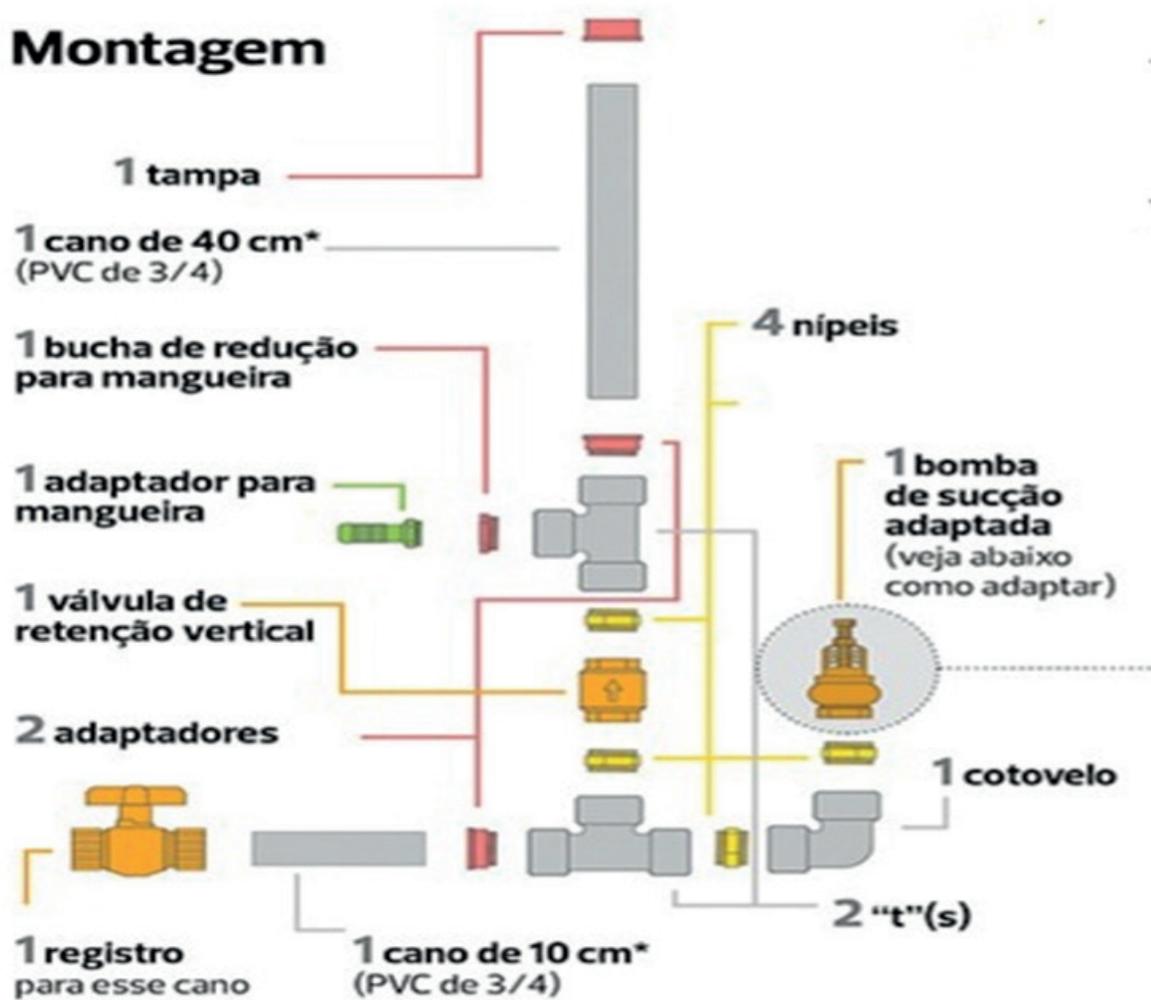
The experiment was conducted in a randomized block experimental design, using a 2×4 factorial arrangement, consisting of 2 pumping systems (PVC hydraulic ram prototype with additional valve and conventional PVC hydraulic ram without additional valve) and 4 pumping heights (8.0 m, 9.0 m, 10.0 m and 11.0 m), with 4 replications (TABLE 2). The available flow rate at the site was 0.7 L s<sup>-1</sup> and the ram operating time was 8 hours a day.

The variables evaluated were: water pressure at the inlet of the system with the ram in operation (mca); water pressure at the output of the system in operation (mca); water flow (liters per hour); number of beats (beats per minute) and economic yield (EY).

The economic yield (EY) was calculated using the equation  $EY = \text{amount pumped (L day}^{-1}) / \text{hydraulic ram cost (Brazilian Real - R\$)}$ , considering R\$ 110.00 for the conventional ram and R\$ 163.00 for the ram prototype.

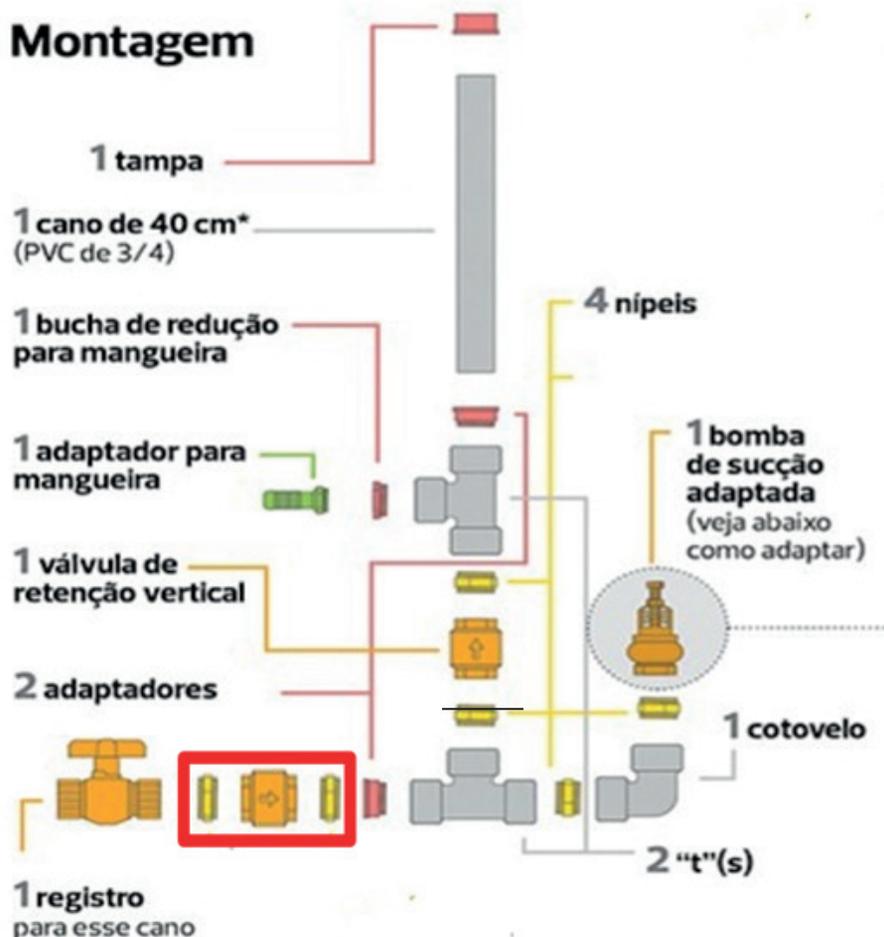
The assembly of the hydraulic ram followed the model presented in the Globo Rural magazine of May 14, 2015 (FIGURE 1).

Figure 1. Assembly scheme of the parts for the conventional PVC hydraulic ram.



Source: Adapted from Globo Rural (2015).

The same parts were used for the PVC hydraulic ram prototype; however, two 3/4-inch nipples and one 3/4-inch vertical retainer were added (FIGURE 2).

**Figure 2.** Assembly scheme of the parts for the PVC hydraulic ram prototype.

**Source:** Adapted from Globo Rural (2015).

An adapter for the pressure manometer was developed to measure the water pressure using 1 tee fitting with 2 hose connectors with diameter of 1 inch; 1 tee fitting of 1/2 inch; 1 female output adapter of 1 inch and another of 1/2 inch; 1 adapter of 1 inch, and another of 1/2 inch; approximately 5 cm of a PVC tube of 1 inch, and another of 1/2 inch; 1 cap of 1 inch, and another of 1/2-inch; and 1 tire inner tube valve. Pressure was measured using a tire pressure measurer (FIGURE 4).

An adapter for the pressure manometer of 1 inch was developed to measure the pressure at the hydraulic ram inlet as well as an adapter for the manometer of 1/2 inch to measure the pressure at the outlet. A filter was developed using a wooden box and the suction hoses were attached to it. 2 jute sacks were used as a filter to trap physical impurities and filter the water.

The water suction of each hydraulic ram was performed through 25 meters of 1-inch polyethylene hose. The water outlet of each hydraulic ram consisted of 20 meters polyethylene hoses of 1/2 inch. A hydrometer (Unimag - Monojato Class B) with nominal diameter of 1/2 inch – 3/4 inch was installed at each ram outlet to measure the pumped water volume during the study period. The hoses were adjusted to the desired heights using a meter graduated rope fixed in the suspension support of the ram.

The rams were kept at a fixed suction height of 5.0 m for evaluation, varying the vertical fall up to 11 meters (TABLE 1).

**Table 1.** Pumping heights evaluated.

Suction height	Vertical fall height
5.0 m	8.0 m
	9.0 m
	10.0 m
	11.0 m

**Source:** Elaborated by the authors (2017).

The heights were evaluated according to Table 2; each replication corresponded to one day of evaluation. The operating and evaluation times were approximately 8 hours a day (8h to 16h).

**Table 2.** Distribution of the replications/blocks of the experiment.

Replication	Height			
	8.0 m	9.0 m	10.0 m	11.0 m
1	01/19/2017	01/23/2017	01/27/2017	01/31/2017
2	01/20/2017	01/24/2017	01/28/2017	02/01/2017
3	01/21/2017	01/25/2017	01/29/2017	02/02/2017
4	01/22/2017	01/26/2017	01/30/2017	02/03/2017

**Source:** Elaborated by the authors (2017).

The results were subjected to analysis of variance by the F test, and significant means were compared by the Scott-Knott test at 5 % significance level, using SISVAR program (FERREIRA, 2014).

## Results and discussion

Table 3 shows the analysis of variance of the factors related to pressure and volume evaluated.

**Table 3.** Analysis of variance of the water pressure with the ram in operation (WPR) in mca; water pressure at the ram outlet (WPO) in mca; pumped water flow (PWF) in L h<sup>-1</sup>; number of beats per minute (NBM), in beats min<sup>-1</sup>; economic yield (EY), in L day<sup>-1</sup> R\$<sup>-1</sup>.

Source of variation	WPR	WPO	PWF	NBM	EY
Block	0.641 <sup>ns</sup>	2.326 <sup>ns</sup>	0.469 <sup>ns</sup>	1.130 <sup>ns</sup>	0.324 <sup>ns</sup>
Height (H)	14.829**	39.509**	22.419**	13.373**	16.897**
Treatment (T)	4.841*	53.182**	0.005 <sup>ns</sup>	3.225 <sup>ns</sup>	33.533**
H × T	1.668 <sup>ns</sup>	0.0031*	3.330*	2.750 <sup>ns</sup>	1.883 <sup>ns</sup>
CV (%)	6.28	4.46	16.97	5.25	18.77
Overall mean	13.957	15.987	95.064	43.135	0.723

\* = significant at 5%; \*\* = significant at 1%; ns = not significant

**Source:** Elaborated by the authors (2017).

The water pressure with the ram in operation (WPR) was significantly affected by the heights ( $p < 0.01$ ) and treatments ( $p < 0.05$ ) (TABLE 3). The heights of 10 and 11 meters presented higher pressures (TABLE 4), as expected, since higher pressures are required to pump water to higher heights. The conventional ram presented a higher outlet pressure than the prototype ram (TABLE 5 and FIGURE 3). The WPR of the ram prototype was lower, as expected, since the horizontal retention valve retained part of the pressure, causing a localized pressure loss.

**Table 4.** Mean water pressure at the inlet of the ram in operation (WPR) for the 4 pumping heights evaluated, in mca.

Treatments	Means
8.0 m	13.17 b
9.0 m	12.78 b
10.0 m	14.51 a
11.0 m	15.36 a

Means followed by the same letters in the column do not differ by the Scott-Knott test ( $p < 0.05$ ).

**Source:** Elaborated by the authors (2017).

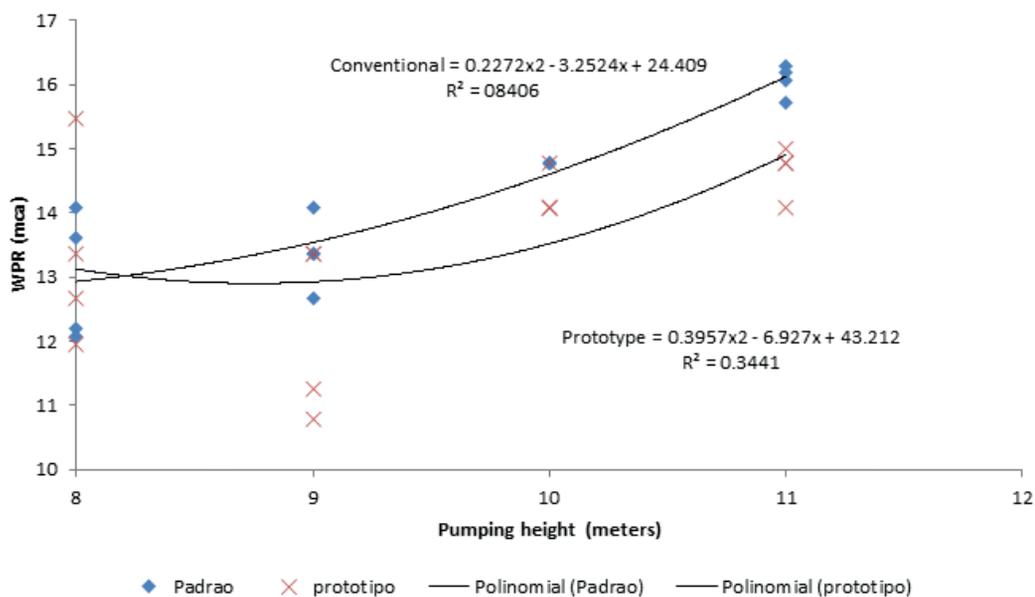
**Table 5.** Water pressure at the inlet of the ram in operation (WPR) for the conventional ram and for the prototype ram, in mca.

Treatment	Mean
Prototype	13.61 b
Conventional	14.29 a

Means followed by the same letters in the column do not differ by the Scott-Knott test ( $p < 0.05$ ).

**Source:** Elaborated by the authors (2017).

**Figure 3.** Water pressure at the inlet of the ram in operation (WPR) as a function of the pumping height for the conventional and prototype rams.



**Source:** Elaborated by the authors (2017).

Water pressure at the ram outlet (WPO) was significantly affected by the heights and treatments ( $p < 0.01$ ) and by the interaction between height and treatment ( $p < 0.05$ ) (TABLE 3). The conventional ram presented better results for almost all heights evaluated, it was not significantly different from the prototype ram only at the height of 8 meters (TABLE 6, FIGURE 4). The output pressure of the prototype ram was expected to be higher, with the horizontal retention valve redirecting the water hammer pressure at the inlet to the outlet of the ram, but it was not found in the experiment.

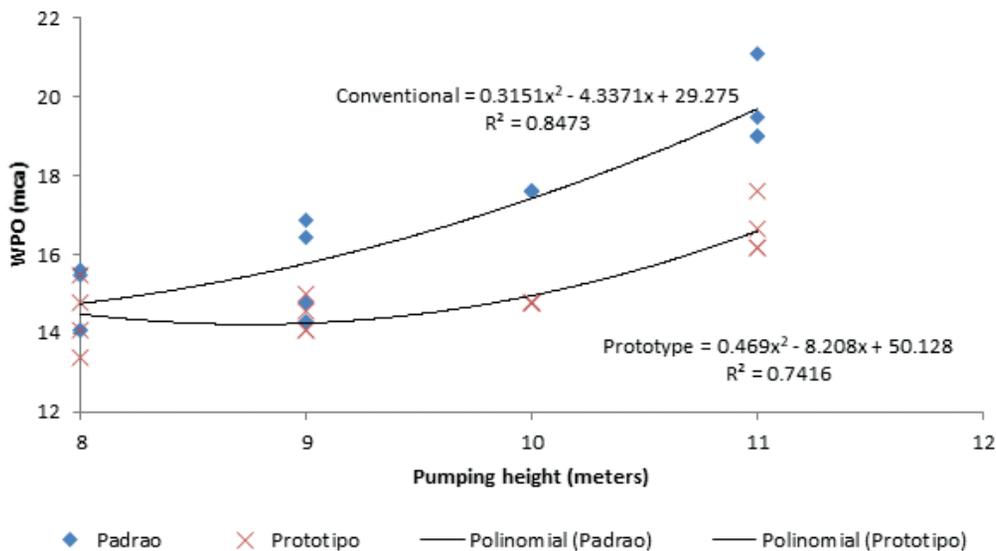
**Table 6.** Mean data of the interaction between height and treatment for the pumping pressure at the outlet of the rams (WPO), in mca.

Treatment	8.0 m	9.0 m	10.0 m	11.0 m
Prototype	14.422708 Ba	14.422705 Bb	14.774480 Bb	16.650603 Ab
Conventional	14.803793 Ca	15.595285 Ca	17.588670 Ba	19.640678 Aa

Means followed by the same uppercase letter in the row and lowercase letter in the column do not differ by the Scott-Knott test ( $p < 0.05$ )

**Source:** Elaborated by the authors (2017).

**Figure 4.** Pumping pressure at the outlet of the ram (WPO) as a function of the pumping height for the conventional and prototype rams.



**Source:** Elaborated by the authors (2017).

The pumped water flow (PWF) was significantly affected by the heights ( $p < 0.01$ ) and by the interaction between height and treatment ( $p < 0.05$ ) (TABLE 3). The ram prototype had higher flow when using the height of 9 meters (TABLE 7). The beat frequency of the ram is directly related to its pumping performance, however, the beat frequencies of one ram may not be ideal for the other. This explains the best performance of the ram prototype at height of 9.0 meters height, indicating the beating frequency of  $44 \text{ b min}^{-1}$  (TABLE 8) may be favored over the conventional ram. Nevertheless, the ram prototype may have worked under unfavorable conditions in the other heights. Therefore, further studies should be carried out to find the best beat frequencies of each ram and evaluate them at their maximum efficiency, instead of evaluating them with similar beat frequencies, which was the aim of this study.

The pumped volume (TABLE 7) was lower than that found by Cararo et al. (2007), who found pumping volume of 115.2 L h<sup>-1</sup> to 481.2 L h<sup>-1</sup> with a vertical fall of 10 m; however, the suction pipe used by them was a galvanized steel pipe of 50 mm at 4.37 meters height. Abate and Botrel (2000) found higher pumping yields when using steel pipe at the height of 4.7 meters. Polyethylene suction pipes were used in the present study; thus, a lower pumped volume was expected.

A more pronounced decrease in the flow of the ram prototype was found with increasing pumping height (FIGURE 5).

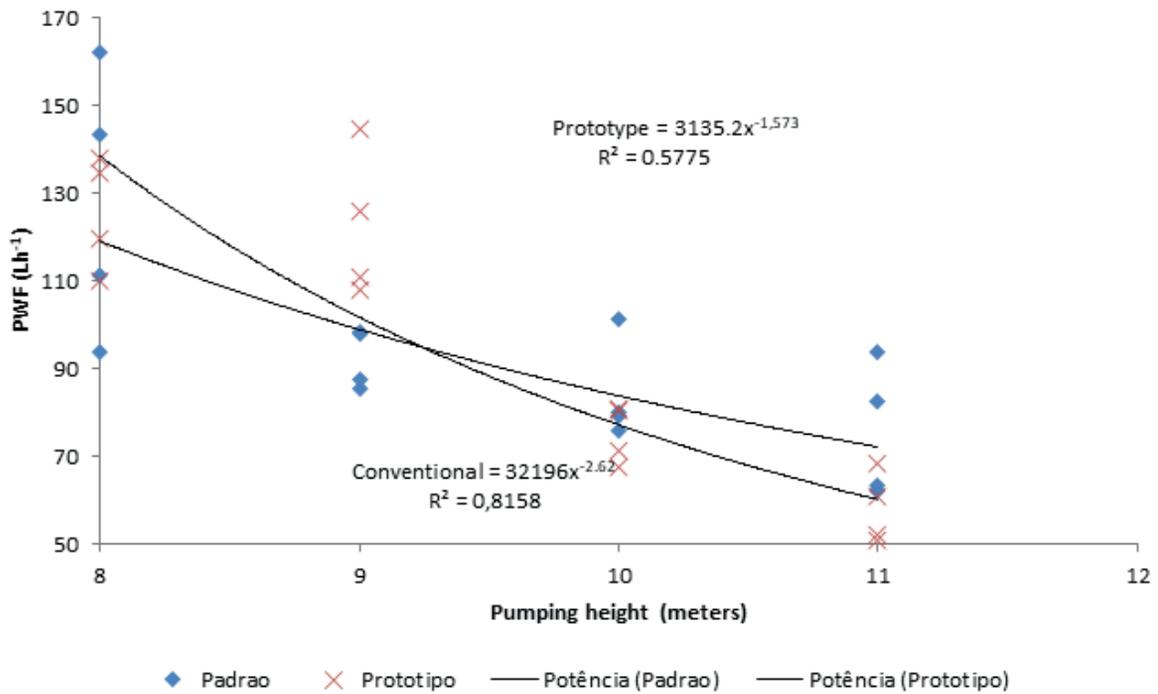
**Table 7.** Interaction between height and treatment for pumped water flow (PWF), in L h<sup>-1</sup>.

Treatment	8.0 m	9.0 m	10.0 m	11.0 m
Prototype	125.59Aa	122.39 Aa	75.02 Ba	58.02 Ba
Conventional	127.623 Aa	92.25 Bb	84.13 Ba	75.46 Ba

Means followed by the same uppercase letter in the row and lowercase letter in the column do not differ by the Scott-Knott test ( $p < 0.05$ )

Source: Elaborated by the authors (2017).

**Figure 5.** Pumped water flow (PWF) as a function of the pumping height for the conventional and prototype rams.



Source: Elaborated by the authors (2017).

The number of beats per minute (NBM) was significantly affected ( $p < 0.01$ ) by the height (TABLE 3). The higher flow rate found by Cararo et al. (2007) may have been affected not only by the galvanized steel pipe, but by the NBM, since their rams were set to a beat frequency, in general, above 60 beats min<sup>-1</sup>, which may also have affected their efficiency.

**Table 8.** Mean number of beats per minute for the 4 pumping heights evaluated, in beats min<sup>-1</sup>.

Treatment	Means
8.0 m	45.87 a
9.0 m	44.87 a
10.0 m	39.29 c
11.0 m	42.50 b

Means followed by the same letters in the column do not differ by the Scott-Knott test ( $p < 0.05$ ).

**Source:** Elaborated by the authors (2017).

The economic yield (EY) was significantly affected by the heights and treatments ( $p < 0.01$ ), but not by the interaction between them (TABLE 3). EY was higher at the height of 8 meters for both rams, mainly because of the higher pumped water volumes at that height (TABLE 9; FIGURE 6). The prototype ram had higher production cost due to the additional valve and presented lower pumping efficiency, resulting in an unfavorable cost/benefit ratio when compared to the conventional ram (TABLE 10).

**Table 9.** Economic yield (ER) for the 4 pumping heights evaluated, in L day<sup>-1</sup> R\$<sup>-1</sup>.

Treatment	Mean
8	0.965354 a
9	0.794751 b
10	0.612591 c
11	0.521010 c

Means followed by the same letters in the column do not differ by the Scott-Knott test ( $p < 0.05$ ).

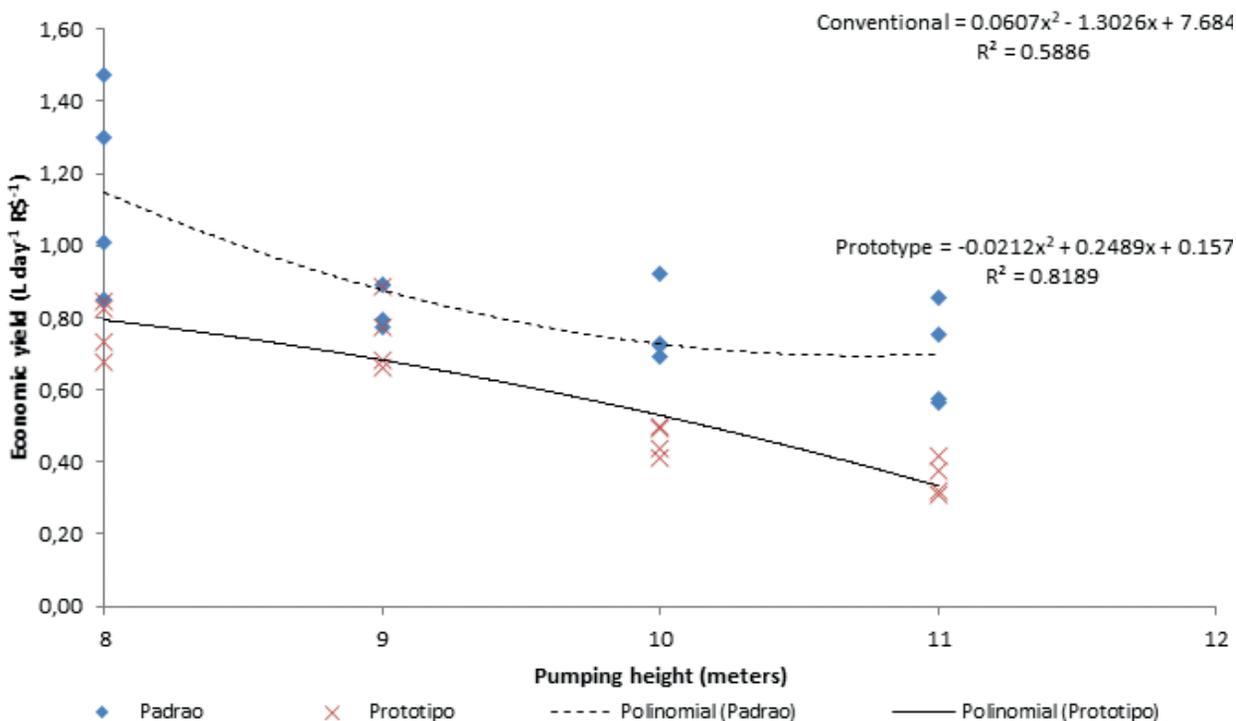
**Source:** Elaborated by the authors (2017).

**Table 10.** Economic yield (EY) for the conventional ram and prototype ram, in L day<sup>-1</sup> R\$<sup>-1</sup>.

Treatment	Mean
Prototype	0.584401 b
Conventional	0.862452 a

Means followed by the same letters in the column do not differ by the Scott-Knott test ( $p < 0.05$ ).

**Source:** Elaborated by the authors (2017).

**Figure 6.** Economic yield ( $\text{L day}^{-1} \text{R}\$^{-1}$ ) as a function of the pumping height for the conventional and prototype rams.

Source: Elaborated by the authors (2017).

## Conclusion

Considering the evaluated conditions, the inclusion of a retention valve in the ram prototype does not increase yield in pumping height, and there is no increase in internal pressure or variations in the operation leading to the occurrence of mechanical problems or leaks in the ram.

The increase of approximately R\$ 53.00 for the assembly of the prototype ram did not improve the system's performance, decreasing the cost/benefit ratio for the conditions evaluated.

The setting in the number of beats per minute should be specific to each ram to reach the best performance. Thus, each ram should be set with specific adjustments to work within their maximum efficiency.

## Estudo do rendimento de bombeamento para um protótipo de carneiro hidráulico de PVC

### Resumo

Devido à dificuldade energética no meio rural e à necessidade de irrigação, mesmo em pequenas propriedades, tem aumentado o uso do carneiro hidráulico, o qual por meio do princípio do golpe de aríete bombeia água sem o uso de energia elétrica. Contudo, seu rendimento em função da altura bombeada não é tão eficiente. Por meio deste estudo, objetivou-se com a adição de uma

válvula retentora na entrada do carneiro ter um ganho de eficiência. A válvula tem a função de formar uma barreira física para a água que retorna, após seu golpe, com a válvula de sucção. O projeto foi desenvolvido com delineamento em blocos casualizados, com 4 blocos. Foram instalados 1 carneiro hidráulico de PVC (convencional) e 1 carneiro hidráulico com retentor que foram avaliados ao mesmo tempo. A altura de queda foi a mesma, variando 1 metro da altura bombeada a cada 4 dias. Foram realizadas 4 repetições para cada altura analisada e avaliou-se a vazão de saída por meio de hidrômetros, pressão de entrada e saída do sistema, vazão de entrada, volume de água perdida e número de batidas por minuto, sendo possível medir sua eficiência. O carneiro hidráulico com válvula apresentou um rendimento inferior na maioria das alturas estudadas, o bombeamento foi superior ao convencional somente aos 9 metros de altura, o que prejudica a relação custo-benefício.

**Palavras-chave:** Golpe de Aríete. Eficiência de bombeamento. Válvula de retenção. Choque de Aríete.

## References:

ABATE, C.; BOTREL, T. A. Avaliação do desempenho de um carneiro hidráulico com tubulação de alimentação em aço galvanizado e PVC. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 197-203. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sa/v59n1/8095.pdf> Acesso em: 12/04/2017

AZEVEDO NETO, J. M.; FERNANDEZ, M. F. y; ARAÚJO, R.; ITO, A. E. **Manual de hidráulica**. Capítulos A11 e A12. 8. ed. São Paulo. Ed.Edgard Blücher, 1998. p. 225-308p.

CARVALHO, J. A.; OLIVEIRA, L. F. C. de. In.: **Instalações de bombeamento para irrigação**. Lavras/MG: Editora UFLA, 2008. Capítulo 25, p. 347-362

CARARO, D. C.; DAMASCENO, F. A.; GRIFFANTE, G.; ALVARENGA, L. A. Características construtivas de um carneiro hidráulico com materiais alternativos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 349-354, 2007.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>. Acesso em: 12 abr. 2017.

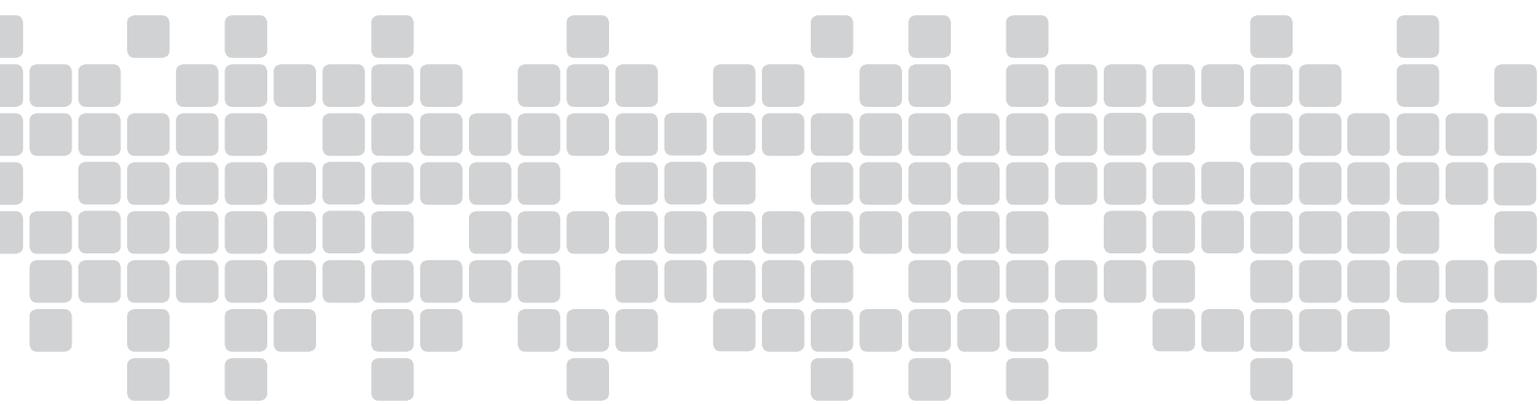
COMO fazer um carneiro hidráulico. **Revista Globo Rural**, Rio de Janeiro, p. 1, maio, 2015. Disponível em: <http://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/noticia/2015/05/como-fazer-o-carneiro-hidraulico.html>. Acesso em: 20 maio 2016.

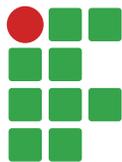
TIAGO FILHO, G. L. **Carneiro Hidráulico**: o que é e como produzi-lo. Itajubá: Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidro energéticos, 2002. 8p. Disponível em: <https://www.slideshare.net/CelsoFerreiradePaula/carneiro-hidraulico-56859971> Acesso em: 12 abr. 2017.

WATT, S. B. **A manual on the hydraulic ram for pumping water**. In: **Introdução** Londres: Intermediate technology. 1975. p. 6.

**Received:** August 27, 2017

**Accepted:** December 13, 2017





## Hypsometric models adjusted for a fragment of Sensu stricto Cerrado in Tocantins, Brazil

Igor Elói Silva Machado<sup>1</sup>

Paulo Cesar Alves de Oliveira Medeiros<sup>2</sup>

Marla Guedes Cordeiro Carvalho<sup>3</sup>

Claudia Alicia Marin Perez<sup>4</sup>

Thiago Franco Santana<sup>5</sup>

Valdir Carlos de Lima Andrade<sup>6</sup>

### Abstract

Hypsometric models are of great value in order to reduce forest inventory costs. The present work aimed to adjust and evaluate models of hypsometric relation at a Cerrado area in regenerative process, located in the municipality of Gurupi (TO). Ten models, including five linear and five non-linear, were tested. The adjustments were made through R software, for Windows. As criterion for the adjustment of models, the following statistical parameters were used: adjusted coefficient of determination ( $R^2_{aj}$ ), the residual standard error ( $s_{\hat{H}}$ ) and the graphical analysis of the residuals; then, the validation of the best adjusted models took place. The best adjustment statistics were for the non-linear models, with emphasis on Gompertz model (model 7),  $R^2_{aj}$ : 0,489 and  $s_{\hat{H}}$ : 17.58%. The models, in general, overestimated the height, reaching up to 40 % more than the real one. As a result, six models were referred for validation: two linear and four non-linear. The best model with prediction was the non-linear Prodan (model 10), which presented better statistical values and graphical variation. It is concluded non-linear models explained more satisfactorily the height-dependent variable.

**Keywords:** Tree height. Selection. Validation.

### Introduction

Due to the current overview of productive restructuring of capital, areas from the Cerrado biome have been the focus regarding investments for implementing agricultural frontiers (INOCÊNCIO, 2010). Therefore, it is of great importance this exploitation considers sustainability since, according to “Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE” (2004), the Cerrado biome occupies 23.9 % of Brazilian territory. In the state of Tocantins, this biome covers 63.2 % of the area (SEPLAN, 2012).

Therefore, in search of a forest exploitation based on sustainability, it is essential to learn about the characteristics of the area to be managed, which is achieved through an effective forest inventory.

1 Universidade Federal do Tocantins, mestrando em Ciências Florestais e Ambientais. [igeloi@hotmail.com](mailto:igeloi@hotmail.com).

2 Universidade Federal do Tocantins, mestrando em Ciências Florestais e Ambientais. [paulocesar\\_machado@hotmail.com](mailto:paulocesar_machado@hotmail.com).

3 Universidade Federal do Tocantins, mestrando em Ciências Florestais e Ambientais. [marla.guedes@hotmail.com](mailto:marla.guedes@hotmail.com).

4 Universidade Federal do Tocantins, mestrando em Ciências Florestais e Ambientais. [biologa.claudiamarin@gmail.com](mailto:biologa.claudiamarin@gmail.com).

5 Universidade Federal do Tocantins, mestrando em Ciências Florestais e Ambientais. [mariathiagofranco@gmail.com](mailto:mariathiagofranco@gmail.com).

6 Universidade Federal do Tocantins, professor do Curso de Engenharia Florestal. [vclandrade@uft.edu.br](mailto:vclandrade@uft.edu.br)

The forest inventory addresses the quantitative and qualitative definition of individuals in a given area, and the inventory purpose is specified accordingly to the use of the area, which may be forest reserve, wildlife conservation area, commercial reforestation, leisure area and others (RODRIGUES; RODRIGUES, 2012).

In the inventory, the tree diameter measurement is conducted in an uncomplicated and quick way. On the opposite, finding the tree height demands more time, besides the need of using specific instruments (hypsometers), which require some high financial investment. Some adverse situations, especially in native forests, present high density and difficult visualization of the crown and base of the tree (CRECHE, 1996; ANDRADE et al., 2006; SANQUETTA, 2013). As an option for that, there are the hypsometric models; they are able to estimate the height by correlating it with its diameter at breast height (DBH) (SOARES et al., 2006).

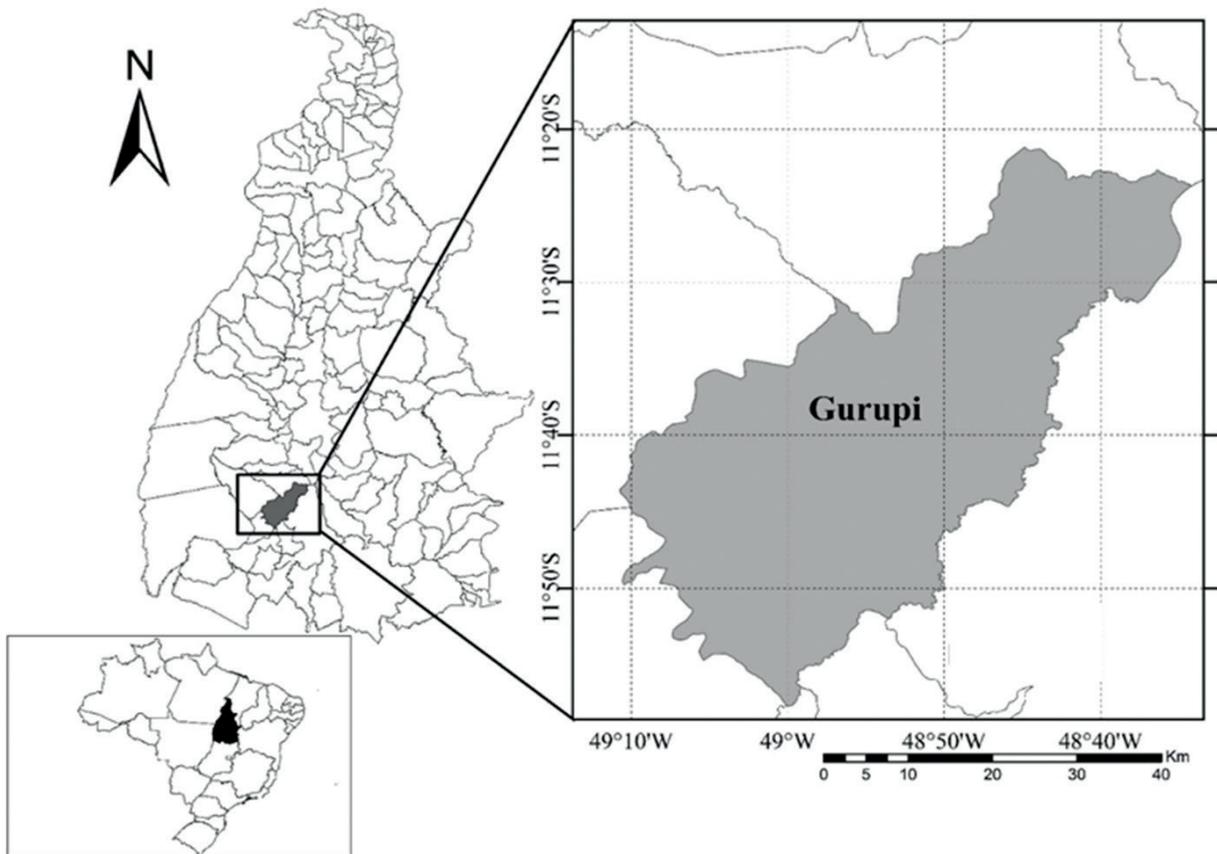
In order to reduce the costs of a forest inventory, hypsometric models need only a few trees to have their height measured in the plots, since statistical models process the data and calculate the measurements, resulting in the inventory. To estimate a dependent variable, for example, the total height of the trees, several regression models can be used (SCHNEIDER et al., 2009), and they can be both linear and non-linear. Neto (2012) describes linear models as those which their structure is in the additive form of the parameters. Non-linear models are those whose parameters are aggregated in a non-additive way and can be described as linearizable and non-linearizable (DRAPER; SMITH, 1981).

In this context, it is important to study hypsometric relations in native forests, mainly in Cerrado areas. Therefore, the objective of this study was to evaluate the fit of hypsometric models in an unequal forest stand, characterized as: fragment of Sensu stricto Cerrado in Tocantins.

## **Material and methods**

### **Area of study and data collection**

The study area is located in the southern state of Tocantins, in the municipality of Gurupi, Latitude 11° 43'45"S and Longitude 49° 04' 07" W (FIGURE 1). The climatic classification according to Köppen is Aw (tropical climate with dry season in winter) with annual rainfall around 1.400 mm. (SEPLAN, 2012).

**Figure 1.** Location of the study area.

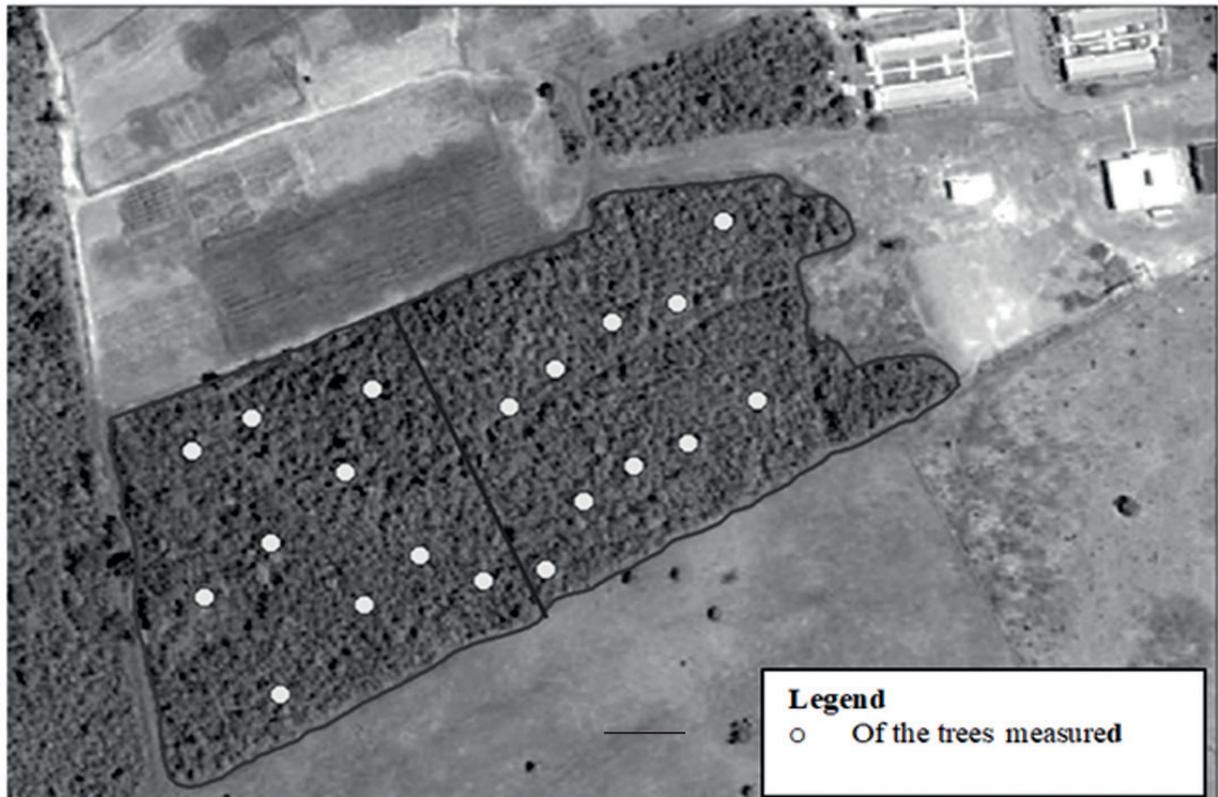
**Source:** Elaboration of the authors (2016).

The field survey was carried out in a fragment of Cerrado with approximately 7,0 hectares, consisting of vegetation in the process of regeneration in advanced stage. According to a historical survey of the area, it was concluded the site used to be pasture for livestock activity.

In order to collect data for total height and circumference at breast height (CBH), at a point with a radius of 15 meters, three trees were randomly selected and measured, totaling thirty trees to adjust hypsometric models; other thirty trees were used to validate the best fitted hypsometric models (FIGURE 2), thus evaluating the prediction of heights. The term prediction is used to designate the height obtained through an adjusted model in which the tree in question did not participate in its adjustment (BATISTA et al, 2001).

To measure the variables of diameter and height, it was used a metric tape for the CBH (later converted to diameter) and the Suunto hypsometer, respectively. The choice of Suunto hypsometer was due to it being an instrument widely used in the forest area (MAYRINCK et al., 2016; JESUS et al., 2012).

**Figure 2.** Distribution of points, at which three trees per point, randomly allocated in 7.0 ha of Cerrado, were measured.



Source: Elaboration of the authors (2016).

### Adjusted hypsometric models and evaluation criteria

For the hypsometric relation adjustments, the statistical models presented in Table 1 were used, which are commonly applied when expressing the hypsometric relation of trees in Brazil (VENDRUSCOLO et al., 2015; SENA et al., 2015; CURTO et al., 2013). These models, five linear and five non-linear, were adjusted using the software R for Windows, considering only the diameter as an independent variable.

**Table 1.** Adjusted hypsometric models evaluated for a Cerrado fragment in the southern of Tocantins state.

Nº	MODELS	DENOMINATION
	<b>LINEAR</b>	
1	$H = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2 + \varepsilon$	PARABOLIC
2	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 \ln(D) + \varepsilon$	STOFFEL
3	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{D}\right) + \varepsilon$	CURTIS
4	$H = \beta_0 + \beta_1 \ln(D) + \varepsilon$	HENRIKSEN
5		AZEVEDO

Nº	MODELS	DENOMINATION
<b>NON-LINEAR</b>		
6	$H = \beta_0(1 - \beta_1 \exp(-\beta_2 D)) + \varepsilon$	MONOMOLECULAR
7	$H = \beta_0 \exp$	GOMPERTZ
8	$H = \frac{\beta_0}{(1 + \beta_1 \exp(-\beta_2 D))} + \varepsilon$	LOGISTIC
9	$H = \beta_0(1 - \exp(-\beta_1 D^{\beta_2})) + \varepsilon$	WEIBULL
10	$H = \frac{D^2}{(\beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2)} + \varepsilon$	PRODAN

H = total height;  $\beta_i$  = regression parameters; D = diameter at breast height; Ln = neperian logarithm; Exp = exponential;  $\varepsilon$  = error.

**Source:** Elaboration of authors (2016).

Subsequently, after adjusting the ten hypsometric models, a preliminary evaluation was performed through the residue analysis and the statistics obtained through Equations 1, 2 and 3:

$$R^2_{aj} = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p}\right) \left(\frac{SS_{res}}{SSt}\right) \quad (1)$$

$$s_{H\hat{H}} = \sqrt{\frac{SS_{res}}{G_{res}}} \quad (2)$$

$$s_{H\hat{H}}\% = \left(\frac{s_{H\hat{H}}}{\bar{H}}\right) 100 \quad (3)$$

At which:

SSres = sum of squares of residuals, SSt = Sum of total squares, Gres = degrees of freedom of residuals,  $R^2_{aj}$  = adjusted coefficient of determination,  $s_{H\hat{H}}$  = residual standard error and  $\bar{H}$  = average of real heights. Others have already been defined.

In order to define the best hypsometric model, a weighted value of the statistical parameter (WV) scores was used to classify them according to the results of the adjustment statistics, with the lowest WV being the indicator of the best adjustment.

For predicting models, which were previously selected by the criteria described before, it was adopted: absolute error (AE); average of the deviations of the prediction error (ADP); Square root of average error (SRAE%) and coefficient of determination ( $R^2$ ), whose statistics were obtained by Equations 4, 5, 6 and 7:

$$AE = \sum |H - \hat{H}| \quad (4)$$

$$ADP = \left( \frac{H - \hat{H}}{\frac{H}{n}} \right) 100 \quad (5)$$

$$SRAE\% = \left( \sqrt{\frac{\sum(H - \hat{H})^2}{n}} \right) 100 \quad (6)$$

$$R^2 = 1 - \left( \frac{SSep}{SSt} \right) \quad (7)$$

At which:

H = predicted height

n = number of trees

SSep = sum of squares of prediction residues.

## Results and discussion

Table 2 presents the results for the estimation of the ten adjusted hypsometric relation models in the study area. It can be noticed the models had very similar behavior, with little variation in the  $R^2_{aj}$  and  $(s_{\hat{H}})$  statistics, the  $R^2_{aj}$  ranged from 0,362 (MODEL 5) to 0,489 (MODEL 7). For  $s_{\hat{H}}$ , the variation was between 17,58 % (MODEL 7) and 20,29 % (MODEL 3). These results of  $R^2_{aj}$  and  $s_{\hat{H}}\%$  can be considered satisfactory because it is a native forest of Cerrado, which presents high variation in the relation between height and diameter of the trees.

This implies low correlation between these two variables and, especially, non-elevated  $R^2_{aj}$  values, as well as lower results for the other statistics when compared to the adjustment of hypsometric models in planted forest (HESS et al. 2014). In similar studies on hypsometric relation for forest plantations, for example, Azevedo et al. (2011), working with four species (sete-casca – *Samanea tubulosa*; white ipê – *Tabebuia roseo alba*; purple ipê – *Handroanthus impetiginosus*; and yellow ipê – *Handroanthus albus*) native from the plateau (Plateau of Conquest) of Bahia State, found  $R^2_{aj}$  superior to 80 %.

Rufino et al. (2010), in his work with an eucalyptus settlement conducted by the regrowth system, obtained values of  $R^2_{aj}$  varying from 0.55 to 0.76 %. On the other hand, Hess et al. (2014) adjusted hypsometric relations models for Amazonian Forest species and obtained  $R^2_{aj}$  ranging from 0.17 to 0.97 and  $s_{\hat{H}}$  from 0.08 % to 13,2 %. Generally, the complexity of adjustment of hypsometric models in native forest is much higher than in plantations, especially in Cerrado areas (ANDRADE et al. 2015).

**Table 2.** Adjustment statistics of ten hypsometric models tested in native Cerrado forest

Models	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$s_{\hat{H}}\%$	$R^2_{aj}$	WV
1	5,882	0,246	-0,0018	17,88	0,470	10
2	1,5071	0,2617	-	17,76	0,459	8
3	2,347	-1,868	-	20,29	0,295	23
4	3,091	2,339	-	18,46	0,436	17
5	1,039	-2,018	-	19,30	0,362	17
6	-1,5663	0.7566	0,0632	17,90	0,451	20
7	18,5930	0,6845	0,0199	17,58	0,489	5
8	489,851	0,009	0,286	18,09	0,444	25
9	15,8434	0,9781	0,0386	17,87	0,471	15
10	14,6869	1,4350	0,0577	17,86	0,472	10

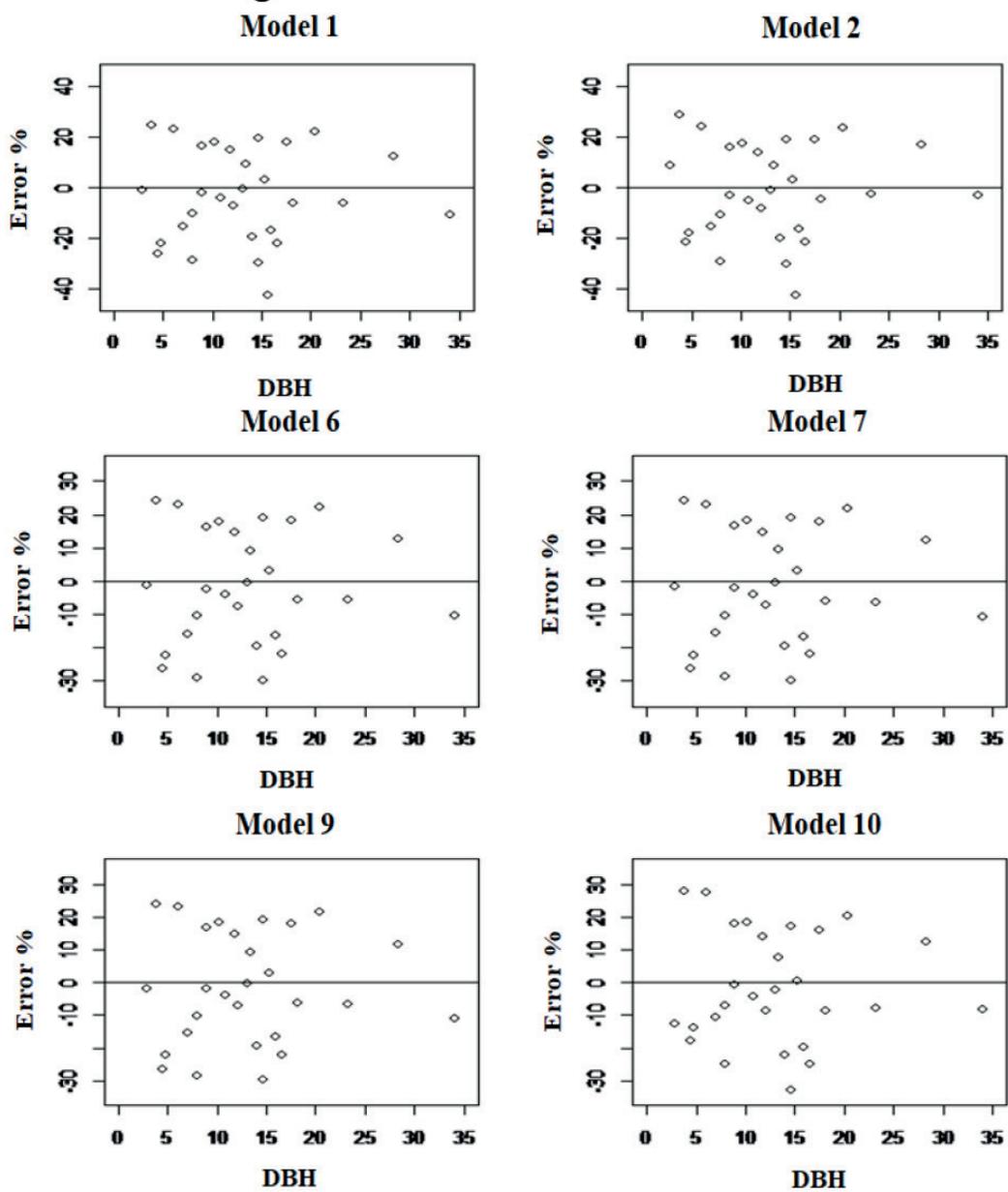
$\beta_0$ ,  $\beta_1$  and  $\beta_2$ : regression coefficients;  $s_{\hat{H}}$ : Standard Error of Percentage Estimation (%);  $R^2_{aj}$ : Adjusted Coefficient of Determination; WV: Weighted value of the Scores of the statistical parameters.

**Source:** Elaboration of authors (2016).

When compared to each other, the five non-linear models are very similar in quality adjustment. It was observed the non-linear models (TABLE 2), in general, had better results, highlighting model 7 with  $R^2_{aj}$  of 0,489 and  $s_{\hat{H}}$  of 17.5 %, which resulted in a lower WV value (5 points). The non-linear models are less sensitive to the peculiarities presented in native areas, since the height-diameter curve pattern is strongly linked by the biological characteristics, best represented by the Gompertz biomathematical model (MODEL 7). Therefore, regarding the adjusted models, the models 1, 2, 6, 7, 9 and 10 presented better performance, being the ones previously selected.

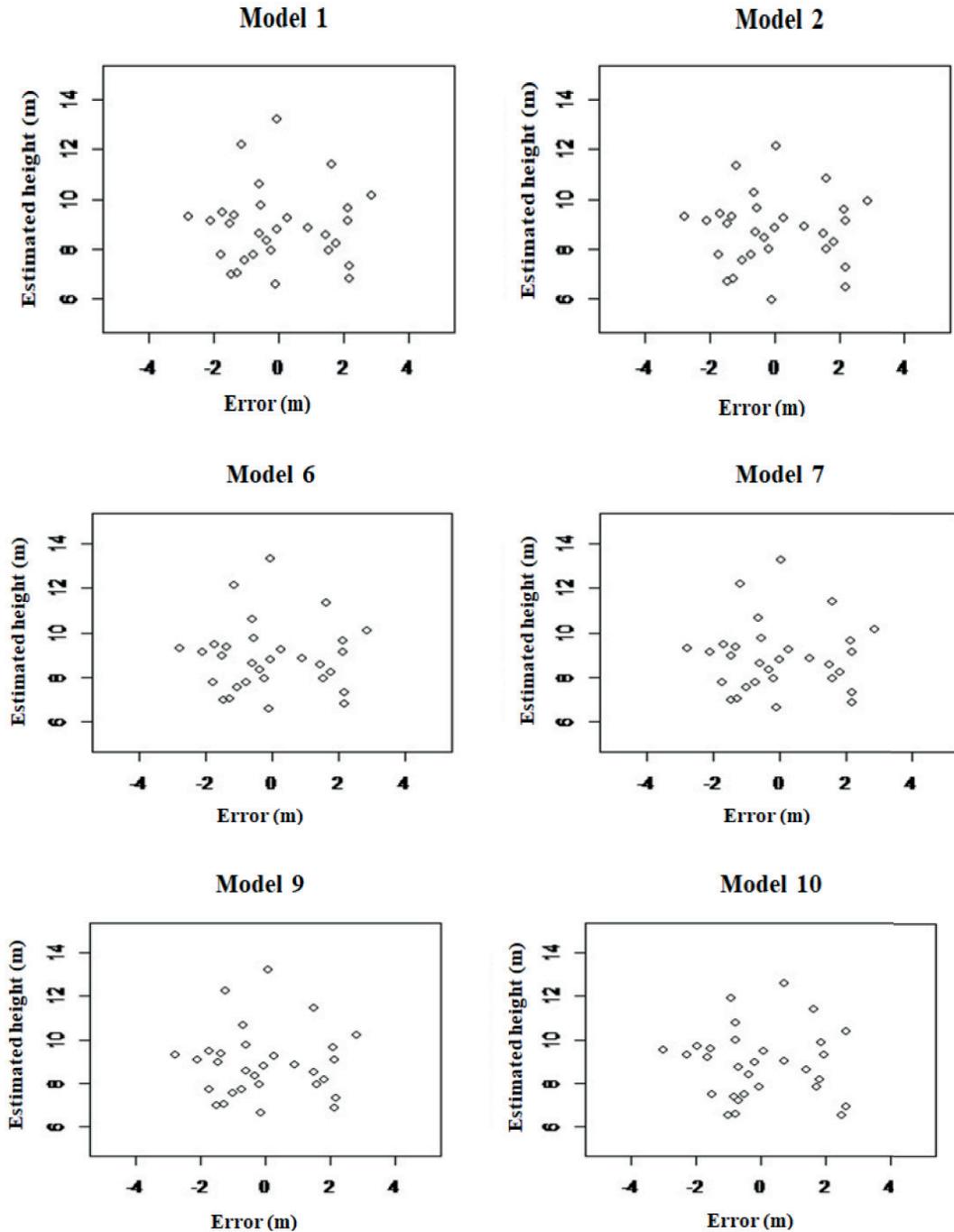
Figures 3 and 4 show the residual distribution graphics of the previously selected models. It can be observed the distributions presented similar behavior between models 1 and 2 (linear models), with residual values ranging from 30 to -40% and with the majority of points concentrated between 20 and -20 %. For models 6, 7, 9 and 10 (non-linear models), the values ranged from 25 to -30 %, with a very uniform distribution in this interval, proving to be superior to linear ones. In relation to the meter error is observed a variation of two meters, for more and for less, for all the models. Sena et al. (2015) recommended the Logistic and Gompertz models to establish a hypsometric relation, mainly due to better distribution of residuals.

**Figure 3.** Percent residuals in DBH function (cm) for six hypsometric previously selected models in a fragment of Cerrado in Tocantins.



Source: Elaborated by the authors (2016).

**Figure 4.** Distribution of residues in relation to the estimated height for six hypsometric models previously selected in a fragment of Cerrado in Tocantins.



**Source:** Elaborated by the authors (2016).

Table 3 presents the results for the statistics obtained in the prediction performed with the six previously selected models. Note that there was little variation in the statistical prediction criteria and models 2 and 10 obtained the best values, favoring model 10. In spite of a distribution of residues ranging from 20 % to -60 % among these models, in general, overestimating the height for both models (FIGURE 5), a better behavior was observed for model 10 even though it is not too expressive.

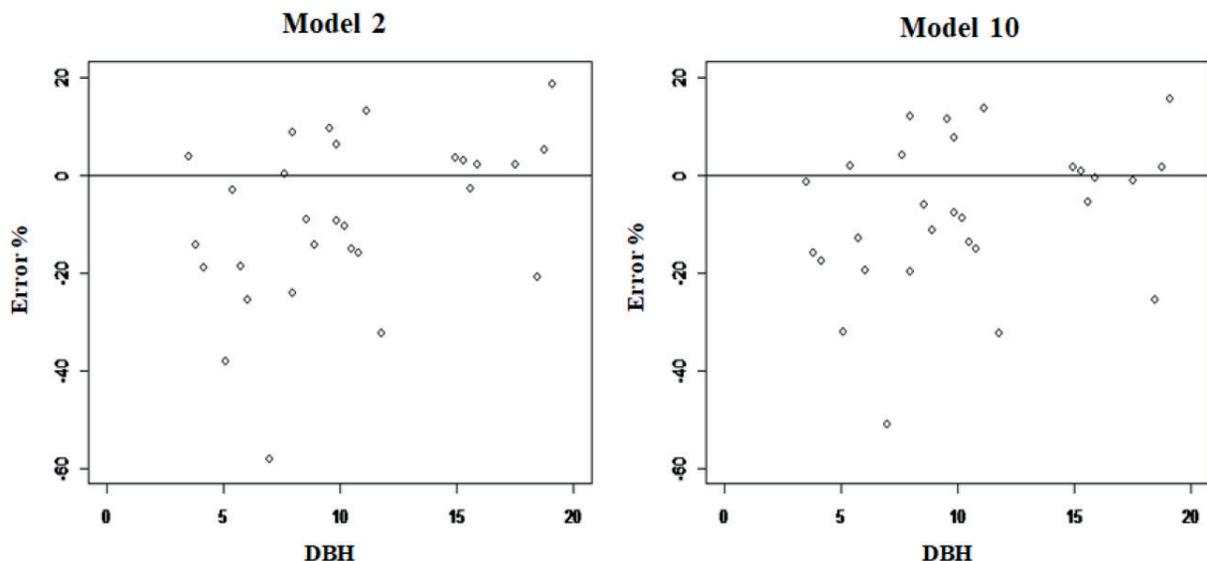
**Table 3.** Prediction for the models with the best results of  $R^2$ ,  $Syx\%$  and dispersion graphic

Model	AE	ADP%	SRAE%	$R^2$
1	32,376	-13,725	18,30	0,472
2	31,455	-12,676	17,69	0,507
6	32,576	-13,798	18,38	0,468
7	32,436	-13,757	18,33	0,471
9	32,376	-13,663	18,30	0,473
10	28,701	-11,553	16,45	0,574

AE: absolute error; ADP: the average of the deviations of the prediction error in percentage; SRAE%: square root of average error;  $R^2$ : coefficient determination.

**Source:** Elaborated by the authors (2016).

**Figure 5.** Percent residuals in DBH function (cm) for the hypsometric models 2 and 10 obtained from the trees height prediction for Cerrado fragment in Tocantins.



**Source:** Elaborated by the authors (2016).

Batista et al. (2001), evaluating the stability of hypsometric models, found linear and non-linear models in an area of native tropical forest, estimating the predictive height with  $R^2$  ranging from 0,28 to 0,36 and SRAE from 9,8 % to 80,9 %, with superiority of the non-linear models, concluding

the biological foundation for the models functional form is essential to present appropriate height estimates, a result consistent with the one presented in this paper.

However, it is important to infer, even if the linear models are simpler, non-linear models are recommended due to their ability to explain the trees height and diameter ratio, besides the possibility of biological interpretation of its parameters.

## Conclusion

The Statistical adjustment values of the models varied among themselves,  $R^2_{aj}$  0,362 to 0,489 and  $s_{HH}$ : 17,58 % to 20,29 %. Regarding the residual analysis, there was a tendency of the models to overestimate the height, reaching up to 40 %.

In general, the non-linear models explained better the dependent variable of height, when compared to the linear models, therefore they are best recommended for estimating heights in Cerrado forest areas.

The best hypsometric model was Prodan (non-linear) for obtaining better statistical values and graphical variation.

## Modelos hipsométricos ajustados para um fragmento de cerrado *Sensu stricto* tocantinense

### Resumo

Para uma redução dos custos de inventário florestal, os modelos hipsométricos são de grande valia. O presente trabalho teve como objetivo ajustar e avaliar modelos de relação hipsométrica em área de Cerrado em processo regenerativo situada no município de Gurupi (TO). Foram testados dez modelos, incluindo cinco lineares e cinco não lineares, no qual os ajustes foram realizados por meio do software R for Windows. Foram utilizados como critério de seleção do ajuste dos modelos os parâmetros estatísticos do coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), o erro padrão residual ( $s_{HH}$ ) e a análise gráfica dos resíduos e, em seguida, a validação dos melhores modelos ajustados. As melhores estatísticas de ajuste foram para os modelos não lineares, com destaque para o modelo de Gompertz (MODELO 7),  $R^2_{aj}$ : 0,489 e  $s_{HH}$ : 17,58%. Os modelos, em geral, superestimaram a altura, atingindo até 40 % a mais do que a altura das plantas reais. Diante disso, seis modelos foram para a validação, sendo dois lineares e quatro não lineares. O melhor modelo com a predição foi o Prodan não linear (modelo 10), que obteve melhores valores estatísticos e variação gráfica. Conclui-se que os modelos não lineares explicaram melhor a variável dependente altura.

**Palavras-chave:** Altura de árvores. Seleção. Validação.

### References

ANDRADE, V. C. L.; KROETZ, E. A.; NICOLA, A.; SOUZA, P. B.; NOHAMA, F. K.; LEITE, H. G.; BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. S. Amostragem e agrupamento de dados de relação hipsométrica em inventários florestais de Cerrado Tocantinense. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 83, p. 227-238, 2015. Disponível em: <<https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/683/430>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

ANDRADE, V. C. L.; MARTINS, S. V.; CALEGARIO, N.; CHICHORRO, J. F. Influência de três sistemas de amostragem na estimativa da relação hipsométrica e do volume de árvores em um fragmento de Mata Atlântica. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 31-37, 2006. Disponível em: <<https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr70/cap03.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

AZEVEDO, G. B.; SOUSA, G. T. O.; SILVA, H. F.; BARRETO, P. A. B.; NOVAES, A. B. Seleção de modelos hipsométricos para quatro espécies florestais nativas em plantio misto no planalto da conquista na Bahia. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 7, n.12, 2011. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/selecao%20de%20modelos.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z. do; MARQUESINI, M. Desempenho de modelos de relações hipsométricas: estudo de três tipos de floresta. **Scientia Forestalis**, n. 60, p.149- 163, 2001. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/51781023-Desempenho-de-modelos-de-relacoes-hipsometricas-estudo-em-tres-tipos-de-floresta.html>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

CURTO R. A.; SILVA G. F.; SOARES C. P. B.; MARTINS L. T.; DAVID H. C. Métodos de estimação de altura de árvores em floresta estacional semidecidual. **Floresta**, Curitiba-PR, v. 43, n. 1, p. 105-116, 2013. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/26791>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

CRECHE, E. H. **Efeitos da densidade da plantação sobre a produção, crescimento e sobrevivência de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em Misiones, Argentina**. 1996. 172 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 1996. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/25418>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

DRAPER, N. M.; SMITH, H. **Applied Regression Analysis**. 2. ed., New York, Wiley. 1981, 709 p.

HESS, A. F.; BRAZ, E. M.; THAINES, F.; MATTOS, P. P. Ajuste de relação hipsométrica para espécies da Floresta Amazônica. **Ambiência**, v. 10, n. 1 p. 21 – 29, 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/989738/ajuste-de-relacao-hipsometrica-para-especies-da-floresta-amazonica>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

INOCÊNCIO, M. E.; CALAÇA M. Estado e território no Brasil: reflexões a partir da agricultura no Cerrado. **Revista IDEAS**, v. 4, n. 2, p. 271-306, 2010. Disponível em: <<https://r1.ufrj.br/cpda/ideas/ojs/index.php/ideas/article/view/46>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Biomassas do Brasil**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

JESUS. C. M.; MIGUEL, E. P.; LEAL, F. A.; ENCINAS, J. I. Avaliação de diferentes hipsômetros para medição da altura total em um povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 291, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/16218>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

MAYRINCK, R. C.; OLIVEIRA, X. M.; SILVA, G. C. C.; VITOR, P. C. G.; FERRAZ FILHO, A. C. Avaliação de hipsômetros e operadores na mensuração de árvores de *Eucalyptus urograndis* de tamanhos diferentes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n. 5, p. 90-

94, 2016. Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3976>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

PONTES NETO, T. P. **Comparação de modelos lineares e não lineares em relações hipsométricas para clone de *Eucalyptus* spp. no polo gesseiro do Araripe-Pe.** Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Rural do Pernambuco, Departamento de Ciências Florestais, Recife, 2012. Disponível em: <[http://www.ppgcf.ufrpe.br/sites/www.ppgcf.ufrpe.br/files/documentos/tarcisio\\_pio\\_pontes\\_netto.pdf](http://www.ppgcf.ufrpe.br/sites/www.ppgcf.ufrpe.br/files/documentos/tarcisio_pio_pontes_netto.pdf)>. Acesso em: 26 nov. 2016.

RODRIGUES L. G. S. M.; RODRIGUES F. M. Inventário florestal de ambiente de Cerrado utilizando quatro técnicas de levantamento florestal. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 8, n. 15; p. 11-15, 2012. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/inventario%20florestal.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

RUFINO, R. F.; MIGUEL, E. P.; SANTOS, G. A.; SANTOS, T. E. B.; SOUZA, F. Ajuste de modelos hipsométricos para um povoamento de eucalipto conduzido sobre o sistema de rebrota. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 10, 2010. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010b/ajuste.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; ROGLIN, A.; PIMENTEL, A. Relações diâmetro-altura para espécies lenhosas em um fragmento de floresta Ombrófila Mista no Sul do Paraná. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 68, n. 1, p. 103-114, 2013. Disponível em: <<https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/42>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M de. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal.** Santa Maria: UFSM/CEPEF, 1998. 294p.

SENA, A. L. M.; SILVA NETO, A. J. da; OLIVEIRA, G. M. V.; CALEGARIO, N. Modelos lineares e não lineares com uso de covariantes para relação hipsométrica de duas espécies de pinus tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 969-980, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/20651>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

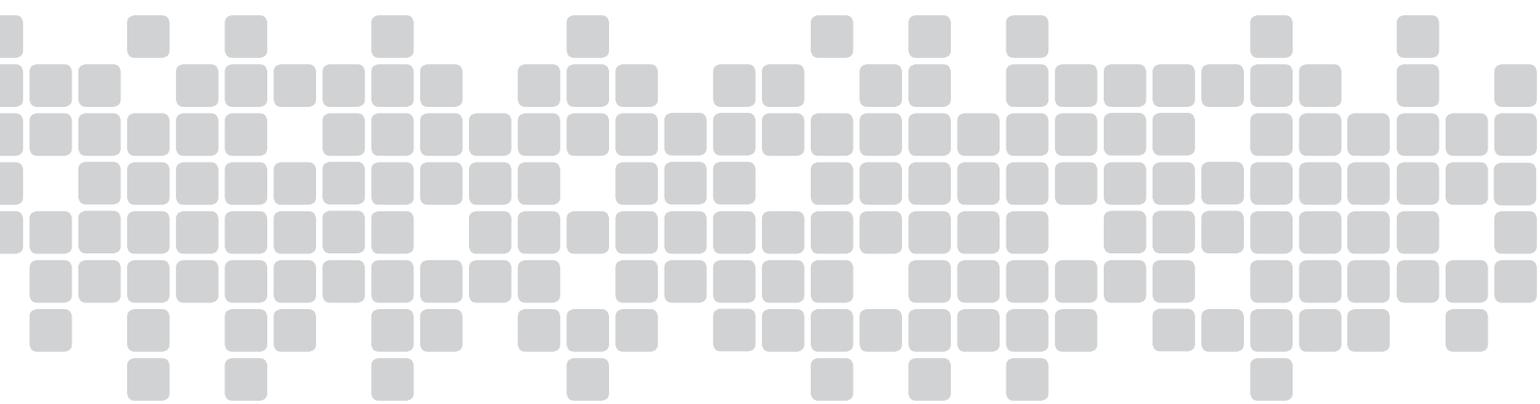
SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE (SEPLAN). **Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento à gestão territorial.** 6. ed. Palmas: 2012. p.18-21. Disponível em: <<http://www.sefaz.to.gov.br/zona-mento/atlas-do-tocantins/>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

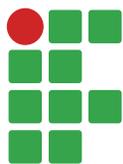
SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F. de; SOUZA, A. L. de. **Dendrometria e inventário florestal.** 2. ed. Viçosa: UFV, 2011. 272 p.

VENDRUSCOLO, D. G. S.; DRESCHER, R.; SOUZA, H. S.; MOURA, J. P. V. M.; MAMORÉ, F. M. D.; SIQUEIRA, T. A. S. Estimativa da altura de eucalipto por meio de regressão não linear e redes neurais artificiais. **Revista Brasileira Biomass**, São Paulo, v.33, n.4, p.556-569, 2015. Disponível em: <[http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v33/v33\\_n4/A9\\_DiogoRonaldo.pdf](http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v33/v33_n4/A9_DiogoRonaldo.pdf)>. Acesso em: 24 nov. 2016.

**Received:** February 23, 2017

**Accepted:** December 26, 2017





# Phenology of Arboreal Species for recovering degraded areas in the municipality of Machado, MG

Danilo Oliveira de Castro Lima<sup>1</sup>

Walnir Gomes Ferreira Júnior<sup>2</sup>

Wander Duarte Cruz Júnior<sup>3</sup>

## Abstract

It is known that one of the characteristics of semideciduous forests is the evident double seasonality of a climate with well-defined seasons: one of intense summer rains, and the other a dry one. The climate defines flowering and reproduction strategies for the plants. This work aimed to collect behavioral data of ten individuals, from six different species (*Euterpe edulis* Mart., *Vernonanthura divaricate* (Spreng.) H. Rob., *Manihot pilosa* Pohl, *Anadenanthera peregrine* Speg., *Piptadenia gonoacantha* JF Macbr and *Miconia chartacea* Triana) and one from *Platycyamus regnellii* Benth plant. Their behaviors were observed over a period spanning both seasons; the seasonality of phenophase reproductive phases of the individuals in question was tested. In order to achieve our goal, monthly observations of the phenophase stages experienced by each individual were carried out, then they were correlated to climatic variables. The data was processed by circular statistical analysis in order to verify the reproductive seasonality; furthermore, correlation test was conducted to determine the climatic index of greater evidence. The results presented a relation for precipitation/temperature and the reproductive phase of the species. Non-seasonality for the diaspores production may be a reflection of the climatic abnormality experienced in the period. The dry season is the best time to collect the investigated species.

**Keywords:** Atlantic forest. Reproductive biology. Phenophases. Forest seeds. Circular statistics.

## Introduction

Livestock and coffee cultivation stimulated deforestation in Minas Gerais, causing a decrease in native vegetation cover (DEAN, 1996). Machado's coffee cycles and economic processes is highlighted mainly by the agricultural aptitude mentioned by Moura et al. (2007).

There are several methods based on different plant acquisition strategies for recovering those areas. The ecological restoration of an environment has the current objective of reducing the costs of recovering (GANDOLFI; MARTINS; RODRIGUES, 2006). The natural regeneration of vegetation is the most economical procedure to recover degraded areas and consists of reducing the degenerative pressure on the environment, favoring ecological succession. According to Botelho and Davide (2002), the conduction of natural regeneration by requiring less labor and inputs can significantly reduce the cost of forest implantation.

1 Engenheiro agrônomo, mestre em botânica. [danilo.ocl@hotmail.com](mailto:danilo.ocl@hotmail.com)

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), docente. [walnir.ferreira@ifsuldeminas.edu.br](mailto:walnir.ferreira@ifsuldeminas.edu.br)

3 IFSULDEMINAS, discente. [wander\\_juninho\\_srs@hotmail.com](mailto:wander_juninho_srs@hotmail.com)

One of the restoration strategies is the use of surrounding forest diaspores in the recovering area, for its acquisition costs are minimal and allow the vegetation process to accelerate (WUNDERLEE, 1997).

Rainforests exhibit a wide variety of phenological patterns (MORELLATO et al., 2000). Therefore, knowing the proper time of collecting diaspores means optimizing the workforce, what can represent a reduction in the costs of recomposition of degraded areas. These studies are of great importance for understanding the dynamics of forest ecosystems as well as being a good tool for understanding the factors that influence the reproduction and survival of plant species (MORELLATO et al., 2010); they may contribute providing information about resources distribution within the communities (TALORA; MORELLATO, 2000; PINTO et al., 2005).

Phenological cycles of tropical plants are complex, with irregular patterns (BENCKE; MORELLATO, 2002), especially in tropical environments where seasonality in precipitation is pronounced (RIVERA; BORCHERT, 2001). Marques, Roper and Salvalaggio (2004) point out that, in addition to climatic seasonality, the plants are likely to go through local environmental variations that also imply phenological patterns. Thus, the search for general patterns presents obstacles for the great variety of species with biological behavior and different evolutionary histories (WILLIAMS-LINERA; MEAVE, 2002).

In addition to providing bases for propagating material gathering when discussing the recomposition of degraded areas (TALORA; MORELLATO 2000; PINTO et al., 2005), studies on reproductive phenology of tree species in forest areas are necessary to provide parameters conservation and rational exploitation.

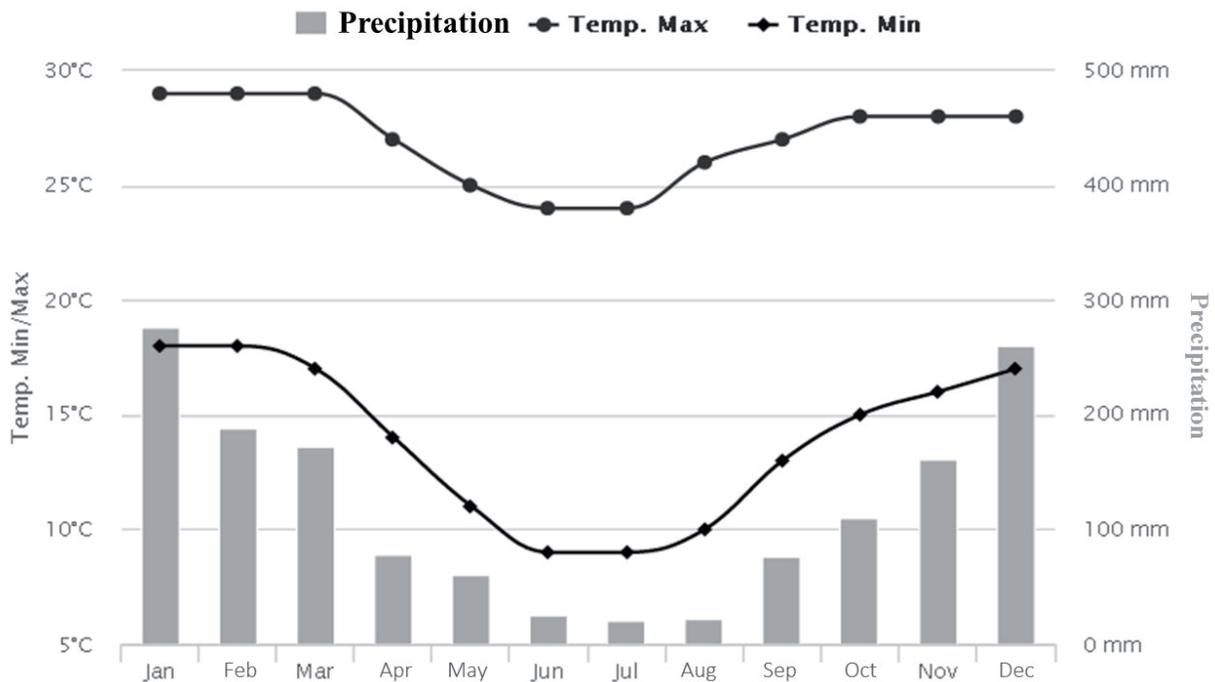
Due to the irregularity of the phenological patterns, the present study was carried out with the objective of analyzing seasonality in the production of flowers, fruits, leaf fall and sprouting in addition to correlating them with monthly rainfall rates during the study period, allowing determination (fruits and seeds) for the studied species, providing a basis for the elaboration of recovery plans for degraded areas.

## Material and methods

The studies were conducted in a remnant forest located at the campus of Federal Institute of Education, Science and Technology of South of Minas Gerais, Machado, MG (FIGURE 2). According to campus staff, the fragment has an area of about 7 ha currently, and it has been in the process of natural recovery for more than fifty years.

The region is part of the Semideciduous Seasonal Forest domain within the Atlantic Forest biome (IBGE, 2004). It presents itself ranging from strongly undulating to hilly relief (altitude between 835 m and 1,310 m). The geology presents itself homogeneously being inserted in the Varginha Complex that is constituted mainly by gneisses. Three classes of soils can be found there: Dystrophic Red Latosol, Dystrophic Red-Yellow Argisol and Eutrophic Red Argisol, according to RADAMBRASIL (URURAHY et al., 1983). The annual average temperature is 21.2 °C; maximum monthly average of 27 °C and minimum monthly average of 14.2 °C; the annual average rainfall is 1,824 mm, with dry and cold winters and hot and rainy summers (FIGURE 1) (MOURA et al., 2007).

**Figure 1.** Climogram of the municipality of Machado. Values represent monthly averages of climatological normal.



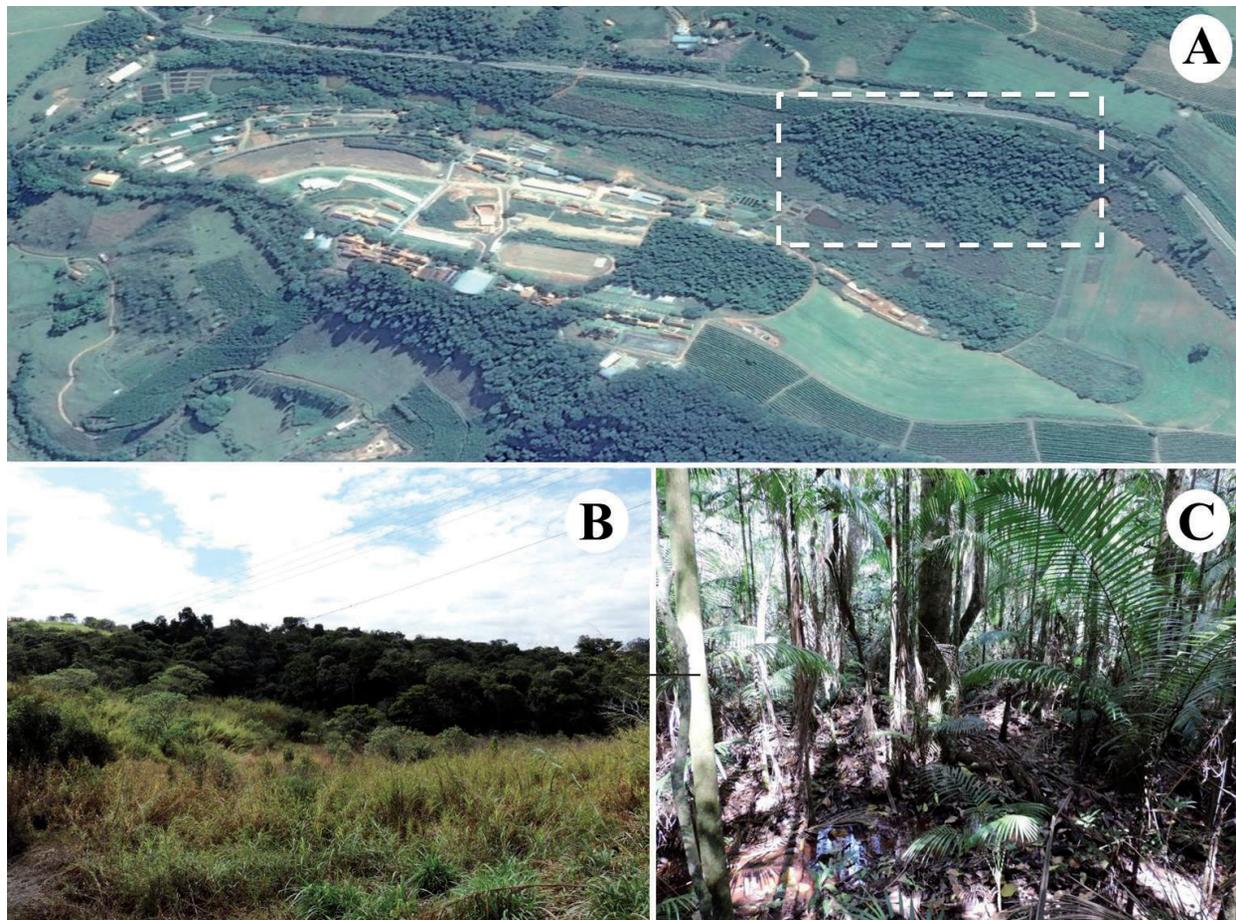
**Source:** Adapted from Climatempo (2017).

The remnant forest under discussion is the source of work on several ecological fronts. Some of these studies, such as that of Rezende (2015) and Marinho (2015), with phytosociological and floristic focus served as the basis for the choice of species and the number of specimens used to test the seasonality in the production of propagules. Hence, the value of importance of the species alongside a minimum common number of 10 plants of each species were the parameters which defined our choice.

Having this knowledge, we selected seven pioneer species as data source (TABLE 1). Six of these species were followed by 10 adult plants and 1 plant of *Platycyamus regnellii* Benth. (Pau-pereira), totaling 61 plants. The exception presented is due to the absence of other adult plants in the study area and to the appreciation and local importance given to the species.

The botanical families were recognized according to the Angiosperm Phylogeny Group IV system (APG, 2016). Sá et al. (2012) classified the dispersion syndrome of the species studied according to their study.

**Figure 2.** Different perspectives of the outcrop where the study was carried out. (A) Panoramic image of Machado campus, highlighting the forest where the work was developed. (B) View of the fragment at the edges of the access trail. (C) Photo inside the forest.



**Source:** Prepared by the authors (2017).

**Table 1.** Average circumference at chest height (CAP), mean height (Height) and dispersion syndrome (SD) of the species selected for the present study, in a fragment of the Semideciduous Seasonal Forest in Machado, Minas Gerais (acronyms in Portuguese).

FAMILY / Species	Regional popular name	CAP (cm)*	Height (m)
<b>ARECACEAE</b>			
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	palmito-jussara	50,5	7,0
<b>ASTERACEAE</b>			
<i>Vernonanthura divaricata</i> (Spreng.) H. Rob.	pau-fumo	98,1	10,0
<b>EUPHORBIACEAE</b>			
<i>Manihot pilosa</i> Pohl	mandioca-brava	20,6	4,0
<b>LEGUMINOSAE</b>			
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	angico-vermelho	95,1	10,9
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	pau-jacaré	96,6	9,6
<i>Platycamus regnellii</i> Benth.	pau-pereira	223,0	15,0

FAMILY / Species	Regional popular name	CAP (cm)*	Height (m)
<b>MELASTOMATACEAE</b>			
<i>Miconia chartacea</i> Triana	quaresmão	74,6	8,7

\* in centimeters.

**Source:** Prepared by the authors (2017).

Phenological observations were performed monthly with the help of binoculars, from September 2013 to August 2015. According to Campos (2007), the presence or absence of the phenophases was recorded: i) flowering (flower buds or flowers in anthesis), ii) fruiting (immature or mature fruits), iii) leaf fall, iv) budding (plants who presented themselves partially or totally with newer, smaller and more tender leaves of a lighter or reddish color). Fruiting was only considered when the fruits became visible due to the transition between flowering and fruiting being gradual.

Monthly flowering and fruiting frequencies were calculated by the number of species with flowers or fruits in each month. Therefore, the number of species with flowers or fruits in each month was divided by the sum of the numbers of species with flowers or fruits in each month. After that, the data was submitted to circular statistical analysis according to Talora and Morellato (2000) and the seasonality in the frequency distribution was tested as described by Morellato et al. (2000).

Climatic indexes were obtained from the online database of *Instituto Nacional de Meteorologia* (INMET), considering monthly averages from the period of observations collected by the meteorological station of the municipality of Machado. The highlighted variables were: Total Heat, Total Precipitation, Average Compensated Temperature.

In order to verify the existence of correlations between flowering and fruiting species frequencies and climatic variables (Total Shock, Total Precipitation, Mean Compensated Temperature), the Spearman correlation test (ZAR, 1999), software R version 3.2.2., was used.

## Results and discussion

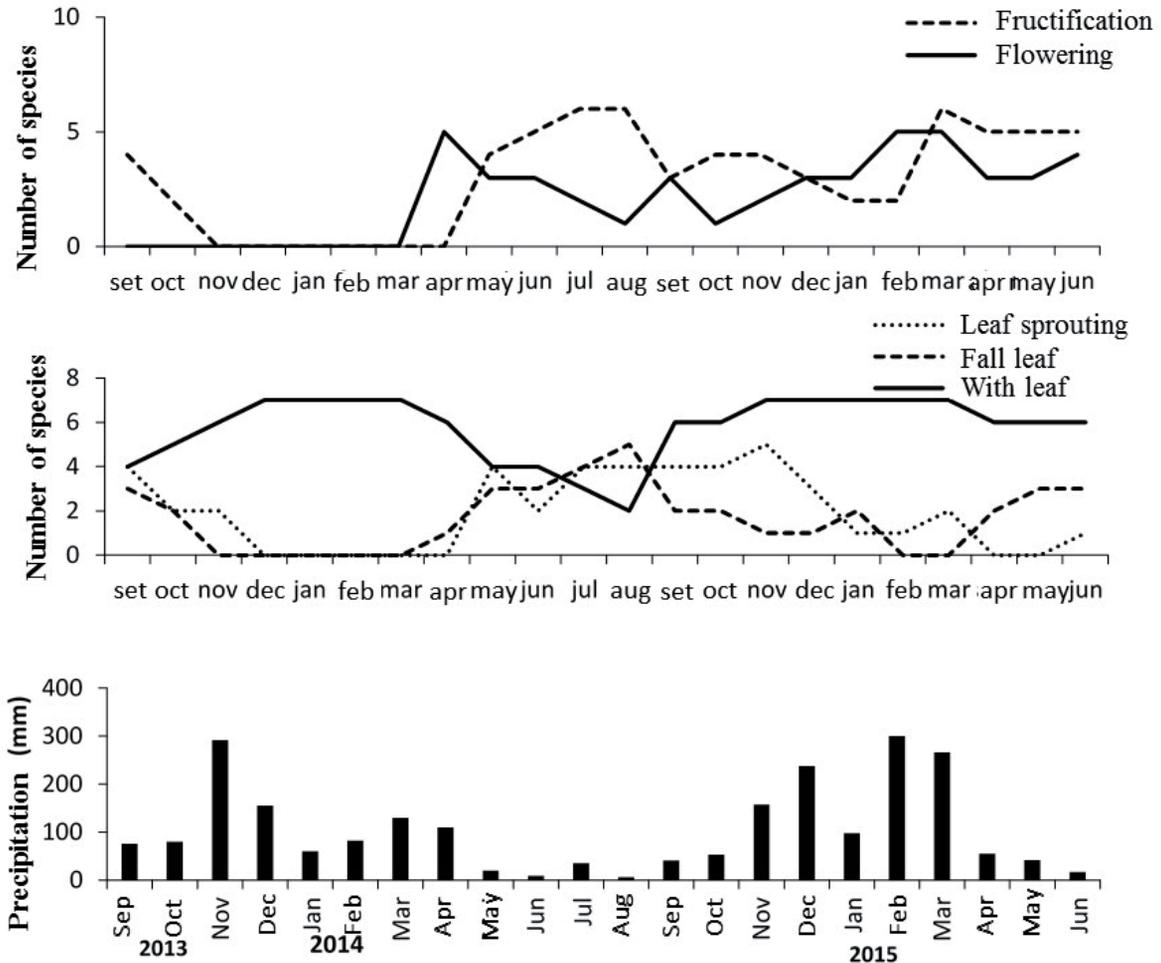
Figure 3 represents the phenological behavior of all species studied. In the first rainy season (end of 2013 and beginning of 2014), the vegetative behavior was predominant among the species.

The reproductive and budding phases and foliar fall ceased from September (2013) to March (2014), when blooming plants and leaf fall could be found.

From the month of May, it is observed the number of species in each phenophase alternated, reaching the peak of fruiting in July (2014) and August (2014) and of flowering in April (2014) and February and March (2015).

The leaf fall pattern was designed following the rainfall index of the study period and the foliar flow curve followed a slight delay in leaf fall.

**Figure 3.** Phenological behavior by number of species observed in the fragment of Semideciduous Seasonal Forest in Machado, Minas Gerais, and respective studied phenophases. Climogram of the municipality of Machado, with orderly precipitation according to the study period.



Source: Prepared by the authors (2017).

According to Bencke and Morellato (2002), the option of treating the data in a qualitative way, meaning showing the activity peaks of each phenophases, was based on the possibility of presenting feasible relationships in abiotic factors that determine or restrict the occurrence period of each phenophase.

From the representation in Figure 3, it is possible to verify such relation with an abiotic factor. The Spearman correlation test between the variables listed and the frequency of flowering or fruiting presented results that guarantee the influence of abiotic factors on reproductive phenophases, with the exception of Total Sunshine, which did not present significant value that indicated it as a determining factor in the manifestation of flowering or fruiting. The significance values obtained are shown in Table 2.

**Table 2.** Synthesis of data obtained through Spearman correlation analysis.

	<b>Total Insolation</b>	<b>Total Precipitation</b>	<b>Average temperature</b>
		rho	
Frequency of Flowering/ Fruiting	-0.2717	-0.5169	-0.7237
Value of "p"	Not significant	p<0.001	p<0.001

**Source:** Prepared by the authors (2017).

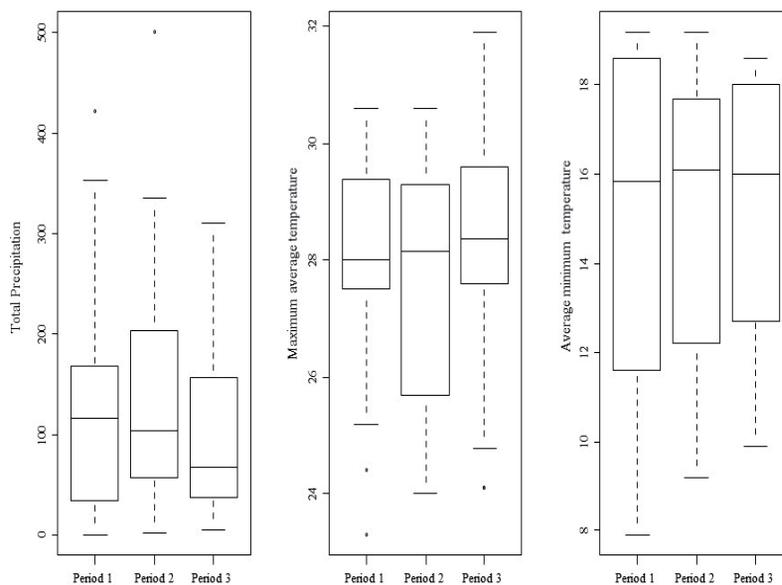
Despite the apparent seasonality in Figure 3 and the evidence of the influence of the abiotic factors on the phenophases manifestation of the observed species, the result obtained by the circular statistical analysis points to an incipient concentration of the data at any time of the year. Vector "r" resulting from the calculations was around 0.12 without statistical significance ( $p > 0.05$ ). Thus, reproductive activity responds to environmental factors; however, in the study period, there was no significant seasonal manifestation for the phenophases.

Even though the climatic seasonality characteristic of the southern region of Minas Gerais state is common sense (MOURA et al., 2007), it is worth mentioning that, during the study period, the region went through a drought season with a rainfall regime much lower than normally registered. Therefore, during that period, the climatic conditions did not show double seasonality as it was before.

Figure 4 represents the distribution of the values of each climatic variable of two previous periods equivalent to that of the work developed. The mean monthly values of precipitation in the two periods prior to our study indicate a larger amplitude, as well as the values of maximum and minimum monthly average temperatures. Such representation shows the climate in the studied period was not as seasonally as it was in previous years.

The work of Borchert (1980) suggests that patterns of reproduction and growth in tropical species are determined only secondarily as adaptation to environmental changes, being the predominant endogenous processes, what may explain the fact we do not observe seasonality in the diaspores production. Since climatic conditions were less seasonal, the most influential factors in the manifestation of flowering and fruiting were biotic selective pressures such as herbivore, predator, competitor, pollinator and dispersion pressure (AIDE, 1988).

**Figura 3.** Boxplot with the values of each variable in the periods of: 1) September 2009 to August 2011; 2) September 2011 to August 2013; 3) September 2013 to August 2015 (this study).



**Source:** Prepared by the authors (2017).

In spite of non-seasonality, the phenomena of flowering and fruiting were still correlated with environmental variables, demonstrating that, even if there is no evident seasonality, the species studied will respond to temperature and precipitation conditions.

## Conclusion

It can be concluded the best season for collecting propagation material of the species studied is the dry season of the year, from May to September based on the observations presented.

According to the data obtained in the present study, strategies for recovering degraded areas can be traced conforming propagation material availability for the studied species and the tree sinus in question. However, we note the data presented here, combined with an investigation of the intensity in which phenological events occur, will provide sufficient basis to determine the role of biotic agents in the manifestation of each phenophases.

## Fenologia de espécies arbóreas visando à recuperação de áreas degradadas no município de Machado (MG)

### Resumo

Sabe-se que uma das características das matas semidecíduas é a evidente dupla estacionalidade proporcionada por um clima com estações bem definidas: uma de chuvas intensas de verão, seguida por outra com um período de estiagem. Este tipo de clima define as estratégias de floração e de reprodução dos indivíduos. Assim sendo, este trabalho foi realizado com o objetivo de levantar dados comportamentais de dez indivíduos, de seis espécies diferentes (*Euterpe edulis* Mart., *Vernonanthura divaricate* (Spreng.) H. Rob., *Manihot pilosa* Pohl, *Anadenanthera peregrine* Speg.,

*Piptadenia gonoacantha* J.F.Macbr. and *Miconia chartacea* Triana) e um indivíduo de *Platycyamus regnellii* Benth, observando seus comportamentos ao longo de um período que abrangeu as duas estações, e de testar a sazonalidade de fenofases reprodutivas dos indivíduos em questão. Para isso, fizeram-se observações mensais das fenofases vividas por cada indivíduo relacionando-as com variáveis climáticas. Os dados foram tratados por meio de análises de estatística circular para verificar a sazonalidade reprodutiva e teste de correlação a fim de determinar o índice climático de maior evidência. Os resultados apresentaram uma relação entre precipitação/temperatura e a fase reprodutiva das espécies. A não sazonalidade na produção de diásporos atestada pode ser reflexo da anormalidade climática vivida no período, de forma que a estação seca do ano é a época mais recomendável para coleta das espécies investigadas.

**Palavras-chave:** Mata Atlântica. Biologia reprodutiva. Fenofases. Sementes florestais. Estatística circular.

## References

AIDE, T. M. Herbivory as a selective agent on the timing of leaf production in a tropical understory community. **Nature**, v. 336, n. 6199, p. 574-575, 1988. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/232759750\\_Herbivory\\_as\\_a\\_selective\\_agent\\_on\\_the\\_timing\\_of\\_leaf\\_production\\_in\\_a\\_tropical\\_understory\\_community](https://www.researchgate.net/publication/232759750_Herbivory_as_a_selective_agent_on_the_timing_of_leaf_production_in_a_tropical_understory_community). Acesso em: 12 abr. 2016.

APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 2016, 181, 1–20.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 269-275, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbb/v25n3/a03v25n3.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2016.

BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: UFMG, 2002. p. 123-145.

CAMPOS, E. P. **Fenologia e chuva de sementes em floresta estacional semidecidual no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil**. 2007. 50f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Relatório Anual 2014**. São Paulo, 2014. Disponível em: [https://www.sosma.org.br/link/relatorio\\_anual\\_sosma\\_2014/index.html](https://www.sosma.org.br/link/relatorio_anual_sosma_2014/index.html) Acesso em: 11 out. 2015.

GANDOLFI, S.; MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Forest restoration. In: RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V.; GANDOLFI, S. (Org.) **High diversity forest restoration in degraded areas: methods and projects in Brazil**. New York: Nova Science Publishers, 2006. p. 3-26.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de Biomas do Brasil: 1ª aproximação**. Brasília: IBGE, 2004.

- MARINHO, R. R. **Estrutura fitossociológica de remanescente de Floresta Estacional Semidecídua na região de Machado, Minas Gerais**. 2015. 32f. Dissertação (Licenciatura em Biologia) - IFSULDEMINAS- *Campus Machado*, Machado, 2015.
- MARQUES, M. C. M.; ROPER, J. J.; SALVALAGGIO, A. P. B. Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brazil. **Plant Ecology**, v. 173, n. 2, p. 203-213, 2004. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/B:VEGE.0000029325.85031.90>. Acesso em: 12 abr. 2017.
- MORELLATO, L. P. C.; CAMARGO, M. G. G.; NEVES, F. F. D.; LUIZE, B. G.; MANTOVANI, A.; HUDSON, I. L. The influence of sampling method, sample size, and frequency of observations on plant phenological patterns and interpretation in tropical forest trees. In: HUDSON, I. L.; KEATLEY, M. (Org.). **Phenological research: methods for environmental and climate change analysis**. Springer: Dordrecht, 2010. p. 99-121.
- MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASI, A.; BENCKE, C. C.; ROMERA, E. C.; ZIPPARRO, V. B. Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: A Comparative Study. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 811-823, 2000. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00620.x>. Acesso em: 12 abr. 2017.
- MOURA, L. C.; MARQUES, A. F. S. M.; HADAD, R. M.; ANDRADE, H.; ALVES, H. M. R. A aptidão agrícola das terras do município de Machado/MG e a cafeicultura. **Caderno de Geografia**, v. 17, n. 28, p. 141-162. 2007.
- PINTO, A. M.; RIBEIRO, R. J.; ALENCAR, J. D. C.; BARBOSA, A. P. Fenologia de *Simarouba amara* Aubl. na reserva florestal Adolpho Ducke, Manaus, AM. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 3, p. 347-352, 2005.
- REZENDE, M. G. **Composição e similaridade florística de remanescentes de Floresta Estacional Semidecídua na região de Machado, Minas Gerais**. 2015. 33f. Dissertação (Licenciatura em Biologia) – IFSULDEMINAS - *Campus Machado*, Machado, 2015.
- RIVERA, G.; BORCHERT, R. Induction of flowering in tropical trees by a 30-min reduction in photoperiod: evidence from field observations and herbarium specimens. **Tree Physiology**, v. 21, n. 4, p. 201-212, 2001. Disponível em: <https://academic.oup.com/treephys/article/21/4/201/1717215>. Acesso em: 12 abr. 2017.
- SÁ, D.; LOPES, S. F.; PRADO JÚNIOR, A.; SCHIAVINI, I.; VALE, V. S.; OLIVEIRA, A. P.; DIAS-NETO, O. C.; GUSSON, A. E. Estrutura e grupos ecológicos de um fragmento de floresta estacional semidecidual no Triângulo Mineiro, Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 44, p. 89-101, 2012.
- SOUZA, L. A. DEAN, W. A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. São Paulo: Cia. das Letras, 2004. 484 p. [1ª impressão 1996]. **Aedos**, v. 3, n. 8, 2011. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/aedos/article/viewFile/16742/11956>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- TALORA, D. C.; MORELLATO, P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 1, p. 13-26, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbb/v23n1/v23n1a02.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2017.

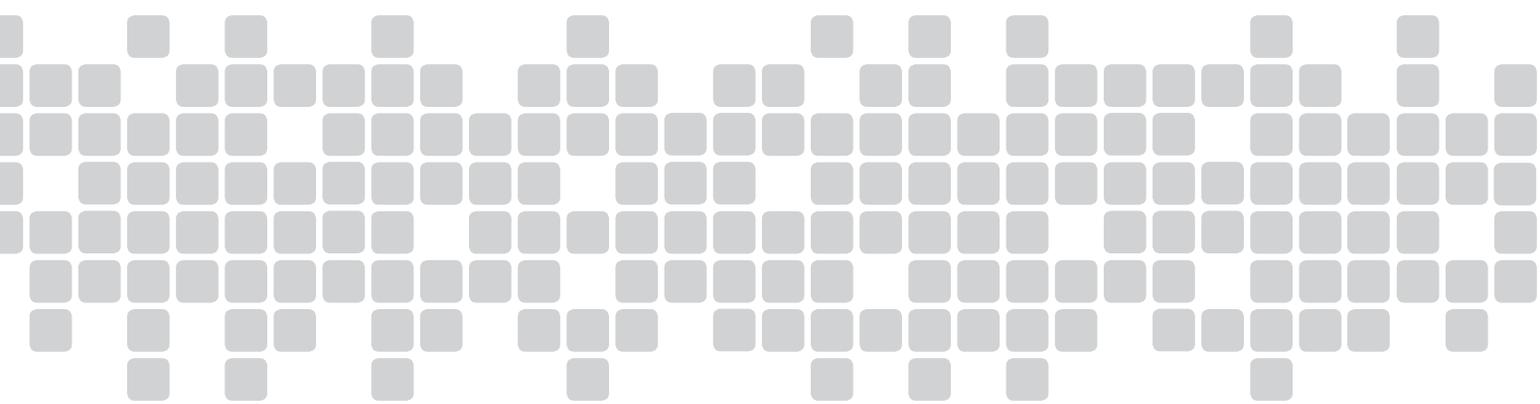
URURAHY, J. C. C.; COLLARES, J. E. R.; SANTOS, M. M.; BARRETO, R. A. A. Folhas SF. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. In: PROJETO RADAMBRASIL, as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. Estudo fitogeográfico. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1983. 775p.

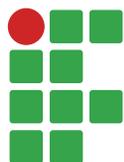
WILLIAMS-LINERA, G.; MEAVE, J. Patrones fenológicos. In: GUARIGUATA, M. R.; KATTAN, G. H. (Org.). **Ecología y conservación de Bosques Neotropicales**. Cartago: Libro Universitario, 2002. p. 407-431.

WUNDERLE JUNIOR, J. M. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, v. 99, n. 1-2, p. 223-235, 1997. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112797002089>. Acesso em: 12 abr. 2017.

**Received:** September 04, 2017

**Accepted:** January 12, 2018





## Use of coproducts from vermiculite extraction in the production of *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings

Maria José de Holanda Leite<sup>1</sup>

Olaf Andreas Bakke<sup>2</sup>

### Abstract

The extraction of vermiculite generates coproducts that are deposited around mining industries resulting in environmental issues. The aim of this study was to evaluate the use of the equitable combination of fine and ultrafine dust obtained from the extraction of vermiculite, and the necessary amount of cattle manure (CM) added to the substrate to produce *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings. The experiment was conducted between April 2013 and February 2014, in the tree nursery of the UAEF/CSTR/UFCG, Patos, PB, Brazil, using a completely randomized design with six treatments. The treatments consisted of a lowland soil with T0=0% and T1=33% of CM (v/v) and the equitable combination of the coproducts from the vermiculite extraction with T2=0%, T3=5%, T4=10%, and T5=20% of CM. All treatments were performed with five replicates. The significant values obtained for the height, basal diameter, and shoot dry matter were inferior to those obtained from the seedlings developed in lowland soil, with or without the addition of CM. The average value of sprouting decreased when the level of CM addition to the coproducts was 20%, which was demonstrated by the plants from three of five plots of the treatment being unable to produce sprouts after the shoot was cut. If the preference is for using the coproducts, the level of cattle manure must be of approximately 10% since the seedlings present enough vigour to sprout twice and restore its height, basal diameter, and shoot dry matter between 90 and 113 days from the cutting.

**Keywords:** Mining activity. Degraded areas. Organic matter.

### Introduction

Environmental degradation occurs mainly in the arid, semi-arid, and dry sub-humid regions of the planet, resulting from climatic and anthropogenic factors such as livestock, agriculture, and mining activities. These activities are mainly conducted in the semi-arid region of northeastern Brazil, which extends for more than 980 km<sup>2</sup>, distributed in all states of the northeastern region (apart from Maranhão) and northern Minas Gerais (ALVES et al., 2009). The environmental imbalance is more critical in Ceará and Paraíba where environmental degradation occurs in more than half of its territories. For Lima et al. (2006), this degradation presents a strong anthropological component since the region inhabits 57.3 million people, in addition to 28.2 million cattle, 7.8 million goats, and 9.3 million sheep, which mostly feed from the native vegetation. Thus, the semi-arid region is

<sup>1</sup> Universidade Federal de Alagoas (UFAL), professora. maryholanda@gmail.com. Rodovia Br-104 – s/n, Km 14, Maceió (AL), CEP: 57.072-970.

<sup>2</sup> Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal (UFCG), professor. obakke@cstr.ufcg.edu.br.

characterized as the most populated and with the highest degree of anthropic activity in Brazil (LIMA et al., 2006).

However, the improper employment of these activities causes environmental issues. The land recovery process is slow and has uncertain results, demanding actions appropriate for deteriorated ecological conditions, particularly regarding the soil (KITAMURA et al., 2008; PEREIRA et al., 2013). An alternative is the production and planting of native tree species seedlings adapted to degraded areas, which, if cultivated with an alternative substrate instead of the conventional ones, primarily composed of lowland soil and manure, would result in the non-degradation of alluvial areas and the minimization of the environmental impacts caused by coproduct deposition around mining areas (FERREIRA NETO et al., 2007; RODRIGUES et al., 2007).

The substrate used for seedling production must consist of materials that provide the support, moisture, and nutrients necessary for seedling growth (AZEVEDO et al., 2006; PEREIRA et al., 2016). Many materials can be used depending on the region. According to Leite et al. (2015), fine dust contains phosphorus ( $58 \text{ mg dm}^{-3}$ ); magnesium ( $3.8 \text{ cmolc dc}^{-3}$ ), and calcium ( $14 \text{ cmolc dc}^{-3}$ ), levels considered high and superior to those generally observed in soils, with the advantage of being gradually available to the soil solution.

Among the tree species adapted to degraded areas is the *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke., a woody Fabaceae of the Mimosoideae subfamily that reaches 4 meters in height and occurs in region from thin shrubby caatinga to dense tree vegetation, from Piauí to Bahia, in deep and well-watered areas, but that also adapts to inhospitable and degraded areas (OLIVEIRA et al., 2009). This species produces wood, firewood, medications, nectar, pollen, and fodder, and can be used in forest restorations and agroforestry systems due to its fast growth and nitrogen fixation in the soil through a symbiosis with nodulating bacteria of the Rhizobium genus (BARBOSA et al., 2013; FARIAS et al., 2013; ALMEIDA et al., 2015).

This study evaluated the use of the equitable combination of fine and ultrafine dust, coproducts of vermiculite extraction, and the necessary amount of cattle manure to be added to the substrate to produce *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. seedlings.

## Material and methods

This research was conducted from April 2013 to February 2014 in a screened environment located in the tree nursery of the Forest Engineering Academic Unit/Rural Health and Technology Center/Federal University of Campina Grande (UAEF/CSTR/UFCG), Patos, PB, Brazil.

The substrates tested to cultivate the seedlings were lowland soil or an equitable combination of fine and ultrafine dust, coproducts from vermiculite extraction, enriched with different proportions of cattle manure. The soil was collected from the lowland area at 1 m of depth while the coproducts were obtained from the Mineradora Pedra Lavrada (MPL), located in Santa Luzia, Paraíba, Northeastern Brazil.

The cattle manure, tanned for 30 days, lowland soil, and coproducts were dried, disturbed, homogenized, separately sieved using a 2 mm mesh sieve, and mixed according to the proportions indicated by the experimental treatments. The lowland soil and coproducts were sampled and chemically characterized in the Soils Laboratory of the Patos Campus Agricultural Engineering Academic Unit (TABLE 1), according to the methodology proposed by EMBRAPA (2006).

**Table 1.** Attributes of the lowland soil and coproducts of vermiculite extraction (fine and ultrafine dust) used to cultivate *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings.

Substrate	pH <sub>CaCl2</sub>	P mg.dm <sup>3</sup>	Ca	Mg	K	Na	SB	H+Al	CEC	V -----%
Lowland soil	6.2	44.1	5.0	2.4	0.18	1.68	7.26	1.1	10.4	89.4
Fine dust	6.4	330	16.5	2.5	0.33	3.70	23.03	0.6	23.6	97.5
Ultrafine dust	6.7	429	26.0	4.0	0.49	6.09	36.58	0.6	37.2	98.4

\*SB = sum of bases; CEC = cation exchange capacity; V = saturation by bases.

**Source:** Prepared by the authors (2014).

Prior to sowing, the *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seeds were placed for 20 seconds in a 100 ml Becker with boiling water after switching off the heat source and cooled in running water at room temperature. Subsequently, 10 seeds were directly sown onto the substrate of each 8,000 cm<sup>3</sup> pot. Thinning was conducted thirty days after sowing (DAS), leaving the two most vigorous seedlings in each pot. The pots were kept in a screened environment between April 2013 and February 2014, with daily manual irrigation.

The height and basal diameter data were collected at 37, 41, 44, 58, 65, 72, 86, 100, 193, and 293 DAS. The height (cm) was obtained with a millimetre ruler, placed next to the plant to measure the length between the surface of the substrate and the base of the apical meristem (data collected until 100 DAS) or highest sprout (collected at 190 and 293 DAS). The diameter (mm) was obtained with a digital pachymeter of 0.05 mm precision, corresponding to the diameter of the base of the stem axis of the *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings (data collected until 100 DAS) or to the sum of the basal diameters of the sprouts of both plants from each pot (data collected at 190 and 293 DAS).

The shoot of each seedling was thinned, dehydrated in a forced ventilation oven for 72 h at 60 °C, and weighed at 100 DAS to determine the dry matter (DM) (g) using a digital scale of 0.1 g precision. After thinning the seedlings, the pots were kept in a screened environment under the same environmental and irrigation conditions previously described. When the seedlings recovered, they were thinned anew at 190 and 293 DAS.

The plots were randomized according to a completely randomized design consisting of 6 treatments [lowland soil enriched with T0 = 0% and T1 = 33% of cattle manure (CM), and equitable combination of fine and ultrafine dust, coproducts of the vermiculite extraction, enriched with T2 = 0%, T3 = 5%, T4 = 10%, and T5 = 20% of CM] and 5 replicates, totalizing 30 plots (pots with two plants).

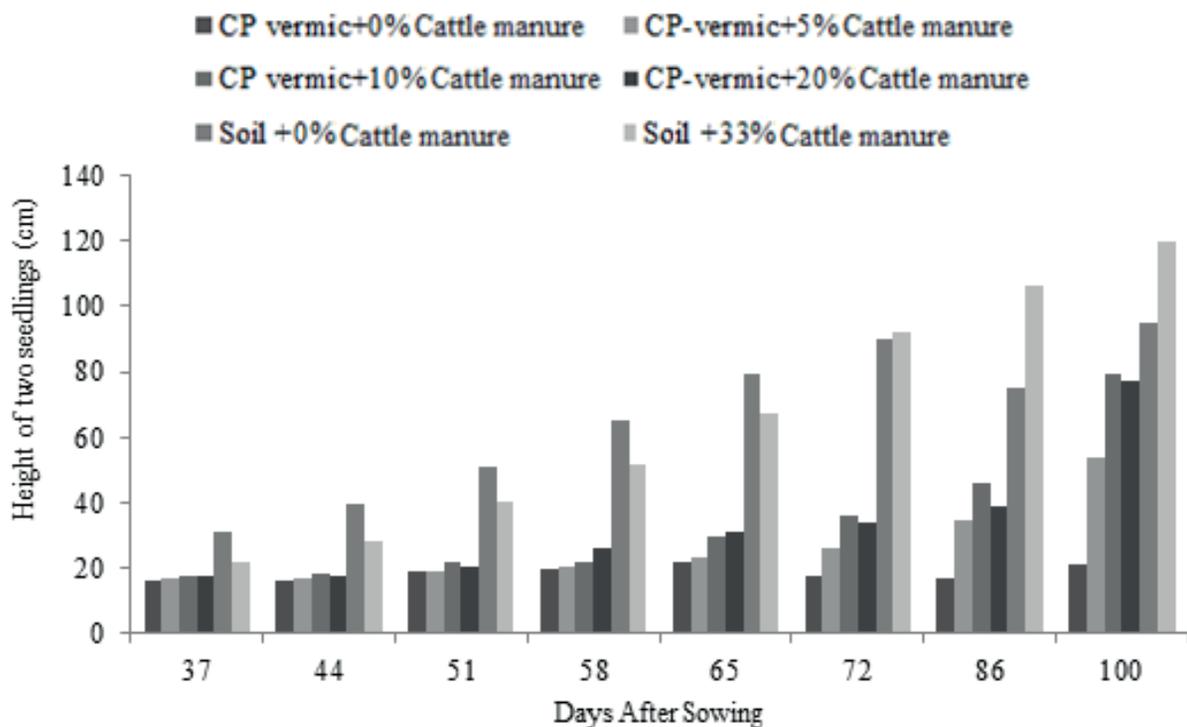
The data of height, basal diameter, and DM analyzed corresponded to the sum of the values observed from both plants of each pot. The effects of treatments were tested applying the ANOVA F test, using the regression models to estimate the effect of the age and levels of cattle manure addition on height, basal diameter, and shoot DM, employing the linear regression analysis techniques for P < 0.05.

## Results and discussion

### Height

Figure 1 shows that, in general, the height of the seedlings significantly increased in the lowland soil added with CM when compared to the other CP-vermiculite treatments. At 100 DAS, concerning the substrate CP-vermiculite with no CM, the seedlings presented low growth, indicating the need for CM in the combination of this type of material. The seedlings presented heights from 21.30 to 120.14 cm/2 seedlings or the equivalent between 10.65 and 60.07 cm seedlings<sup>-1</sup>. At this age, the CP-vermiculite substrate with 10 % CM provided a mean height of 39.65 cm plant<sup>-1</sup>, which was already characterized from 72 DAS but remained below the mean values observed in the seedlings in the lowland soil.

**Figure 1.** Total height of two *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings in function of the age (from 37 to 100 days after sowing) and percentage (volume) of cattle manure added to the coproducts of vermiculite extraction (0, 5, 10, and 20 %, volume) and lowland soil (0 and 33 %).



**Source:** Prepared by the authors (2014).

It is possible there is an optimal dosage of CM in the lowland soil between the levels of CM considering the existence of only two levels of CM distant from each other (0 % and 33 %) and the apparently negative effect until 65 DAS, which contrasts with the positive effect at 86 and 100 DAS. Thus, when using the conventional substrate, one might be wasting CM at the same time as producing seedlings with quality below expectations. Further studies are necessary to confirm this hypothesis.

The data obtained in this study were similar to those reported by other authors for *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. Farias et al. (2013) found a mean height of 7.1 cm at 14 DAS for

seedlings cultivated on a substrate composed of coconut fibre while Barbosa et al. (2013) reported a mean height of 51.25 cm at 120 days after germination, using cambisol in the substrate.

The values of seedling height reported for other tree species of the Caatinga can be of interest and serve to relativize the growth potential of *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. When studying *Myracrodruon urundeuva* Fr. ALL seedlings, Caron et al. (2007) obtained a mean height of 46.4 cm at 112 days, cultivated in a substrate composed of 1/3 coffee straw and 2/3 dystrophic yellow latosol corrected with dolomitic limestone. Bernardino et al. (2006) reported a height between 19.80 and 71.23 cm *Anadenanthera macrocarpa* Benth. seedlings at 100 days after germination, when using the corrected and fertilized subsoil of three soil classes in the substrate. Lima et al. (2010) verified a mean height between 87.67 cm and 105.00 cm for *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong and between 41.67 cm and 54.20 cm for *Hymenaea courbaril* L. var. *stillbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. at 120 days after germination using four levels of shading (0 %, 30 %, 50 %, and 80 %) and Plantmax commercial substrate.

Apart from the CP-vermiculite treatment with 20 % CM, the *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke presented a good power of shooting induction, especially in the lowland soil. Note that the sprouting for each treatment is higher at the end of the second (190 and 293 = 113 days) when compared to the first recovery period (between 100 and 190 = 90 days) after the first thinning at 100 DAS (TABLE 2), especially in the lowland soil. This sprouting power is also evident in the CP-vermiculite treatment with no addition of CM. This treatment provided almost zero height growth between 37 and 100 DAS (FIGURE 1). However, somehow the sprouting of the second period reached a mean height superior to that observed in the first 100 DAS. It is possible that the plant reacted to the thinning as well as to the presence of gems, accumulation of reserves in its root system or the gradual release of nutrients by the substrate, enough to result in more vigorous sprouting than that from the previous period.

**Table 2.** Total height of two *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings (cm/<sup>2</sup> seedlings) at 100, 190, and 293 days after sowing (DAS) in function of the percentage (% v) of cattle manure (CM) added to the substrate (equitable combination of vermiculite coproducts = CP-vermic, and lowland soil = Soil)

Treatments	1 <sup>st</sup> cut 100 DAS	2 <sup>nd</sup> cut 190 DAS	3 <sup>rd</sup> cut 293 DAS
CP-vermic+0%CM	21.30	11.60	29.80
CP-vermic+5%CM	53.70	59.74	131.60
CP-vermic+10%CM	79.30	121.2	138.40
CP-vermic+20%CM	77.30	37.80	29.03
Soil+0%CM	94.64	159.0	301.40
Soil+33%CM	120.14	174.7	274.2

**Source:** Prepared by the authors (2014).

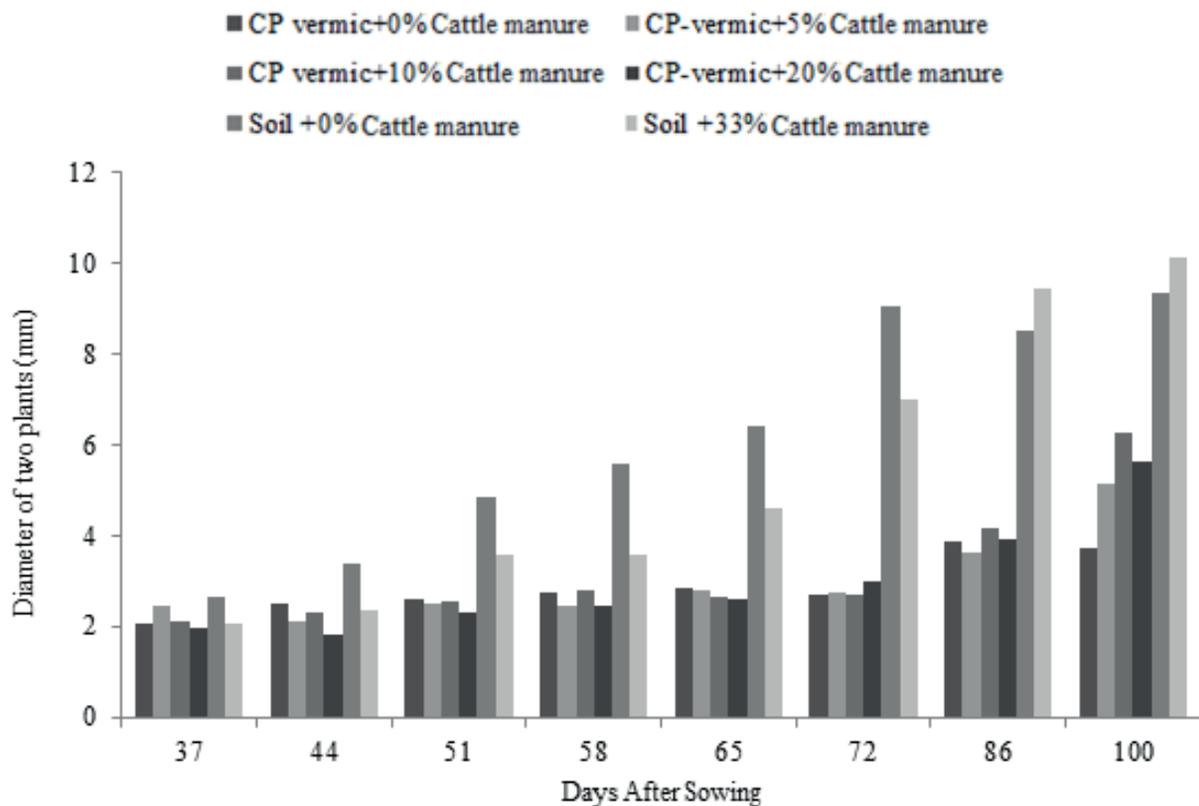
For some reason this accumulation of reserves or any other factor does not occur in CP-vermiculite enriched with 20 % CM. The plant mortality after the first thinning was high in this treatment (both plants in 3 of the 5 pots presented no sprouting or were dead, and one or two pots from the other treatments with CP-vermiculite presented no sprouting, while all pots with lowland soil showed sprouting). The explanation for this mortality demands additional studies. Thus, it is not advisable to add more than 10 % of CM to CP-vermiculite, unless an additional corrective procedure

is performed, such as adding N or K, resulting in a chemically and physically balanced substrate, which should be considered in future studies.

## Diameter

In general, the diameter of the seedlings was lower for the CP-vermiculite treatments when compared to those of the lowland soil when measured between 37 and 100 DAS (FIGURE 2). In the treatments with CP-vermiculite, the effect of the CM was only seen with more clarity at 100 DAS, indicating a decrease in the diameter with the addition of 10 % of CM. The effect was reversed for the lowland soil for the same period, at first presenting as negative and reversing at 86 and 100 DAS but at a lower level than expected with the addition between 0 and 33 % of CM. These values suggest the possibility of a maximum point between these levels of CM, similar to what occurred with the CP-vermiculite substrate.

**Figure 2.** Total basal diameter of two *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke plants in function of age (from 37 to 100 days after sowing) and percentage (volume) of cattle manure added to the substrate (coproducts of the extraction of vermiculite = CP-vermic, and lowland soil = Soil).



**Source:** Prepared by the authors (2014).

At 100 DAS, the mean diameter of the seedlings was between 3.74 and 10.13 mm/2 seedlings (TABLE 3) or the equivalent between 1.87 and 5.06 mm seedling<sup>-1</sup>. Considering this age and the substrate with CP-vermiculite, the dose of 10 % of CM provided the highest mean (3.14 mm plant<sup>-1</sup>), suggesting the use of this dosage when using the CP-vermiculite substrate to produce *Piptadenia*

*stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings. However, when comparing this value with those obtained in the lowland soil and those reported by Barbosa et al. (2013) (6.00 mm) under the conditions already discussed for height, the CP-vermiculite requires other corrections in addition to the addition of 10% CM.

**Table 3.** Total basal diameter (mm/2 seedlings) of *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. at 100, 190, and 293 days after sowing (DAS)

Treatments	1 <sup>st</sup> cut 100 DAS	2 <sup>nd</sup> cut 190 DAS	3 <sup>rd</sup> cut 293 DAS
CP vermic+0%CM	3.74	1.81	2.53
CP-vermic+5% CM	5.14	5.61	7.77
CP vermic+10% CM	6.28	7.55	9.39
CP-vermic+20% CM	5.60	2.58	3.47
Soil+0% CM	9.35	13.13	11.47
Soil+33% CM	10.13	10.59	17.40

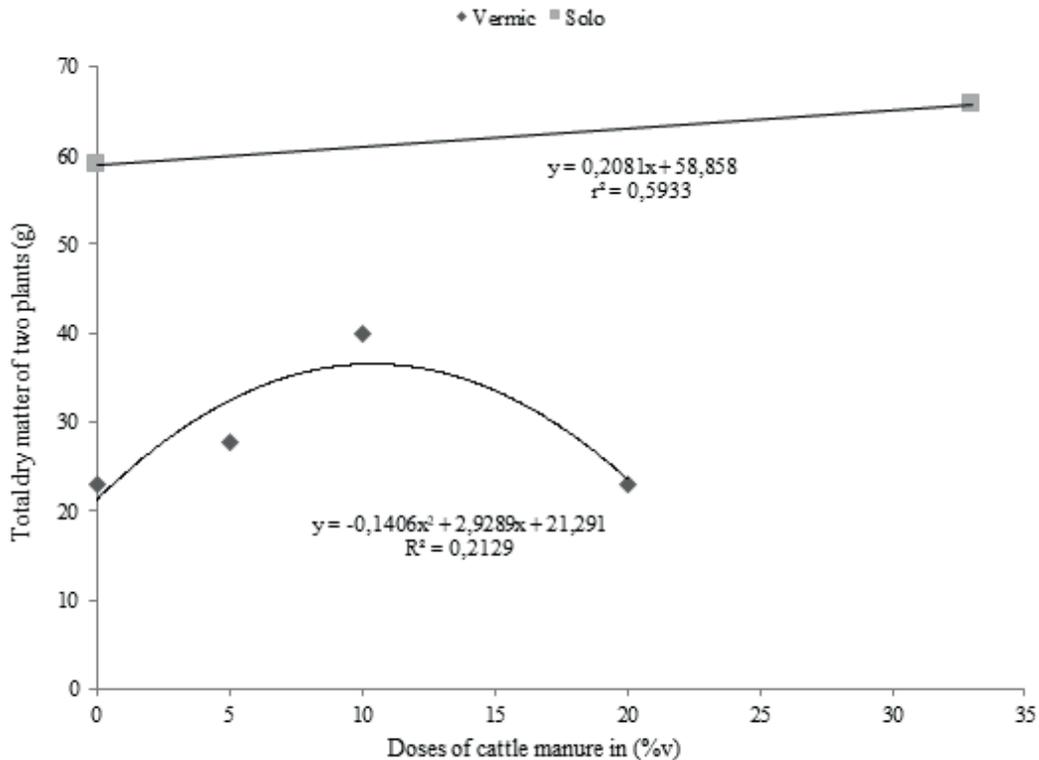
**Source:** Prepared by the authors (2014).

A positive CM effect is observed for the lowland soil when regarding only the means at 100 DAS. However, it is possible that an optimum dose exists for the lowland soil between the two levels of CM distant from each other (0 % and 33 %) considering the apparently adverse effect that occurs until 65 DAS, contrasting with the positive impact at 86 and 100 DAS (FIGURE 2). Thus, when using the conventional substrate, one can be wasting CM and at the same time producing seedlings of a quality inferior to the expected. Further studies are necessary to confirm this hypothesis.

The *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings demonstrated an increasing sprouting power between both measurements (190 and 293 DAS), reaching values superior to those verified for the plants before the first thinning at 100 DAS, apart from the CP-vermiculite treatments with 0 or 20 % of CM, which also resulted in high mortality, as previously reported. In these treatments, the sum of the diameters of all sprouting is higher at the end of the second (between days 190 and 293 = 113 days) than the first (between 100 and 190 = 90 days) recovery period after thinning (TABLE 3), especially in the lowland soil, and exceed the respective values observed at 100 DAS. The reaction power to the thinning of the shoot is striking and, as emphasized, deserves additional studies to elucidate how *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke can react to the stress caused by the continuous thinning of its shoot performed in periods from 90 to 113 days and to elucidate the reason this does not occur on the CP-vermiculite substrate with 0 or 20 % of CM.

## Dry matter

Figure 3 shows the effects of the type of substrate and the addition of CM on the total production of DM from the three thinnings (plant + sprouting 1 + sprouting 2). In general, the value of total DM produced by the seedlings was higher in the lowland soil. The CM positively affected the production of DM when added in up to 10 % to the CP-vermiculite ( $P < 0.05$ ). The enrichment of the CP-vermiculite with higher levels of CM impaired the production of DM, causing the mortality of a significant percentage of plants.

**Figure 3.** Shoot dry matter of two *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings resulted from three cuts performed at 100, 190, and 293 days after sowing.

**Source:** Prepared by the authors (2014).

The total value of DM produced in the three thinnings was of between 23.05 and 65.72 g/2 seedlings (TABLE 4) or the equivalent between 11.53 and 32.86 g seedlings<sup>-1</sup>. The dose of 10 % of CM resulted in the highest average (20.03 g mol<sup>-1</sup>) for the CP-vermiculite substrate, which suggests the use of this dose when using this substrate to produce *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings. This tendency was observed in the sprouts collected at 190 and 293 DAS. However, the total value of DM obtained in the treatments with CP-vermiculite reaches a maximum of 68 % when compared to the value of the treatments with lowland soil.

**Table 4.** Total dry matter (g/2 seedlings) of the shoot of two *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings resulted from the cuts performed at 100, 190, and 293 days after sowing (DAS)

Treatments	Total from three cuts	1 <sup>st</sup> cut 100 DAS	2 <sup>nd</sup> cut 190 DAS	3 <sup>rd</sup> cut 293 DAS
CP vermic+0%CM	23.05	4.54	13.22	5.29
CP-vermic+5% CM	27.72	5.65	9.35	12.72
CP vermic+10% CM	40.05	7.67	14.22	18.16
CP-vermic+20%CM	23.05	8.04	4.68	10.33
Soil+0% CM	58.85	15.22	18.18	25.45
Soil+33% CM	65.72	16.42	14.94	34.36

**Source:** Prepared by the authors (2014).

The DM values ranged from 4.54 to 16.42 g/2 seedlings, or the equivalent of 2.27 and 8.21 g seedlings<sup>-1</sup> at 100 DAS. These values were inferior to those reported by Barbosa et al. (2013), Bernardino et al. (2005), Caron et al. (2007), Gomes et al. (2012), Lima et al. (2010), namely 11.19 g, 14.70 g, 21.52g, and 21.27 g, respectively, under conditions previously reported. This may have occurred because of the adaptation of the species to degraded environments, its fixation of atmospheric nitrogen, and its low nutritional requirement, demanding no addition of cattle manure to the substrate.

Resembling the values observed for the height and basal diameter, the *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke presented increasing vigour between both sprouting measurements (190 and 293 DAS), reaching values superior to those verified in the plants at 100 DAS, apart from the CP-vermiculite treatments with 0 or 20 % of CM, for which behaviour was not so clearly expressed and resulted in high mortality. In these treatments, the value of DM for all sprouting was superior at the end of the second (293 DAS) recovery period when compared to the first (190 DAS) (TABLE 3), especially in lowland soil, and overcame the values observed at 100 DAS. Further studies must be conducted to evaluate the striking reaction power to thinning the shoots to elucidate how the *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke can react to the stress caused by the successive shoot thinnings performed during 90 to 113 days of recovery, as well as to outline the reason this does not occur in CP-vermiculite substrate with 0 or 20% of CM.

## Conclusions

The production of *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke using an equitable combination of fine and ultrafine dust, coproducts from the vermiculite extraction, results in smaller seedlings with less shoot dry matter when compared to those produced in lowland soil substrate with or without the addition of cattle manure.

If this coproduct is used to produce *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings, the addition of cattle manure should not exceed 10 %.

## Uso de coprodutos da extração de vermiculita na produção de mudas *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke

### Resumo

A extração de vermiculita gera coprodutos que são depositados no entorno das indústrias mineradoras, causando problemas ambientais. Este estudo objetivou avaliar a utilização da mistura equitativa dos coprodutos poeira fina e ultrafina da extração da vermiculita e a quantidade necessária de esterco bovino a ser adicionada ao substrato de produção de mudas de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. O experimento foi conduzido entre abril de 2013 e fevereiro de 2014 no Viveiro Florestal da UAEEF/CSTR/UFCG, Patos (PB), Brasil, em um delineamento inteiramente casualizado com 6 tratamentos: solo de baixo com T0=0% e T1=33% de EB (v/v), mistura equitativa dos coprodutos da extração de vermiculita com T2=0%, T3=5%, T4=10% e T5=20% de EB e 5 repetições. As médias de altura, diâmetro basal e massa seca da parte aérea das mudas em CP-vermiculita foram menores do que as verificadas nas mudas se desenvolvendo em solo de baixo

sem ou com a adição de EB. Quando o nível de adição de EB aos coprodutos foi de 20% as médias decresceram, bem como o vigor das rebrotas, pois em três das cinco parcelas deste tratamento as plantas não conseguiram emitir brotações após o corte de sua parte aérea. Caso se opte por utilizar os coprodutos, o nível de esterco bovino deve ficar em torno de 10%, uma vez que as mudas apresentam vigor suficiente para rebrotar duas vezes e recompor sua altura, diâmetro basal e matéria seca da parte aérea em 90 a 113 dias do corte de sua parte aérea.

**Palavras-chave:** Atividade mineradora. Áreas degradadas. Matéria orgânica.

## References

ALMEIDA, A. M. C.; OLIVEIRA, E.; GALEGARI, L.; MEDEIRAS NETO, P. N.; PIMENTA, A. S. Avaliação físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke e *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, p. 165-173, jan./mar. 2015. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982015000100165&script=sci\\_abstract&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982015000100165&script=sci_abstract&lng=pt). Acesso em: 07 jul. 2015.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 126-135, jul./set. 2009. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15740>. Acesso em: 01 jan. 2013.

AZEVEDO, W. S. L.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; ARAÚJO, A. E.; PEREZ-MARIN, A. M.; MEDEIROS, S. S. Organic fertiliser and the use of mulch in cowpea production under semiarid conditions. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 4, p. 689-696, out./dez. 2015. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/3690>. Acesso em: 04 jan. 2016.

BARBOSA, M. L.; SILVA, T. G. F.; SILVA, C. S.; ALMEIDA, M. G.; LIMA, A. L. A.; SOUZA, C. A. A. Crescimento Inicial de Espécies Ocorrentes no Semiárido Brasileiro: Biomassa, Biometria e Análise Morfogênica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 3, p. 522-539, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233059/26980>. Acesso em: 02 fev. 2014.

BERNARDINO, D. C. S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; MARQUES, V. B. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 29, n. 6, p. 863-870, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n6/a04v29n6>. Acesso em: 07 jan. 2014.

CARON, B. O.; MEIRA, W. R.; SCHMIDT, D.; SANTOS FILHO, B. G.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; MÜLLER, L. Análise de crescimento de plantas de aroeira vermelha no município de Ji-Paraná, RO. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 14, n. 1, p.1-13, 2007. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/view/2474/1933>. Acesso em: jun. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed., Brasília: Embrapa, 2006. 212p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990374/1/ManualdeMtodosdeAnilisedeSolo.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2013.

FARIAS, R. M.; FREITAS, R.M.O.; NOGUEIRA, N. W.; DOMBROSKI, J. L. D. Superação de dormência em sementes de jurema-branca (*Piptadenia stipulacea* Benth.). **Revista Ciências Agrárias**, v. 56, n. 2, p. 160-165, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/download/753/308/>. Acesso em: 04 set. 2014.

FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, J. S. de; FOLEGATTI, M. V.; GHEYI, H. R.; PEREIRA, W. E.; CAVALCANTE, L. F. Qualidade de fruto de coqueiro anão verde em função de nitrogênio e potássio na fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 453-458, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n5/v11n05a01.pdf>. Acesso em: 04 out. 2013.

GOMES, A. D. V.; LEITE, M. J. H.; SANTOS, R. V. Rejeito de vermiculita comparado ao método convencional de viveiros florestais na produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró (RN), v. 7, n. 2, p. 236-241, 2012. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/download/1261/1257>. Acesso em: 01 mar. 2013.

KITAMURA, A. E.; ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; GONZALEZ, A. P. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa (MG), v. 32, n. 1, p. 405-416, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n1/38.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2012.

LEITE, M. J. H.; GOMES, A. V. G.; SANTOS, R. V. Comportamento inicial do maracujazeiro em solos afetados por sais submetidos a tratamentos alternativos com o uso de coprodutos de mineradoras. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 3, p. 401-413, 2015. Disponível em: <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/574>. Acesso em: 08 fev. 2016.

LIMA, K. D. R.; CHAER, G. M.; ROWS, J. R. C.; MENDONÇA, V.; RESENDE, A. S. Seleção de espécies arbóreas para revegetação de áreas degradadas por mineração de piçarra na caatinga. **Revista Caatinga**, v. 28, p. 203-213, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/3644>. Acesso em: 02 abr. 2016.

LIMA, A. L. S.; ZANELLA, F.; CASTRO, L.D.M. Crescimento de *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. E *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 43-48, 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0044-59672010000100006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672010000100006). Acesso em: 02 mar. 2012.

PEREIRA, P. A. M.; SAMPAIO, S. C.; REIS, R. R.; ROSA, D. M.; CORREA, M. M. Swine farm wastewater and mineral fertilization in corn cultivation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 1, p. 49-54, 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662016000100049](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662016000100049). Acesso em: 20 nov. 2017.

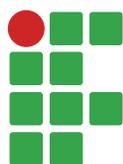
PEREIRA, A. C. C.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; SAMPAIO JUNIOR, J.; OLIVEIRA, J. A.; SANTOS, F. S.; MAZUR, N. Comportamento da *Cordia africana* lam. cultivada em solo contaminado por metais pesados e tratado com materiais amenizantes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3. p. 329-336, 2013. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982013000300329&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982013000300329&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 23 ago. 2014.

OLIVEIRA, P. T. B.; TROVÃO, D. M. B. M.; CARVALHO, E. C. D.; SOUZA, B. C.; FERREIRA, L. M. R. Florística e fitossociologia de quatro remanescentes vegetacionais em áreas de serra no cariri paraibano. **Revista Caatinga**, v. 22, p. 169-178, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/655>. Acesso em: 07 dez. 2013.

RODRIGUES, G. B.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 73-80, 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662007000100010&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662007000100010&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 23 set. 2013.

**Received:** April 10, 2017

**Accepted:** January 12, 2018



## Poisonous flora at IFSULDEMINAS – Machado Campus, in Machado city, state of Minas Gerais

Marco Antonio Chiminazzo<sup>1</sup>

Renon Santos Andrade<sup>2</sup>

Leonardo Pazzini Vieira<sup>3</sup>

Walnir Gomes Ferreira Júnior<sup>4</sup>

### Abstract

Brazil has a high index of intoxications due to toxic plants, which are organisms known by their potential to synthesize active principles capable of causing changes in human and animal organisms. The research aimed to locate toxic plants present at Campus of Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, in Machado city, because of its high daily transit of workers, students and local residents in general that can be exposed to those plants. For such, it was made expeditions throughout the campus for the tabulation of species found at the urbanized areas of the *Campus*. It was identified, registered and geo-referenced 39 toxic plants belonging to 19 botanical families as well as their popular names and their toxic principles.

**Keywords:** Plants toxicology. Intoxications. Active toxic principles. Public health.

### Introduction

There are many species of plants that are poisonous and can cause injuries in the human body, and many of them are found in gardens and urban spaces for landscaping purposes without people fully knowing the toxic potential and the effect of those plants in the human body (TAMILSELVAN et al., 2014). Those species provoke intoxication symptoms in human beings (HARAGUCHI, 2003). These symptoms are derived from toxic substances capable of causing death, heavy injuries and many other health damages. The substances are produced by the secondary metabolism of the plants, which act as a defense mechanism against pests and pathogens (SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN; CRUZ, 2003).

Haraguchi (2003) shows that the toxic principle of plants is from one or more substances chemically well defined, which can have an equal or different origin. Among many substances identified as responsible for intoxications in accidents with toxic plants, it is possible to cite the calcium oxalate crystals (CaOx), formed in plants through the union of oxalic acid and calcium. Many are the configurations CaOx crystals can assume in relation to its morphological structures, and the most common in plants are: prismatic crystals, druses and raphide (needle-shaped), the last one is responsible for problems in human health (FRANCESCHI; NAKATA, 2005).

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, discente. [marcochiminazzo@gmail.com](mailto:marcochiminazzo@gmail.com). Rodovia Machado-Paraguaçu, Km 3, Bairro Santo Antônio, s/n, Minas Gerais.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, discente. [renonandrade.ra@gmail.com](mailto:renonandrade.ra@gmail.com).

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, discente. [pazzini.vieira@hotmail.com](mailto:pazzini.vieira@hotmail.com)

4 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, docente. [walnir.ferreira@ifsuldeminas.edu.br](mailto:walnir.ferreira@ifsuldeminas.edu.br)

Doan (2004) shows us that besides CaOx crystals, other substances that stand out as active principles of plant intoxications are the toxalbumins such as the ricin. This toxin is so potent that the United States Center for Disease Control (CDC) listed the ricin derived from the castor bean (*Ricinus communis* L.) as the second priority of US national security due its terrorist potential (DOAN, 2004).

In relation to terrestrial plants, Brazil is the world most biodiverse country, 15 to 20 % of all known species of plants are found in the territory (SHEPHERD, 2003). Thus, as pointed by Forzza et al. (2012), the study of Brazilian flora is recognized as the richest in the world, and those studies are constant when it comes to toxic plants and their effects and active principles, either from the phytotherapeutic point of view – as in a research conducted with the purpose to test the subacute toxicity of the ethanolic extract from the aroeira-do-sertão leaves (*Myracrodruon urundeuva* Allem.) (BORELLI et al., 2016) – or from the agronomic point of view – in a study that aimed to test the degrees of intoxication by the leaves of *Crotalaria pallida* Aiton in ovine (sheep) (OLIVEIRA et al., 2016) – besides other studies that analyses those specificities.

Studies which aim to investigate the geographic occurrence of such plants are incessant, being conducted from the North region of Brazil (AGRA; FREITAS; BARBOSA-FILHO, 2007) to its South region (CORREA; MENDEZ, 1996) in addition to many other locations around the globe, such as Mexico (FLORES et al., 2001) or Nigeria (NUHU et al., 2009). Those studies are, normally, correlated to the medicinal potential that some of the toxic plants show (TAMILSELVAN et al., 2014).

Therefore, this study aimed to investigate the diversity and the occurrence of toxic plants at the urbanized area in Instituto Federal do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Campus Machado, as well as to point their probable and most important active toxic principles, origin, naturalization degree and places of occurrence inside the study area.

## Material and methods

### Study area

The study was conducted at the urbanized area of IFSULDEMINAS Campus Machado, located in Machado city, Minas Gerais state. The campus urbanized area is around 40 ha and has a high transit of people which can be exposed to toxic plants. Besides the urbanized area, it was investigated places near to those areas that are sporadically visited by students and workers, such as the pisciculture sectors and the pastures and plantation areas.

The perimeter and the urbanized area of the campus were determined using Google Earth and Earth Point software (FIGURE 1).

**Figure 1.** Urbanized area where it was made the floristic study of toxic plants located at IFSULDEMINAS - Campus Machado.



Source: Google Earth/Earth Point (2017).

### Floristic study and toxic active principles characterization

The floristic study was conducted in May 2015, when it was obtained the location of species that were likely to contain active toxic principles and were present in the urbanized areas at the campus. Expeditions throughout the campus took place weekly, species or populations were registered, collected and georeferenced by UTM coordinates (Universal Transverse Mercator) using Garmin 62s GPS. Following, the individuals and their geographic coordinates were plotted in the study site map. The places where the plants were found were segregated in: flower beds, urban arboriculture, vegetable garden, pasture and plantations. The species were categorized accordingly to their origin in native and exotics, and in relation to their naturalization degree in cultivated and naturalized, in consonance with the terminology provided by Moro et al. (2012).

The toxic plant individuals were identified at the premises of the Geraes Herbarium at the campus by consulting specialized literature and exsiccates collections available online and, after, the scientific nomenclature and their respective botanical families were verified on the websites: *Lista de Espécies da Flora do Brasil* from *Jardim Botânico do Rio de Janeiro*, The Plant List from Royal Botanic Gardens Kew and Missouri Botanical Garden. The collected individuals were incorporated to the collection of the Geraes Herbarium at IFSULDEMINAS – Machado Campus.

The toxic principles present in each species, their popular names and the structures which contained toxins were determined according to the information available in the compilation of Brazilian toxic plants found in Matos et al. (2011) and in Hojo-Souza, Carneiro and Santos (2010) for pteridophytes. The toxic principles were categorized in the following classes of chemical compounds: alkaloids, calcium oxalate crystals, cyanogenic glycosides, steroids glycosides and terpenes. Lastly,

the classification system APG IV (THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP, 2016) was used in order to arrange the toxic plants floristic list.

## Results and discussion

It was identified and registered 39 species belonging to 19 botanical families (TABLE 1). Near to 50 % of the found species belong to four botanical families, which are: seven species of Araceae, six of Euphorbiaceae, four of Leguminosae and four of Solanaceae. For Apocynaceae, Asparagaceae and Moraceae, two species were registered for each. The other 12 species were registered in twelve different botanical families.

It was registered 13 toxic principle groups; they were further organized in descending order of representativity, being: alkaloids, calcium oxalate, cyanogenic glycosides, steroids glycosides, terpenes, phenols, toxalbumins, oxalic acid, cardiac toxic glycosides, flavonic glycosides, histamines, pyrocatechols and quinones.

**Table 1.** Floristic list of the toxic plants registered at the urban areas of IFSULDEMINAS – Machado Campus containing their popular name, toxic structures and active principles, place where they were found, origin, naturalization degree and UTM coordinates, at which: O/ND = Origin/Naturalization Degree; N = Native; E = Exotic; C = Cultivated; Nat = Naturalized; FB = Flower Beds; PI = Plantations; Pa = Pastures; VG = Vegetable Gardens; UA = Urban Arborization.

Families/ Species	Popular Name	Toxic Structures	Toxic Principles	Local	O/ND	UTM (23K)
<b>ANACARDIACEAE</b>						
<i>Lithraea brasiliensis Marchand</i>	Aroeira-brava	Branches and Leaves	Pyrocatechols (3-pentadecyl-te- col, 3-pentadecyl catechol, 3-heptadecyl catechol and 3-heptadecylde- nylcatechol)	FB	N	407652/7600334
<b>APOCYNACEAE</b>						
<i>Allamanda cathartica</i> L.	Quatro-patacas	Hole Plant	Cardiac toxic glycosides and toxalbumins	FB	N	408164/ 599943
<i>Plumeria rubra</i> L.	Pluméria	Latex found in stem, leaves and flowers	Alkaloids (agoniadine, plumerine e plumeri-tannic acid)	FB	E	408108/7600180
<b>ARACEAE</b>						
<i>Caladium bicolor</i> (Aiton) Vent.	Tinhorão	Hole Plant	Calcium oxalate	PI	N	408046/7600314
<i>Colocasia antiquo- rum</i> Schott	Inhame	Hole Plant	Calcium oxalate	VG	E	408394/7600011

(Continua)

Families/ Species	Popular Name	Toxic Structures	Toxic Principles	Local	O/ND	UTM (23K)
<i>Dieffenbachia seguine</i> (Jacq.) Schott	Comigo-ninguém-pode	Hole Plant	Calcium oxalate and saponins	FB	N	407991/7600263
<i>Monstera deliciosa</i> Liebm.	Costela-de-adão	Latex found in stem and leaves	Calcium oxalate and saponins	FB	E	408363/7600165
<i>Philodendron bipinnatifidum</i> Schott	Banana-de-macaco	Hole Plant	Calcium oxalate	FB	N	407832/7600326
<i>Philodendron hastatum</i> K.Koch & Sello	Azaléia	Leaves, flowers and nectar	Terpenes (andromedo-tixin)	Pa	N	408330/7600072
<i>Zantedeschia aethiopica</i> (L.) Spreng.	Copo-de-leite	Hole Plant	Calcium oxalate and saponins	FB	E	408189/7600199
<b>ASPARAGACEAE</b>						
<i>Agave attenuata</i> Salm-Dyck	Agave-dragão	Leaves and Roots	Steroids glycosides (saponins)	Pa	E	408146/7600332
<i>Sansevieria trifasciata</i> Prain	Espada-de-são-jorge	Hole Plant	Steroids glycosides (saponins) and organic acids	FB	E	407898/7599985
<b>BIGNONIACEAE</b>						
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Tulipeira	Flores e nectar	Alkaloids	UA	E	407954/7600012
<b>BORAGINACEAE</b>						
<i>Heliotropium indicum</i> L.	Fedegoso	Hole Plant	Alkaloids (indicin, lasiocarpine, heliotrin e equinatin)	FB	N	408241/7600138
<b>DENNSTAEDTIACEAE</b>						
<i>Pteridium arachnoideum</i> subsp. <i>arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	Samambaia-do-campo	Leaves and young leaves	Cyanogenic glycosides (type I Thiaminase)	FB	N	407891/7600265
<b>EQUISETACEAE</b>						
<i>Equisetum giganteum</i> L.	Cavalinha	Stem and strobilus	Flavonic glycosides, aglycone articulatin (gossipetin)	Pa	N	408389/7600113

(Continua)

Families/ Species	Popular Name	Toxic Structures	Toxic Principles	Local	O/ND	UTM (23K)
<b>EUPHORBIACEAE</b>						
<i>Codiaeum variegatum</i> (L.) Rumph. ex A. Juss.	Cróton	Seeds, Leaves and Stem	Alkaloids (croton)	UA	E	407954/7600293
<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	Leiteiro- vermelho	Hole Plant	Toxalbumins	UA	N	408209/7599923
<i>Euphorbia milii</i> Des Moul.	Coroa-de-cristo	Latex found in stem and leaves	Terpenes (diterpenes - milliamines)	FB	E	408005/7600027
<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch	Bico-de- papagaio	Latex found in stem and leaves	Toxalbumins	FB	N	407919/7600024
<i>Joannesia princeps</i> Vell.	Cutieira	Seeds	Alkaloids and neolignans (isoo- mericanine A, americanol A, isoo- americanol A and (±) 3,3'- bisdeme- thylpinoresinol)	UA	N	407891/7600065
<i>Ricinus communis</i> L.	Mamona	Seeds and Leaves	Alkaloid (ricin)	UA	C	408097/7600246
<b>HYDRANGEACEAE</b>						
<i>Hydrangea macrophylla</i> (Thunb.) Ser.	Hortência	Hole Plant	Cyanogenic glycosides (hidrangina)	FB	E	408131/7600026
<b>FABACEAE</b>						
<i>Anadenanthera colubri- na</i> var. <i>cebil</i> (Griseb.) Alts- chul	Angico- vermelho	Leaves and Seeds	Cyanogenic glycosides and bufetenin	UA	N	407955/7600177
<i>Crotalaria juncea</i> L.	Gergelim-bravo	Seeds	Alkaloids pyrrolizidine (senecionine, tricodesmin, juncein, senecifylline and riddelliine)	PI	Nat	408135/7600227
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucacena	Leaves and Seeds	Alkaloids (mimosine, leucenol)	UA	Nat	408275/7599911
<i>Spartium junceum</i> L.	Giesta	Hole Plant	Alkaloids (cytisine)	Pa	E	408149/7600156
<b>MORACEAE</b>						
<i>Ficus carica</i> L.	Figo	Leaves	Furanocumarins (psoralen e bergapten)	VG	C	408046/7600254

(Continua)

Families/ Species	Popular Name	Toxic Structures	Toxic Principles	Local	O/ND	UTM (23K)
<i>Ficus pumila</i> L.	Hera-miúda	Leaves and latex	Furanocumarins (bergapten)	FB	E	408055/7600224
<b>OXALIDACEAE</b>						
<i>Oxalis</i> sp.	Trevo	Hole Plant	Oxalic acid	FB	N	407627/7600343
<b>PLUMBAGINACEAE</b>						
<i>Plumbago scandens</i> L.	Louco	Leaves and Roots	Quinones (plumbagin - naphthoquinone)	Pa	N	407866/7600362
<b>POACEAE</b>						
<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D.Webster	Capim	Aerial Structures	Steroids glycosides (saponins): protodioscin, dioscin, iamogenin and diosgenin	Pa	N	408238/7600285
<b>ROSACEAE</b>						
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Pessegueiro-do-mato	Bark, leaves and seeds	Cyanogenic glycosides (cyanide)	FB	N	407673/7600242
<b>SOLANACEAE</b>						
<i>Brunfelsia uniflora</i> (Pohl) D.Don	Manacá	Hole Plant	Alkaloid brunfelsamedin (hopamidine)	FB	N	408229/7599922
<i>Datura ferox</i> L.	Zazumba	Leaves, Fruits and Seeds	Tropanes alkaloids (hyoscyamine and scopolamine)	UA	E	408041/7600043
<i>Solanum americanum</i> Mill.	Erva-moura	Fruits	Steroidal alkaloids and Assolanine	FB	N	407866/7600122
<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil	Lobeira	Fruits	Indole alkaloids	Pa	N	408059/7599985
<b>URTICACEAE</b>						
<i>Urtica dioica</i> L.	Urtica	Trichomes in the leaves and stem	Histamine, acetylcholine, serotonin	Pa	Nat	408053/7600346
<b>VERBENACEAE</b>						
<i>Lantana camara</i> L.	Camará	Fruits and leaves	Hepatotoxic terpenoids (lantadene A and B; lanthanide)	FB	Nat	408037/7600275

**Source:** Elaborated by the authors (2017), with information presented in Hojo-Souza, Carneiro e Santos (2010) and Matos et al. (2011).

Regarding toxic principles diversity, 33 % of the catalogued individuals (13 species) have some type of alkaloid, while 16 % (6 species) have calcium oxalate with a crystal conformation in their stems and leaves. The cyanogenic glycosides are present in 10 % (4 species) and the steroids glycosides and terpenes are found in three species, corresponding to 8 % each.

Through the UTM coordinates presented in Table 1, it was possible to georeference the places in which the species were located (FIGURE 2) using Google Earth tool.

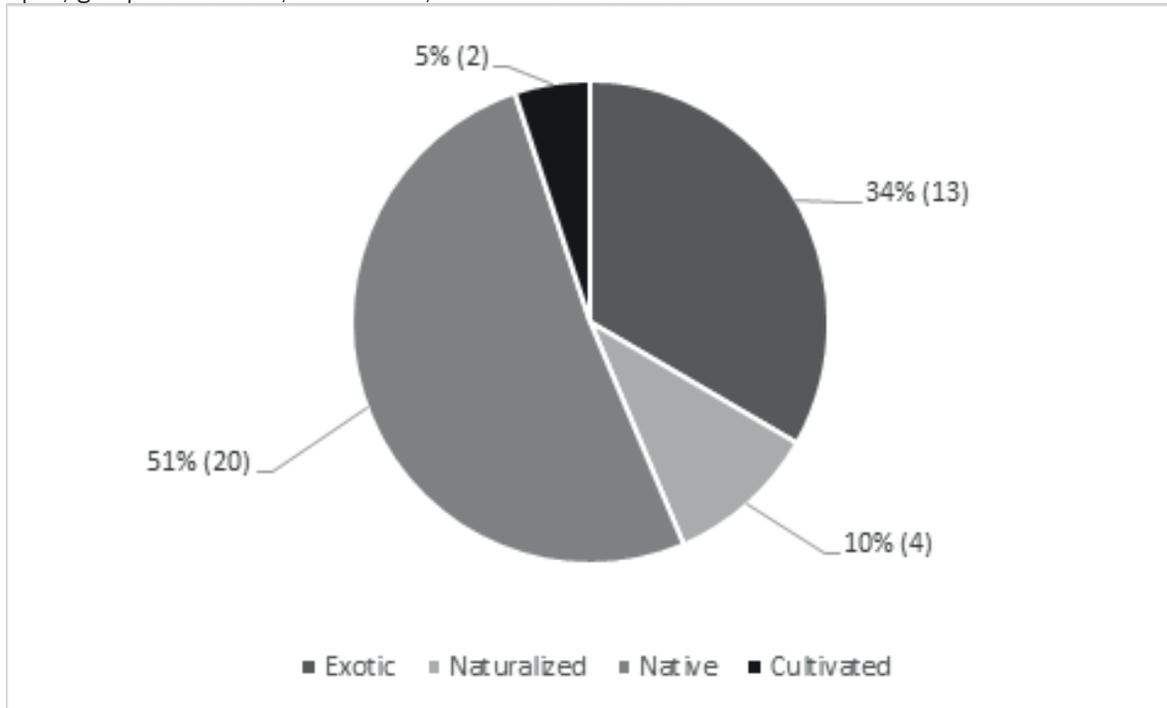
**Figure 2.** Insertion spots for the toxic plants catalogued from the UTM coordinates obtained and the popular names of the species found at IFSULDEMINAS - Machado Campus



Source: Elaborated by the authors (2017).

Out of the 39 found species, 13 (33 %) are exotic – such as the Zazumba (*Datura ferox*), Hortênciã (*Hydrangea macrophylla*) and Hera-miúda (*Ficus pumila*) – 4 (10 %) are naturalized – like the Urtica (*Urtica dioica*), the Camará (*Lantana camara*) and the Leucacena (*Leucaena leucocephala*) – 2 (5 %) are cultivated – Figo (*Ficus carica*) and Mamona (*Ricinus communis*) – and the others, 20 (51 %), are natives, not necessarily endemics, such as the Lobeira (*Solanum lycocarpum*), the Erva-moura (*Solanum americanum*) and the Manacá (*Brunfelsia uniflora*) (FIGURE 3).

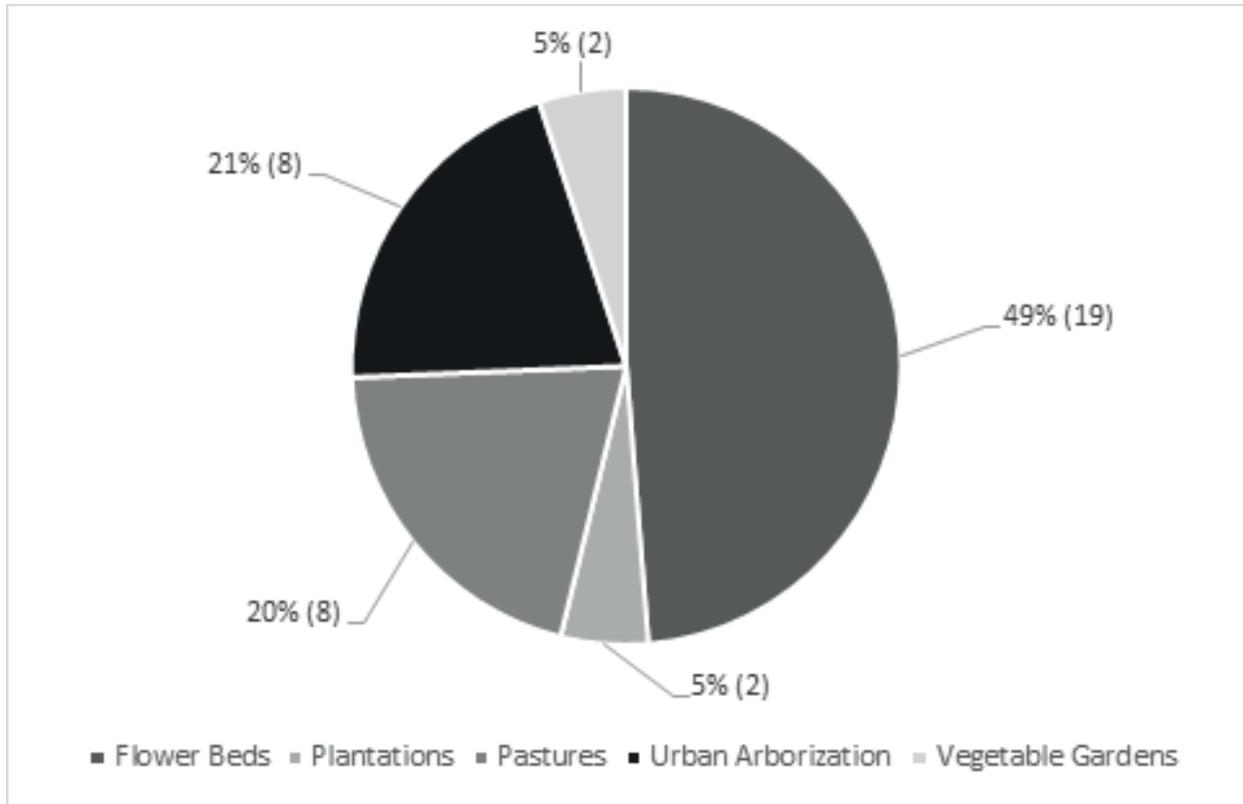
**Figure 3.** Percentage and number of toxic plants species obtained in the study at IFSULDEMINAS - Machado Campus, grouped in: Exotic, Naturalized, Cultivated and Native.



**Source:** Elaborated by the authors (2017).

Through the study of Figure 4, it can be observed 29 (74 %) of the toxic species are located in urbanized areas, which lead us to believe their positions were predefined based on their morphological characteristics for landscaping purposes. Another factor that seems to have influenced the location of many plants is the location of Comigo-Ninguém-Pode and Espada-de-São-Jorge species, both found indoors, in areas of high transit of people, probably because of the popular belief that they are able to ward off envy and provide protection, respectively. Moreover, from the 29 species located in urban area, 156 species (51 %) are exotic, cultivated or naturalized; hence, there is a high possibility the species have succeeded in those places because of landscaping choices made by humans.

**Figure 4.** Insertion spots for the toxic plant species obtained in the study at IFSULDEMINAS Machado Campus, grouped in Flower Beds, Plantations, Pasture, Urban Arboriculture and Vegetable Gardens.



**Source:** Elaborated by the authors (2017).

Out of the eight species found in places away from the urbanized area of the Campus, 4 (50 %) are native and their spatial distribution happened probably in a natural way and not through human selection. However, the fact that those plants are located away from places with a high transit of students and workers does not imply less risks to the human health since they are capable of providing indirect intoxications, for example, through the consumption of products from cattle and caprine that have ingested toxic plants which active principles can be found accumulated in the meat or milk intended for human consumption (MATOS et al., 2011). The plants *Urtica*, *Agave-dragão* and *Capim* were found at the campus, in places of cattle pastures; therefore, indirect intoxication can occur at the campus. However, further studies are necessary to verify this observation.

The compiled data concerning the location and the diversity of the toxic plants at the campus will be useful to prevent accidents and to the human health, as well as for the diffusion of knowledge about the diversity of plants, their active toxic principles and their effects. Moreover, cataloguing provides a better understanding of the environment people are, bringing the toxic plants to their attention.

## Conclusions

The study showed at least half of the catalogued toxic species are not native and the majority of them is located in urbanized places defined by their landscaping characteristics. Further studies

are necessary to investigate the potential of intoxication the species catalogued here have in their insertion places for different organisms.

## Flora de plantas tóxicas do *Campus* Machado do IFSULDEMINAS, Machado, MG

### Resumo

O Brasil possui alto índice de intoxicações provenientes de plantas tóxicas, vegetais estes caracterizados pelo potencial de síntese de princípios ativos com capacidade de causar alterações nos organismos humanos e animais. A pesquisa teve o objetivo de realizar o levantamento de plantas tóxicas no *Campus* do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, no município de Machado, tendo em vista que o local possui grande tráfego diário de servidores, alunos e da população em geral que podem ser expostos aos vegetais tóxicos. Para tanto, foram realizadas excursões para catalogação das espécies encontradas nas áreas urbanizadas do *Campus*. Foram identificadas, registradas e georreferenciadas 39 plantas tóxicas pertencentes a 19 famílias botânicas, assim como seus nomes populares e princípios tóxicos.

**Palavras-chave:** Toxicologia de plantas. Intoxicações. Princípios ativos tóxicos. Saúde pública.

### References

AGRA, M. F.; FREITAS, P. F.; BARBOSA-FILHO, J. M. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 1, p. 114-140, 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S-0102-695X2007000100021](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S-0102-695X2007000100021). Acesso em: 27 mar. 2019.

BORELLI, V.; CARDOSO, T. C.; BIFFINI, C. P.; WICPOLT, N.; OGLIARI, D.; SAVARI, T.; TRAVERSO, S. D.; GAVA, A. Intoxicação experimental por folhas de *Crotalaria pallida* (*mucronata*) em ovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 10, 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-736X2016001000935&script=sci\\_abstract&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-736X2016001000935&script=sci_abstract&lng=pt). Acesso em: 27 mar. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Plantas Tóxicas. **Série prevenindo intoxicações: plantas tóxicas**, 2001. Disponível em: <http://www.ccs.saude.gov.br/visa/publicacoes/arquivos/plantas.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2019.

CORREA, F. R.; MENDEZ, M. C. Plantas tóxicas e micotóxicos no Rio Grande do Sul. Brasília: **ABEAS**, 1996. 38p.

DOAN, L. G. Ricin: Mechanism of Toxicity, Clinical Manifestations, and Vaccine Development. A Review. **Journal of Toxicology**, v. 42, n. 2, p. 201-208, 2004.

FLORA do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 12 jan. 2018.

FLORES, J. S.; CANTO-AVILES, G. C. O.; FLORES-SERRANO, A. G. Plantas de la flora yucatanense que provocan alguna toxicidad en el humano. **Revista Biomédica**, v. 12, n. 2, p. 86-96, 2001. Disponível em: <http://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=21616>. Acesso em: 27 mar. 2019.

FORZZA, R. C.; BAUMGRATZ, J. F. A.; BICUDO, C. E. M.; CANHOS, D.; CARVALHO JR., A. A.; NADRUZ-COELHO, M. A.; COSTA, A. F.; COSTA, D. P.; HOPKINS, M.; LEITMAN, P. M.; LOHMANN, L. G.; LUGHADHA, E. N.; MAIA, L. C.; MARTINELLI, G.; MENEZES, M.; MORIM, M. P.; PEIXOTO, A. L.; PIRANI, J. R.; PRADO, J.; QUEIROZ, L. P.; SOUZA, S.; SOUZA, V. C.; STEHMANN, J. R.; SYLVESTRE, L. S.; WALTER, B. M. T.; ZAPPI, D. C. New Brazilian Floristic List Highlights Conservation Challenges. **Bioscience**, v. 62, n. 1, p. 39-45, 2012. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/downloads/FUNG1.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2019.

FRANCESCHI, V. R.; NAKATA, P. A. Calcium oxalate in plants: formation and function. **Annual Review of Plant Biology**, v. 56, p. 41-71, 2005.

HARAGUCHI, M. Plantas Tóxicas de Interesse na Pecuária. **Biológico**, v. 65, n. 1/2, p. 37-39, 2003. Disponível em: [http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v65\\_1\\_2/haraguchi.pdf](http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v65_1_2/haraguchi.pdf). Acesso em: 27 mar. 2019.

HOJO-SOUZA, N. S.; CARNEIRO, C. M.; SANTOS, R. C. *Pteridium aquilinum*: o que sabemos e o que ainda falta saber. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 5, p. 798-808, 2010. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7239>. Acesso em: 27 mar. 2019.

MATOS, F. J. A. LORENZI, H.; SANTOS, L. F. L.; MATOS, M. E. O.; SILVA, M. G. V.; SOUSA, M. P. **Plantas Tóxicas**: estudo de Fitotoxicologia Química de Plantas Brasileiras. Nova Odessa – SP: Ed. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2011. 247p.-

MORO, M. F. SOUZA, V. C.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; QUEIROZ, L. P.; FRAGA, C. N.; RODAL, M. J. N.; ARAÚJO, F. S.; MARTINS, F. R. Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia? **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 4, p. 991-999, 2012.

NUHU, H. ABDURRAHMAN, E. M.; SHOK, M. Ethnomedical studies of *Crotalaria* species found in Zaria, northern Nigeria. **Nigerian Journal of Pharmacological Sciences**, v. 8, n. 2, p. 46-53, 2009. Disponível em: <https://journals.abu.edu.ng/njps/pdf/74.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2019.

OLIVEIRA, J. M. G.; PEREIRA, L. J. C.; MOURA, E. R.; SOUSA, M. R. S. C.; SALES, P. A. B.; SILVA, S. M. M. S.; LIRA, S. R. S.; COSTA, A. P. R. Toxicidade subaguda do extrato etanólico das folhas de *Myracrodruon urundeuva* sobre o ciclo estral de ratas Wistar. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 2, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v18n2/1516-0572-rbpm-18-2-0539.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2019.

SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R.; CRUZ, M. E. S. Uso de plantas medicinais no controle de doenças de plantas. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 554-556, 2003.

SHEPHERD, G. J. **Avaliação do estado do conhecimento da diversidade biológica do Brasil: plantas terrestres (versão preliminar)**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 3-4, 2003.

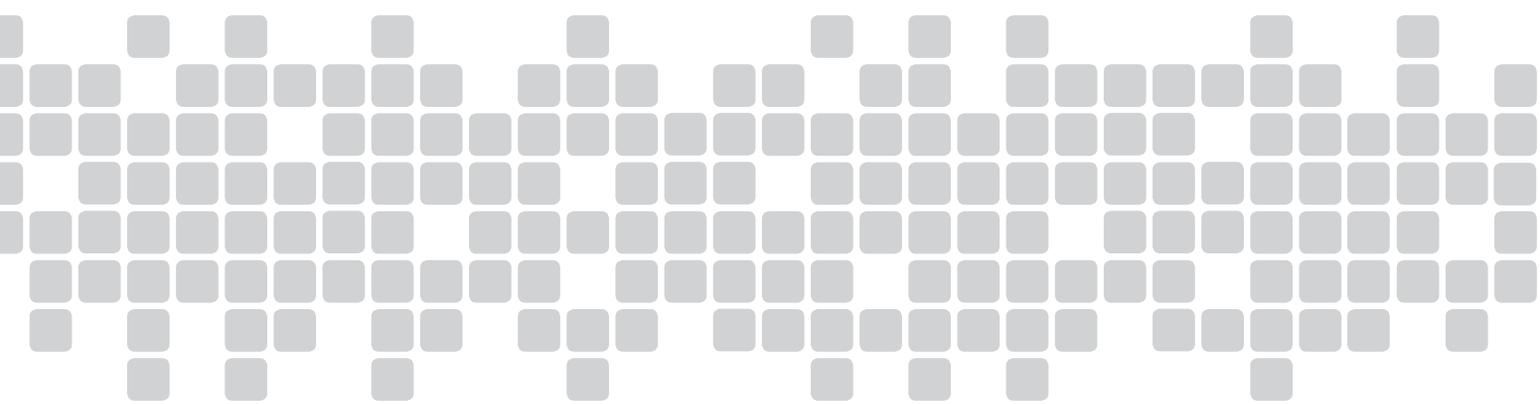
TAMILSELVAN, N.; THIRUMALAI, T.; SHYAMALA, P.; DAVID, E. A review on some poisonous plants and their medicinal values. **Journal of Acute Disease**, p. 85-89, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2221618914600226>. Acesso em: 27 mar. 2019.

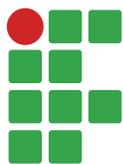
THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p. 1-20, 2016. Disponível em: [http://reflora.jbrj.gov.br/downloads/2016\\_GROUP\\_Botanical%20Journal%20of%20the%20Linnean%20Society.pdf](http://reflora.jbrj.gov.br/downloads/2016_GROUP_Botanical%20Journal%20of%20the%20Linnean%20Society.pdf). Acesso em: 27 mar. 2019.

THE PLANT LIST. Versão 1.1. 2013 [online]. Disponível em: <http://www.theplantlist.org/>. Acesso em: 31 dez. 2017.

**Received:** July 28, 2017

**Accepted:** January 17, 2018





## Priprioca essential oil and nutritional content in response to organic fertilization and liming

Jessivaldo Rodrigues Galvão<sup>1</sup>

Tiago Kesajiro Moraes Yakuwa<sup>2</sup>

Júlio Cesar Gomes Costa<sup>3</sup>

Deivison Rodrigues da Silva<sup>4</sup>

Karine Costa de Almeida<sup>5</sup>

Leonardo Brandão Araújo<sup>6</sup>

### Abstract

The native aromatic flora of Amazon has been the subject of several basic studies. One of these species is *Cyperus articulatus* L., known as priprioca, whose essential oil has great potential for exploitation due to its importance in the local pharmacopoeia. The objective of this work was to evaluate the production of essential oil and macronutrient contents of priprioca plants in response to organic fertilization and soil correction. The experimental design was completely randomized, in a 4 x 2 factorial scheme distributed in four replications. Poultry litter was more efficient than castor bean cake and cattle manure, promoting the highest yields of essential oil when applied to dosages with 330 g pot<sup>-1</sup> and 440 g pot<sup>-1</sup> in soil where limestone was applied. Poultry litter and liming, in interaction, or with the other treatments, were the most efficient in stimulating the absorption of macronutrients; liming did not influence the uptake of K, Ca, Mg and S when in interaction with castor bean or cattle manure.

**Keywords:** *Cyperus articulatus*. Medicinal plant. Aromatic plant. Mineral nutrition. Soil fertility.

### Introduction

Medicinal plants should guarantee greater sustainability for agriculture as they cease to be exploited only for extractive purposes, especially if a production chain is created, connecting production, industrialization and commercialization. Like the great majority of crops, these plants must respond positively to an adequate production program, involving the correct management of the soil and the species grown in it. A proper nutrient supply, based on chemical analysis of the soil and plant tissues, associated with other cultural practices, may promote results, such as adequate productivity, profitability and environmental protection (AMARAL et al., 2010).

Essential oils are used to provide aroma and special odors to several foods and perfumery products. In addition, its use in analgesic, antiseptic, sedative, expectorant, stimulant, stomatal and

1 Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto de Ciências Agrárias. [jessigalvao50@gmail.com](mailto:jessigalvao50@gmail.com). Avenida Tancredo Neves 2501, Bairro Montese, Belém Pará CEP: 66077-580

2 Universidade Federal Rural da Amazônia, PGAGRO. [tiago.yakuwa@outlook.com](mailto:tiago.yakuwa@outlook.com).

3 Universidade Federal Rural da Amazônia, PGAGRO. [Julio.costa@ufra.edu.br](mailto:Julio.costa@ufra.edu.br)

4 Universidade Federal Rural da Amazônia, PGAGRO. [deivisonrodrigues01@live.com](mailto:deivisonrodrigues01@live.com).

5 Universidade Federal Rural da Amazônia, PGAGRO. [karinecosta\\_12@hotmail.com](mailto:karinecosta_12@hotmail.com).

6 Engenheiro Agrônomo. [leonardob029@gmail.com](mailto:leonardob029@gmail.com)

even antifungal and antibacterial activities is also very important (SILVA, 2011; ALMEIDA et al., 2011). They are volatile products and, usually, have a complex constitution. In some cases, they contain more than a hundred components distributed in varying amounts (CASTRO et al., 2010).

The international market for essential oils moves around 1.8 billion dollars annually. However, Brazilian share in this scenario is still small, corresponding only to 0.1% (BIASI et al., 2009). In the State of Pará, priprioca *Cyperus articulatus* L. has aroused great scientific and economic interest due to the pleasant aroma of the essential oil obtained from its rhizomes.

A major challenge involving the use of medicinal and aromatic plants is achieving stable yields, in a desired quantity and quality, increasing the reliability of herbal medicine since the production of active principles in Brazilian regions oscillates immensely, thus justifying the importance of the studies related to the cultivation of those plants.

Not much is known about the mineral nutrition of priprioca, since many of the medicinal and aromatic species are still considered semi-wild, consequently, they have not undergone genetic manipulation, making it necessary to better understand the mechanism of absorption and metabolization of the mineral elements in an efficient way (SILVA, 2005).

The objective of this study was to evaluate the production of essential oil and macronutrient contents of priprioca (*Cyperus articulatus* L.) plants in response to organic fertilization and soil amendment.

## Material and methods

The experiment was carried out from January to October 2011, in a greenhouse covered by 150 microns plastic, located at the Federal Rural University of the Amazon in Belém, state of Pará. This study used samples of soil classified as Dystrophic Yellow Latosol (EMBRAPA, 2006), collected in the 0-0.20 m depth layer on a farm located in the municipality of Santo Antônio do Tauá, state of Pará.

The experimental design was completely randomized in a 4 x 2 factorial scheme, distributed in four replicates. The factors were four organic fertilizations: castor bean cake, cattle manure, poultry litter and soil as control treatment; two levels of corrections, with and without the addition of limestone.

The doses of cattle manure (0, 280, 420 and 520 g pot<sup>-1</sup>) and poultry litter (0, 220, 330 and 440 g pot<sup>-1</sup>) were differentiated to maintain the same N content in the doses applied with castor bean cake (0, 100, 150 and 200 g pot<sup>-1</sup>), based on the recommendation for black pepper in the region (CRAVO et al., 2007), which will be compared in 0, 1, 2 and 3 doses. Chemical composition of the organic substrate used in the experiment is presented in Table 1.

**Table 1.** Chemical characterization of castor bean cake (CBC), cattle manure (CM) and poultry litter (PL), used as fertilizers in the experiment.

Organic sources	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -----mg.dm <sup>-3</sup> -----	K <sub>2</sub> O	S	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	OM Total g Kg <sup>-1</sup>	C/N -	pH -
CBC	5.18	1.26	1.1	0.37	0.028	74.07	7.94	5.81
CM	1.85	1.16	0.65	0.2	0.026	73.16	21.97	5.16
PL	2.35	1.93	2.45	0.05	0.026	73.65	17.41	5.37

Source: Elaborated by the authors (2015).

Liming was performed using a mixture of  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{MgCO}_3$  (87% PRNT), in the 3:1 ratio, on the basis of  $2.5 \text{ t ha}^{-1}$ . The soil collected was taken to the laboratory where the chemical analyzes were carried out (TABLE 2).

**Table 2.** Chemical characterization of soil samples used in the experiment (0-20 cm depth).

pH ( $\text{H}_2\text{O}$ )	OM	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	H + Al	SB	Al <sup>+3</sup>	CEC pH 7
	g Kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
4.3	8.9	3.0	0.08	0.9	0.4	2.45	1.41	0.3	3.86

**Source:** Elaborated by the authors (2015).

Available phosphorus was determined by using Mehlich 1 extractor; pH was determined in water; exchangeable calcium, magnesium and aluminum were extracted with  $1 \text{ mol L}^{-1}$  KCl solution; exchangeable potassium was extracted with Mehlich1 and quantified by flame photometry; H + Al were extracted with  $0.5 \text{ mol L}^{-1}$  calcium acetate solution buffered to pH 7.0 and determined by neutralization titrations according to Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1997).

The soil was initially incubated for a period of thirty days. Soil-filled pots were initially saturated with distilled water and drained for approximately two hours until the field capacity was obtained, then they were incorporated into the organic sources according to the established treatments and, subsequently, a tuber of pripioca was planted per pot.

Data were collected eight months after planting. The plants were collected and separated in tubers, roots and later washed for removal of the excess of the substrate contained in them. The roots were then packed in paper bags and dried in a forced circulation oven at  $60^\circ\text{C}$ . The nutrient contents in the plant tissue were then determined. Total N content was determined according to the micro Kjeldahl method and the extract obtained by nitro-percloria digestion of the plant material. Phosphorus was determined by colorimetry, and K, Ca and Mg by atomic absorption spectrophotometry following the methodology of Embrapa (2005).

Regarding extraction of the essential oil from the rhizomes of the pripioca plants, the steam distillation hydrodistillation method was used with the aid of Clevenger apparatus adapted to a volumetric flask with a capacity of 1.000 mL. At each extraction, lasting approximately four hours, the 50 g rhizome samples were placed in a flask with 500 mL of distilled water. After a few minutes of rest in the obtained hydrolate (water + oil mixture), the solution was filtered and the amount of essential oil in the container was measured.

The results were submitted to the analysis of variance by comparing the treatments using F test ( $P < 0.05$ ), test of Tukey was applied to 5 % of probability, using the statistical software Sisvar (FERREIRA, 2011).

## Results and discussion

The production of pripioca essential oil and the contents of the nutrients were significantly influenced by the treatments and their interactions, except for P, which did not present any changes as treatments were applied (TABLE 3).

**Table 3.** Summary of the analysis of variance of the applied treatments: Organic fertilization (OF) and Soil amendments (AMD) for oil production (OP) and nutrient content in priprioca (*Cyperus articulatus* L.) plant tissue.

Source of Variation	DF	OP	N	P	K	Ca	Mg
OF	2	**	**	ns	**	**	**
AMD	1	**	**	ns	**	**	**
OF*AMD	2	**	**	ns	**	**	**
Residue	75	0.002	0.58	0.26	0.62	0.52	0.53
CV		17.94	12.79	10.17	15.55	7.49	13.36

**Source:** Elaborated by the authors (2015).

The highest yields of essential oil were verified by the application of poultry litter in all applied doses of organic fertilization. In general, production of priprioca oil increased as the doses of the organic sources increased, except for castor bean cake, which provided reduction from the third dose applied (TABLE 4).

Besides being a source of nutrients to the plants, organic fertilization is able to properly supply the needs of the crop and to contribute to the improvement of the physical, chemical and biological qualities of the soil. Medicinal and aromatic plants like any other crop depend on the adequate supply of nutrients for good agricultural productivity. The organic fertilizer improves soil edaphic conditions and can positively contribute to the production of biomass and active principles depending on the species, as it was observed in the experiment.

An increase in oil production was observed as the higher doses of cattle manure were applied.

When evaluating the yield of essential oil of *Hyptis marruboides* EPL. under organic fertilizer with cattle manure, Sales et al. (2009) called attention to a linear adjustment, for each kilogram of implemented organic fertilizer, there was an increase of 0.0034 g plant<sup>-1</sup>. Santos (2009), when studying the height, leaf yield, content and yield of essential oil of true lemon balm (*Melissa officinalis* L.) using cattle manure, found that applying 15 t ha<sup>-1</sup> per year induced the increase of total biomass yield by 10.7 % and the total yield of essential oil by 10.3 % in relation to the control treatment. In the experiment, an increase of 37.5 % was observed when the highest dose (520 g pot<sup>-1</sup>) was applied in relation to the control (dose 0).

However, Assis et al. (2009) indicated cattle manure negatively influenced the essential oil content in *Lippia sidoides*. Contrary to these results, Valadares et al. (2010) verified a significant increase in the production of essential oil in *Lippia citriodora* (Lam.) with the addition of liming and cattle manure. However, in a second material collection, a small reduction was observed.

Brant et al. (2010) verified lower levels of essential oil in citrus [*Aloysia triphylla* (L'Hérit)] with the use of bovine manure as treatment. Nevertheless, in this study, the participation of this manure in the increase of the production of the priprioca is emphasized.

Similarly to the results for cattle manure, the application of poultry litter promoted an increase in the production of essential oil of priprioca as the doses were expanded.

**Table 4.** Priprioca (*Cyperus articulatus* L.) oil production at the organic fertilization doses.

ORGANIC SOURCES	ORGANIC FERTILIZATION DOSES			
	0	1	2	3
CBM	0.08 Cab	0.29 Ab	0.15 BCc	0.11BCc
CM	0.03 Cc	0.17 BCc	0.43 Ab	0.46Ab
PL	0.09 Ca	0.46 Ba	0.50 ABa	0.53 ABa

Means followed by the same uppercase letters (horizontal) and lowercase letter (vertical) do not differ from each other at 5 % level by Tukey test. Castor bean (CBM), cattle manure (CM), poultry litter (PL).

**Source:** Elaborated by the authors (2015).

Corrections in the soil acidity through liming increased the production of essential oil in treatments with castor bean and poultry litter. The cattle manure treatment caused a reduction in oil production (TABLE 5). Under the effect of liming, poultry litter provided a 25.71% increase in the production of priprioca essential oil that initially was from 0.35 g plant<sup>-1</sup> to 0.44 g plant<sup>-1</sup>. As castor bean cake was applied, the increase was more significant, providing an increase of 120 % in oil production, that is, from 0.10 g plant<sup>-1</sup> to 0.22 g plant<sup>-1</sup>. In contrast to other applications of organic fertilization, cattle manure promoted a reduction of 34.78% in the production of priprioca essential oil, which was 0.31 g plant<sup>-1</sup>, reducing to 0.23 g plant<sup>-1</sup>.

**Table 5.** Production of priprioca (*Cyperus articulatus* L.) essential oil as a function of the organic fertilization and liming.

OM	No limestone	With limestone
CBM	0.10 Bb	0.22 Ab
CM	0.31 Ab	0.23 Bb
PL	0.35 Ba	0.44 Aa

Means followed by the same uppercase letters (horizontal) and lowercase letter (vertical) do not differ from each other at 5 % level by the Tukey test. Castor bean (CBM), cattle manure (CM), Poultry Litter.

**Source:** Elaborated by the authors (2015).

By means of the averages found in the study, with an adequate significance in the application of liming, a great tolerance to acid soils cannot be attributed to the crop. Sales et al. (2009), when studying *Hyptis marruboides* EPL, demonstrated there was no interaction of organic fertilizer doses with the presence or absence of liming. However, Corrêa et al. (2010) observed the doses of mineral and organic (poultry) fertilization had a significant influence on plant growth, yield and chemical composition of oregano essential oil.

Oliveira Júnior (2005) evaluated the effect of the application of limestone and mineral and organic fertilizer (coat manure) on the concentration and yield of arnica (*Lychonophora ericoides*) essential oil and observed that the studied variables were influenced by the interaction between liming and fertilization. Moreover, the author still points out the treatments of mineral and mixed fertilization with liming and mineral fertilization without liming were those that presented the lowest levels of essential oil. In addition, organic treatment without liming presented lower yield of essential oil, whereas the higher yields were obtained from the mineral and mixed treatments without liming.

For the plants that received treatment with castor bean cake, liming did not show significant results.

Cattle manure and poultry litter were influenced by liming, and soil correction provided the highest N uptake by plants. The contents of phosphorus were not affected by soil correction. The levels of K were significantly affected by soil correction only in the application of the poultry litter, at which liming provided higher levels of this element.

The Ca contents, similar to those of K, were higher with the poultry litter after soil correction. Liming promoted a reduction in the Mg contents after liming, except for fertilization with the poultry litter. For S contents, liming also showed higher values with the chicken litter (TABLE 6).

By evaluating the effect of N content on the roots, no interaction was observed between the use of liming and the addition of castor bean cake. However, the use of poultry litter and cattle manure with the addition of limestone showed the highest levels of N. The practice of soil management with organic fertilization produces several benefits when used correctly. In this aspect, the contribution of organic fertilization becomes a fundamental tool, considering the benefits such as nitrogen supply to the system, increase in the content of organic matter and other elements.

Amaral (2010), when evaluating the concentration of nutrients in the aerial part of *Baccharis trimera*, highlights the source of poultry since over 60 % of nitrogen and phosphorus amounts are also present in the mineral form. Therefore, they do not need to be decomposed by the microorganisms to become available to the plants.

For most organic fertilizers, N is the most abundant nutrient, presenting itself as a constituent of organic molecules that, with the process of mineralization, releases these nutrients as minerals that are absorbed by plants. Smith and Hadley (1989) reported that part of N, present in organic fertilizers, is resistant to fast mineralization and becomes available only to the subsequent crops, and the use of compounds do not only supplies plants with a considerable amount of nutrients, but contributes to maintaining the natural fertility, which involves the biological cycles of the nutrients in the cultivated soils.

**Table 6:** Contents of N, P, K, Ca, Mg and S in priprioca (*Cyperus articulatus* L.) roots as a function of the organic fertilization and liming.

	N		P		K		Ca		Mg	
	(%)		mg dm <sup>-3</sup>		----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					
OM	WL	NL	WL	NL	WL	NL	WL	NL	WL	NL
CBM	5.59 Ab	5.98 Aa	1.55 Aa	1.52 Aa	4.43 Ba	5.22 Ab	3.20 Aab	3.06 Aa	1.69 Bb	2.08 Aa
CM	5.70 Ab	5.10 Bb	1.65 Aa	1.63 Aa	4.48 Ba	7.28 Aa	3.03 Bb	3.22 Aab	1.28 Bc	2.24 Aa
PL	7.52 Aa	5.93 Ba	1.56 Aa	1.54 Aa	5.09 Aa	3.99 Bc	3.25 Aab	2.56 Bb	1.99 Aa	1.06 Bb

Means followed by the same uppercase letters (horizontal) and lowercase letter (vertical) do not differ from each other at 5 % level by Tukey test. Castor bean (CBM), cattle manure (CM), poultry litter (PL), with liming (WL), no liming (NL)

**Source:** Elaborated by the authors (2015).

The contents of phosphorus were not influenced by liming in the different evaluated organic fertilizations. The application of organic residues reduces the fixation of phosphorus in the soil and

increases the efficiency of the use of applied phosphate fertilizers. In addition, the organic residues, when interacting with the soil, may present similar effects to those of the limestone (calcium and magnesium carbonates) from the precipitation of iron and aluminum (HUE, 1990). Andrade, Fernandes and Faquin (2003), working in flooded low lands soils, verified the application of organic residue, limestone and gypsum reduces phosphorus fixation.

The greatest levels of K found in the dry matter of the pripioca were observed with the absence of liming, with the application of castor bean cake and cattle manure. In the poultry litter treatment, the effect of liming was significant, promoting a large increase in the contents of K. This lack of limestone response in castor bean and cattle manure can be explained, in part, by the short reaction period, as the application was carried out 30 days before planting. On the other hand, although the soil presented high acidity, the exchangeable Al content was low; therefore, it did not constitute an impediment to root development. The significant values verified with the avian bed can be related to the high concentration of macronutrients in their composition (ZHANG et al., 1998), providing increase in the total carbon, in the content of organic matter (SINGH et al., 2009) and consequently increase of soil pH.

No significant effects were observed in the Ca contents, with the application of limestone in relation to castor bean cake. As limestone was added in the cattle manure treatment, there was a reduction in Ca contents in the plant tissue of pripioca. The addition of limestone in the poultry caused an increase in Ca contents, with highly significant effects.

In a work carried out with different organic fertilization, with and without limestone application, Janegitz et al. (2011) observed the cattle manure presented better results than the castor bean cake. In the treatments without limestone, the castor bean cake was superior because it presented a fast decomposition, taking into account its efficiency according to the amount of the fertilizer used in the study. These results are similar to those of this experiment, evidencing the importance of castor bean cake as an organic fertilizer, even without liming.

Contents of Mg in the plant tissue of pripioca were reduced by liming, with application of castor bean and cattle manure. Regarding poultry litter, an increase in the contents of this nutrient was observed with liming. Excess of calcium in relation to magnesium in the soil solution may impair the absorption of magnesium as well as the excess magnesium may impair the absorption of calcium, similar to that occurring for potassium (MALAVOLTA et al., 1997). When evaluating the lack of macronutrients in basil (*Ocimum sp.*), Amaral et al. (1999) observed a marked increase in the concentration of Ca in the roots in the treatment with no Mg, probably due to the antagonism between these elements.

## Conclusion

The greater production of essential oil of the pripioca occurs with the application of the avian bed in soil with the addition of limestone.

In the pripioca plant tissue the N content is higher with the application of the aviary bed and with the addition of limestone.

The nutrients P, Ca and Mg presented the highest levels when adding bovine manure without liming.

## Óleo essencial e teores de nutrientes da priprioica em resposta à adubação orgânica e à calagem

### Resumo

A flora aromática nativa da Amazônia vem sendo alvo de vários estudos básicos. Uma dessas espécies é a *Cyperus articulatus* L., conhecida como priprioica, cujo óleo essencial tem grande potencial de exploração devido a sua importância na farmacopeia local. O objetivo do trabalho foi avaliar a produção de óleo essencial e os teores de macronutrientes de plantas de priprioica (*Cyperus articulatus* L.), em resposta à adubação orgânica e à correção do solo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2 distribuídos em quatro repetições. A cama de aviário foi mais eficiente que a torta de mamona e o esterco de gado promoveu as maiores produções de óleo essencial quando aplicadas às dosagens com 330 g vaso<sup>-1</sup> e 440 g vaso<sup>-1</sup> em solo que recebeu calcário. A cama aviária e a calagem em interação ou com os outros tratamentos foram as mais eficientes no estímulo à absorção dos macronutrientes; a calagem não influenciou a absorção de K, Ca, Mg e S quando em interação com a torta de mamona ou com o esterco de gado.

**Palavras-chave:** *Cyperus articulatus*. Planta medicinal. Planta aromática. Nutrição mineral. Fertilidade do solo.

### References

ALMEIDA, L. F. D.; CAVALCANTI, I. W.; VIANA, W. P.; LIMA, E. O. Screening da Atividade Antifúngica de Óleos Essenciais sobre *Candida Albicans*. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, João Pessoa, v. 14, n. 4, p. 51-56, 2011. Disponível em: <http://periodicos.ufpb.br/index.php/rbcs/article/viewFile/9818/5686>. Acesso em: 28 set. 2015.

AMARAL, A. S.; RADÜNZ, L. L.; MOSSI, A. J.; SANTI, A.; ROSA, N. M. F. F.; FEITEN, F. Rendimento de matéria seca e de óleo essencial de *Baccharis trimera* com adubação química e orgânica. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 9, n. 1, p. 20-28, 2010. Disponível em: <http://revistas.bvs-vet.org.br/rca/article/download/35145/39516>. Acesso em: 30 set. 2015.

AMARAL, J. F. T. do; FONSECA, A. F. A da; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R.; FONTES, P. C. R. Deficiências de macronutrientes Fe e B em manjerição (*Ocimum sp.*), em cultivo hidropônico. **Revista Ceres**, Viçosa (MG, Brasil), 1999. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/2540/533>. Acesso em: 28 set. 2015.

ANDRADE, A. T.; FERNANDES, L. A.; FAQUIN, V. Organic residue, limestone, gypsum, and phosphorus adsorption by lowland soils. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 349-355, abr/jun., 2003. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162002000200022](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162002000200022). Acesso em: 30 set. 2015.

ASSIS, B. F. S.; MARTINS, E. R.; SOUZA, M. F.; MELO, M. T. P.; CARVALHO JUNIOR, W. G. O. Produção de Fitomassa e de Óleo Essencial de Alecrim-Pimenta em Função da Adubação Orgânica.

**Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, 2009. Disponível em: <http://aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/view/9625>. Acesso em: 16 set. 2015.

BIASI, L. A. **Plantas aromáticas do cultivo à produção de óleo essencial**. Curitiba, PR: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda., 2009.

BRANT, R. S.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; ALBUQUERQUE, C. J. B. Produção de Biomassa e teor de óleo essencial de cidrão em função da adubação orgânica. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S010205362010000100021&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S010205362010000100021&lng=en&nrm=iso&tlng=pt). Acesso em: 11 set. 2015.

CASTRO, H. G.; PERINI, V. B. M.; SANTOS, G. R.; LEAL, T. C. A. B. Avaliação do teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.) em diferentes épocas de colheita. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 308-314, 2010. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/287>. Acesso em: 10 set. 2015.

CORRÊA, R. M.; PINTO, J. E. B. P.; REIS, E. S.; COSTA, L. C. B.; ALVES, P. B.; NICULAN, E. S.; BRANT, R. S. Adubação orgânica na produção de biomassa de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 80-89, 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-05722010000100012&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-05722010000100012&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 10 set. 2015.

CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. **Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado do Pará**. Belém: EMBRAPA, 2007.

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

HUE, N. V. Interaction of  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  applied to an Oxisol and previous sludge amendment: soil and crop response. **Communications Soil Science Plant Analysis**, New York, n. 1-2, v. 20, p. 61-73, 1990. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103629009368215?journalCode=lcss20>. Acesso em: 14 out. 2015.

JANEGITZ, B. C.; FIGUEIREDO-FILHO, L. C. S.; MARCOLINO-JUNIOR, L. H.; SOUZA, S. P. N.; PEREIRA-FILHO, E. R.; FATIBELLO-FILHO, O. Development of a carbon nanotubes paste electrode modified with crosslinked chitosan for cadmium(II) and mercury(II) determination. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v. 660, n. 1, p. 209-216, 2011. Disponível em: <http://www.bv.fapesp.br/pt/publicacao/26575/development-of-a-carbon-nanotubes-paste-electrode-modified-w/>. Acesso em: 30 out. 2015.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Rev. atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; FAQUIN, V.; PINTO, J. E. B. P.; LIMA SOBRINHO, R. R.; BERTOLUCCI, S. K. V. Teor e rendimento de óleo essencial no peso fresco da arnica, em função da calagem e adubação. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, jul./set. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/hb/v23n3/a09v23n3>. Acesso em: 14 out. 2015.

ROSINI, F.; DONATI, G. L.; NASCENTES, C. C.; ARRUDA, M. A. Z.; NOGUEIRA, A. R. A.; NÓBREGA, J. A. Espectrometria de absorção atômica com forno tubular na chama e aerossol térmico (TS\_FF\_AAS): comportamento dos elementos selênio e cobalto. São Carlos (SP, Brasil): Embrapa, 2005.

SALES, J. F.; PINTO, J. E. B. P.; BOTREL, P. P.; SILVA, F. G.; CORREA, R. M. Acúmulo de Massa, teor foliar de nutrientes e rendimento de óleo essencial de hortelã do campo (*Hyptis marrubiodes* EPL.) cultivados sob adubação orgânica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 60-68, 2009. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6785>. Acesso em: 05 out. 2015.

SANTOS, M. F.; MENDONÇA, M. C.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; DANTAS, I. B.; SILVA, M. R.; BLANK, A. F. Esterco bovino e biofertilizante no cultivo de erva-cidreira-verdadeira (*Melissa officinalis* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 11, n. 4, p. 355-359, 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-05722009000400001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722009000400001). Acesso em: 05 out. 2015.

SILVA, A. B. **Estudo Integrado da Priprioca (*Cyperus sp.*) no Estado do Pará**. 2005. 65 f. Dissertação (Mestrado) -Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2005.

SILVA, S. M. **Sistemas e épocas de cultivo na produção agrônômica e de óleo essencial de *Melissa officinalis* L.** 2011. 48 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

SINGH, Y.; GUPTA, R. K.; THIND, H. S. Poultrylitter as a nitrogen and phosphorus source for the rice-wheat cropping system. **Biology Fertilidad Soils**, v. 45, p. 701-710, 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00374-009-0373-z> . Acesso em: 05 out. 2015.

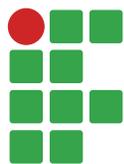
SMITH, S. R.; HADLEY, P. A. Comparison of organic and inorganic nitrogen fertilizers their nitrate-N and ammonium-N release characteristics and effects on the growth response of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Fortune). **Plant and soil**, v. 115, n. 1, p. 135-144, 1989. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02220704>. Acesso em: 05 out. 2015.

VALADARES, R. V.; SOUZA M. F.; VALADARES S. V.; DUARTE R. F.; FERNANDES L. A.; MARTINS E. R. Calagem e adubação orgânica na produção de biomassa e óleo essencial em *Lippia citriodora* (Lam.). **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 3591-3597. 2010. Disponível em: [http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev\\_4/a2527\\_t4576\\_comp.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_4/a2527_t4576_comp.pdf). Acesso em: 05 out. 2015.

ZHANG, H. Animal Manure Can Raise Soil pH. Production technology, **Department of Plant and Soil Sciences**, v. 10. n. 7, 1998. Disponível em: <http://animalwaste.okstate.edu/welcome-folder/pt98-7manureraisessoilph.pdf>. Acesso em: 05 out. 2015.

**Received:** October 05, 2017

**Accepted:** February 08, 2018



## Physical attributes of a Dystroferric Red Latosol (Oxisol) under different management systems

Leandro Campos Pinto<sup>1</sup>

Wantuir Filipe Teixeira Chagas<sup>2</sup>

Francisco Hécio Canuto Amaral<sup>3</sup>

### Abstract

The relationship of management and soil quality may be evaluated by the behavior of soil physical, chemical and biological properties. In the assessment of soil structure, it is sought attributes in the view of measuring the porosity and the distribution of pores by size and its implication to permeability and rigidity of the pores, as well as the stability of the units that composes soil structure. The aim of this research was to assess the structure of a Dystroferric Red Latosol (Oxisol) under conventional corn crop, conventional coffee crop, eucalyptus crop and an equilibrium reference (native vegetation), by the determination of the particle density, bulk density, calculated total porosity, microporosity, macroporosity, moisture saturation, determined total porosity, blocked pores and aggregated stability. Soil under native vegetation presented the lowest values of particle density, probably due to the greatest soil organic matter content in this environment. It was verified a tendency of increasing blocked pores and decreasing bulk density. As expected, bulk density varied from 0.87 to 1.03 g cm<sup>-3</sup>, showing an inversely proportional distribution related to total porosity. The largest values of geometric mean diameter presented by the soil under native vegetation are due to the greater structuration degree of this soil, which contributes to the stabilization of the aggregates in this environment. The native vegetation environment presented a better soil physical quality in relation to other land uses.

**Keywords:** Bulk density. Porosity. Aggregate stability.

### Introduction

Soil structure is one of the most important attributes for evaluating soil quality, and it can be used as an indicator of soil compaction, soil crusting and soil susceptibility to soil erosion, subsidizing control of productivity loss and environmental degradation (FERREIRA, 2010). This soil attribute is related to aggregation and suffers alteration due to inadequate land-use and land-cover, and these alterations may be transient or prolonged for several years (WENDLING et al., 2005).

Better physical quality is represented, in a wide textural range, by lower bulk density, higher total porosity and macroporosity (BLUM et al., 2014). In this sense, the use of soil physical attributes to study its quality presents advantages related to low cost, simple and fast methodologies and direct relationship with other chemical and biological attributes of the soil (SALES et al., 2016).

<sup>1</sup> Universidade Federal de Lavras, professor substituto. leandcampos@yahoo.com.br Departamento de Ciência do Solo, *Campus* Universitário.

<sup>2</sup> UFLA, doutor em Ciência do Solo. wantuirfilipe@gmail.com.

<sup>3</sup> UFLA, doutor em Ciência do Solo. helcioagro@gmail.com.

Ingaramo (2003) suggests that, for adequate evaluation of soil quality, properties and physical factors to describe it are: porosity, pore size distribution, bulk density, mechanical strength, hydraulic conductivity, particles, size distribution and depth at which roots grow. In addition, particle density, although considered to be quite stable, may reflect physical changes in the soil, especially when they cause a reduction in the amount of organic matter.

Based on the above, this research aimed to assess, by soil physical attributes, the structure of a Dystroferric Red Latosol (Oxisol) under four different land uses: maize plantation, coffee plantation, eucalyptus plantation and native forest.

## Material and methods

The study area is located at 21°34'46.04' S and 44°58'40.40" W South of Minas Gerais State, Brazil, with an average altitude of 920 m. The relief is predominantly undulated, with an average slope of 16 %. The climate is Cwa, according to Köppen classification system, characterized as semitropical with dry winters, hot and rainy summers, with an annual rainfall average of 1,450 mm.

Soil samples (undisturbed and disturbed samples) were collected from a Dystroferric Red Latosol (Oxisol) with four different land uses (the treatments): maize plantation (1.22 ha), coffee plantation (0.25 ha), eucalyptus plantation (0.32 ha) and a reference area with native forest (5.8 ha). The area under maize plantation has a history of alternating annual crops (maize and beans), with maize being planted in the rainy season of the year (October to March) and beans, under irrigation, in the dry season (April to September). The area under eucalyptus has in its history past cultivation of annual crops such as maize, beans and potatoes. The area under coffee plantation was implanted more than 15 years ago.

Sampling depth used was only 0-20 cm, in a completely randomized block, experimental design with three replicates per soil depth in each profile opened. Particle density (PD) was determined by the Pycnometer Method (Blake and Hartge, 1986a). Bulk density (BD) was determined according to Blake and Hartge (1986b). Microporosity (MIC) was determined by a porous plate apparatus (RICHARDS, 1948) and corresponds to the moisture retained up to a tension of 0.006 MPa (KIEHL, 1979; DANIELSON; SUTHERLAND, 1986). Total porosity (TP) was calculated from the values of BD and PD, using the equation (EMBRAPA, 2017):

$$VTP = 1 - BD/PD \quad (1)$$

Macroporosity (MAC) was calculated from the difference between total porosity (TP) and MIC.

Aggregate stability was determined from a sample of 25 g with diameter from 4.76 to 7.93 mm obtained from the previously sieving of soil samples. These aggregates were submitted to slow moistening and put in a set of sieves with diameters 2; 1; 0.5; 0.25; 0.10 mm and shaken in Yoder mechanical oscillator (YODER, 1936).

After sieving in water, the aggregates of each sieve were transferred to Becker of 100 mL and heated at 105-110°C for 24 hours, the weight of aggregate was obtained in each size class, expressing it as a percentage of the initial sample.

The data were subjected to analysis of variance (ANOVA), and the means compared by the Scott-Knott test at 5 %, using SISVAR software (FERREIRA, 2014).

## Results and discussion

By analyzing Table 1, it can be seen the native forest condition had lower values of particle density (PD), and this can probably be attributed to the higher organic matter (OM) of this type of environment, since the mass is less than the other constituents of the solid phase (FERREIRA, 2010), considering that both environments are under the same soil (particle size distribution). Thus, it was inferred that, with the soil management, there was a reduction of OM and the consequent increase of PD for other uses of the soil.

**Table 1.** Averages for bulk density (BD), microporosity (MICRO), macroporosity (MACRO), particle density (PD), calculated total porosity (CTP), determined total porosity (DTP), blocked pores (BP) and geometric mean diameter (GMD) of a Dystroferic Red Latosol in function of the different uses.

Land-use	PD	BD	MICRO	MACRO	CTP	DTP	BP	GMD
	g cm <sup>-3</sup>		cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>		%		(cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	(mm)
Maize	2.68a	0.95b	0.37a	0.27a	64.0a	59.0b	0.05a	2.09c
Native forest	2.54c	0.87c	0.34a	0.32a	66.0a	59.0b	0.07a	4.75a
Eucalyptus	2.70a	1.03a	0.34a	0.28a	62.0a	59.0b	0.02a	1.82c
Coffee	2.62b	0.95b	0.35a	0.28a	63.0a	63.0a	0.00a	3.21b
CV	2.4	6.0	3.5	6.7	2.3	2.9	76.9	38.9

Note: Means followed by the same letter, within each land use, did not differ by the Scott-Knott's test ( $P < 0.05$ ). CV: Coefficient of variation (%).

**Source:** Elaborated by the authors (2018).

According to Ferreira (2010), PD is a very stable attribute, whose magnitude depends exclusively on the composition of the solid particles, and in this context, it depends on the relative proportions of the organic and mineral fractions (mineralogical composition of the soil). As the organic matter has a specific mass around 1.2 g cm<sup>-3</sup>, greater relative amounts mean lowering the value of PD. Thus, it is reasonable to assume soil management can modify the value of PD over time if there is a significant reduction in soil organic matter content by this management.

According to Table 1, it can be observed the native forest environment presented better physical quality of the soil in relation to other uses, easily observed by the set of physical attributes evaluated. This fact is due to the greater contribution of organic matter in this environment and absence of anthropization. This environment presents lower BD values, higher MACRO and a more balanced relationship between MACRO and MICRO around 0.90. Oliveira et al. (2003) found a higher MACRO/MICRO ratio for a Dystroferic Red Latosol under Cerrado (1.08) compared to no-tillage (0.59) and disk plowing (0.66), a result of man's interference by using machines and equipment that altered soil properties in these two systems of planting.

The BD of the forest showed a significant difference on the other land uses, presenting a lower value compared to other due to the influence of litter (OM) (TABLE 1), indicating the homogeneity of this soil property in its natural condition, without layers of impediment or accumulation of clay.

The results of this study are in agreement with those found by Araújo et al. (2004), who found a higher BD under cultivated area (1.70 g cm<sup>-3</sup>), compared to the native forest (1.48 g cm<sup>-3</sup>), in a Dystroferic Red Latosol.

The higher BD in the cultivated soils is related to soil compaction by traffic of machines and implements, with the reduction of OM and lower stability of soil structure (BRAGA et al., 2015; PAIS et al., 2013).

Regarding MACRO and DTP, unlike this study, Araújo et al. (2004) observed lower values of MACRO and DTP in cultivated Dystroferric Red Latosol compared to the same soil under native forest. It is verified the lowest value of BD corresponds to the larger volume of MACRO within the native forest environment, emphasizing the physical quality of this soil when natural. However, for MICRO, the same authors did not find differences relating to micropores within the two systems studied.

Another aspect that should be considered is the amount of pores blocked in the soil, especially in environments under forest and maize. These pores are potentially occupied by water but they are found only with air, even when the soil is saturated.

According to Table 1, it is observed the native forest environment presents higher GMD, followed by the use of soil with coffee.

Possibly, the higher values of GMD presented by the forest are due to the higher degree of structure of this soil, conditioned by the greater presence of roots that release exudates and raise organic matter contents from soil through biochemical cycling (formation, death and decomposition of roots), contributing to the stabilization of aggregates (BRAGA et al., 2015).

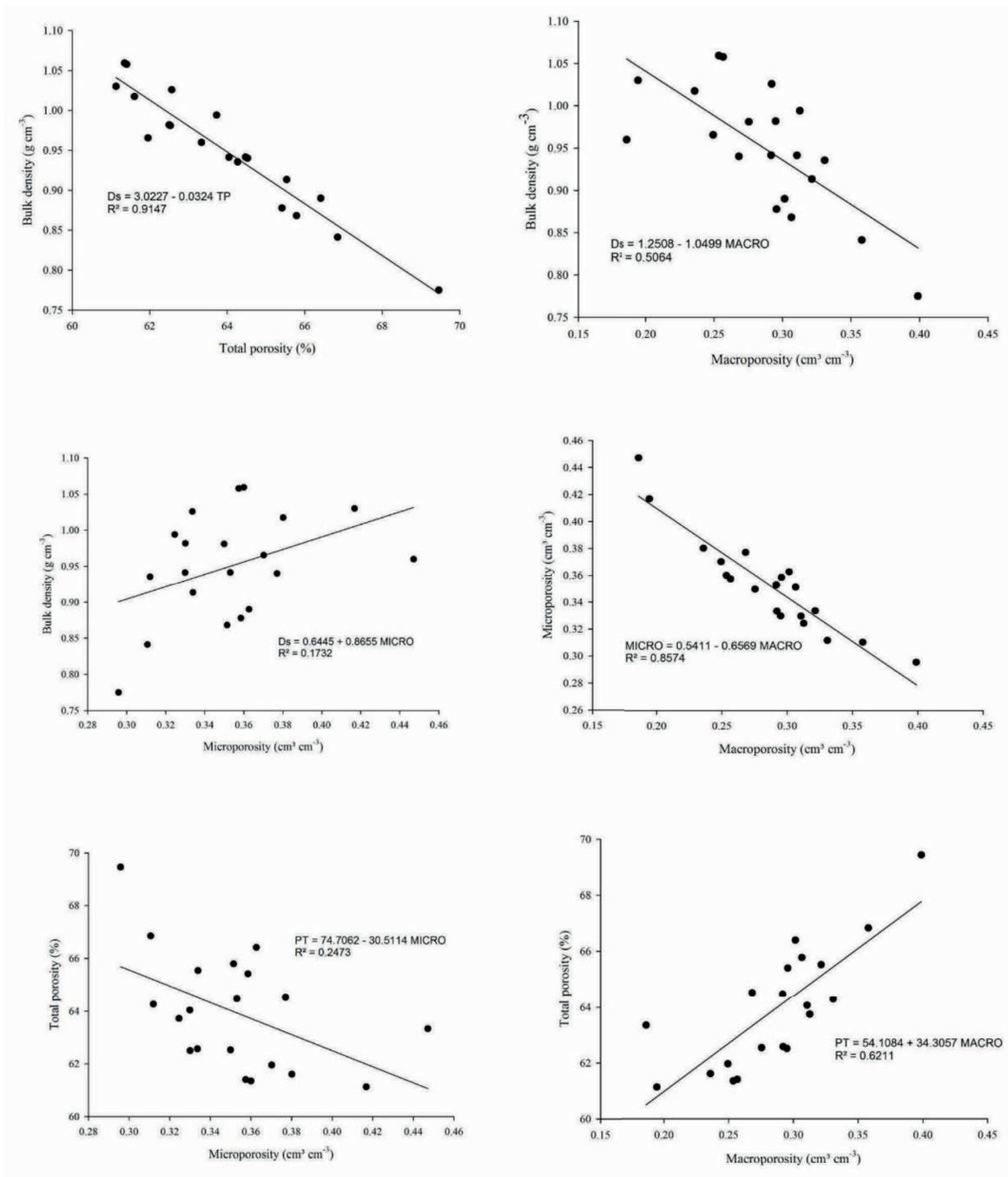
The lower values of GMD were found in the eucalyptus and maize areas, probably due to soil structure damage, caused by conventional tillage, with soil disturbance and consequent soil structure degradation and lower organic matter content when compared to native forest.

Martins et al. (2002) also found lower GMD values for soils with eucalyptus (2.72 mm), pinus plantation (2.44 mm) and rubber tree (2.04 mm), due to soil structure damage caused by management of these soils, they found soil under cultivation of eucalyptus had low organic matter contents when compared to native forest (GMD of 4.07 mm). Also, Bochner et al. (2008) found higher values for GMD (2.9 mm) in the 0 to 10 cm layer in secondary forest area when compared to other areas under conventional tillage.

Considering GMD values verified in this study and those found by Braga et al. (2015) in a Dystroferric Red Latosol under forest (4.88 mm) and by Martins et al. (2002) also in a Dystroferric Red Latosol under forestry (mean of 2.4 mm), it can be assumed the use of soil changes aggregates stability considerably. According to Table 1, there is a tendency for an increase in BP with decreasing BD. Dörner et al. (2010), in a study of soil structure on porosity functionality, found results of BP tending to decrease with increasing BD.

Figure 1 shows linear correlation analysis among total porosity (TP), bulk density (BD), macroporosity (MACRO) and microporosity (MICRO) of the area analyzed in this study.

**Figure 1.** Relationship between total porosity (TP), bulk density (BD), macroporosity (MACRO) and microporosity (MICRO) in Dystroferic Red Latosol.



**Source:** Elaborated by the authors (2018).

Linear correlation analysis (FIGURE 1) indicated TP and MACRO correlated positively, whereas TP and MICRO had a low negative correlation. TP has a strong negative correlation with BD as BD with MACRO; however, for this one, the correlation was not so strong.

These results corroborate Braga et al. (2013), who emphasize this behavior demonstrates soil structure is more associated with macropores; therefore, an increase in BD implies a decrease in MACRO and an increase in MICRO.

As expected, bulk density varied from 0.87 to 1.03 g cm<sup>-3</sup>, showing an inversely proportional distribution related to total porosity (FIGURE 1). Therefore, modifications caused in the soil by different management systems may have an impact on bulk density and soil porosity, influencing root growth and productivity of crops (TAVARES FILHO et al., 2010).

For BD and MICRO, it was also found a negative linear correlation to MACRO, with coefficients 0.5 and 0.8 for BD and MICRO, respectively. Braga et al. (2013) also found a negative linear relation for these attributes; however, the values were 0.89 for BD and 0.01 for MICRO. These results show MACRO decreases with increasing BD and MICRO.

This correlation can contribute to the evaluation of soil structure in cropping systems. According to Cavenage et al. (1999), in compacted layers, the increase in BD resulting from the increase of solids comparing to volume of pores causes a predominance of micropores. Therefore, the movement of water and air is hampered, which diminishes the internal drainage of the soil commanded by the structure.

Total porosity had a positive linear relationship with MACRO, meaning total porosity values increased with the increase in MACRO. According to Kiehl (1979), total porosity distribution of soil for agricultural cultivation should be of one-third percentage for macropores and two-thirds for micropores.

## Conclusions

Soil under native forest had the lowest values of BD because native forest environment provides greater contribution and conservation of organic matter to the soil.

There was a tendency for increasing blocked pores with decreasing BD.

The highest values of GMD presented by soil under forest are due to the higher degree of structuring of this soil. The lowest values of GMD were found for eucalyptus and maize areas as a result of disintegration of soil aggregates caused by conventional soil preparation.

Considering all the analyses, it was observed a reduction for physical quality of soil when submitted to conventional preparations and used in agricultural or forestry species.

## Atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférico sob diferentes sistemas de manejo

### Resumo

A relação entre o manejo e a qualidade do solo pode ser avaliada pelo comportamento das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Na avaliação da estrutura do solo, buscam-se atributos como a porosidade e a distribuição de poros por tamanho no solo e suas implicações na permeabilidade e rigidez dos poros, bem como a estabilidade das unidades que compõem a estrutura do solo. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a estrutura de um Latossolo Vermelho Distroférico sob cultivo convencional de milho, café, eucalipto e uma referência de equilíbrio (vegetação nativa), pela determinação da densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total calculada,

microporosidade, macroporosidade, umidade saturada, porosidade total determinada, poros bloqueados e estabilidade de agregados. O solo sob vegetação nativa apresentou os menores valores de densidade de partículas, provavelmente devido ao maior teor de matéria orgânica do solo nesse ambiente. Verificou-se uma tendência de aumento de poros bloqueados e diminuição da densidade do solo. Como esperado, a densidade do solo variou de 0,87 a 1,03 g cm<sup>-3</sup>, mostrando uma distribuição inversamente proporcional à porosidade total. Os maiores valores de diâmetro médio geométrico apresentado pelo solo sob vegetação nativa se devem ao maior grau de estruturação deste solo, o que contribui para a estabilização dos agregados nesse ambiente. O ambiente de vegetação nativa apresentou melhor qualidade física do solo em relação a outros usos do solo.

**Palavras-chave:** Densidade do solo. Porosidade. Estabilidade de agregados.

## References

- ARAÚJO, A. M.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 337-345, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000200012>. Acesso em: 06 set. 2017.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy. 1986a. p. 363-375.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy. 1986b. p. 377-382.
- BLUM J.; GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P.; GUEDES FILHO, O.; SILVA, S. G. C.; EBERHARDT, D. N.; ARAÚJO, S. R. Assessment of soil physical attributes at sowing row and inter-row under no-till system. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 5 p. 888-895, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902014000500004>. Acesso em: 22 set. 2017.
- BOCHNER, J. K.; FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M. G.; BALIERO, F. C.; SANTANA, I. K. S. Matéria orgânica e agregação de um Planossolo sob diferentes coberturas florestais. **Cerne**, v. 14, n. 1, p. 46-53, 2008. Disponível em: <http://cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/333>. Acesso em: 01 set. 2017.
- BRAGA, R. M.; DIAS JUNIOR, M. S.; BRAGA, F. A.; VENTURIN, N.; PROTÁSIO, T. P. Physical characterization of a dystroferric Red Latosol under semideciduous seasonal forest. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 9, p. 422-428, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/330987567\\_Physical\\_Characterization\\_of\\_A\\_Dystroferric\\_Red\\_Latosol\\_Under\\_Semideciduous\\_Seasonal\\_Forest](https://www.researchgate.net/publication/330987567_Physical_Characterization_of_A_Dystroferric_Red_Latosol_Under_Semideciduous_Seasonal_Forest). Acesso em: 22 set. 2017.
- BRAGA, R. M.; DIAS JUNIOR, M. S.; BRAGA, F. A.; PROTÁSIO, T. P. Physical attributes of dystroferric red latosol under four eucalypt species over the long term. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 4, p. 313-322, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542013000400004>. Acesso em: 05 set. 2017.

CAVENAGE, A.; MORAES, M. L. T.; ALVES, M. C.; CARVALHO, M. A. C.; FREITAS, M. L. M.; BUZETTI, S. Alterações nas propriedades físicas de um latossolo vermelho-escuro sob diferentes culturas. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 23, n. 4, p. 997-1003, 1999. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831999000400027>. Acesso em: 23 set. 2017.

DANIELSON, R. E.; SUTHERLAND, P. L. Porosity. In: KLUTE, A. Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods. **American Society of Agronomy**. 1986. p. 443-461. Disponível em: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/tocs/sssabookseries/methodsofsoilan1>. Acesso em: 07 ago. 2017.

DÖRNER, J. SANDOVAL, P.; DEC, D. The role of soil structure on the pore functionality of an ultisol. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 10, n. 4, p. 495 – 508, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162010000200009>. Acesso em: 08 jul. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. Rev. Ampl. Brasília, DF, 2017. 573 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>. Acesso em: 09 ago. 2017.

FERREIRA, M. M. Caracterização Física do Solo. In: JONG VAN LIER, Q. **Física do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. edição, 298p. 2010.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.

INGARAMO, O. E. **Indicadores físicos de la degradación del suelo**. 2003. 298f. (Tese de Doutorado) - Universidade da Coruña, La Coruña, 2003. 298 p.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M. Avaliação de atributos físicos de um Latossolo vermelho distroférico sob diferentes povoamentos florestais. **Cerne**, v. 8, n. 1, p. 32-41, 2002. Disponível em: <https://www.redalyc.org/html/744/74408103/>. Acesso em: 09 set. 2017.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JÚNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 291-299, 2003. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/AI-SEDE/24401/1/291.pdf>. Acesso em: 23 set. 2017.

PAIS, P. S. M.; DIAS JUNIOR, M. S.; DIAS, A. C.; IORI, P.; GUIMARÃES, P. T. G.; SANTOS, G. A. Load-bearing capacity of a red-yellow latosol cultivated with coffee plants subjected to different weed managements. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, p. 145-151, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542013000200005>. Acesso em: 08 jul. 2017.

RICHARDS, L. A. Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soils. **Soil Science**, v. 66, p. 105-110, 1948. Disponível em: [https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1948/08000/Porous\\_Plate\\_Apparatus\\_for\\_Measuring\\_Moisture.3.aspx](https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1948/08000/Porous_Plate_Apparatus_for_Measuring_Moisture.3.aspx). Acesso em 09 set. 2017.

SALES, R. P.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; KONDO, M. K.; PEGORARO, R. F. Physical quality of a Latosol under no-tillage and conventional tillage in the semi-arid region. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 429–438, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20160052>. Acesso em: 01 set. 2017.

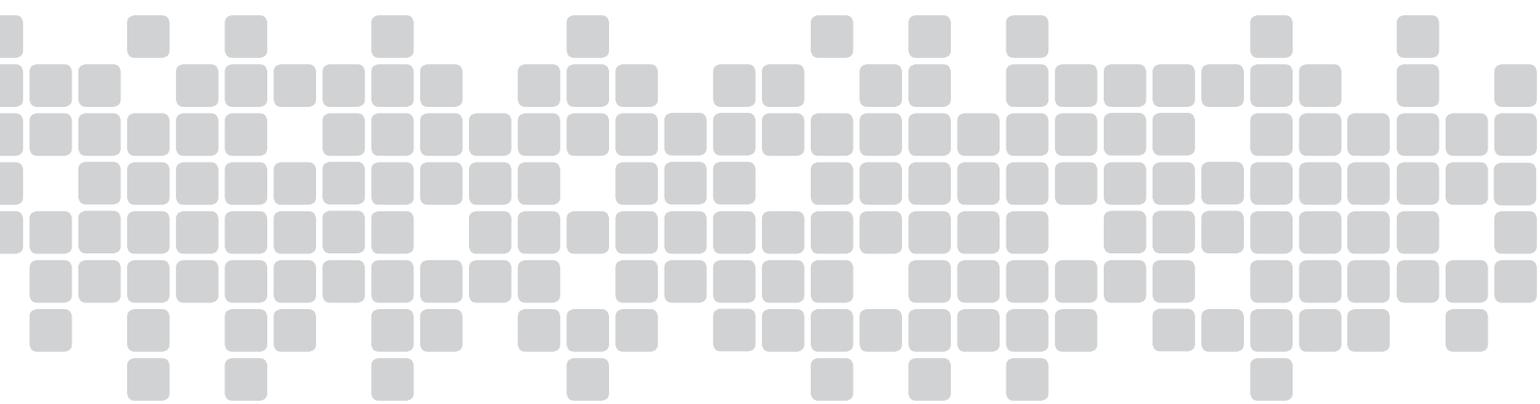
TAVARES FILHO, J., TESSIER, D. Effects of different management systems on porosity of Oxisols in Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 899-906, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000300031>. Acesso em: 09 set. 2017.

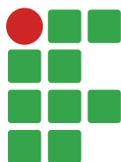
WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. D. S.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005000500010>. Acesso em: 07 jul. 2017.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of America Society Agronomy**, v. 28, p. 37-351, 1936. <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/pdfs/28/5/AJ0280050337>. Acesso em: 02 ago. 2017.

**Received:** March 16, 2017

**Accepted:** December 12, 2017

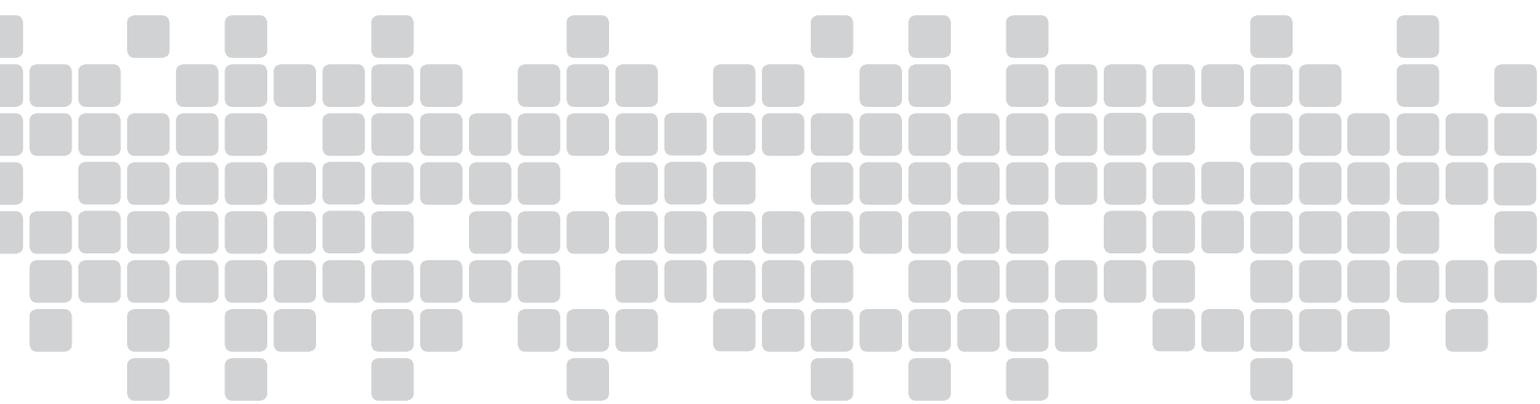


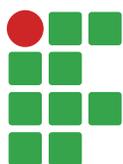


# Sumário

## Artigos científicos

Vulnerabilidade das águas subterrâneas na região semiárida da Bahia, município de Tucano, pelo método GOD.....	123
Yuri dos Santos Nascimento, Janisson Batista de Jesus, Ricardo Lacerda Gomes	
Utilização de drone com máquina fotográfica digital embarcada para a determinação de cobertura foliar .....	133
Roger Nabeyama Michels, Janksyn Bertozzi, Tatiane Cristina Dal Bosco, Marcelo Augusto de Aguiar e Silva, Estor Gnoatto, Cinthia Harumi Endo Soares	
Estudo do rendimento de bombeamento para um protótipo de carneiro hidráulico de PVC .....	143
Gustavo Eiji Ykeda, Fernando da Silva Barbosa, Miguel Angel Isaac Toledo del Pino	
Modelos hipsométricos ajustados para um fragmento de cerrado <i>Sensu stricto</i> tocantinense .....	155
Igor Eloi Silva Machado, Paulo Cesar Alves de Oliveira Medeiros, Marla Guedes Cordeiro Carvalho, Claudia Alicia Marin Perez, Thiago Franco Santana, Valdir Carlos de Lima Andrade	
Fenologia de espécies arbóreas visando à recuperação de áreas degradadas no município de Machado, MG .....	169
Danilo Oliveira de Castro Lima, Walnir Gomes Ferreira Júnior, Wander Duarte Cruz Júnior	
Uso de coprodutos da extração de vermiculita na produção de mudas <i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke .....	181
Maria José de Holanda Leite, Olaf Andreas Bakke	
Flora de plantas tóxicas do <i>Campus</i> Machado do IFSULDEMINAS, Machado, MG .....	193
Marco Antonio Chiminazzo, Renon Santos Andrade, Leonardo Pazzini Vieira, Walnir Gomes Ferreira Júnior	
Óleo essencial e teores de nutrientes da <i>priproica</i> em resposta à adubação orgânica e à calagem .....	207
Jessivaldo Rodrigues Galvão, Tiago Kesajiro Moraes Yakuwa, Júlio Cesar Gomes Costa, Deivison Rodrigues da Silva, Karine Costa de Almeida, Leonardo Brandão Araújo	





# Vulnerabilidade das águas subterrâneas na região semiárida da Bahia, município de Tucano, pelo método GOD

Yuri dos Santos Nascimento<sup>1</sup>

Janisson Batista de Jesus<sup>2</sup>

Ricardo Lacerda Gomes<sup>3</sup>

## Resumo

As atividades humanas podem promover a contaminação dos aquíferos, comprometendo a qualidade das águas subterrâneas. Por isso, é importante mapear os riscos de vulnerabilidade dos ambientes naturais, um dos métodos mais utilizados para tanto é o GOD (sigla de *Groundwater occurrence; Overall aquifer class; Depth to groundwater*). Sendo assim, o presente trabalho tem o objetivo de analisar a vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos do município de Tucano utilizando o método GOD. Para o estudo foram analisados dados geológicos e hidrogeológicos de 449 poços tubulares obtidos no banco de dados SIAGAS (CPRM). O parâmetro G foi definido na maioria da área como aquífero não confinado, o parâmetro O recebeu valores entre 0,4 e 0,8 (devido à variação da composição litológica ao longo da área) e o parâmetro D, correspondente à profundidade do nível estático ficou entre 0,6 e 0,9, indicando um lençol freático superficial. O método GOD indicou a ocorrência de quatro classes de vulnerabilidade: insignificante (1,28 %), baixa (71,99 %), média (23,79 %) e alta (2,94 %). Verificou-se que o município de Tucano, na maior parte do território, possui uma vulnerabilidade baixa a média, indicando um baixo risco de contaminação do aquífero, tendo apenas na porção do Rio Itapicuru um índice apontando alta vulnerabilidade.

**Palavras-chave:** Aquífero. Contaminação. Geoprocessamento.

## Introdução

Cerca de 97 % da água doce disponível para o uso humano pode ser encontrada nas camadas subterrâneas (MEIRA et al., 2014), entretanto, a qualidade natural dessas reservas hídricas podem estar em risco devido à sua exploração excessiva, à irregular ocupação do solo e ao descumprimento da legislação (RIBEIRO et al., 2011). Isso pode ser resultante de eventuais lançamentos de poluentes ocorridos na superfície do solo que, tendo um meio favorável de infiltração e percolação, podem atingir os aquíferos (BATISTA et al., 2016).

Por serem geralmente de boa qualidade, 39% dos municípios brasileiros captam as águas subterrâneas para abastecimento por meio de poços tubulares. No Estado da Bahia, 78 cidades são abastecidas unicamente por essa fonte hídrica e outras 32 utilizam-na como complemento ao abastecimento (ANA, 2010).

1 Faculdade Dom Luiz de Orleans e Bragança, engenheiro civil. [yuri.dnsantos@gmail.com](mailto:yuri.dnsantos@gmail.com). BR 110, Km 7, Pombalzinho, Ribeira do Pombal (BA), CEP: 48.400-000.

2 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, [janisson.eng@gmail.com](mailto:janisson.eng@gmail.com).

3 Universidade Federal da Bahia, [ricardolacerda12@hotmail.com](mailto:ricardolacerda12@hotmail.com).

No município de Tucano, localizado no nordeste baiano, há uma malha de poços tubulares registrada no Sistema de Informações de Água Subterrânea (SIAGAS, 2016) do Serviço Geológico do Brasil (Companhia de Recursos Minerais – CPRM). Esses poços são destinados ao uso doméstico, industrial ou comercial, à dessedentação animal, entre outros (VIEIRA et al., 2005). Além disso, as águas subterrâneas neste município por serem águas termais têm uma importância turística primordial para a região semiárida e geram renda e desenvolvimento para a localidade. Devido à grande utilização desse tipo de fonte hídrica, é importante a fiscalização do padrão qualitativo e quantitativo dessas águas, uma vez que poços que não têm monitoramento podem se tornar vias de contaminação da água subterrânea, afetando a qualidade da água existente no aquífero (FERON; REGINATO, 2014).

De acordo com Feron e Reginato (2014), existem fatores de ordens distintas que devem ser não somente integrados, mas analisados a fim de avaliar a vulnerabilidade dos aquíferos. Esses fatores podem ser naturais (cobertura de solos, existência de camadas confinadas, estrutura e composição das rochas, entre outros) ou não naturais, de acordo com Marquezan (2008). Estes, por sua vez, ocorrem por meio da intervenção humana em pontos de considerável contaminação onde não há adequado controle. Assim, atividades agrícolas, industriais, urbanas e de mineração poluem por emissão e lixiviados, favorecendo o excesso da capacidade de atenuação natural dos solos das camadas de cobertura (FOSTER et al., 2006).

O ideal é visar à manutenção da qualidade das águas subterrâneas por meio de análises da vulnerabilidade e do risco de contaminação, para identificar regiões que exibem distintos riscos de impurezas (REGINATO; AHLERT, 2013). Um dos métodos mais utilizados nessas análises é o método de GOD, sigla definida pelas iniciais que compõem cada fase: *Groundwater occurrence*, *Overall aquifer class*, *Depth to groundwater*. A metodologia proposta por este método, além de ser muito utilizada, serve para guiar a ocupação do solo, evitando áreas que possam ter maior potencial de contaminação dos aquíferos, auxiliando, assim, na gestão dos recursos hídricos (SANTOS et al., 2013).

O método GOD de avaliação da vulnerabilidade do aquífero à contaminação é de simples aplicação e foi amplamente experimentado na década de 1990 no Caribe e na América Latina (FOSTER et al., 2006), sendo muito utilizado no Brasil (SOUZA et al., 2004, MONTEIRO; PEIXOTO, 2013, TERRA et al., 2013, DUARTE et al., 2016, SABADINI et al., 2017).

Logo, ao considerar o potencial risco de contaminação dos aquíferos em conjunto com a atividade antrópica de exploração, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de analisar a vulnerabilidade das águas subterrâneas do município de Tucano, estado da Bahia, à contaminação, utilizando o método GOD.

## Material e métodos

### Área de estudo e obtenção dos dados

O estudo foi realizado no município de Tucano, Bahia, com área total de 2.817,74 km<sup>2</sup> e localizado entre as coordenadas UTM (X/Y): 552151,32/8740373,09 e 482422,268/8817963,622, no nordeste baiano, na porção central da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, situado na região climática semiárida, com chuvas anuais inferiores a 700 mm, cobertura vegetal com predomínio de pastagens entremeadas por áreas com vegetação de Caatinga (INSTITUTO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, 2017) e com os solos do tipo: Latossolo, Planossolo e Vertissolo, sendo

esses os mais característicos no município (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006).

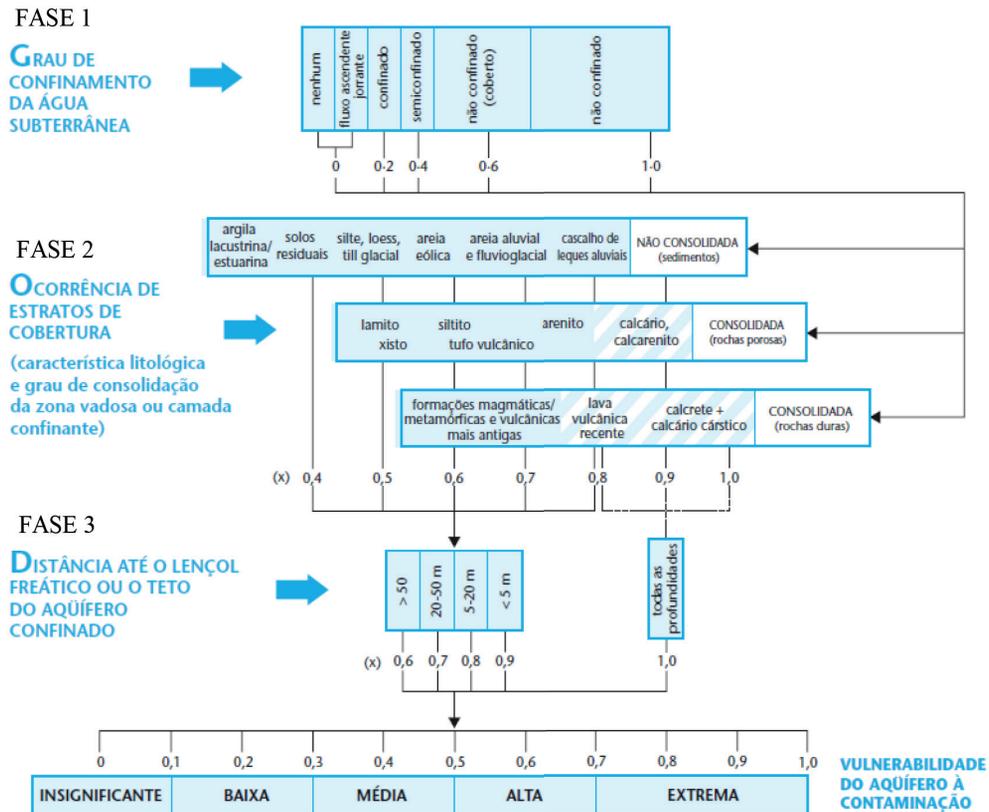
Os dados de profundidade (nível estático do lençol freático) e composição litológica de cada poço, de um total de 449, bem como de litologia da área de estudo, foram adquiridos pelo sítio do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2017), por meio do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) e do sistema Dados, que, por sua vez, fornece dados sobre os poços no Brasil, que foram utilizados para o presente estudo de uma série temporal de 01/01/1938 a 10/08/2013.

### Método GOD

O método GOD é dividido em três fases (grau de confinamento da água subterrânea, característica do estrato de cobertura do aquífero e profundidade do nível freático) e considera diferentes condicionantes que determinam um maior ou menor potencial de vulnerabilidade do aquífero (FIGURA 1) a partir das características de cada aquífero; para cada característica foi atribuído um “peso” específico de acordo com a sua composição, associada ao verificado no município de Tucano.

Os dados de litotipos e litologia foram utilizados para definir o grau de confinamento e os estratos de cobertura e foram convertidos em arquivo matricial *Raster* e atribuídos os valores para cada característica. Na Fase 3, a partir dos dados vetoriais de nível estático da água subterrânea de cada poço foi realizada a interpolação pelo método IDW (*Inverse Distance Weighting*), agrupando os valores conforme as cinco classes de profundidade do método e exportando para um novo *Raster*.

Figura 1. Método GOD para classificar a vulnerabilidade de contaminação de aquíferos



Fonte: Foster et al. (2006).

Todos os dados foram trabalhados no ArcGIS 10.2.2, cada fase do método GOD foi realizada de forma independente, para, posteriormente, serem cruzadas (multiplicadas) as informações de cada pixel com seu respectivo valor atribuído e gerar o mapa final de vulnerabilidade do aquífero.

## Resultados e discussão

Os estratos geológicos dos poços analisados, que envolvem as características litológicas que influenciaram a formação do solo e o grau de consolidação da zona vadosa, apresentaram duas unidades definidas: Cobertura Supracrustal e o Embasamento Cristalino (TABELA 1), as quais possuem correlação com o litotipo associado, com a característica do substrato e conseqüentemente com o grau de vulnerabilidade.

**Tabela 1.** Classificação das formações geológicas existentes no município de Tucano-BA

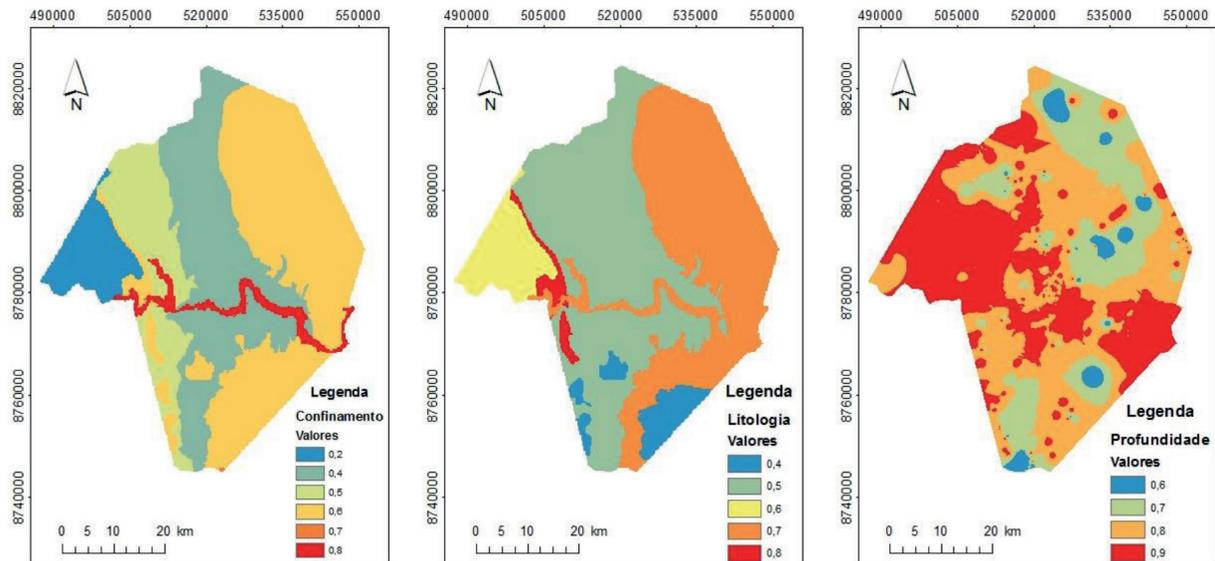
Unidade Geológica	Ligotipos	Características
Cobertura Supracrustal	Arenito subarcócio, Carvão, Folhelho, Siltito	Sedimentar - Intergranular / Não Confinado
Cobertura Supracrustal	Argilito Arenoso, Arenito Conglomerático	Sedimentar - Intergranular / Não Confinado
Cobertura Supracrustal	Calcilutito, Arenito, Arenito Conglomerático, Conglomerado	Essencialmente Intergranular com influência Cárstica / –
Cobertura Supracrustal	Conglomerado, Folhelho, Arenito, Siltito, Silexito	Sedimentar- Intergranular / Não Confinado
Cobertura Supracrustal	Depósitos de areia, Depósitos de cascalho	Comportamento meio poroso / Não Confinado
Cobertura Supracrustal	Depósitos de argila, Depósitos de cascalho	Comportamento meio poroso / Não Confinado
Embasamento Cristalino	Granodiorito e Granito	Fissural / –
Embasamento Cristalino	Metabasalto, Formação Ferrífera bandada (Bifs)	Fissural / –
Cobertura Supracrustal	Metarenito, Metaconglomerado, Metachert	Fissural / –
Contato entre o Embasamento Cristalino e a Cobertura Supracrustal	Metadacito, Metatufo	Fissural / –
Contato entre o Embasamento Cristalino e a Cobertura Supracrustal	Migmatito, Kinzigito, Rocha Calcissilicática, Quartzito	Fissural / –
Cobertura Supracrustal	Siltito, Folhelho Carbonoso, Calcilutito, Arenito	Sedimentar - Intergranular / –
Cobertura Supracrustal	Siltito, Folhelho, Argilito, Arenito	Sedimentar - Intergranular / Não Confinado

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2017).

Ainda pela Tabela 1 se observa que a cobertura supracrustal, a qual está associada à sequência da Formação Marizal da Região de Tucano, é a unidade geológica mais característica da área de recarga da Bacia de Tucano, por ser coberta pelo pacote sedimentar (MESTRINHO et al., 2006) e devido às características do ligotipo, que possui um índice de permeabilidade mais alto, embora tenha uma característica argilosa com pontos locais silto-arenoso, enquanto que no setor do Embasamento Cristalino o índice de permeabilidade é mais baixo, mesmo sendo fraturado, característica esta da própria composição do ligotipo.

O grau de confinamento da água subterrânea tem relação direta com o ciclo deposicional da bacia e com a continuidade lateral das camadas sedimentares, isso indica livre dinâmica vertical e horizontal do fluxo de água nos pontos de recargas mais arenosas que, conseqüentemente, terão uma permeabilidade mais alta. Nota-se que a água subterrânea na área estudada, em sua maioria, não é confinada, assumindo, portanto, os maiores valores na fase de grau de confinamento (FIGURA 2), enquanto que as regiões de composições geológicas de rochas fissuradas obtiveram os menores valores.

**Figura 2.** Mapas com os valores atribuídos pelo método GOD para cada fase: confinamento, litologia e profundidade, no município de Tucano-BA



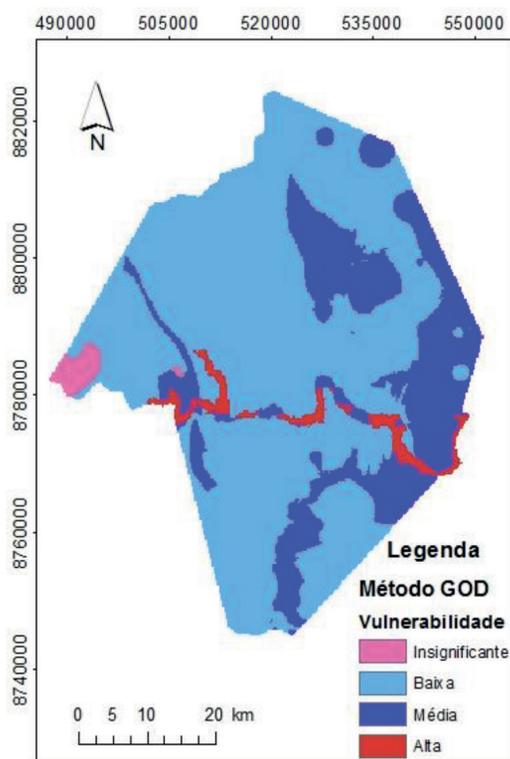
**Fonte:** Elaborada pelos autores (2017).

Com relação à litologia, em que são considerados os valores das tipologias de texturas e/ou solo e rocha presentes na camada vadosa, localizada acima do nível freático de cada poço, o menor valor (0,4) foi caracterizado pela presença de depósito de argila. Nos poços com presença de sedimentos de arenito, admitiram-se os valores de 0,6 a 0,8, sendo os valores de 0,5 (na porção central da área estudada) o mais representativo, influenciado pela camada argilosa do material litológico. O valor 0,7 foi observado em toda região leste, sendo espacialmente significativo na área, indicando a variação da influência da ocorrência dos estratos.

No que se refere aos valores de distância da superfície até o nível estático da água subterrânea, os valores mais representativos foram de 0,8 e 0,9, o que retrata o quão superficial é o aquífero na região estudada, uma vez que o menor valor de 0,6 (profundidade superior a 50 m) foi verificado em alguns pontos ao longo de todo o município.

A partir das análises das três fases do método GOD, observou-se que as águas subterrâneas da área de estudo apresentam expressivamente uma baixa (71,99%) e média (23,79%) vulnerabilidade (FIGURA 3), com pequenas áreas consideradas insignificantes (1,28%) quanto ao risco de contaminação e apenas o trecho referente ao Rio Itapicuru foi apontado como alto (2,94%), obtendo o valor de 0,504, estando, portanto, no limite da classe de médio para alto e relacionado aos depósitos de areia e de cascalhos. Esse resultado de maior risco de contaminação associado às planícies fluviais foram verificados também por Montero e Peixoto (2013), que observaram os valores extremos de vulnerabilidade ao longo dos Rios Aguapeí e Tibiriça e aconselharam restrições rígidas quanto ao transporte e manuseio de substâncias contaminantes e à implantação de atividades poluidoras próximas a esses rios.

**Figura 3.** Mapa da vulnerabilidade do aquífero pelo método GOD no município de Tucano-BA



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2017).

O baixo índice de vulnerabilidade para a região de Tucano foi observado também por Mestriho et al. (2006) ao analisarem o método GOD em toda a extensão da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, com valores inferiores a 0,5 proporcionado, segundo os autores, pela presença da bacia sedimentar de Tucano. Porém, os autores não detalham o mapeamento nas águas subterrâneas no município tal como realizado no presente estudo.

Apesar de a Fase 3 indicar águas subterrâneas pouco profundas, o que aumenta o risco de sua contaminação, as demais fases do método GOD (critérios de confinamento e ocorrência litológica) foram condicionantes para classificar a vulnerabilidade da área. Meira et al. (2014) observaram situação semelhante, observando o predomínio da classe de vulnerabilidade moderada em 2/3 da área do aquífero Guarani, onde há influência do tipo de solo (Argissolo) com alta profundidade do

lençol freático. A mesma situação ocorreu com o Aquífero Serra Geral, estudado por Reginato e Ahlert (2013). Ambos os aquíferos, com nível freático próximos da superfície, apresentaram respectivamente uma expressiva vulnerabilidade de baixa a média. Porém, no caso do Guarani, as áreas com alto risco ficaram associadas exatamente aos locais de pouca profundidade do aquífero, conferido em associação com os outros componentes do método, enquanto no presente estudo, as altas vulnerabilidades estavam relacionadas à camada arenosa.

Duarte et al. (2016), ao estudarem as águas subterrâneas de Humaitá e Amazonas, constataram uma média e alta vulnerabilidade à contaminação que se deu pelo fato de se tratar de um aquífero livre, com nível estático pouco profundo e que teve a influência da Fase Litológica, a qual tinha como constituintes os sedimentos arenosos da camada vadosa. Por outro lado, Souza et al. (2015) não verificaram alto risco à contaminação mesmo tendo um aquífero livre, superficial com siltes e argilas como estratos de cobertura, os quais conferem menor permeabilidade aos contaminantes.

Existe uma significativa baixa vulnerabilidade de contaminação das águas subterrâneas no município de Tucano e, de acordo com Oliveira et al. (2007), a água subterrânea varia de boa qualidade a uma qualidade aceitável. No entanto, os autores afirmam que há um padrão impróprio dessas águas em áreas próximas ao município, devendo-se, portanto, destacar que os fluxos subterrâneos destas águas provenientes de regiões vizinhas podem prejudicar a qualidade das águas do aquífero, com atenção ao fluxo subterrâneo que tem sua hidrodinâmica preferencial na Bacia do Itapicuru no sentido NW-SE, subordinado, localmente, a um fluxo N-S, em direção à calha do rio, com alinhamento N-S na parte central do domínio sedimentar (região do município de Tucano) (PURIFICAÇÃO et al., 2016).

Portanto, mesmo não havendo altos riscos de vulnerabilidade ambiental das águas subterrâneas no município de Tucano, é importante o constante monitoramento da região de estudo, a fim de reduzir impactos antrópicos que possam favorecer o contato de poluentes às águas dos aquíferos.

## Conclusões

O método GOD permitiu mapear a vulnerabilidade das águas subterrâneas no município de Tucano, indicando um baixo risco de contaminação do aquífero, porém com pontos classificados de médio a insignificante, tendo apenas um índice indicando alta vulnerabilidade na porção do Rio Itapicuru.

A avaliação da potencialidade de contaminação das águas subterrâneas deve ser contínua, até mesmo por outros métodos, a fim de observar diferentes potencialidades dos métodos ou diferenças entre eles, para garantir a manutenção da qualidade dos aquíferos a partir de uma gestão adequada dos recursos hídricos.

## Vulnerability of groundwater in the semiarid region of Bahia, municipality of Tucano, by GOD method

### Abstract

Human activities can promote contamination of aquifers, compromising the quality of groundwater. Therefore, it is important to map the risks of vulnerability of natural environments, and one of the most used methods is the GOD (Groundwater occurrence; Overall aquifer class;

Depth to groundwater). The present study has the objective of analyzing the vulnerability of aquifers to contamination in the municipality of Tucano, using GOD method. For the study, geological and hydrogeological data from 449 tubular wells obtained from the SIAGAS database (CPRM) were analyzed. G parameter was defined for the majority of the area as an unconfined aquifer, O parameter received values between 0.4 and 0.8 (due to variation of the lithological composition along the area) and D parameter, corresponding to the depth of the static level, was between 0.6 and 0.9, indicating a superficial water table. The GOD method indicated the occurrence of four classes of vulnerability: insignificant (1.28 %), low (71.99 %), average (23.79 %) and high (2.94 %). It was verified a low to medium vulnerability in most of Tucano territory, indicating low risk of contamination for the aquifer; an index pointing out high vulnerability was found only in the portion of Itapicuru River.

**Keywords:** Aquifer. Contamination. Geoprocessing.

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas Brasil**: abastecimento urbano de água, v. 1, 2010. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/downloads/atlas/Resumo%20Executivo/Atlas%20Brasil%20-%20Volume%201%20-%20Panorama%20Nacional.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2017.
- BATISTA, C. S. P.; GESUALDO, G. C.; LEITE, P. C. C.; LASTORIA, G.; GABAS, S. G.; CAVAZZANA, G. H.; CASADEI, J. M.; AZOIA, T. S. Aplicação do método GOD para avaliação de vulnerabilidade de aquífero livre em bacia hidrográfica. **Águas Subterrâneas**, 2016, p. 1-14. Suplemento XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.
- COMPANHIA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Serviço Geológico do Brasil**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 03 abr. 2017.
- DUARTE, M. L.; ZANCHI, F. B.; NEVES, J. R. D.; COSTA, H. S.; JORDÃO, W. H. C. Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas no município de Humaitá, Amazonas, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, p. 402-413, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-aqua.1797>>. Acesso em: 28 abr. 2017.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA SOLOS. UEP Recife, 2006.
- FERON, G. L.; REGINATO, P. A. R. Avaliação da vulnerabilidade de aquíferos localizados na região central de Canoas-RS. **Águas Subterrâneas**, v. 28, n. 2, p. 1-13, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.14295/ras.v28i2.27866>>. Acesso em: 28 abr. 2017.
- FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Proteção da Qualidade da Água Subterrânea**: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Servmar: Washington, D.C., 2006, p. 1-114.
- INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (INEMA). **CBH Itapicuru**. Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias/comites/cbh-itapicuru/>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

MARQUEZAN, R. G. **Análise de recursos digitais como ferramentas de avaliação em ações de proteção de aquíferos no trajeto de oleodutos**. 2008. 184f. Tese (Doutorado) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MEIRA, J. R.; DE-CAMPOS, A. B.; PEREIRA, L. C. Vulnerabilidade natural e perigo à contaminação de zona de recarga do Aquífero Guarani. **Água Subterrâneas**, v. 28, n. 1, p. 31-46, 2014. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/27412/18080>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

MESTRINHO, S. S. P.; LUZ, J. A. G. da; PORCIÚNCULA, D. C. L. da. Análise da vulnerabilidade intrínseca das águas subterrâneas na Bacia do Rio Itapicuru, Bahia. **Águas Subterrâneas**, 2016, p. 1-20. Suplemento XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.

MONTERO, R. C.; PEIXOTO, A. S. P. Vulnerabilidade e perigo de contaminação dos aquíferos no Alto Aguapeí e Alto Peixe, SP. **Ciência & Engenharia**, v. 22, n. 1, p. 115-124, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/19834071.2013.22499>.

OLIVEIRA, I. B. de; NEGRÃO, F. R.; SILVA, A. G. L. S. Mapeamento dos aquíferos do estado da Bahia utilizando o índice de qualidade natural das águas subterrâneas-IQNAS. **Águas Subterrâneas**, v. 21, n. 1, p. 123-137, 2007. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/16176/10695>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

PURIFICAÇÃO, C. G. C. da; SOARES, R. S.; JESUS, M. H. de; SALLES, L. Q.; GONÇALVES, T. S. Hidrogeologia da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru-BA, como subsidio para o plano diretor de bacias. **Água Subterrâneas**, 2016, p. 1-20. Suplemento XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.

REGINATO, P. A. R.; AHLERT, S. Vulnerabilidade do sistema aquífero Serra Geral na região nordeste do estado do Rio Grande Do Sul. **Águas Subterrâneas**, v. 27, n. 2, p. 32-46, 2013. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27060>>. Acesso em: 11 abr. 2017.

RIBEIRO, D. M.; ROCHA, W. F.; GARCIA, A. J. V. Vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos da sub-bacia do Rio Siriri, Sergipe. **Águas Subterrâneas**, v. 25, n. 1, p. 91-102, 2011. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/19366/17666>>. Acesso em: 11 abr. 2017.

SABADINI, S. C.; RUCHKYS, U. A.; VELÁSQUEZ, L. N. M.; TAYER, T. de C. Potencial de vulnerabilidade natural de aquíferos à contaminação no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais e sua relação com a atividade minerária de ouro. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 49, p. 340-352, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2017v27n49p340>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

SANTOS, A. C. B. dos; MENDES, R. L. R.; SILVA, G. N.; TAVARES, A. N. Vulnerabilidade de aquíferos: uma análise da aplicação do método GOD com a base de dados SIAGAS. **Água Subterrâneas**, 2013, p. 1-4. Suplemento III Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (SIAGAS). Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>>. Acesso em: 05 dez 2016.

SOUZA, V. C. A. B.; SOARES, V. P.; MACIEL, A. V.; KEMERICH, P. D. C. Qualidade da água subterrânea do bairro Perpétuo Socorro de Santa Maria-RS. **Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas**, v. 5, n. 1, p. 31-49, 2004. Disponível em: <<https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/1188>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

SOUZA, M. C. B.; MONTEIRO, C. A. B.; CASTRO, M. A. H. de. O uso da avaliação do perigo de contaminação do aquífero como um requisito para o licenciamento ambiental de cemitérios. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 6, n. 2, p. 137-153, 2015. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/29355/18076>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

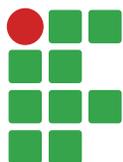
TERRA, L. G.; LÖBLER, C. A.; SILVA, J. L. S. da. Estimativa da vulnerabilidade à contaminação dos recursos hídricos subterrâneos do município de Santiago-RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 10, n. 10, p. 2208-2218, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/223611707887>.

VIEIRA, Â. T.; MELO, F.; LOPES, H. B. V.; CAMPOS, J. C. V.; BOMFIM, L. F. C.; COUTO, P. A. A.; BEVENUTI, S. M. P. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea**. Salvador: CPRM/PRODEEM, 2005, p. 1-36.

#### **Histórico editorial**

Submetido em: 02/09/2017

Aceito em: 29/11/2017



## Utilização de drone com máquina fotográfica digital embarcada para a determinação de cobertura foliar

Roger Nabeyama Michels<sup>1</sup>

Janksyn Bertozzi<sup>2</sup>

Tatiane Cristina Dal Bosco<sup>3</sup>

Marcelo Augusto de Aguiar e Silva<sup>4</sup>

Estor Gnoatto<sup>5</sup>

Cinthia Harumi Endo Soares<sup>6</sup>

### Resumo

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) obtido via radiômetro apresenta importância para determinar o estado fisiológico de planta, sendo uma ferramenta promissora para a tomada de decisão quanto ao melhor momento para aplicação de defensivos agrícolas, analisar o limiar de dano econômico. A utilização de drones com máquina fotográfica digital embarcada na agricultura está em ampla expansão. Por meio das imagens digitais analisadas em programas computacionais e correlacionadas com o NDVI é possível determinar a cobertura foliar em plantas. O objetivo deste trabalho foi confirmar a utilização de imagens digitais a 30 m de altura para determinação da cobertura foliar correlacionando-as com os valores de NDVI obtidos em terra. Para isso, foram retiradas fotos digitais a 30 m de altura, com o auxílio de drone, em três estádios de desenvolvimento do milho (N4, N8 e R1), os quais foram considerados tratamentos; posteriormente, as imagens foram analisadas em software para levantamento da cobertura foliar. Os dados de NDVI foram obtidos nas mesmas áreas a uma altura de 0,5 m do dossel da cultura, foram submetidos ao teste de comparação de médias Scott Knott a 5 % de significância e de correlação de Pearson. Não houve diferença estatística entre os métodos, o valor de correlação de Pearson apresentou coeficiente de 0,952, o que confirma uma forte evidência à correlação entre os dois métodos. Assim, pode-se concluir que o uso de drones com câmera digital incorporado tem uso promissor para a determinação da cobertura foliar em milho.

**Palavras-chave:** Refletância. Imagem digital. Milho. NDVI.

1 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Londrina, professor. [rogernmichels@utfpr.edu.br](mailto:rogernmichels@utfpr.edu.br). Departamento Acadêmico de Engenharia Mecânica. Av. dos Pioneiros, 3131, Londrina (PR), Brasil, CEP: 86036-370.

2 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Londrina, Departamento Acadêmico de Química, professor. [janksynbertozzi@utfpr.edu.br](mailto:janksynbertozzi@utfpr.edu.br).

3 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Londrina, Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental, professora. [tatiangebosco@utfpr.edu.br](mailto:tatiangebosco@utfpr.edu.br).

4 Universidade Estadual de Londrina, professor. Centro de Ciências Agrárias. [aguiarsilva@uel.br](mailto:aguiarsilva@uel.br).

5 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Medianeira, Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica, professor. [gnoatto@utfpr.edu.br](mailto:gnoatto@utfpr.edu.br).

6 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Londrina, Departamento Acadêmico de Engenharia Mecânica, graduanda. [cinthia.endo16@gmail.com](mailto:cinthia.endo16@gmail.com).

## Introdução

Entende-se por sensoriamento remoto um conjunto de técnicas que capturam informações espectrais dos pigmentos das plantas, mensurando a refletância da cultura, porém, sem ter contato entre o dispositivo de medição e o objeto (SILVA JÚNIOR et al., 2008). Desta forma pode-se avaliar a saúde e o vigor das plantas, por meio de várias leituras, de forma não evasiva e sem danos (NILSSON, 1995). Ao observar as mudanças no ângulo das folhas ao longo do tempo em uma planta, pode-se detectar o estresse hídrico; a cor das folhas pode informar limitações e desequilíbrios nutricionais; além da possibilidade de relacionar com o ataque de pragas e doenças (BARTON, 2012). Segundo MALENOVSKÝ et al. (2009), os dados adquiridos podem ser utilizados para estimar, por exemplo, o teor de clorofila, teor de água ou o índice de área foliar.

Vários sensores multiespectrais são capazes de medir a radiação eletromagnética refletida ou emitida a partir de vegetação (MALENOVSKÝ et al., 2009). O equipamento utilizado para a obtenção do valor de refletância é o radiômetro e sua aplicação na agricultura só foi possível por meio do desenvolvimento de sensores proximais como o GreenSeeker®, N-Sensor e o Crop Circle (BREDEMEIER, et al., 2013).

O comportamento das medidas de refletância em diferentes situações de cultivo são informações relevantes para serem usadas na elaboração de modelos de estimativa de danos baseados em medidas de refletância (HIKISHIMA et al., 2010), para previsão de produtividade (ALI et al., 2014; CAO et al., 2015) na agricultura de precisão para aplicação de fertilizantes (CHANG et al., 2014) e para a detecção precoce de lesões na cultura da soja a partir de herbicidas (YAO et al., 2012).

O GreenSeeker® é um instrumento que fornece o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) via medidas de refletância, cuja interpretação pode fornecer informações de forma rápida e direcionada sobre as condições nutricionais, estado fisiológico, estresse e rendimento potencial das culturas (GROHS et al., 2009; GUTIÉRREZ-SOTO et al., 2011).

Atualmente, câmeras digitais são equipamentos promissores para medição de área foliar em campo (ADAMI et al., 2008), uma vez que são portáteis, obtendo imagens com boa resolução, de modo rápido e simples (GODOY et al., 2007). ZABOT et al. (2008) afirmam que a utilização de imagens digitais é uma ferramenta de fácil aplicação, sendo possível a captação de várias imagens em tempo relativamente reduzido, para posterior processamento com o auxílio de programas específicos de leitura de imagens. Estes programas específicos podem detectar, quantificar e classificar as doenças de plantas a partir de imagens digitais no espectro visível (BARBEDO, 2013). Outra vantagem é que as análises por imagens digitais apresentam baixo custo, podendo chegar a custar menos de um décimo do valor de um equipamento de medição de área foliar (GONG et al., 2013).

A manipulação das imagens digitais, por meio de programas editores de imagem, fornece índices que expressam a cor verde da planta. A utilização de técnicas rápidas, como a análise da imagem digital, que permita uma avaliação diretamente no campo, pode otimizar a tomada de decisões (BACKES et al., 2010).

Vants e Drones apresentam uma ampla variedade de tarefas agrícolas reconhecidas (FREEMAN; FREELAND, 2014), destacando-se o monitoramento de recursos naturais, meio ambiente, atmosfera, imageamento hiperespectral, observações de rios e lagos, bem como o imageamento de práticas agrícolas e uso do solo (JORGE et al., 2011).

O processamento de imagens digitais obtidas por meio de Drones e Vants e processadas em softwares avaliaria de forma dinâmica maiores áreas de plantio se comparado aos sensores portáteis, como é o caso do GreenSeeker®.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi correlacionar os dados de imagens digitais obtidas por drone e processadas em software com os dados de NDVI coletados em terra para a determinação da cobertura foliar.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Londrina (UEL), localizada no município de Londrina, Paraná, Brasil, a 23°19'40,92" de latitude Sul e 51°12'19,20" de longitude Oeste e 560 m de altitude, na safra 2013/14.

As imagens digitais, bem como os valores de NDVI foram obtidos em 3 estádios diferentes na cultura do milho: V4, V8 e R1, os quais foram usados como tratamentos.

O NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) é o índice normalizado da vegetação, definido como:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

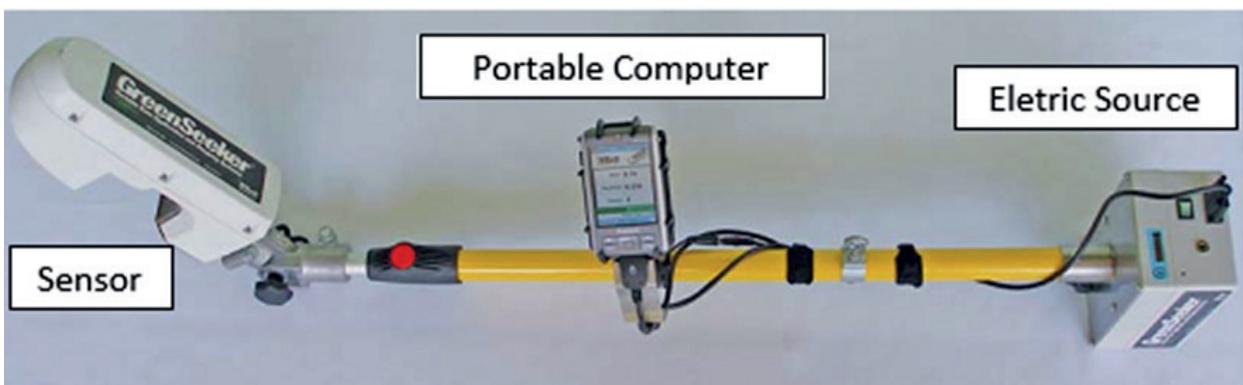
Em que:

RED é a radiação na faixa do vermelho (650 nm) incidente sobre a superfície vegetal.

NIR é a radiação infravermelha próxima (770 nm) refletida por ela.

As leituras de refletância (NDVI) foram realizadas a uma distância de 0,5 m do dossel da cultura, nas linhas centrais da área, em intervalos de 5 metros, totalizando 14 leituras, com três repetições. O equipamento utilizado para a medição da refletância foi o GreenSeeker®, modelo RT100, da NTech que é constituído por um sensor ajustável em incrementos de 15°, montado em um braço, também ajustável, que permite mantê-lo paralelo à superfície vegetação; alimentação para prover energia ao sensor óptico e ao computador portátil; computador portátil com programas para a obtenção e armazenamento de dados, os quais são gravados em cartão SD (FIGURA 1).

**Figura 1.** Componentes do GreenSeeker®, modelo RT100.



**Fonte:** Adaptado de GUTIÉRREZ-SOTO et al. (2011).

As fotos digitais foram retiradas com uma máquina fotográfica digital, Go Pro® de 8 MP, instalada em um drone Phantom 2 Vision Quadcopter® (Figura 2) a 30 metros de altura. As imagens digitais foram divididas em 14 partes, ou seja, com as mesmas dimensões das leituras de refletância, foram utilizadas as partes centrais da imagem para diminuir o efeito “olho de peixe” da câmera e posteriormente processadas em software analisador de cobertura foliar (LCAS).

**Figura 2.** Drone Phantom 2 Vision Quadcopter com a máquina fotográfica Go Pro®



**Fonte:** PHANTOM 2 (2015).

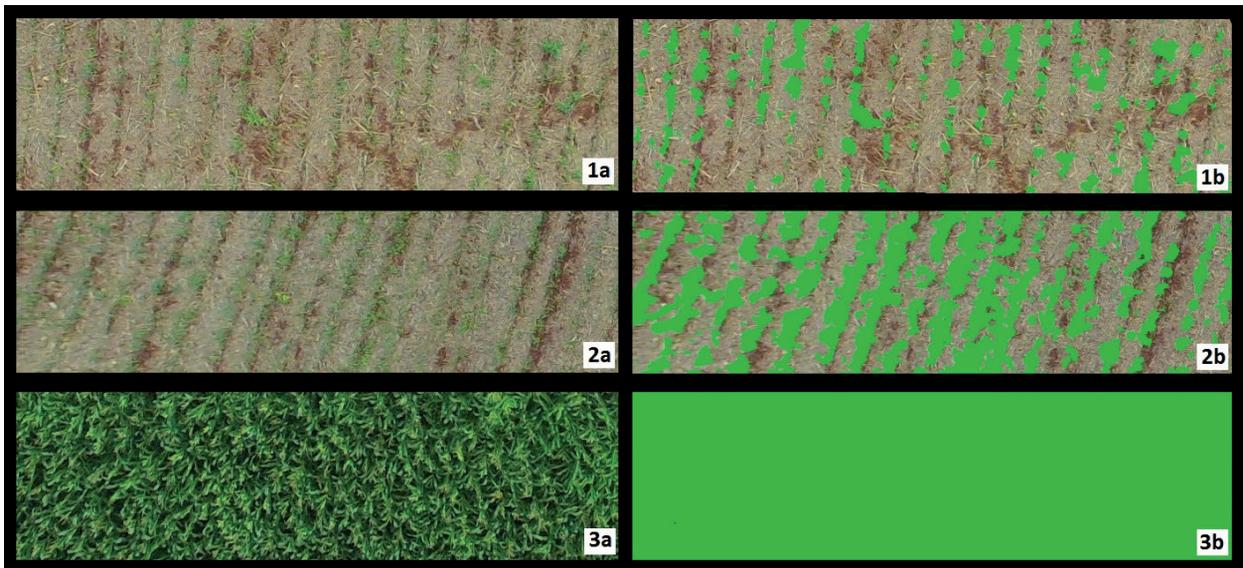
O LCAS foi utilizado para quantificar a cobertura foliar por meio da contabilidade dos pixels verdes em uma foto digital. O LCAS, responsável pelas determinações de grau de recobrimento por meio da análise dos componentes RGB das imagens digitais, foi desenvolvido em linguagem de programação Borland C++ Builder 6.0, compatível com a plataforma Windows 32 bits.

O software estatístico utilizado para a comparação de média por Scott Knott foi o SASM-Agri (CANTERI et al., 2001).

## Resultados e discussão

As imagens digitais obtidas a 30 m de altura foram analisada via LCAS, a Figura 3 exemplifica a determinação da cobertura foliar em cada um dos tratamentos por meio do software.

**Figura 3.** Amostra das imagens digitais obtidas a 30 m de altura (1a, 2a e 3a) e analisadas em *software* para a obtenção da cobertura foliar em milho (1b, 2b e 3b).



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2019).

A comparação de média por Scott Knott a 5% de significância foi realizada com os dados de NDVI nos três estádios do milho estudado, ou seja, N4, N8 e R1 e observou-se diferença estatística entre os três tratamentos (TABELA 1). O mesmo foi realizado com os dados de cobertura foliar obtida por meio de análise em *software* (LCAS) em imagem digital retirada a 30 m de altura com auxílio de drone e obteve-se diferença estatística entre os três tratamentos (TABELA 1).

Os dois parâmetros, NDVI e cobertura foliar, apresentaram igualdade em termos de diferença estatística, como pode ser visto na Tabela 1.

**Tabela 1.** Comparação de médias, a 5% de significância, entre os tratamentos N4, N8 e R1 para o NDVI e para a Cobertura Foliar obtido por meio de máquina fotográfica digital embarcado em drone e analisado em *software* analisador de imagens.

Treatamento	NDVI	Leaf cover (%)
N4	340,57 a	15,53 a
N8	413,44 b	17,86 b
R1	665,19 c	99,44 c

\* Médias seguidas de letras diferentes diferem pelo Teste de Scott-Knott ( $P \leq 0,05$ )

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2019).

Ao realizar a correlação de Pearson entre os dados de cobertura foliar e do NDVI, obteve-se o valor de 95,5%, ou seja, os dados apresentam forte correlação. MICHELS (2014) obteve 96,1% de correlação entre o NDVI e cobertura foliar obtidos via análise de imagens digitais em *software* em soja a uma altura de 2 m, ou seja, valores próximos aos encontrados neste trabalho. Estes resultados demonstram que, mesmo com o aumento significativo da distância de coleta das imagens, com con-

sequente aumento da área avaliada e em culturas de arquiteturas distintas, a capacidade de verificar diferenças na cobertura foliar não foi afetada. Como os resultados corroboram os valores obtidos por MICHELS (2014), pode-se averiguar uma transportabilidade da cobertura foliar analisada via LCAS para culturas de estruturas diferenciadas, no caso da soja e do milho.

## Conclusões

Os valores de cobertura foliar nas diferentes situações de campo avaliadas por meio de processamento de imagens digitalizadas obtidas a 30 m de altura e analisadas via LCAS apresentaram forte correlação por com os valores obtidos com os dados de NDVI. Conclui-se que a utilização de drone é promissora para tomadas de decisão quando relacionada à cobertura foliar.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à empresa Nomade do Ar, que cedeu o drone para a obtenção das imagens digitais.

## Use of drone with digital photographic machine embedded for determination of leaf cover

### Abstract

The normalized difference vegetation index (NDVI) obtained via radiometer is important to determine the physiological state of plant, being a promising tool for decision making as to the best time for the application of agricultural pesticides, to analyze the threshold of economic damage. The use of drones with digital camera embedded in agriculture is in broad expansion. Through digital images analyzed in computer programs and correlated with NDVI it is possible to determine the leaf cover in plants. The aim of this study was to confirm the use of digital images at 30 m in height to determine the leaf cover, correlating them with NDVI values obtained on the ground. Therefore, 30 m height photos were taken with the help of a drone and three stages of maize development (N4, N8 and R1), which were considered as treatments; afterwards, the images were analyzed in software to survey the leaf cover. The NDVI data were obtained in the same areas at a height of 0.5 m from the crop canopy, and it were submitted to the Scott Knott Test at 5 % significance and Pearson correlation. There was no statistical difference between methods and the Pearson correlation coefficient value (0,952) confirms strong evidence for correlation between the two methods. Thus, it can be concluded that the use of drone with embedded digital camera has promising use for the determination of leaf cover in maize.

**Keywords:** Refletance. Digital image. Maize. NDVI.

## Referências

- ADAMI, M.; HASTENREITER, F. A.; FLUMIGNAN, D. L.; FARIA, R. T. de. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 1053-1058, out. 2008. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052008000400030&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052008000400030&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 12 mar. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000400030>.
- ALI, A. M.; THIND, H. S.; SHARMA, S.; SINGH, V. Prediction of dry direct-seeded rice yields using chlorophyll meter, leaf color chart and GreenSeeker optical sensor in northwestern India. **Field Crops Research**, v. 161, p. 11-15, 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/260995473\\_Prediction\\_of\\_dry\\_direct-seeded\\_rice\\_yields\\_using\\_chlorophyll\\_meter\\_leaf\\_color\\_chart\\_and\\_GreenSeeker\\_optical\\_sensor\\_in\\_northwestern\\_India](https://www.researchgate.net/publication/260995473_Prediction_of_dry_direct-seeded_rice_yields_using_chlorophyll_meter_leaf_color_chart_and_GreenSeeker_optical_sensor_in_northwestern_India). Acesso em: 25 mar. 2019.
- BACKES, C.; VILLAS BÔAS, R. L.; LIMA, C. P. de; GODOY, L. J. G. de; BÜLL, L. T.; SANTOS, A. J. M. Estado nutricional em nitrogênio da grama esmeralda avaliado por meio do teor foliar, clorofilômetro e imagem digital, em área adubada com lodo de esgoto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 661-668, 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052010000300018&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052010000300018&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 25 mar. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000300018>.
- BARBEDO, J. G. A. Digital image processing techniques for detecting, qualifying and classifying plant disease, **SpringerPlus**, Heidelberg, v. 2, p. 660-672, dez., 2013. Disponível em: <https://springer-plus.springeropen.com/articles/10.1186/2193-1801-2-660>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- BREDEMEIER, C.; VARIANI, C.; ALMEIDA, D.; ROSA, A. T. Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 7, p. 1147-1154, jul. 2013. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782013000700002&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782013000700002&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 25 mar. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013005000080>.
- BARTON, C. V. M. Advances in remote sensing of plant stress. **Plant and Soil**, v. 354, n. 1-2, p. 41-44, May 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-011-1051-0>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTE, E. A.; GODOY, C. V. SASM-Agri: Sistema para Análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, n. 2, p. 18-24. 2001. Disponível em [http://www.agrocomputacao.deinfo.uepg.br/dezembro\\_2001/Arquivos/RBAC\\_Artigo\\_03.pdf](http://www.agrocomputacao.deinfo.uepg.br/dezembro_2001/Arquivos/RBAC_Artigo_03.pdf). Acesso em: 25 mar. 2019.
- CAO, Q.; MIAO, Y.; FENG, G.; GAO, X.; LI, F.; LIU, B.; YUE, S.; CHENG, S.; USTIN, S. L. KHOSLA, R. Active canopy sensing of winter wheat nitrogen status: An evaluation of two sensor systems. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 112, p. 54-67, mar. 2015. Disponível: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2782532>. Acesso em: 25 mar. 2019.

- CHANG D.; ZHANG, J.; ZHU, L.; GE, S.; LI, P.; LIU, G. Delineation of management zones using an active canopy sensor for tobacco field. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 109, p. 172-178, nov. 2014. Disponível: [https://www.researchgate.net/publication/267099810\\_Delineation\\_of\\_management\\_zones\\_using\\_an\\_active\\_canopy\\_sensor\\_for\\_a\\_tobacco\\_field](https://www.researchgate.net/publication/267099810_Delineation_of_management_zones_using_an_active_canopy_sensor_for_a_tobacco_field). Acesso em: 25 mar. 2019.
- FREEMAN, P. K.; FREELAND, R. S. Politics & technology: U.S. polices restricting unmanned aerial systems in agriculture. **Food Policy**, v. 49, n. 1, p. 302-311, dez. 2014. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919214001390>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- GODOY, L. J. G. de; YANAGIWARA, R. S.; VILLAS BÔAS, R. L.; BACKES, C.; LIMA, C. P. de. Análise da imagem digital para estimativa da área foliar em plantas de laranja “Pêra”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 420-424, dez. 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-29452007000300004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452007000300004&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 25 mar. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452007000300004>.
- GONG, A.; WU, X.; QIU, Z.; HE, Y. A handhelp device for leaf area measurement. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 98, p. 74-80, out. 2013. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169913001634>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- GROHS, D. S.; BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M.; POLETO, N. Modelo para estimativa do potencial produtivo em trigo e cevada por meio do sensor GreenSeeker. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 1 p. 101-112. mar. 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162009000100011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162009000100011&lng=en&nrm=iso). Acessado em 25 de março de 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162009000100011>.
- GUTIERREZ-SOTO, M. V.; CADET-PIEDRA, E.; RODRIGUEZ-MONTERO, W.; ARAYA-ALFARO, J. M. El GreenSeeker™ y el diagnóstico del estado de salud de los cultivos. **Agronomía Mesoamericana**, San Pedro, v. 22, n. 2, p. 397-403, 2011. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/262653342\\_El\\_GreenSeeker\\_TM\\_y\\_el\\_diagnostico\\_del\\_estado\\_de\\_salud\\_de\\_los\\_cultivos](https://www.researchgate.net/publication/262653342_El_GreenSeeker_TM_y_el_diagnostico_del_estado_de_salud_de_los_cultivos). Acesso em: 25 mar. 2019.
- HIKISHIMA, M.; CANTERI, M. G.; GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; SILVA, A. J. Quantificação de danos e relações entre severidade, medidas de refletância e produtividade no patossistema ferrugem asiática da soja. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 96 – 103, mar. 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1982-56762010000200004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-56762010000200004&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 21 mar. 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762010000200004>.
- JORGE, L. A. C.; INAMASU, R. Y.; CARMO, R. B. de. Desenvolvimento de um VANT totalmente configurado para aplicações em Agricultura de Precisão no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba, 2011.
- MALENOVSKÝ, Z.; MISHRA, K. B.; ZEMEK, F.; RASCHER, U.; NEDBAL, L. Scientific and technical challenges in remote sensing of plant canopy reflectance and fluorescence. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 60, n. 11, p. 2987-3004, May. 2009. Disponível em: <https://academic.oup.com/jxb/article/60/11/2987/533160>. Acesso em: 21 mar. 2019.

MICHELS, R. N. **Utilização do índice de vegetação por diferença normalizada e de imagens digitais no estudo de doenças de plantas**. 2014. 68 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

NILSON, H. E. Remote sensing and image analysis in plant pathology. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 33, p. 489-528, set. 1995. Disponível: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.py.33.090195.002421>. Acesso em: 21 mar. 2019.

PHANTOM 2. Quick start guide. China, 2015.

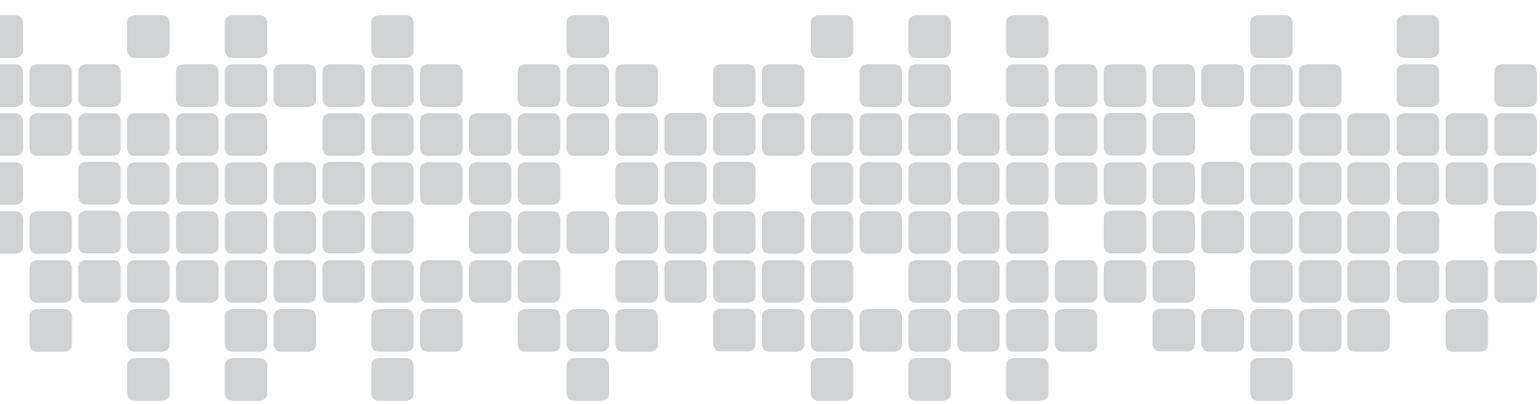
SILVA JÚNIOR, M. C. da; PINTO, F. A. C.; FONSECA, D. M. da; QUEIROZ, D. M. de; MACIEL, B. F. Detecção do efeito da adubação nitrogenada em *Brachiaria decumbens* Stapf utilizando um sistema de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 411-419, mar. 2008. Disponível: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982008000300005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982008000300005&lng=en&nrm=iso). Acessado em 21 março de 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008000300005>.

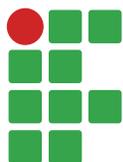
ZABOT, L.; DUTRA, L. M. C.; MENEZES, N. L. de; GARCIA, D. C.; LUDWIG, M. P.; SANTOS, V. J. dos. Uso de imagens digitais para avaliação de plântulas de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 184-192, 2008. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222008000200023&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222008000200023&lng=es&nrm=iso). Acesso em: 21 mar. 2019. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222008000200023>.

#### **Histórico editorial:**

Submetido em: 16/03/2017

Aceito em: 12/12/2017





## Estudo do rendimento de bombeamento para um protótipo de carneiro hidráulico de PVC

Gustavo Eiji Ykeda<sup>1</sup>

Fernando da Silva Barbosa<sup>2</sup>

Miguel Angel Isaac Toledo del Pino<sup>3</sup>

### Resumo

Devido à dificuldade energética no meio rural e à necessidade de irrigação, mesmo em pequenas propriedades, tem aumentado o uso do carneiro hidráulico, o qual por meio do princípio do golpe de aríete bombeia água sem o uso de energia elétrica. Contudo, seu rendimento em função da altura bombeada não é tão eficiente. Por meio deste estudo, objetivou-se com a adição de uma válvula retentora na entrada do carneiro ter um ganho de eficiência. A válvula tem a função de formar uma barreira física para a água que retorna, após seu golpe, com a válvula de sucção. O projeto foi desenvolvido com delineamento em blocos casualizados, com 4 blocos. Foram instalados 1 carneiro hidráulico de PVC (convencional) e 1 carneiro hidráulico com retentor que foram avaliados ao mesmo tempo. A altura de queda foi a mesma, variando 1 metro da altura bombeada a cada 4 dias. Foram realizadas 4 repetições para cada altura analisada e avaliou-se a vazão de saída por meio de hidrômetros, pressão de entrada e saída do sistema, vazão de entrada, volume de água perdida e número de batidas por minuto, sendo possível medir sua eficiência. O carneiro hidráulico com válvula apresentou um rendimento inferior na maioria das alturas estudadas, o bombeamento foi superior ao convencional somente aos 9 metros de altura, o que prejudica a relação custo-benefício.

**Palavras-chave:** Golpe de Aríete. Eficiência de bombeamento. Válvula de retenção. Choque de Aríete.

### Introdução

Com a busca por energias alternativas para substituir a energia elétrica ou combustíveis fósseis, o carneiro hidráulico, que no passado foi muito utilizado, voltou a ser procurado. Por seu fácil manuseio, o aparelho não demanda uma mão de obra especializada para sua utilização, manutenção ou energia elétrica, seu funcionamento não emite gases poluentes e o custo de manutenção e operação são relativamente baixos (ABATE, 2000).

O carneiro é um dispositivo que foi usado extensivamente por quase um século em áreas rurais para bombear água para alturas superiores a 100 metros. É a máquina ideal para bombeamento se certas condições forem ideais, pois o sistema somente funciona com a força da água em queda

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus Inconfidentes*, discente do curso superior de Engenharia Agrônoma. [gustavo.e.ykeda@gmail.com](mailto:gustavo.e.ykeda@gmail.com). Rua Rio de Janeiro, 37, Atibaia (SP), CEP: 12942-270.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus Inconfidentes*, professor EBTT. [fernando.barbosa@ifsuldeminas.edu.br](mailto:fernando.barbosa@ifsuldeminas.edu.br).

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus Inconfidentes*, professor EBTT - [miguel.toledo@ifsuldeminas.edu.br](mailto:miguel.toledo@ifsuldeminas.edu.br).

direcionada por um tubo. O sistema é automático e tem um excepcional histórico de ausência de problemas (WATT, 1975).

Para funcionar o carneiro hidráulico deve ser instalado em um nível mais baixo do que a fonte de água, no mínimo 1,0 m e, de preferência, na cota mais baixa possível (AZEVEDO NETO et al., 1998). Azevedo Neto et al. (1998) resumem o funcionamento do aparelho indicando que inicialmente a água que chega ao carneiro hidráulico sai por uma válvula externa até o momento em que atinge uma velocidade elevada, neste instante a válvula se fecha repentinamente, ocasionando uma sobrepressão no interior do aparelho, chamado golpe de aríete, que possibilita o bombeamento da água.

O “golpe de aríete” é o efeito da interrupção abrupta de um escoamento contínuo do fluxo da água em uma tubulação que resulta em um aumento de pressão; esse efeito pode ser observado ao fechar bruscamente a saída de água de uma mangueira, o que causa um movimento independente da mangueira (TIAGO FILHO, 2002). A sobrepressão pode atingir grandes proporções, provocando ruptura e grandes prejuízos quando não é controlada, porém o carneiro hidráulico utiliza essa sobrepressão para recalcar a água de um reservatório até um ponto com cota superior (CARVALHO; OLIVEIRA, 2008).

Para o carneiro protótipo teorizou-se que após a interrupção abrupta da água há uma energia potencial gerada dentro do carneiro hidráulico, essa energia faz com que a água seja impulsionada para uma cota superior (CARVALHO; OLIVEIRA, 2008), porém há uma perda de energia durante esse processo, pois parte dessa energia é dissipada quando ocorre o encontro da água que sofreu o golpe com a água que entra novamente no sistema do carneiro hidráulico. A inclusão de uma barreira física, como a adição de um retentor horizontal ao “te” inferior do equipamento, pode minimizar essa dissipação de energia.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inclusão de uma segunda válvula de retenção em um sistema de bombeamento do tipo “carneiro hidráulico de PVC” (Protótipo) quando comparado a um sistema “carneiro hidráulico de PVC (Original)” tendo como hipótese que ocorreria um aumento do rendimento em altura (altura de bombeamento) e que o material construtivo resistiria ao aumento de pressão interna melhorando a relação custo-benefício.

## Material e métodos

O estudo foi conduzido na Fazenda-Escola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus* Inconfidentes, utilizando como fonte de água um reservatório/tanque já construído e situado próximo ao viveiro de mudas da instituição com as coordenadas geográficas: Latitude 22°18'42.05”S, Longitude 46°20'1.63”O. Foi realizada uma análise do perfil topográfico do local de estudo a fim de mensurar a altura de trabalho em que foram instalados os carneiros hidráulicos, chegando a um desnível máximo de 5 metros.

O delineamento experimental adotado foi o Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) em esquema fatorial 2 x 4, sendo 2 sistemas de bombeamento (S) e 4 alturas de bombeamento (A) testados em 4 repetições (TABELA 2). Os sistemas avaliados foram: “carneiro hidráulico de PVC com válvula adicional” (Protótipo); “carneiro hidráulico de PVC sem válvula adicional” (Convencional)”. A vazão disponível no local foi de 0,7 L s<sup>-1</sup> e o tempo de funcionamento do carneiro foi de 8 horas diárias.

As variáveis estudadas foram: (1) Pressão na entrada do sistema com o carneiro em funcionamento, em mca; (2) Pressão de bombeamento na saída do sistema em funcionamento, em mca; (3)

Vazão bombeada, em L h<sup>-1</sup>; (4) Número de batidas, em Batidas minuto<sup>-1</sup>; (5) Rendimento econômico, em L dia<sup>-1</sup> real<sup>-1</sup>.

Para calcular o rendimento econômico utilizou-se da equação apresentada a seguir:

$$RE = \frac{\text{Vazão bombeada}}{\text{Custo do carneiro}}$$

Em que:

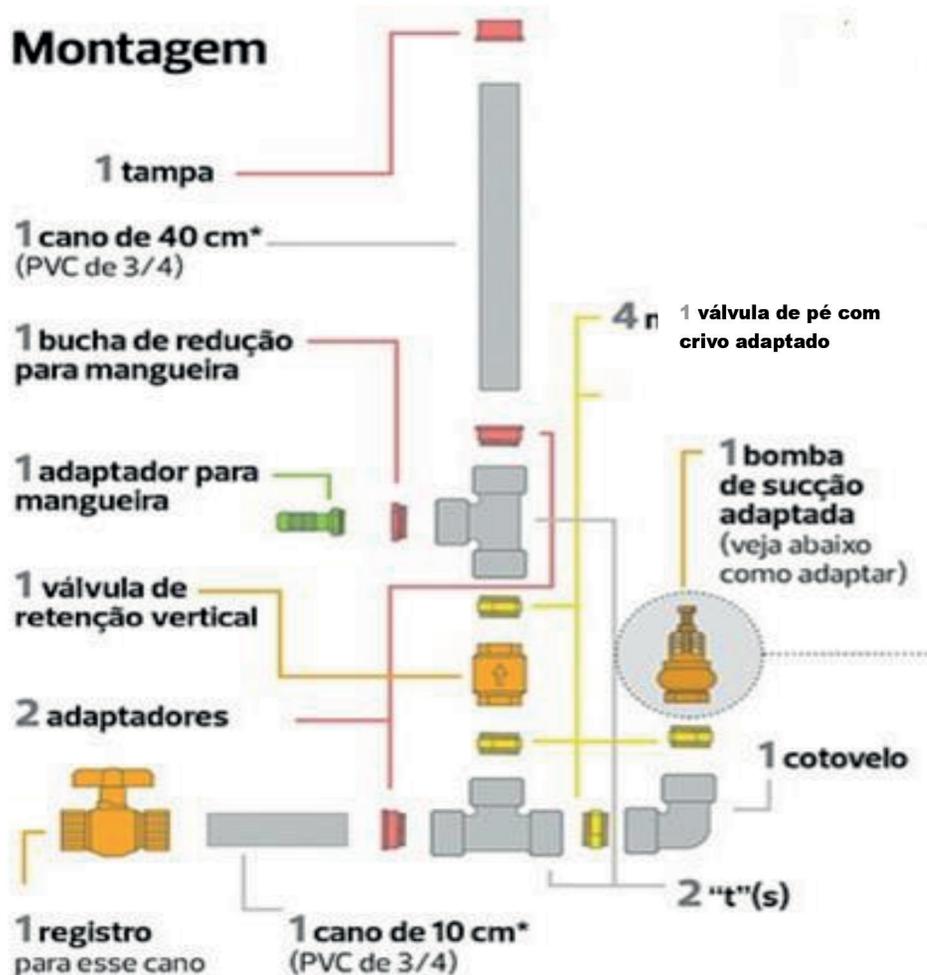
Vazão Bombeada em L dia<sup>-1</sup>;

Custo do carneiro em reais (Custo do carneiro de PVC = R\$ 110,00;

Custo do carneiro protótipo = R\$ 163,00

A montagem do carneiro hidráulico seguiu o modelo apresentado na revista Globo Rural de 14 de maio de 2015 (FIGURA 1)

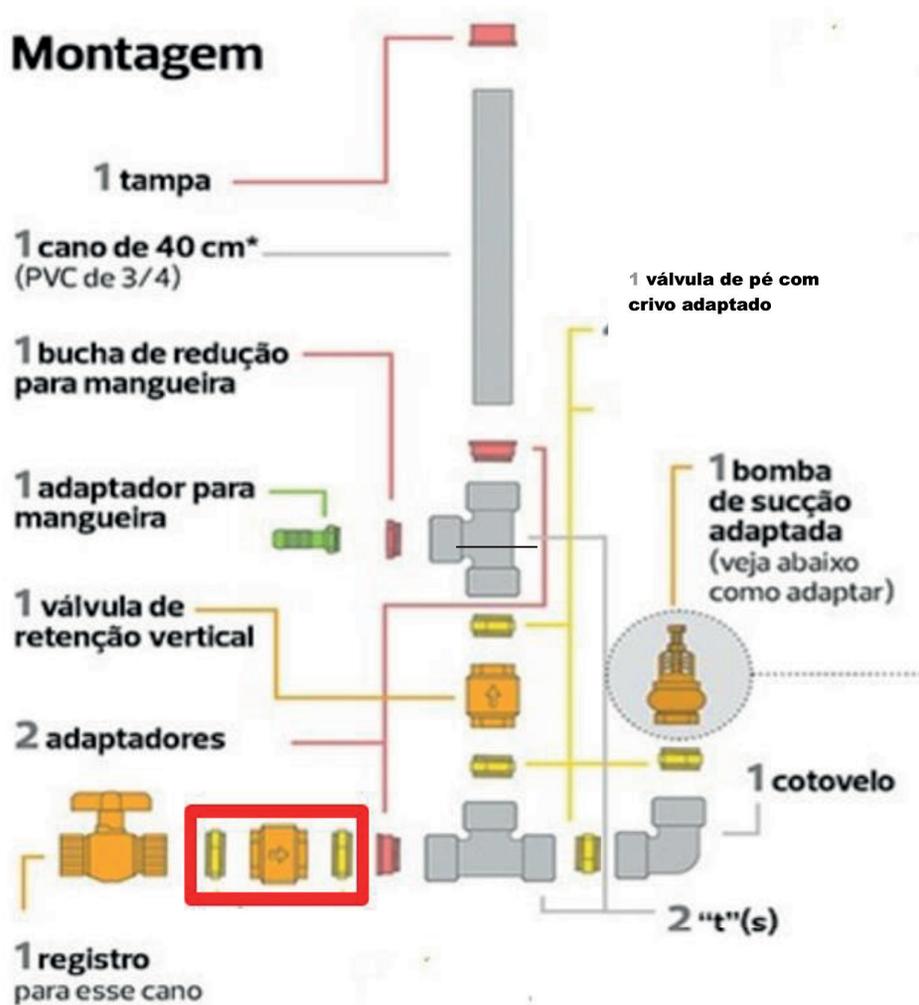
**Figura 1.** Detalhe do esquema de acoplamento das peças para o carneiro hidráulico de PVC (Convencional)



Fonte: Adaptado de GLOBO RURAL (2015).

No protótipo foi utilizado o mesmo conjunto de peças da construção do carneiro hidráulico de PVC (Convencional), contudo foi necessário adicionar 2 niples de  $\frac{3}{4}$ " e 1 retentor vertical de  $\frac{3}{4}$ ". As peças foram incluídas no ponto de destaque no esquema abaixo (FIGURA 2).

Figura 2. Detalhe do esquema de acoplamento das peças para o carneiro hidráulico de PVC (Protótipo)



Fonte: Adaptado de GLOBO RURAL (2015).

Para realizar as medições das pressões foi necessário construir um adaptador de manômetro. Foi utilizado 1 conector tipo "T" com 2 entradas de mangueira de diâmetro 1" e outro "T" de  $\frac{1}{2}$ " e 1 saída com rosca "fêmea" de diâmetro 1" e outro de  $\frac{1}{2}$ ", 1 adaptador de diâmetro 1" e outro de  $\frac{1}{2}$ ". Aproximadamente 5 cm de tubo de PVC de 1" e outro de  $\frac{1}{2}$ ", 1 CAP de 1" e outro de  $\frac{1}{2}$ " e 1 bico de câmara de ar para realizar a leitura. Para realizar a medida de pressão foi utilizado um calibrador de pneu tipo caneta (FIGURA 4).

Foi construído um adaptador para manômetro de 1" para medir a pressão na entrada do carneiro e um adaptador para manômetro de  $\frac{1}{2}$ " para medir a pressão na saída/recalque do sistema.

Foi instalado um filtro utilizando uma caixa de madeira onde foram fixadas as mangueiras de sucção. Como elemento filtrante foram utilizados 2 sacos de juta sobrepostos para reter as impurezas físicas e efetuar a filtragem da água.

Para alimentação do carneiro (sucção), foram utilizados 25 metros de mangueira de polietileno de 1 polegada, sendo alimentação individual para cada carneiro. Para as mangueiras de saída (adutora), foram utilizados 20 metros de mangueiras de polietileno de 1/2 polegada, sendo a saída individual para cada carneiro. Foi instalado na saída dos carneiros um Hidrômetro Unimag – monojato Classe B com diâmetro nominal de 1/2" – 3/4" para cada sistema com o propósito de mensurar o volume de água bombeado durante o período de estudo.

Com o auxílio de uma corda graduada de metro em metro, que foi fixada no suporte de suspensão e em um galho de aproximadamente 12 m de altura, elevaram-se as mangueiras nas alturas desejadas.

Para avaliação dos sistemas foi mantida a altura de sucção fixa (5,0 m), variando as alturas de recalque de metro em metro até o nível máximo de 11 metros de altura (TABELA 1).

**Tabela 1.** Alturas de bombeamento avaliadas.

Altura de sucção	Altura de recalque
Altura fixa 5,0 m	8,0 m
	9,0 m
	10,0 m
	11,0 m

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2017).

Seguindo as alturas avaliadas apresentadas na Tabela 3, foram feitas as avaliações com repetições conforme a Tabela 2, correspondendo cada repetição a um dia de avaliação. O tempo de funcionamento e avaliação foi de aproximadamente 8 horas diárias, iniciando às 8 h e finalizando às 16 h de cada dia.

**Tabela 2.** Distribuição das repetições/blocos durante o experimento.

Repetição	Altura			
	8,0 m	9,0 m	10,0 m	11,0 m
1	19/01/2017	23/01/2017	27/01/2017	31/01/2017
2	20/01/2017	24/01/2017	28/01/2017	01/02/2017
3	21/01/2017	25/01/2017	29/01/2017	02/02/2017
4	22/01/2017	26/01/2017	30/01/2017	03/02/2017

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2017).

Para análise dos resultados foi utilizado o software SISVAR (FERREIRA, 2014), sendo a análise de variância realizada pelo Teste F; para a comparação de médias, aplicou-se o Teste de Scott- Knott, com 5 % de nível de significância.

## Resultados e discussão

Na Tabela 3 está representado o resumo da análise de variância dos fatores relacionados à pressão e volume que foram avaliados durante este período.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância nas variáveis, sendo Pressão com o carneiro em funcionamento (PCF) em mca; Pressão de bombeamento na saída do carneiro (PBS) em mca; Vazão bombeada (VB) em L h<sup>-1</sup>; número de batidas por minuto (B min<sup>-1</sup>) em Batidas minuto<sup>-1</sup>; rendimento econômico (RE) em (L s<sup>-1</sup>)/R\$.

Fontes de Variação	PCF	PBS	VB	B min <sup>-1</sup>	RE
Bloco	0,641 <sup>ns</sup>	2,326 <sup>ns</sup>	0,469 <sup>ns</sup>	1,130 <sup>ns</sup>	0,324 <sup>ns</sup>
Altura (A)	14,829**	39,509**	22,419**	13,373**	16,897**
Tratamento (T)	4,841*	53,182**	0,005 <sup>ns</sup>	3,225 <sup>ns</sup>	33,533**
A x T	1,668 <sup>ns</sup>	0,0031*	3,330*	2,750 <sup>ns</sup>	1,883 <sup>ns</sup>
CV(%)	6,28	4,46	16,97	5,25	18,77
Média Geral	13,957	15,987	95,064	43,135	0,723

\*5% de significância; \*\*1% de significância; <sup>ns</sup> Não significativo

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2017).

Em relação à variável PCF, nota-se na Tabela 3 que houve diferença significativa tanto para Altura quanto para Tratamento, com 1 e 5 % de significância, respectivamente. Observando a Tabela 4, as alturas de 10 e 11 metros apresentaram maior pressão, tal resultado já era esperado, visto que para bombear em maior altura é necessária maior pressão. Observa-se com a Tabela 5 e o gráfico (FIGURA 3) uma maior pressão de saída no carneiro padrão. A variável PCF do carneiro protótipo foi menor, como esperado, visto que a válvula de retenção horizontal reteria parte dessa pressão causando uma perda localizada de carga.

**Tabela 4.** Dados médios de pressão na entrada do carneiro em funcionamento (PCF) para as 4 alturas de bombeamento avaliadas, em mca.

Tratamentos	Médias
8,0 m	13,17 b
9,0 m	12,78 b
10,0 m	14,51 a
11,0 m	15,36 a

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (P<0,05).

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2017).

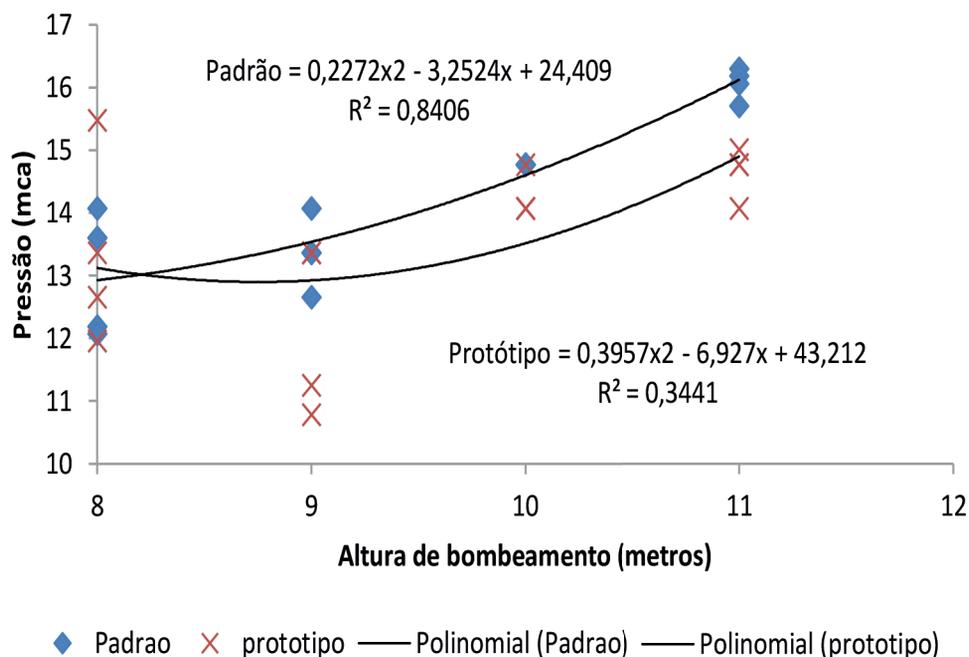
**Tabela 5.** Dados médios de pressão na entrada do carneiro em funcionamento (PCF) para os 2 carneiros avaliados, em mca.

Tratamento	Média
Protótipo	13,61 b
Padrão	14,29 a

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (P<0,05)

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2017).

**Figura 3.** Gráfico de pressão na entrada do carneiro em funcionamento (PCF) em função da Altura de bombeamento para os dois equipamentos.



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2017).

Para a variável PBS houve diferença para Altura e Tratamento com interação significativa a nível de 1 % de significância (TABELA 3). Analisa-se pela Tabela 6, assim como no gráfico (FIGURA 4), que o carneiro padrão obteve uma melhor resposta, sendo superior em quase todas as alturas analisadas, somente na altura de 8 metros não se obteve diferença significativa. Esperava-se que a pressão de saída do carneiro protótipo fosse superior e que a válvula de retenção horizontal redirecionaria a pressão do golpe de aríete na entrada do carneiro para a saída, fato que não se concretizou com a condução do experimento.

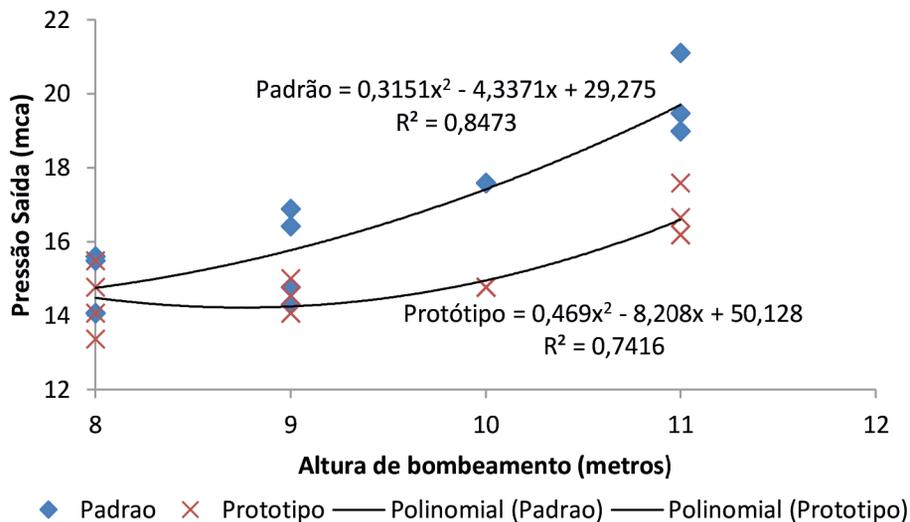
**Tabela 6.** Dados médios da interação entre Altura e Tratamento para a variável pressão de bombeamento na saída do carneiro (PBS) em mca.

Tratamento	-----Médias-----	9.0 m	10.0 m	11.0 m
	8,0m	9,0m	10,0m	11,0m
Protótipo	14,422708 Ba	14,422705 Bb	14,774480 Bb	16,650603 Ab
Padrão	14,803793 Ca	15,595285 Ca	17,588670 Ba	19,640678 Aa

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2017).

**Figura 4.** Gráfico de pressão de bombeamento na saída do carneiro (PBS) em função da Altura de bombeamento para os dois equipamentos.



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2017).

A variável VB resultou em diferença significativa para Altura com 1 % de significância, apresentando interação significativa com Tratamento (TABELA 3). Observa-se pela Tabela 7 que o carneiro protótipo obteve uma vazão superior na altura 9 metros. A frequência de batida do carneiro está diretamente relacionada ao desempenho de bombeamento, como são 2 carneiros diferentes, a frequência de batida de um carneiro pode não ser a condição ideal do outro, explicando um melhor rendimento do carneiro protótipo na altura 9,0 metros, em que a frequência de batidas de  $44 \text{ B min}^{-1}$  (TABELA 8) pode ser uma condição mais favorável, se comparado ao carneiro padrão. O inverso também pode ser afirmado, podendo o carneiro protótipo ter trabalhado em outras alturas em condições mais desfavoráveis. Portanto, deve-se realizar um estudo para encontrar as melhores frequências de batidas em cada carneiro e assim fazê-los funcionar em sua máxima eficiência, diferentemente deste estudo em que o objetivo foi manter os 2 carneiros com frequência de batidas parecidas.

Tem-se na Tabela 7 o volume bombeado inferior ao observado por Cararo et al. (2007), que em seu estudo em altura de recalque de 10,0 m observou um bombeamento de recalque mínimo de  $115,2 \text{ L h}^{-1}$  e máximo de  $481,2 \text{ L h}^{-1}$ , porém a tubulação de sucção utilizada em seu experimento foi de aço galvanizado de 50 mm a 4,37 metros de desnível, no estudo de Abate e Botrel (2000) a tubulação de aço na altura 4,7 metros obteve um rendimento superior. Neste presente estudo foi utilizado tubulação de sucção de polietileno, portanto já era esperado um volume bombeado inferior.

Observa-se no gráfico (FIGURA 5) uma queda de vazão mais acentuada no carneiro protótipo conforme ocorreu o aumento na altura de bombeamento.

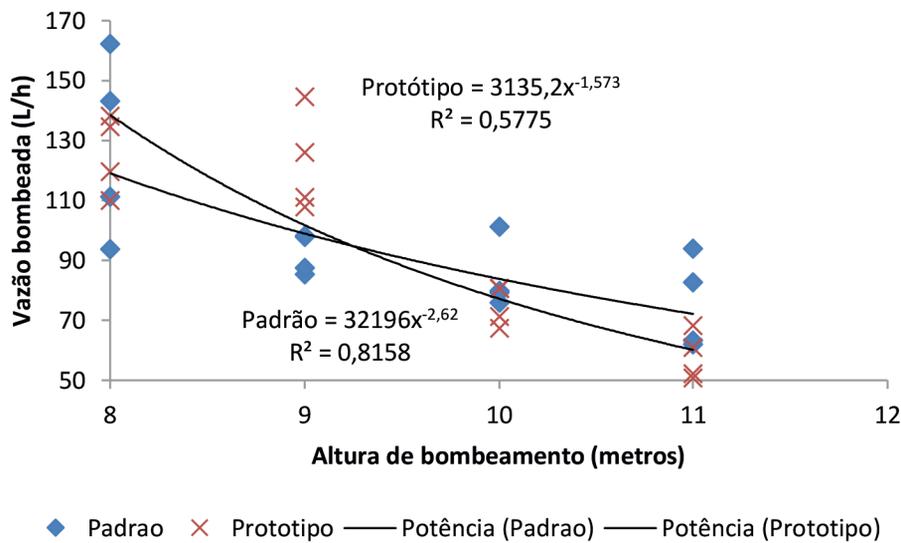
**Tabela 7.** Dados médios da interação entre Altura e Tratamento para a variável vazão bombeada (VB) em L/h.

Tratamento	-----Médias-----			
	8,0m	9,0m	10,0m	11,0m
Protótipo	125,59Aa	122,39 Aa	75,02 Ba	58,02 Ba
Padrão	127,623 Aa	92,25 Bb	84,13 Ba	75,46 Ba

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (P<0,05)

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2017).

**Figura 5.** Gráfico de vazão bombeada (VB) em função da Altura de bombeamento para os dois equipamentos.



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2017).

A variável B min<sup>-1</sup> resultou em diferença significativa para Altura com 1 % de significância (TABELA 3). No estudo de Cararo et al. (2007), a frequência de batidas em geral acima de 60 Batidas min<sup>-1</sup> pode ter influenciado a maior vazão bombeada, além da tubulação de aço galvanizado.

**Tabela 8.** Dados médios de número de batidas por minuto para as 4 alturas de bombeamento avaliadas em Bat min<sup>-1</sup>.

Tratamentos	Médias
8,0 m	45,87 a
9,0 m	44,87 a
10,0 m	39,29 c
11,0 m	42,50 b

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05)

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2017).

Por fim, analisando a questão econômica, o rendimento econômico (RE) diferenciou significativamente tanto para altura quanto para tratamento com nível de 1 % de significância sem apresentar interação entre as fontes de variação (TABELA 3). Observa-se na Tabela 9 e gráfico (FIGURA 6) que o rendimento econômico é superior nos dois carneiros quando aplicada a altura de 8 metros, devido, principalmente, ao volume bombeado nessa altura ter sido superior quando comparado aos demais. O carneiro protótipo por ter um custo maior em função da válvula adicional e por não apresentar maior eficiência de bombeamento resultou em uma relação custo/benefício desfavorável quando comparado com o carneiro padrão (TABELA 10).

**Tabela 9.** Dados médios de rendimento econômico (RE) para as 4 alturas de bombeamento avaliadas em (L dia<sup>-1</sup>)/R\$.

Treatment	Mean
8	0.965354 a
9	0.794751 b
10	0.612591 c
11	0.521010 c

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (P<0,05)

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

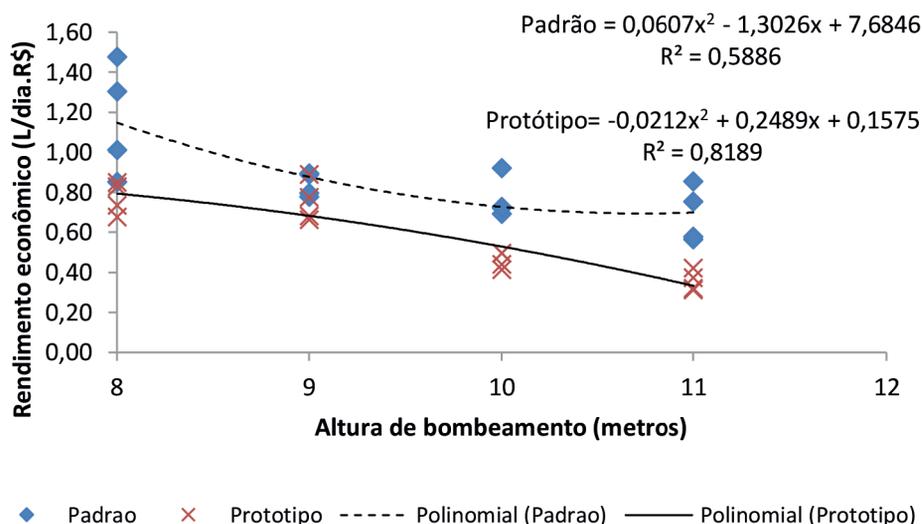
**Tabela 10.** Dados médios de rendimento econômico (RE) para os 2 carneiros avaliados em (L dia<sup>-1</sup>)/R\$.

Tratamento	Média
Protótipo	0,584401 b
Padrão	0,862452 a

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott (P<0,05)

Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

**Figura 6.** Gráfico de Rendimento Econômico (%) em função da Altura de bombeamento para os dois equipamentos.



Fonte: Elaborada pelos autores (2017).

## Conclusão

Para as condições avaliadas conclui-se que a inclusão de uma válvula de retenção no carneiro protótipo não gera aumento de rendimento em altura de bombeamento assim como não há o aumento de pressão interna ou variações no funcionamento que levassem à ocorrência de danos mecânicos ou vazamentos no equipamento.

O aumento de aproximadamente R\$ 53,00 para a construção do protótipo não resultou no aumento de rendimento do sistema, prejudicando a relação custo-benefício para as condições avaliadas.

A regulagem no número de batidas por minuto deve ser específica para cada equipamento para obtenção do melhor rendimento. Assim, recomenda-se buscar a regulagem adequada para que cada equipamento trabalhe dentro da sua faixa de máxima eficiência.

## Pumping yield of a PVC hydraulic ram prototype

### Abstract

The use of hydraulic rams has increased due to energy problems in rural environments and to the need for irrigation of crops, even in small properties. These pumps work on the principle of water hammer to pump water without the use of external energy; however, they present low efficiency, considering the pumping yield as a function of the pumping height. Thus, the objective of the present study was to evaluate the efficiency gain of a hydraulic ram through the addition of pressure retaining valve at its inlet. The valve has the function of forming a physical barrier to the water that returns after the blowing with the suction valve. The prototype was tested using a randomized block design, with 4 blocks. A conventional PVC hydraulic ram and a hydraulic ram with a pressure retaining valve were installed and evaluated at the same time and with the same pumping height, which increased one meter every four days, with four replications for each height. The water output flow, system inlet and outlet pressure, inlet flow, pumped water volume, and number of beats per minute were evaluated to assess the efficiency of the hydraulic ram prototype. The hydraulic ram with the valve presented lower pumping yields in most evaluated heights; it presented better pumping than the conventional hydraulic ram only for the height of nine meters, denoting a poor cost/benefit ratio.

**Keywords:** Water hammer. Pumping efficiency. Retention valve.

### Referências

ABATE, C.; BOTREL, T. A. Avaliação do desempenho de um carneiro hidráulico com tubulação de alimentação em aço galvanizado e PVC. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 197-203. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sa/v59n1/8095.pdf> Acesso em: 12 abr. 2017.

AZEVEDO NETO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAÚJO, R.; ITO, A. E. **Manual de hidráulica**. Capítulos A11 e A12 8. ed. São Paulo. Ed.Edgard Blücher, 1998.225-308p.

CARVALHO, J. A.; OLIVEIRA, L. F. C. de. In: \_\_ **Instalações de bombeamento para irrigação**. Lavras/MG: Editora UFLA, 2008. Capítulo 25, 347-362p.

CARARO, D. C.; DAMASCENO, F. A.; GRIFFANTE, G.; ALVARENGA, L. A. Características construtivas de um carneiro hidráulico com materiais alternativos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas Grande, v. 11, n. 4, p. 349-354, 2007.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>. Acesso em: 12 abr. 2017.

COMO fazer um carneiro hidráulico. **Revista Globo Rural**, Rio de Janeiro, p. 1, maio, 2015. Disponível em: <http://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/noticia/2015/05/como-fazer-o-carneiro-hidraulico.html>. Acesso em: 20 maio 2016.

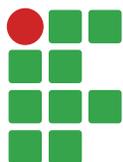
TIAGO FILHO, G. L. **Carneiro Hidráulico**: o que é e como produzi-lo. Itajubá : Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidro energéticos, 2002. 8p. Disponível em: <https://www.slideshare.net/CelsoFerreiradePaula/carneiro-hidraulico-56859971> Acesso em: 12 abr. 2017.

WATT, S. B. A manual on the hydraulic ram for pumping water. In: \_\_ **Introdução Londres**: Intermediate technology. 1975. p.6

#### **Histórico editorial:**

Submetido em: 27/08/2017

Aceito em: 13/12/2017



# Modelos hipsométricos ajustados para um fragmento de cerrado *Sensu stricto* tocantinense

Igor Elói Silva Machado<sup>1</sup>

Paulo Cesar Alves de Oliveira Medeiros<sup>2</sup>

Marla Guedes Cordeiro Carvalho<sup>3</sup>

Claudia Alicia Marin Perez<sup>4</sup>

Thiago Franco Santana<sup>5</sup>

Valdir Carlos de Lima Andrade<sup>6</sup>

## Resumo

Para uma redução dos custos de inventário florestal, os modelos hipsométricos são de grande valia. O presente trabalho teve como objetivo ajustar e avaliar modelos de relação hipsométrica em área de Cerrado em processo regenerativo situada no município de Gurupi (TO). Foram testados dez modelos, incluindo cinco lineares e cinco não lineares, no qual os ajustes foram realizados por meio do software R for Windows. Foram utilizados como critério de seleção do ajuste dos modelos os parâmetros estatísticos do coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ), o erro padrão residual ( $s_{HH}$ ) e a análise gráfica dos resíduos e, em seguida, a validação dos melhores modelos ajustados. As melhores estatísticas de ajuste foram para os modelos não lineares, com destaque para o modelo de Gompertz (modelo 7),  $R^2_{aj.}$ : 0,489 e  $s_{HH}$ : 17,58%. Os modelos, em geral, superestimaram a altura, atingindo até 40 % a mais do que a altura das plantas reais. Diante disso, seis modelos foram para a validação, sendo dois lineares e quatro não lineares. O melhor modelo com a predição foi o Prodan não linear (modelo 10), que obteve melhores valores estatísticos e variação gráfica. Conclui-se que os modelos não lineares explicaram melhor a variável dependente altura.

**Palavras-chave:** Altura de árvores. Seleção. Validação.

## Introdução

Com o panorama atual de reestruturação produtiva do capital, áreas do bioma Cerrado têm sido o foco em investimentos para implantação de fronteiras agrícolas (INOCÊNCIO, 2010). Sendo assim, é de suma importância que essa exploração ocorra de maneira sustentável, haja vista que, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2004), o bioma Cerrado ocupa uma extensão de 23,9 % do território brasileiro. No estado do Tocantins, esse bioma tem uma cobertura de 63,2 % (SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE - SEPLAN, 2012).

Diante disso, em busca de uma exploração florestal baseada na sustentabilidade, é essencial ter o conhecimento das características da área a ser manejada, o que se consegue por meio de um

1 Universidade Federal do Tocantins, Mestrando em Ciências Florestais e Ambientais. [igeloi@hotmail.com](mailto:igeloi@hotmail.com).

2 Universidade Federal do Tocantins, Mestrando em Ciências Florestais e Ambientais. [paulocesar\\_machado@hotmail.com](mailto:paulocesar_machado@hotmail.com)

3 Universidade Federal do Tocantins, Mestrando em Ciências Florestais e Ambientais. [marla.guedes@hotmail.com](mailto:marla.guedes@hotmail.com).

4 Universidade Federal do Tocantins, Mestrando em Ciências Florestais e Ambientais. [biologa.claudiamarin@gmail.com](mailto:biologa.claudiamarin@gmail.com).

5 Universidade Federal do Tocantins, Mestrando em Ciências Florestais e Ambientais. [mariathiaogofranco@gmail.com](mailto:mariathiaogofranco@gmail.com).

6 Universidade Federal do Tocantins, Professor do Curso de Engenharia Florestal. [vclandrade@uft.edu.br](mailto:vclandrade@uft.edu.br)

inventário florestal conduzido de forma eficaz, com baixo custo e alta confiabilidade. O inventário florestal aborda a definição quantitativa e qualitativa dos indivíduos em uma determinada área, sendo que a finalidade do inventário é especificada de acordo com o uso da área, que pode ser de reserva florestal, conservação da vida silvestre, reflorestamento comercial, área de lazer e outros (RODRIGUES; RODRIGUES, 2012).

Nos inventários, a medição do diâmetro das árvores é feita de forma prática e rápida, porém a altura das árvores é uma variável que necessita de mais tempo para mensuração, além da necessidade do emprego de instrumentos desenvolvidos para esse fim (hipsômetros), sendo alguns de alto investimento financeiro. Em situações adversas, sobretudo em matas nativas, que apresentam alta densidade e difícil visualização da copa e base da árvore, se torna difícil a medição das alturas das árvores (CRECHE, 1996; ANDRADE et al., 2006; SANQUETTA, 2013). Como opção para resolver esse problema, tem-se a utilização de modelos hipsométricos que permitem estimar a altura correlacionando-a com seu diâmetro à altura do peito (DAP) (SOARES et al., 2006).

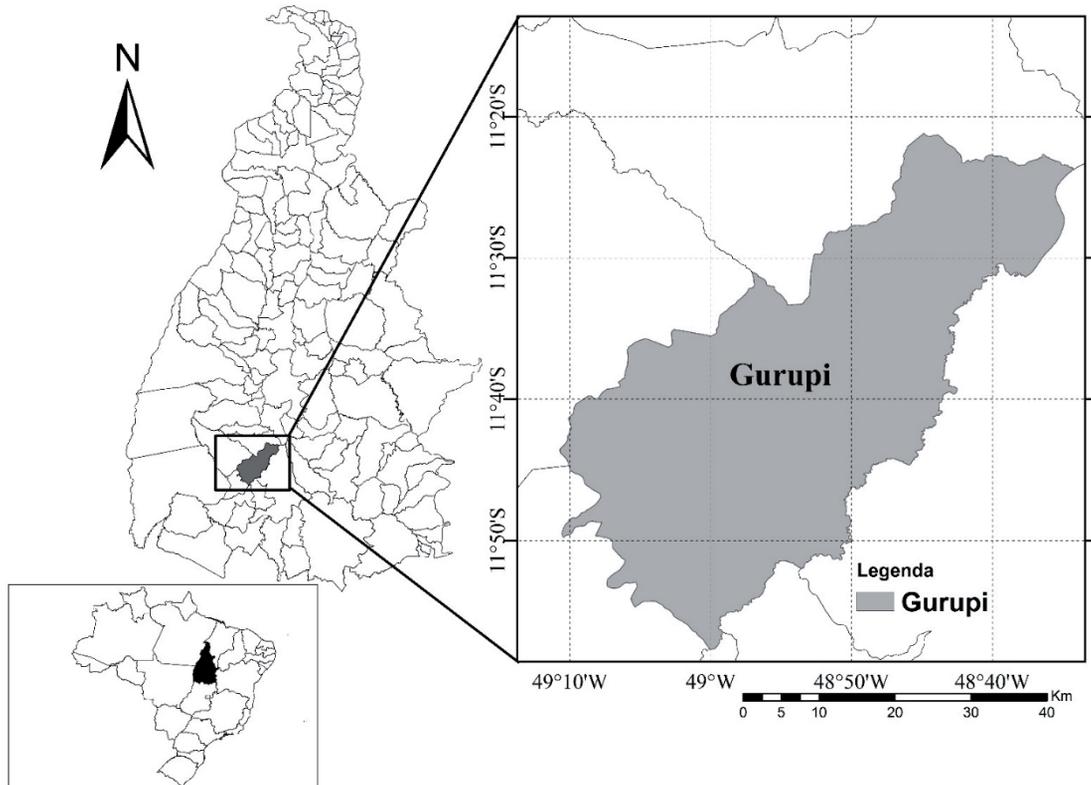
Para uma redução dos custos de um inventário florestal, os modelos hipsométricos permitem que apenas algumas árvores tenham a sua altura medida nas parcelas e assim sejam ajustados modelos estatísticos dando mais rapidez nos levantamentos e tornando o inventário mais fácil de ser processado. Para se estimar uma variável dependente, neste caso a altura total das arvores, podem ser utilizados diversos modelos de regressão (SCHNEIDER et al., 2009), que podem ser tanto lineares quanto não lineares. Pontes Neto (2012) descreve que os modelos lineares são aqueles em que a sua estrutura se encontra na forma aditiva dos parâmetros. Modelos não lineares são aqueles em que os seus parâmetros são agregados de forma não aditiva e podem ser descritos como linearizáveis e não linearizáveis (DRAPER; SMITH, 1981).

Neste contexto, ainda se observam utilidade de estudos sobre relações hipsométricas em matas nativas, principalmente em áreas de cerrado. Por isso, o objetivo deste estudo foi avaliar o ajuste de modelos hipsométricos em um povoamento florestal inequiâneo, caracterizado como: fragmento de Cerrado *Sensu stricto* tocantinense.

## Material e métodos

### Área de estudo e coleta de dados

A área de estudo se localiza no sul do estado do Tocantins, no município de Gurupi, com coordenadas Latitude 11° 43' 45" S e Longitude 49° 04' 07" W (FIGURA 1). A classificação climática de acordo com Köppen é Aw (clima tropical com estação seca no inverno) com precipitação pluvial anual em torno de 1.400 mm. (SEPLAN, 2012).

**Figura 1.** Localização da área de estudo

**Fonte:** Elaboração dos autores (2016)

O levantamento de campo foi realizado em um fragmento de Cerrado com cerca de 7,0 hectares, constituído de uma vegetação em processo de regeneração em estágio avançado. De acordo com levantamento histórico feito da área, concluiu-se que antigamente o local era de pastagens para atividade de pecuária.

Na coleta dos dados de altura total e circunferência a altura do peito (CAP), selecionou ao acaso três árvores mais próximas a um ponto amostral, medindo trinta árvores para uso no ajuste dos modelos hipsométricos; outras trinta árvores, com dados independentes, foram utilizadas na validação dos melhores modelos hipsométricos ajustados (FIGURA 2), avaliando-se, desta forma, a predição das alturas. O termo predição é utilizado para designar a altura obtida por meio de um modelo ajustado em que a árvore em questão não participou do seu ajuste (BATISTA et al, 2001).

Na medição das variáveis de diâmetro e altura, utilizou-se de fita métrica para mensurar o CAP (posteriormente foi transformado para diâmetro) e o hipsômetro Suunto, respectivamente. A opção pelo hipsômetro Suunto foi devido a este ser um instrumento bastante utilizado na área florestal (MAYRINCK et al. 2016; JESUS et al. 2012).

**Figura 2.** Distribuição de pontos em que se mediram três árvores por ponto alocado aleatoriamente em 7,0 ha de Cerrado.



Fonte: Elaboração dos autores (2016).

### Modelos hipsométricos ajustados e critérios de avaliação

Para os ajustes das relações hipsométricas, utilizaram-se dos modelos estatísticos apresentados na Tabela 1, os quais são comumente empregados para expressar a relação hipsométrica de árvores no Brasil (VENDRUSCOLO et al., 2015; SENA et al., 2015; CURTO et al., 2013). Esses modelos, cinco lineares e cinco não lineares, foram ajustados empregando-se o Software R For Windows considerando apenas o diâmetro como variável independente.

**Tabela 1.** Modelos hipsométricos ajustados avaliados para um fragmento de Cerrado no sul do estado do Tocantins

Nº	MODELOS	DENOMINAÇÃO
<b>LINEARES</b>		
1	$H=\beta_0+\beta_1D+\beta_2D^2+\varepsilon$	PARABOLIC
2	$\ln(H)=\beta_0+\beta_1\ln(D)+\varepsilon$	STOFFEL
3	$\ln(H)=\beta_0+\beta_1(1)+\varepsilon$	CURTIS
4	$H=\beta_0+\beta_1\ln(D)+\varepsilon$	HENRIKSEN
5		AZEVEDO
<b>NÃO LINEARES</b>		
6	$H=\beta_0(1-\beta_1\exp(-\beta_2D))+\varepsilon$	MONOMOLECULAR
7	$H=\beta_0\exp$	GOMPERTZ
8	$H=\frac{\beta_0}{(1+\beta_1\exp(-\beta_2D))}+\varepsilon$	LOGISTIC
9	$H=\beta_0(1-\exp(-\beta_1D^{\beta_2}))+\varepsilon$	WEIBULL
10	$H=\frac{D^2}{(\beta_0+\beta_1D+\beta_2D^2)}+\varepsilon$	PRODAN

H = altura total;  $\beta_i$  = parâmetros da regressão; D = diâmetro a altura do peito; Ln = logaritmo neperiano; Exp = exponencial;  $\varepsilon$  = erro.

**Fonte:** Elaboração dos autores (2016).

Em seguida, após o ajuste dos dez modelos hipsométricos, procedeu-se à avaliação preliminar desses por meio da análise de resíduos e das estatísticas obtidas a partir das Equações 1, 2 e 3, quais sejam as seguintes:

$$R^2_{aj} = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p}\right) \left(\frac{SQ_{res}}{SQ_t}\right) \quad (1)$$

$$s_{H\hat{H}} = \sqrt{\frac{SQ_{res}}{Gl_{res}}} \quad (2)$$

$$s_{H\hat{H}}\% = \left(\frac{s_{H\hat{H}}}{\hat{H}}\right) 100 \quad (3)$$

Em que:

SQ<sub>res</sub>=Soma dos quadrados dos resíduos

SQ<sub>t</sub>= Soma dos quadrados totais

R<sup>2</sup><sub>aj</sub>=coeficiente de determinação ajustado

=erro padrão residual

=Média das alturas reais, demais já foram definidos.

Para definir o melhor modelo hipsométrico, foi adotado um valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos (VP) para classificá-los conforme os resultados das estatísticas de ajuste, sendo o menor VP o indicador do melhor ajustamento.

Na predição dos modelos previamente selecionados com os critérios já descritos anteriormente, adotou-se o erro absoluto (EA), média dos desvios do erro de predição (MDP), raiz quadrada do erro médio (RQEM%) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ), cujas estatísticas foram obtidas pelas Equações 4, 5, 6 e 7, quais sejam:

$$EA = \sum |H - \hat{H}| \quad (4)$$

$$MDP = \left( \frac{H - \hat{H}}{n} \right) 100 \quad (5)$$

$$RQEM\% = \left( \sqrt{\frac{\sum (H - \hat{H})^2}{n}} \right) 100 \quad (6)$$

$$R^2 = 1 - \left( \frac{SQep}{SQt} \right) \quad (7)$$

altura predita

n= número de árvores

Sqep= soma dos quadrados dos resíduos de predição, demais já foram definidos.

## Resultados e discussões

A Tabela 2 apresenta os resultados da estimativa dos dez modelos de relação hipsométrica ajustados na área de estudo deste trabalho. Nota-se que os modelos tiveram comportamento muito semelhantes entre si, com pouca variação nas estatísticas  $R^2_{aj}$  e  $s_{\hat{H}}$ , em que o  $R^2_{aj}$  variou entre 0,362 (modelo 5) e 0,489 (modelo 7). Para  $s_{\hat{H}}$ , a variação foi entre 17,58 % (modelo 7) e 20,29 % (modelo 3). Esses resultados de  $R^2_{aj}$  e  $s_{\hat{H}}$  podem ser considerados satisfatórios por se tratar de mata nativa de Cerrado, que apresentam alta variação na relação entre altura e diâmetro das árvores.

Isso implica baixa correlação dessas duas variáveis e, principalmente, valores de  $R^2_{aj}$  não elevados, bem como o menor resultado das demais estatísticas quando comparado com o ajuste de modelos hipsométricos em floresta plantada (HESS et al. 2014). Em trabalhos sobre relação hipsométrica para plantios florestais, por exemplo, Azevedo et al. (2011), trabalhando com quatro espécies (sete-casca, ipê branco, ipê roxo e ipê amarelo) nativas no planalto da conquista na Bahia, encontraram em grande parte  $R^2_{aj}$  superiores a 80 %.

Rufino et al. (2010), trabalhando com um povoamento de eucalipto conduzido pelo sistema de rebrota, obtiveram valores de  $R^2_{aj}$  variando entre 0,55 e 0,76 %. Por outro lado, Hess et al (2014) ajustaram modelos de relação hipsométrica para espécies da Floresta Amazônica e obtiveram  $R^2_{aj}$  variando desde 0,17 até o valor de 0,97 e entre 0,08 % e 13,2 %. Geralmente, a complexidade do ajuste de modelos hipsométricos em mata nativa é bem maior que em plantios, principalmente em áreas de Cerrado (ANDRADE et al. 2015).

**Tabela 2.** Estatísticas de ajuste de dez modelos hipsométricos testados em mata nativa de Cerrado

Modelos	$\beta 0$	$\beta 1$	$\beta 2$	$s_{HH}\%$	$R^2aj$	WV
1	5,882	0,246	-0,0018	17,88	0,470	10
2	1,5071	0,2617	-	17,76	0,459	8
3	2,347	-1,868	-	20,29	0,295	23
4	3,091	2,339	-	18,46	0,436	17
5	1,039	-2,018	-	19,30	0,362	17
6	-1,5663	0,7566	0,0632	17,90	0,451	20
7	18,5930	0,6845	0,0199	17,58	0,489	5
8	489,851	0,009	0,286	18,09	0,444	25
9	15,8434	0,9781	0,0386	17,87	0,471	15
10	14,6869	1,4350	0,0577	17,86	0,472	10

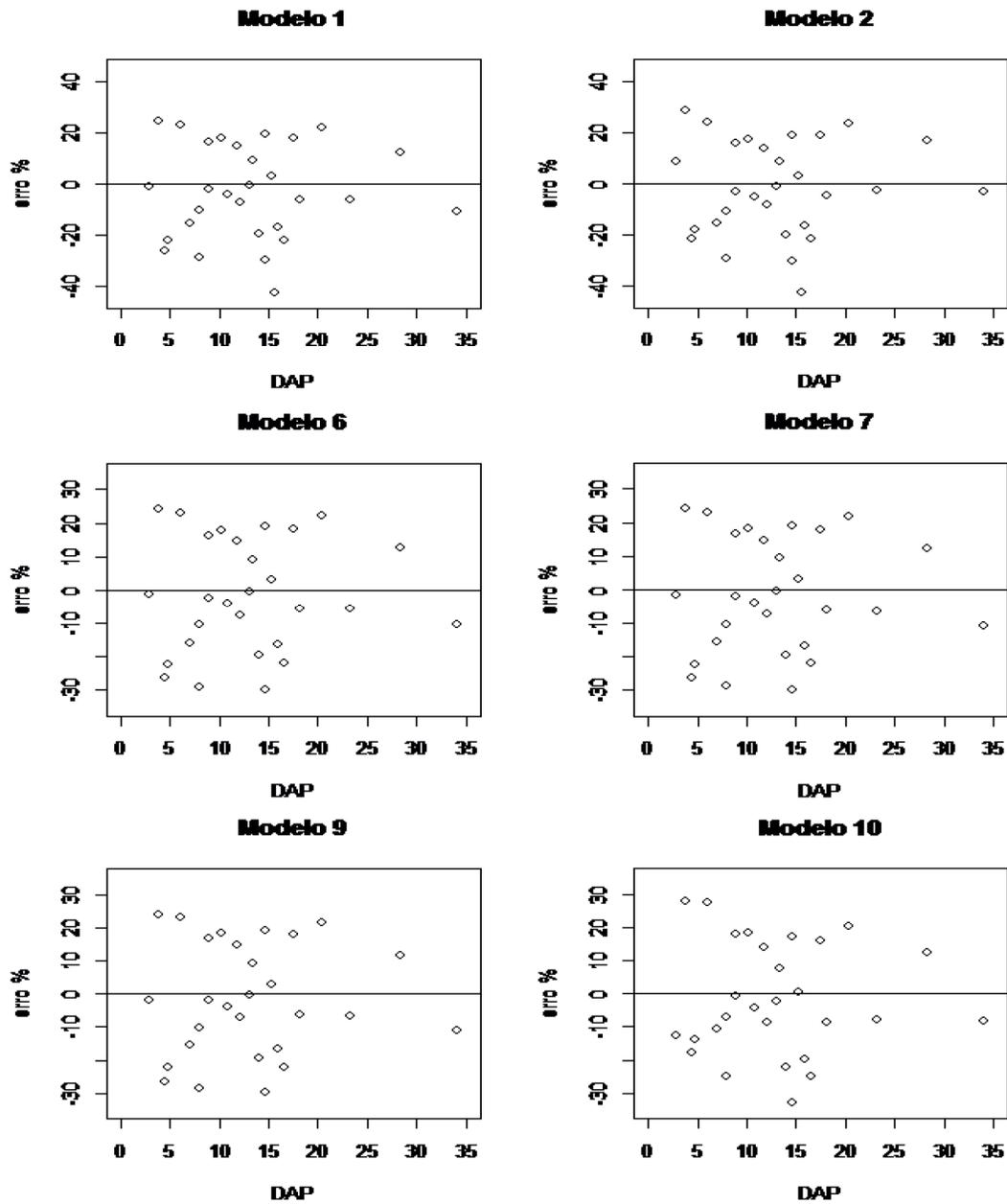
$\beta 0$ ,  $\beta 1$  e  $\beta 2$ : coeficientes de regressão;  $s_{HH}$ : Erro Padrão da Estimativa percentual (%);  $R^2aj$ : Coeficiente de Determinação ajustado; VP: Valor Ponderado dos Escores dos parâmetros estatísticos.

**Fonte:** Elaboração dos autores (2016).

Quando comparados entre si, os cinco modelos não lineares são muito semelhantes em termos de qualidade de ajuste. Observa-se que os modelos não lineares (TABELA 2), em geral, tiveram melhores resultados, destaque para o modelo 7 com  $R^2aj$  de 0,489 e  $s_{HH}$  de 17,5 %, resultando em menor valor de VP (5 pontos). Os modelos não lineares mostram-se menos sensíveis às particularidades apresentadas em áreas nativas, pois o padrão da curva altura-diâmetro é fortemente ligado pelas características biológicas que, nesse caso, foi melhor representado pelo modelo biomatemático de Gompertz (MODELO 7). Portanto, dos modelos ajustados, preliminarmente, os modelos 1, 2, 6, 7, 9 e 10 apresentaram-se de melhor desempenho sendo previamente selecionados.

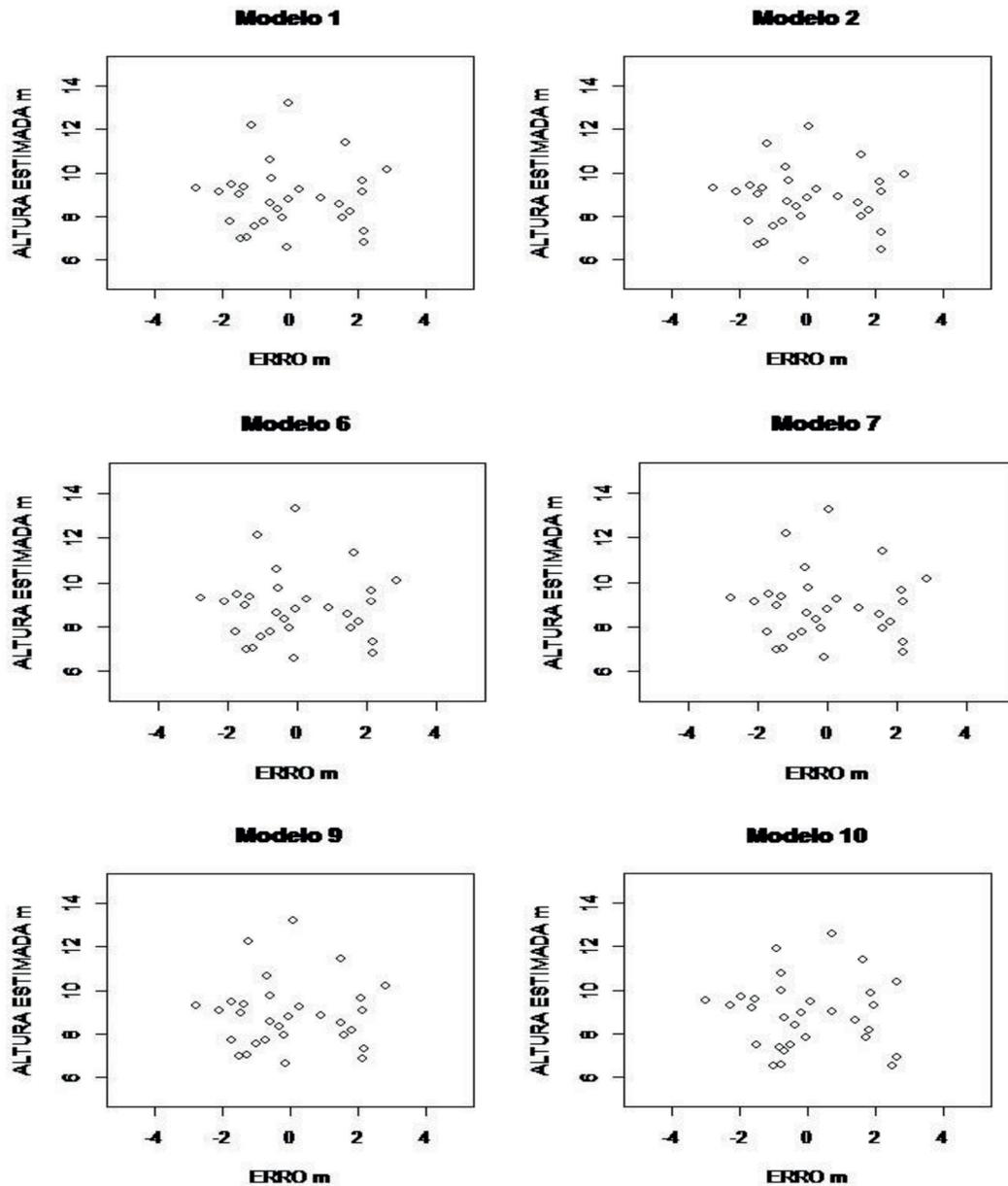
Nas Figuras 3 e 4, são apresentados os gráficos da distribuição dos resíduos dos modelos previamente selecionados. Pode-se observar que as distribuições tiveram comportamento semelhante entre os modelos 1 e 2 (modelos lineares), com valores residuais enquadrando-se entre 30 e -40% e com a maior parte dos pontos concentrando-se entre 20 e -20%. Para os modelos 6, 7, 9 e 10 (modelos não lineares), os valores variaram entre 25 e -30%, tendo uma distribuição bem uniforme nesse intervalo, demonstrando-se superiores aos lineares. Em relação ao erro metro, observa-se uma variação de dois metros, para mais e para menos, para todos os modelos. Sena et al. (2015) recomendam os modelos Logístico e Gompertz para estabelecimento de uma relação hipsométrica, sobretudo pela melhor distribuição de resíduos.

Figura 3. Resíduos percentuais em função DAP (cm) para seis modelos hipsométricos previamente selecionados em um fragmento de Cerrado no Tocantins.



Fonte: Elaboração dos autores (2016).

**Figura 4.** Distribuição de resíduos em relação à altura estimada para seis modelos hipsométricos previamente selecionados em um fragmento de Cerrado no Tocantins



Fonte: Elaboração dos autores (2016).

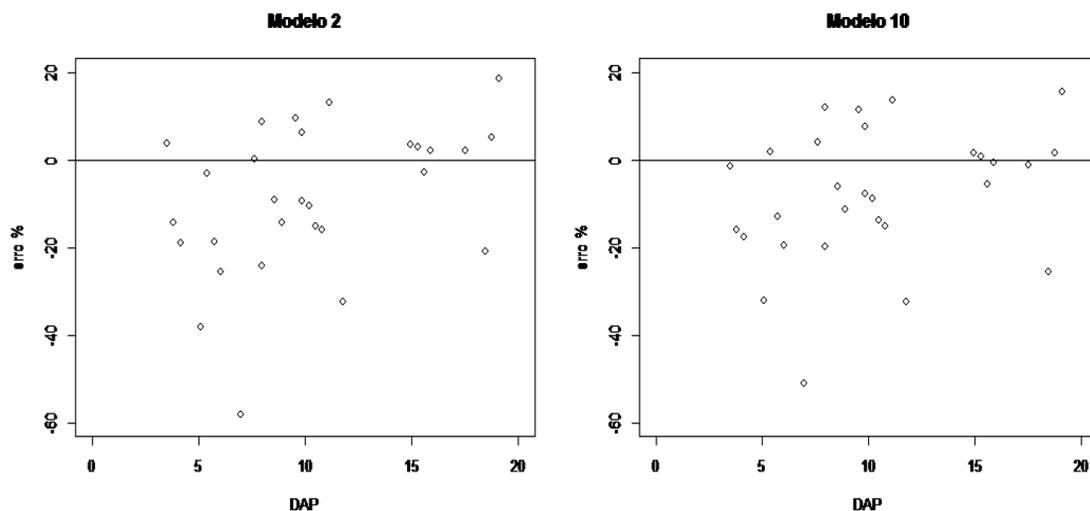
Na Tabela 3 estão os resultados das estatísticas obtidas na predição feita com os seis modelos previamente selecionados. Nota-se que houve pouca variação nos critérios estatísticos de predição, sendo que os modelos 2 e 10 obtiveram os melhores valores, sendo mais favorável ao modelo 10. Entre esses modelos, apesar de uma distribuição de resíduos variando de 20% à -60%, em geral, superestimando a altura para ambos modelos (FIGURA 5), nota-se um comportamento melhor para o modelo 10 mesmo sendo pouco expressivo.

**Tabela 3.** Predição dos modelos com os melhores resultados de  $R^2$ ,  $Syx\%$  e gráfico de dispersão

Model	AE	ADP%	SRAE%	$R^2$
1	32,376	-13,725	18,30	0,472
2	31,455	-12,676	17,69	0,507
6	32,576	-13,798	18,38	0,468
7	32,436	-13,757	18,33	0,471
9	32,376	-13,663	18,30	0,473
10	28,701	-11,553	16,45	0,574

EA: erro absoluto; MDP: média dos desvios do erro em porcentagem; RQEM%: raiz quadrada do erro médio;  $R^2$ : coeficiente determinação.

**Fonte:** Elaboração dos autores (2016).

**Figura 5.** Resíduos percentuais em função DAP (cm) para os modelos hipsométricos 2 e 10 obtidos na predição da altura de árvores de um fragmento de Cerrado tocantinense.

**Fonte:** Elaboração dos autores (2016).

Batista et al. (2001), avaliando a estabilidade de modelos hipsométricos, encontraram em uma área de mata nativa, floresta tropical, modelos lineares e não lineares estimando a altura preditiva com  $R^2$  variando de 0,28 e 0,36 e RQEM de 9,8% a 80,9%, com superioridade dos modelos não lineares, mostrando que a fundamentação biológica da forma funcional dos modelos é essencial para que possam apresentar estimativas adequadas de altura. Resultado coerente com o deste trabalho.

Contudo, mesmo que os modelos lineares sejam mais simples, recomendam-se os modelos não lineares, pela sua capacidade de melhor explicar a relação altura e diâmetro das árvores, além da possibilidade de interpretação biológica dos seus parâmetros.

## Conclusão

Os valores estatísticos de ajuste dos modelos variaram entre si,  $R^2_{aj}$ : 0,362 a 0,489 e  $s_{HH}$ : 17,58% a 20,29%. Na análise residual, observou-se uma tendência dos modelos de superestimar a altura, chegando até 40 %.

De forma geral, os modelos não lineares explicaram melhor a variável dependente altura quando comparados com os modelos lineares, sendo os mais recomendados para estimativa de alturas em áreas florestais de Cerrado.

Com a realização da predição, o melhor modelo hipsométrico foi o Prodan (não linear), que obteve melhores valores estatísticos e variação gráfica.

## Hypsometric models adjusted for a fragment of Sensu stricto Cerrado in Tocantins, Brazil

### Abstract

Hypsometric models are of great value in order to reduce forest inventory costs. The present work aimed to adjust and evaluate models of hypsometric relation at a Cerrado area in regenerative process, located in the municipality of Gurupi (TO). Ten models, including five linear and five non-linear, were tested. The adjustments were made through R software, for Windows. As criterion for the adjustment of models, the following statistical parameters were used: adjusted coefficient of determination ( $R^2_{aj}$ ), the residual standard error ( $s_{HH}$ ) and the graphical analysis of the residuals; then, the validation of the best adjusted models took place. The best adjustment statistics were for the non-linear models, with emphasis on Gompertz model (MODEL 7),  $R^2_{aj}$ : 0,489 and  $s_{HH}$  17.58%. The models, in general, overestimated the height, reaching up to 40 % more than the real one. As a result, six models were referred for validation: two linear and four non-linear. The best model with prediction was the non-linear Prodan (model 10), which presented better statistical values and graphical variation. It is concluded non-linear models explained more satisfactorily the height-dependent variable.

**Keywords:** Tree height. Selection. Validation.

### Referências

ANDRADE, V. C. L.; KROETZ, E. A.; NICOLA, A.; SOUZA, P. B.; NOHAMA, F. K.; LEITE, H. G.; BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. S. Amostragem e agrupamento de dados de relação hipsométrica em inventários florestais de Cerrado Tocantinense. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 83, p. 227-238, 2015. Disponível em: <<https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/683/430>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

ANDRADE, V. C. L.; MARTINS, S. V.; CALEGARIO, N.; CHICHORRO, J. F. Influência de três sistemas de amostragem na estimativa da relação hipsométrica e do volume de árvores em um fragmento de Mata Atlântica. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 31-37, 2006. Disponível em: <<https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr70/cap03.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

AZEVEDO, G. B.; SOUSA, G. T. O.; SILVA, H. F.; BARRETO, P. A. B.; NOVAES, A. B. Seleção de modelos hipsométricos para quatro espécies florestais nativas em plantio misto no planalto da conquista na Bahia. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 7, n.12, 2011. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/selecao%20de%20modelos.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z. do; MARQUESINI, M. Desempenho de modelos de relações hipsométricas: estudo de três tipos de floresta. **Scientia Forestalis**, n. 60, p.149- 163, 2001. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/51781023-Desempenho-de-modelos-de-relacoes-hipsometricas-estudo-em-tres-tipos-de-floresta.html>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

CURTO R. A.; SILVA G. F.; SOARES C. P. B.; MARTINS L. T.; DAVID H. C. Métodos de estimação de altura de árvores em floresta estacional semidecidual. **Floresta**, Curitiba-PR, v. 43, n. 1, p. 105-116, 2013. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/26791>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

CRECHE, E. H. **Efeitos da densidade da plantação sobre a produção, crescimento e sobrevivência de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em Missiones, Argentina**. 1996. 172 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 1996. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/25418>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

DRAPER, N. M.; SMITH, H. **Applied Regression Analysis**. 2. ed., New York, Wiley. 1981, 709 p.

HESS, A. F.; BRAZ, E. M.; THAINES, F.; MATTOS, P. P. Ajuste de relação hipsométrica para espécies da Floresta Amazônica. **Ambiência**, v. 10, n. 1 p. 21 – 29, 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/989738/ajuste-de-relacao-hipsometrica-para-especies-da-floresta-amazonica>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

INOCÊNCIO, M. E.; CALAÇA M. Estado e território no Brasil: reflexões a partir da agricultura no Cerrado. **Revista IDeAS**, v. 4, n. 2, p. 271-306, 2010. Disponível em: <<https://r1.ufrjr.br/cpda/ideas/ojs/index.php/ideas/article/view/46>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Biomas do Brasil. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

JESUS. C. M.; MIGUEL, E. P.; LEAL, F. A.; ENCINAS, J. I. Avaliação de diferentes hipsômetros para medição da altura total em um povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 291, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/16218>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

MAYRINCK, R. C.; OLIVEIRA, X. M.; SILVA, G. C. C.; VITOR, P. C. G.; FERRAZ FILHO, A. C. Avaliação de hipsômetros e operadores na mensuração de árvores de *Eucalyptus urograndis* de tamanhos diferentes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n. 5, p. 90-94, 2016. Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3976>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

PONTES NETO, T. P. **Comparação de modelos lineares e não lineares em relações hipsométricas para clone de *Eucalyptus* spp. no polo gesseiro do Araripe-Pe**. Dissertação (Pós-Graduação em

Ciências Florestais) – Universidade Federal do Rural do Pernambuco, Departamento de Ciências Florestais, Recife, 2012. Disponível em: <[http://www.ppgcf.ufrpe.br/sites/www.ppgcf.ufrpe.br/files/documentos/tarcisio\\_pio\\_pontes\\_netto.pdf](http://www.ppgcf.ufrpe.br/sites/www.ppgcf.ufrpe.br/files/documentos/tarcisio_pio_pontes_netto.pdf)>. Acesso em: 26 nov. 2016.

RODRIGUES L. G. S. M.; RODRIGUES F. M. Inventário florestal de ambiente de Cerrado utilizando quatro técnicas de levantamento florestal. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 8, n. 15; p. 11-15, 2012. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/inventario%20florestal.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2016.

RUFINO, R. F.; MIGUEL, E. P.; SANTOS, G. A.; SANTOS, T. E. B.; SOUZA, F. Ajuste de modelos hipsométricos para um povoamento de eucalipto conduzido sobre o sistema de rebrota. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 10, 2010. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010b/ajuste.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; ROGLIN, A.; PIMENTEL, A. Relações diâmetro-altura para espécies lenhosas em um fragmento de floresta Ombrófila Mista no Sul do Paraná. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 68, n. 1, p. 103-114, 2013. Disponível em: <<https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/42>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M de. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF, 1998. 294p.

SENA, A. L. M.; SILVA NETO, A. J. da; OLIVEIRA, G. M. V.; CALEGARIO, N. Modelos lineares e não lineares com uso de covariantes para relação hipsométrica de duas espécies de pinus tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 969-980, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/20651>>. Acesso em: 26 nov. 2016.

SECRETÁRIA DO PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE (SEPLAN). **Atlas do Tocantins**: subsídios ao planejamento à gestão territorial. 6. ed. Palmas: 2012. p.18-21. Disponível em: <<http://www.sefaz.to.gov.br/zona-mento/atlas-do-tocantins/>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

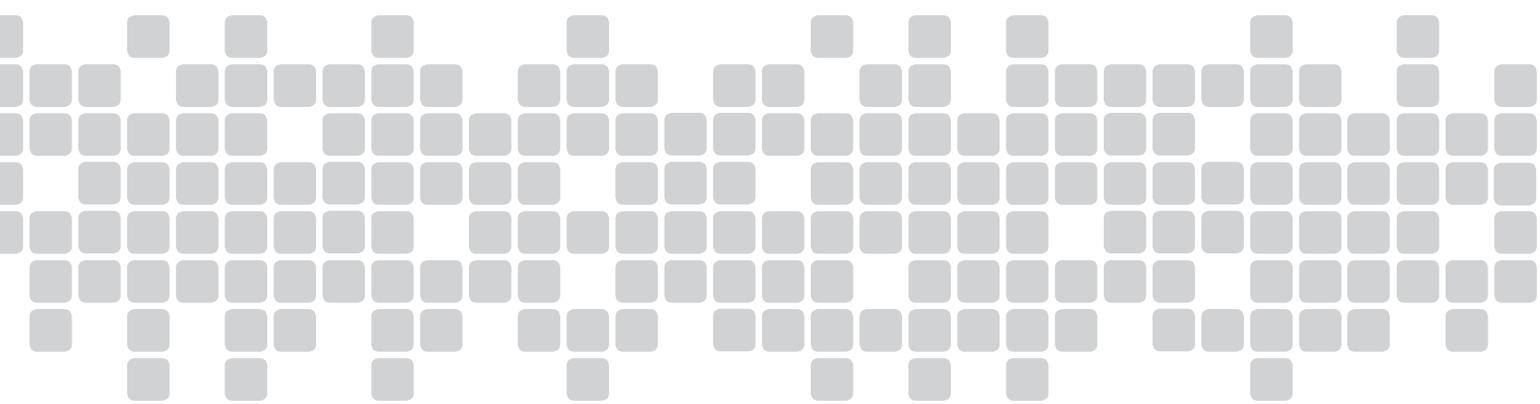
SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F. de; SOUZA, A. L. de. **Dendrometria e inventário florestal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2011. 272 p.

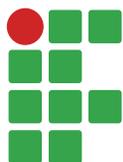
VENDRUSCOLO, D. G. S.; DRESCHER, R.; SOUZA, H. S.; MOURA, J. P. V. M.; MAMORÉ, F. M. D.; SIQUEIRA, T. A. S. Estimativa da altura de eucalipto por meio de regressão não linear e redes neurais artificiais. **Revista Brasileira Biomass**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 556-569, 2015. Disponível em: <[http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v33/v33\\_n4/A9\\_DiogoRonaldo.pdf](http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v33/v33_n4/A9_DiogoRonaldo.pdf)>. Acesso em: 24 nov. 2016.

### Histórico editorial

Submetido em: 23/02/2017

Aceito em: 26/12/2017





## Fenologia de espécies arbóreas visando à recuperação de áreas degradadas no município de Machado (MG)

Danilo Oliveira de Castro Lima<sup>1</sup>

Walnir Gomes Ferreira Júnior<sup>2</sup>

Wander Duarte Cruz Júnior<sup>3</sup>

### Resumo

Sabe-se que uma das características das matas semidecíduas é a evidente dupla estacionalidade proporcionada por um clima com estações bem definidas: uma de chuvas intensas de verão, seguida por outra com um período de estiagem. Este tipo de clima define as estratégias de floração e de reprodução dos indivíduos. Assim sendo, este trabalho foi realizado com o objetivo de levantar dados comportamentais de dez indivíduos, de seis espécies diferentes (*Euterpe edulis* Mart., *Vernonanthura divaricate* (Spreng.) H. Rob., *Manihot pilosa* Pohl, *Anadenanthera peregrine* Speg., *Piptadenia gonocantha* J.F. Macbr. and *Miconia chartacea* Triana) e um indivíduo de *Platycyamus regnellii* Benth, observando seus comportamentos ao longo de um período que abrangeu as duas estações, e de testar a sazonalidade de fenofases reprodutivas dos indivíduos em questão. Para isso, fizeram-se observações mensais das fenofases vividas por cada indivíduo relacionando-as com variáveis climáticas. Os dados foram tratados por meio de análises de estatística circular para verificar a sazonalidade reprodutiva e teste de correlação a fim de determinar o índice climático de maior evidência. Os resultados apresentaram uma relação entre precipitação/temperatura e a fase reprodutiva das espécies. A não sazonalidade na produção de diásporos atestada pode ser reflexo da anormalidade climática vivida no período, de forma que a estação seca do ano é a época mais recomendável para coleta das espécies investigadas.

**Palavras-chave:** Mata Atlântica. Biologia reprodutiva. Fenofases. Sementes florestais. Estatística circular.

### Introdução

A atividade pecuária e a cafeicultura estimularam o desmatamento em Minas Gerais, causando diminuição de cobertura da vegetação nativa (DEAN, 1996). No município de Machado (MG), o café tem destaque nos ciclos e processos econômicos, devido à aptidão agrícola citada por Moura et al. (2007).

Diversos são os métodos que se baseiam em diferentes estratégias de aquisição de indivíduos para recomposição de áreas degradadas. A restauração ecológica de um ambiente é pensada com redução dos custos de recuperação (GANDOLFI; MARTINS; RODRIGUES, 2006). A regeneração natural da vegetação é o procedimento mais econômico para recuperar áreas degradadas, consistindo em diminuir a pressão degenerativa sobre o ambiente, favorecendo a sucessão ecológica. Segundo

1 Engenheiro agrônomo, mestre em botânica. [danilo.ocl@hotmail.com](mailto:danilo.ocl@hotmail.com)

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), docente. [walnir.ferreira@ifsuldeminas.edu.br](mailto:walnir.ferreira@ifsuldeminas.edu.br)

3 IFSULDEMINAS, discente. [wander\\_juninho\\_srs@hotmail.com](mailto:wander_juninho_srs@hotmail.com)

Botelho e Davide (2002), a condução da regeneração natural, por exigir menos mão de obra e insumos, pode reduzir significativamente o custo de implantação de uma floresta.

Uma das estratégias de recomposição é o aproveitamento de diásporos de matas circunvizinhas à área em recuperação cujos custos de aquisição são mínimos, além de permitir a aceleração no processo de revegetação (WUNDERLEE, 1997).

As florestas tropicais exibem uma ampla variedade de padrões fenológicos (MORELLATO et al., 2000), portanto, saber a época adequada de coleta de diásporos significa otimizar a mão de obra que, por sua vez, pode representar diminuição nos gastos com a recomposição de áreas degradadas. Esses estudos são de suma importância para compreensão da dinâmica dos ecossistemas florestais, além de ser uma ótima ferramenta para o entendimento dos fatores que influenciam a reprodução e a sobrevivência das espécies vegetais (MORELLATO et al., 2010), contribuindo também para o conhecimento da distribuição temporal de recursos dentro das comunidades (TALORA; MORELLATO, 2000; PINTO et al., 2005).

Os ciclos fenológicos de plantas tropicais são complexos, apresentando padrões irregulares (BENCKE; MORELLATO, 2002), principalmente em ambientes tropicais, em que a sazonalidade na precipitação é pronunciada (RIVERA; BORCHERT, 2001). Marques, Roper e Salvalaggio (2004) ressaltam que, além da sazonalidade climática, as plantas estão sujeitas às variações ambientais locais, que também implicam padrões fenológicos. Com isso, a busca por padrões gerais apresenta obstáculos pela grande variedade de espécies com comportamentos biológicos e histórias evolutivas diferentes (WILLIAMS-LINERA; MEAVE, 2002).

Além de fornecer bases para época de coleta de material propagativo ao se falar em recomposição de áreas degradadas (TALORA; MORELLATO 2000; PINTO et al., 2005), estudos sobre fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em áreas florestais são necessários para fornecer parâmetros com vistas à conservação e exploração racional.

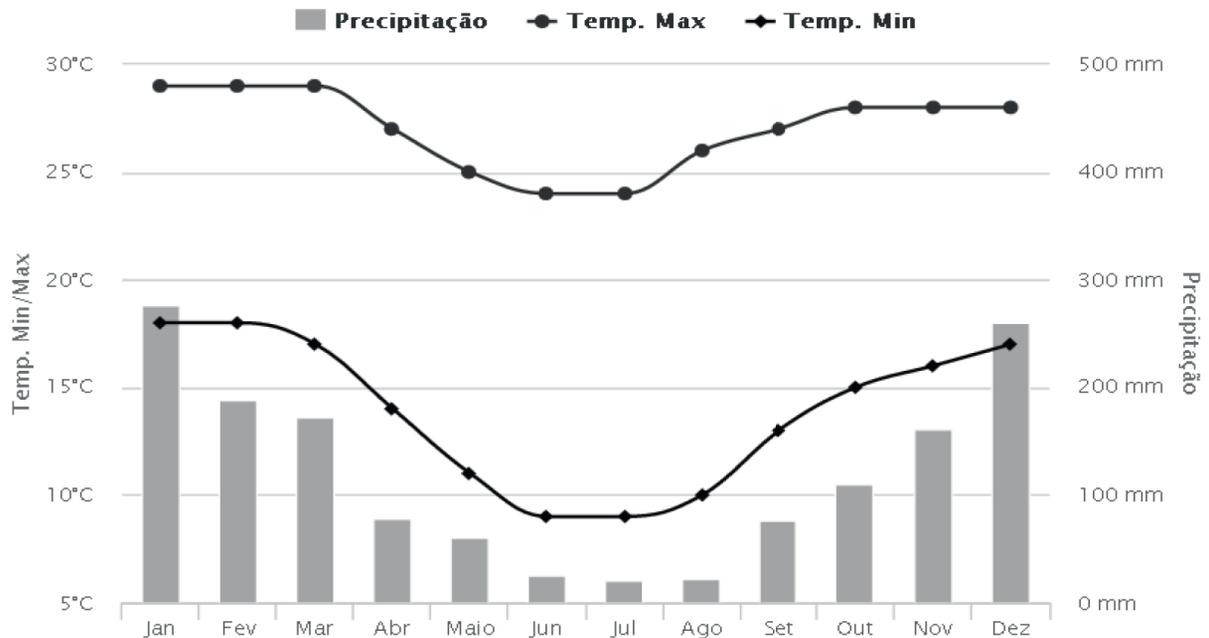
Diante da irregularidade dos padrões fenológicos, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de analisar a sazonalidade na produção de flores e frutos, na queda e no brotamento de folhas, relacionando-os com índices pluviométricos mensais durante o período de estudos, permitindo a determinação da época de coleta de propágulos (frutos e sementes) para as espécies estudadas, fornecendo base para elaboração de planos de recuperação de áreas degradadas.

## Material e métodos

Os estudos foram conduzidos em remanescente florestal situado no *Campus* Machado do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais (FIGURA 2). O fragmento possui atualmente uma área de cerca de 7,0 ha e está, segundo servidores do *campus*, há mais de 50 anos em processo de recuperação natural.

A região integra o domínio da Floresta Estacional Semidecídua dentro do Bioma Mata Atlântica (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE, 2004). Apresenta relevo variando de fortemente ondulado a montanhoso, altitude entre 835 m e 1.310 m. A geologia se apresenta de forma homogênea, estando inserida no Complexo Varginha, constituído, principalmente, por gnaisses. São encontradas três classes de solos: o Latossolo Vermelho distrófico, o Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico e o Argissolo Vermelho eutrófico, segundo classificação do projeto RADAMBRASIL (URURAHY et al., 1983). A temperatura média anual é de 21,2 °C; a média mensal máxima de 27 °C; a média mensal mínima de 14,2 °C e o índice pluviométrico médio anual é de 1.824 mm, com invernos secos e frios e verões quentes e chuvosos (FIGURA 1) (MOURA et al., 2007).

**Figura 1.** Climograma do município de Machado. Os valores representam médias mensais da normal climatológica.



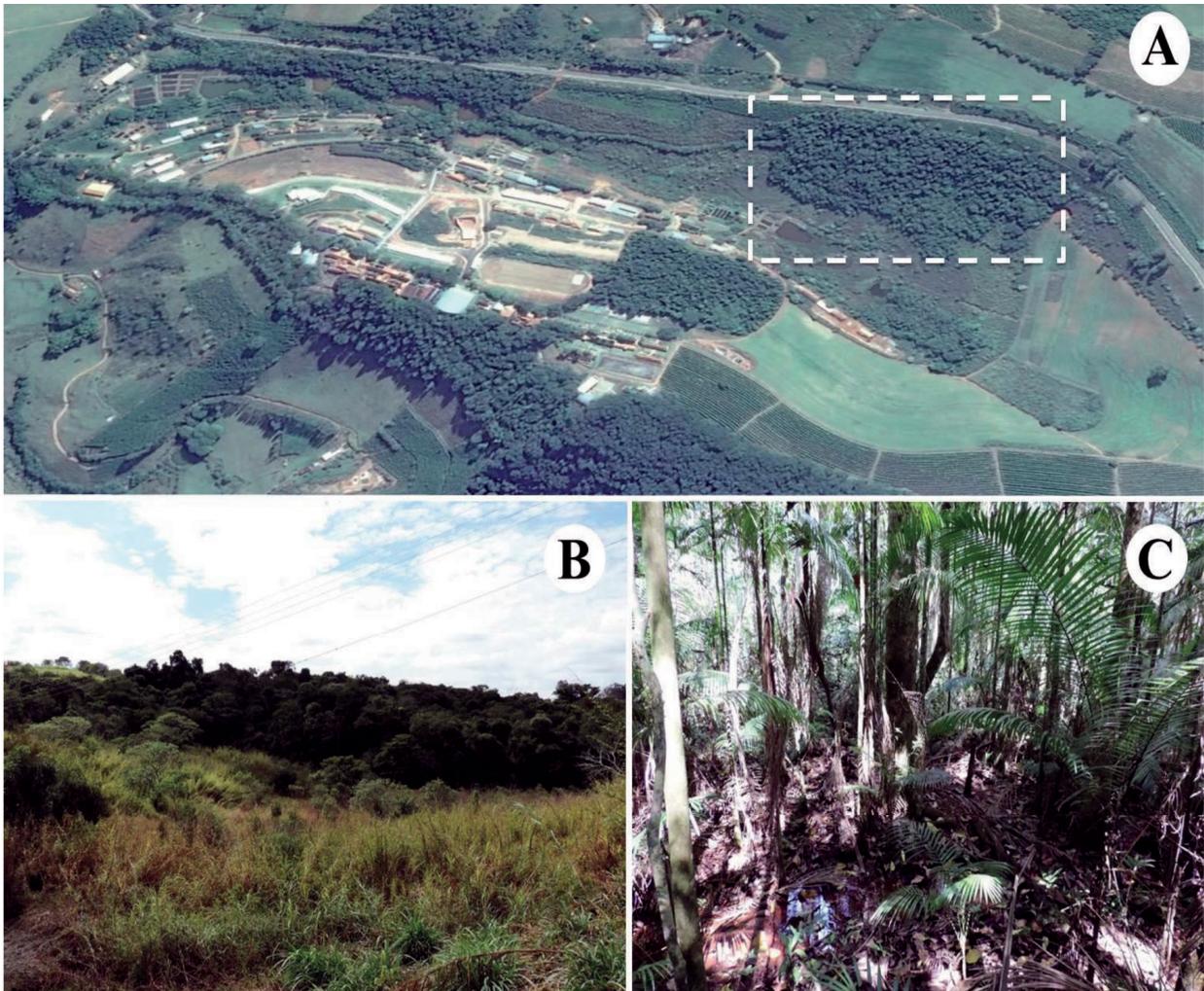
**Fonte:** Adaptado de CLIMATEMPO (2017).

O remanescente florestal em discussão é fonte de trabalhos em diversas frentes ecológicas. Alguns destes trabalhos, como o de Rezende (2015) e Marinho (2015), com enfoque fitossociológico e florístico, serviram como base para a escolha das espécies e número de espécimes usados para testar a sazonalidade na produção de propágulos, sendo o valor de importância da espécie, juntamente com um número mínimo comum de 10 indivíduos de cada espécie, parâmetros que definiram nossa escolha.

Em posse desse conhecimento, selecionamos sete espécies pioneiras como fonte de dados (TABELA 1). Para seis dessas espécies foram acompanhados 10 indivíduos adultos e somente um indivíduo de *Platycamus regnellii* Benth. (Pau-pereira), totalizando 61 indivíduos. A exceção apresentada é devido à ausência de outros indivíduos adultos na área de estudo e a apreciação e importância local dada à espécie.

As famílias botânicas foram reconhecidas segundo o sistema *Angiosperm Phylogeny Group IV* (APG, 2016). A síndrome de dispersão das espécies estudadas foi classificada segundo estudo realizado por Sá et al. (2012).

**Figura 2.** Diferentes perspectivas do afloramento onde foi realizado o estudo. (A) Imagem panorâmica do *Campus Machado*, em destaque a mata onde foi desenvolvido o trabalho. (B) Vista do fragmento às margens da trilha de acesso. (C) Foto no interior da mata.



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

**Tabela 1.** Circunferência média (CAP), altura média (Alt.) e síndrome de dispersão (SD) das espécies selecionadas para o presente estudo, em fragmento de Floresta Estacional Semidecídua, em Machado, Minas Gerais.

FAMÍLIA / Espécie	Nome popular	CAP (cm)	Alt. (m)
<b>ARECACEAE</b>			
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	palmito-jussara	50,5	7,0
<b>ASTERACEAE</b>			
<i>Vernonanthura divaricata</i> (Spreng.) H. Rob.	pau-fumo	98,1	10,0
<b>EUPHORBIACEAE</b>			
<i>Manihot pilosa</i> Pohl	mandioca-brava	20,6	4,0

FAMÍLIA / Espécie	Nome popular	CAP (cm)	Alt. (m)
<b>LEGUMINOSAE</b>			
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	angico-vermelho	95,1	10,9
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	pau-jacaré	96,6	9,6
<i>Platycyamus regnellii</i> Benth.	pau-pereira	223,0	15,0
<b>MELASTOMATACEAE</b>			
<i>Miconia chartacea</i> Triana	quaresmão	74,6	8,7

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2017).

As observações fenológicas foram realizadas mensalmente com o auxílio de binóculo, entre setembro de 2013 e agosto de 2015. Foram registradas a presença ou ausência das fenofases; de acordo com Campos (2007): i) floração (botões florais e/ou flores em antese), ii) frutificação (frutos imaturos e/ou maduros), iii) queda foliar (indivíduos que se apresentaram com copa reduzida ou totalmente desfolhada) e iv) brotamento (indivíduos que se apresentaram parcial ou totalmente com folhas novas, menores, tenras e com coloração mais clara ou avermelhada). Dada a transição entre floração e frutificação ser gradual, a frutificação somente foi considerada quando os frutos se tornaram visíveis.

As frequências mensais de floração e frutificação foram calculadas a partir do número de espécies com flores ou frutos em cada mês. Para tanto, o número de espécies com flores ou frutos em cada mês foi dividido pela somatória dos números de espécies com flores ou frutos em todos os meses. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise estatística circular conforme aplicado por Talora e Morellato (2000) e a sazonalidade na distribuição das frequências foi testada conforme descrito por Morellato et al. (2000).

Os índices climáticos foram obtidos a partir do banco de dados on-line do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), considerando as médias mensais do período de observações recolhidas pela estação meteorológica do município de Machado. As variáveis destacadas foram: Insolação Total, Precipitação Total, Temperatura Compensada Média.

Para verificar a existência de correlações entre as frequências de espécies em floração e frutificação e as variáveis climáticas (Insolação Total, Precipitação Total, Temperatura Compensada Média) foi utilizado o teste de correlação de Spearman (ZAR, 1999), software R versão 3.2.2.

## Resultados e discussão

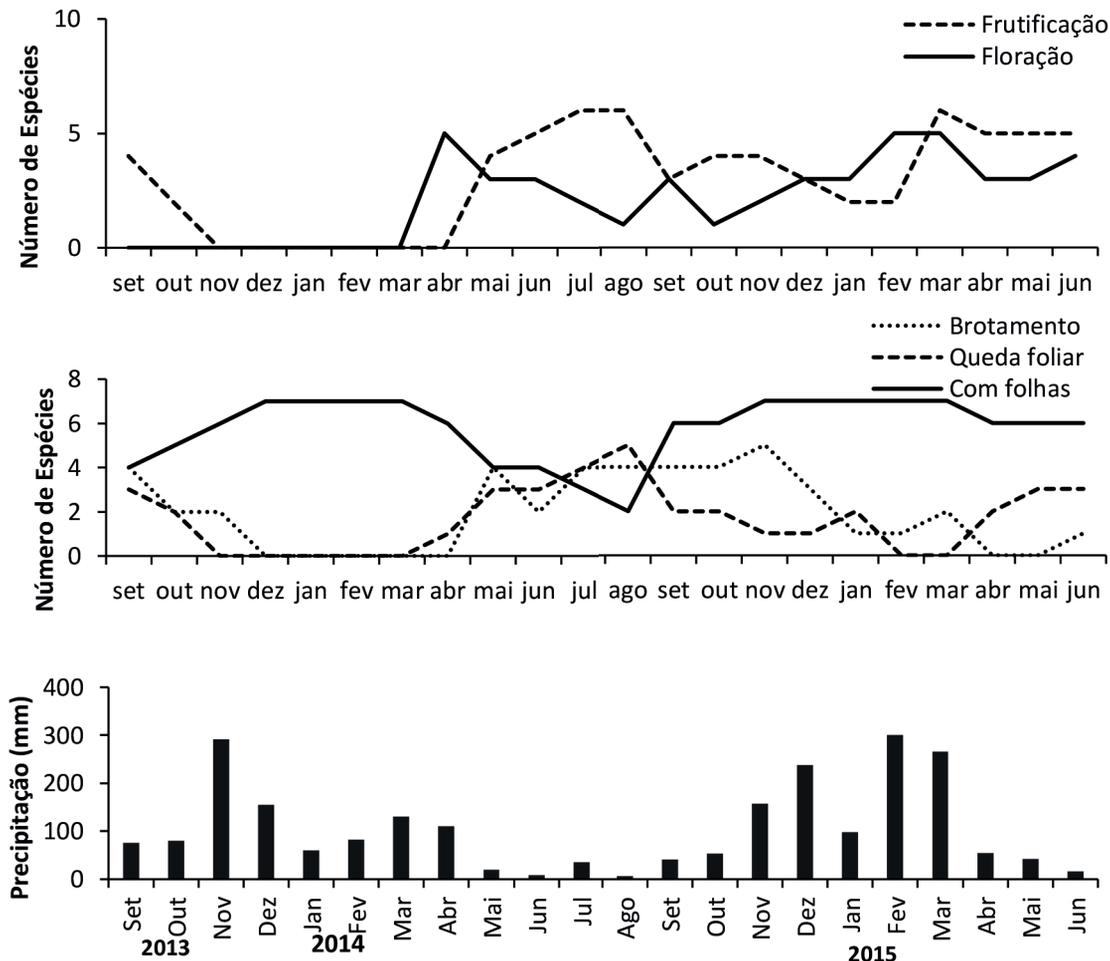
A Figura 3 representa o comportamento fenológico de todas as espécies estudadas. Na primeira época de chuvas acompanhada (fim de 2013 e início de 2014), o comportamento vegetativo foi predominante entre as espécies.

As fenofases reprodutivas e de brotamento e queda foliar tiveram intensidade mínima de setembro/13 até março/14, quando se tem indivíduos florescendo e com queda de folhas.

A partir do mês de maio, observa-se que o número de espécies em cada fenofase se alternou, atingindo o pico de frutificação em julho/14 e agosto/14 e de floração nos meses de abril/14 e fevereiro e março/15.

O padrão de queda de folhas se desenhou acompanhando o índice pluviométrico do período de estudo, e a curva de brotamento foliar acompanhou com ligeiro atraso a queda foliar.

**Figura 3.** Comportamento fenológico por número de espécies observadas no fragmento de Floresta Estacional Semidecídua em Machado, Minas Gerais, e respectivas fenofases estudadas. Climograma do município de Machado, com precipitação ordenada segundo período de realização do estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

A opção por tratar os dados de forma qualitativa, segundo Bencke e Morellato (2002), ou seja, evidenciando os picos de atividade de cada fenofase, deu-se por evidenciar possíveis relações entre fatores abióticos que determinam ou restringem o período de ocorrência de cada fenofase.

A partir da representação na Figura 3 é possível verificar tal relação com um fator abiótico. O teste de correlação de Spearman entre as variáveis elencadas e a frequência de floração ou frutificação apresentou resultados que garantem a influência de tais fatores abióticos nas fenofases reprodutivas, com exceção à Insolação Total que não apresentou valor significativo que a apontasse como um fator determinante na manifestação de floração ou frutificação. Os valores de significância obtidos estão representados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Síntese dos valores obtidos por meio da análise de correlação de Spearman.

	<b>Insolação total</b>	<b>Precipitação Total</b>	<b>Temperatura Média</b>
		rho	
Frequência de Floração e/ou Frutificação	- 0,2717	- 0,5169	- 0,7237
Valor de "p"	Não significativo	p < 0,001	p < 0,001

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2017).

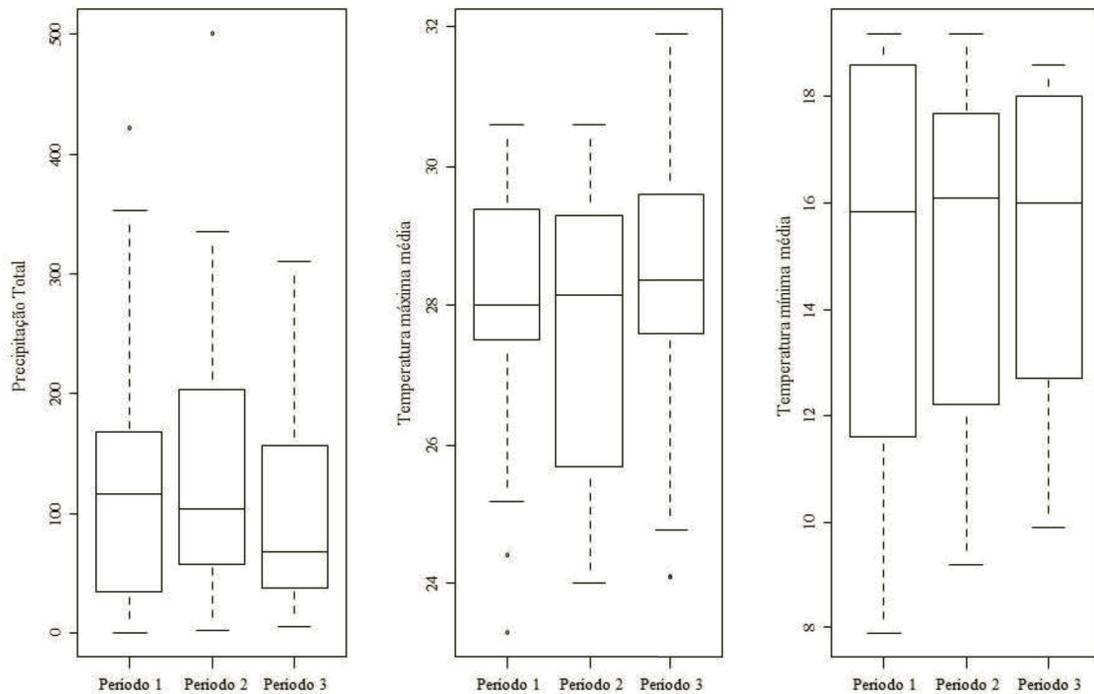
Apesar da aparente sazonalidade na Figura 3 e da comprovação da influência dos fatores abióticos sobre a manifestação das fenofases das espécies observadas, o resultado obtido pela análise estatística circular aponta para uma incipiente concentração dos dados em qualquer época do ano. O vetor "r" resultante dos cálculos ficou em torno de 0,12 sem significância estatística ( $p > 0.05$ ). Sendo assim, a atividade reprodutiva responde aos fatores ambientais, porém no período de tempo do referido estudo não houve significativa manifestação sazonal nas fenofases.

Sabe-se da conhecida estacionalidade climática característica da região sul-mineira (MOURA et al., 2007), porém é válido ressaltar que durante o período de estudos a região passava por uma época de seca com um regime de chuvas muito aquém do que normalmente é registrado, desta forma, durante esse período as condições climáticas não evidenciaram a dupla estacionalidade como era recorrente.

A Figura 4 representa a distribuição dos valores de cada variável climática de dois períodos anteriores equivalentes ao do trabalho desenvolvido. Os valores mensais médios de precipitação nos dois períodos anteriores ao nosso estudo apontam maior amplitude, assim como os valores de temperaturas máximas e mínimas médias mensais. Tal representação evidencia que o clima no período estudado se comportou de forma menos marcadamente estacional em relação a anos anteriores.

O trabalho de Borchert (1980) sugere que padrões de reprodução e crescimento em espécies tropicais são determinados apenas secundariamente como adaptação às mudanças ambientais, sendo os processos endógenos predominantes, o que pode explicar o fato de não constarmos sazonalidade na produção de diásporos. Como o clima se apresentou de forma menos estacional, a maior influência na manifestação de floração e frutificação foram pressões seletivas bióticas, tais como pressão de herbívoros, predadores, competidores, polinizadores e dispersores (AIDE, 1988).

**Figura 4.** *Boxplot* com os valores de cada variável nos períodos de: 1) setembro de 2009 a agosto de 2011; 2) setembro de 2011 a agosto de 2013; 3) setembro de 2013 a agosto de 2015 (este trabalho).



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2017).

Apesar da não sazonalidade, as fenofases de floração e frutificação ainda se mostraram correlatas às variáveis ambientais, demonstrando que, mesmo que não haja evidente estacionalidade climática, as espécies estudadas responderão às condições de temperatura seguidas pela precipitação.

## Conclusão

Pode-se concluir que a melhor época para coleta de material propagativo das espécies estudadas se restringe à época seca do ano, entre os meses de maio a setembro, baseando nas observações apresentadas.

De acordo com os dados obtidos com o presente estudo, estratégias para recuperação de áreas degradadas podem ser traçadas em função da disponibilidade de material propagativo das espécies estudadas e da sinúsia arbórea em questão. Salientamos que os dados apresentados neste trabalho, combinados com uma investigação da intensidade com que os eventos fenológicos ocorrem, darão base suficiente para determinar o papel dos agentes bióticos na manifestação de cada fenofase.

## Phenology of Arboreal Species for recovering degraded areas in the municipality of Machado, MG

### Abstract

It is known that one of the characteristics of semideciduous forests is the evident double seasonality of a climate with well-defined seasons: one of intense summer rains, and the other a dry one. The climate defines flowering and reproduction strategies for the plants. This work aimed to collect behavioral data of ten individuals, from six different species (*Euterpe edulis* Mart., *Vernonanthura divaricate* (Spreng.) H. Rob., *Manihot pilosa* Pohl, *Anadenanthera peregrine* Speg., *Piptadenia gonocantha* JF Macbr and *Miconia chartacea* Triana) and one from *Platycyamus regnellii* Benth plant. Their behaviors were observed over a period spanning both seasons; the seasonality of phenophase reproductive phases of the individuals in question was tested. In order to achieve our goal, monthly observations of the phenophase stages experienced by each individual were carried out, then they were correlated to climatic variables. The data was processed by circular statistical analysis in order to verify the reproductive seasonality; furthermore, correlation test was conducted to determine the climatic index of greater evidence. The results presented a relation for precipitation/temperature and the reproductive phase of the species. Non-seasonality for the diaspores production may be a reflection of the climatic abnormality experienced in the period. The dry season is the best time to collect the investigated species.

**Keywords:** Atlantic forest. Reproductive biology. Phenophases. Forest seeds. Circular statistics.

### Referências

- AIDE, T. M. Herbivory as a selective agent on the timing of leaf production in a tropical understory community. **Nature**, v. 336, n. 6199, p. 574-575, 1988. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/232759750\\_Herbivory\\_as\\_a\\_selective\\_agent\\_on\\_the\\_timing\\_of\\_leaf\\_production\\_in\\_a\\_tropical\\_understory\\_community](https://www.researchgate.net/publication/232759750_Herbivory_as_a_selective_agent_on_the_timing_of_leaf_production_in_a_tropical_understory_community). Acesso em: 12 abr. 2016.
- APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 2016, 181, 1–20.
- BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 269-275, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbb/v25n3/a03v25n3.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2016.
- BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: UFMG, 2002. p. 123-145.
- CAMPOS, E. P. **Fenologia e chuva de sementes em floresta estacional semidecidual no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil**. 2007. 50f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Relatório Anual 2014**. São Paulo, 2014. Disponível em: [https://www.sosma.org.br/link/relatorio\\_anual\\_sosma\\_2014/index.html](https://www.sosma.org.br/link/relatorio_anual_sosma_2014/index.html) Acesso em: 11 out. 2015.

GANDOLFI, S.; MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Forest restoration. In: RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V.; GANDOLFI, S. (Org.) **High diversity forest restoration in degraded areas: methods and projects in Brazil**. New York: Nova Science Publishers, 2006. p. 3-26.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de Biomas do Brasil: 1ª aproximação**. Brasília: IBGE, 2004.

MARINHO, R. R. **Estrutura fitossociológica de remanescente de Floresta Estacional Semidecídua na região de Machado, Minas Gerais**. 2015. 32f. Dissertação (Licenciatura em Biologia) - IFSULDEMINAS- *Campus* Machado, Machado, 2015.

MARQUES, M. C. M.; ROPER, J. J.; SALVALAGGIO, A. P. B. Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brazil. **Plant Ecology**, v. 173, n. 2, p. 203-213, 2004. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/B:VEGE.0000029325.85031.90>. Acesso em: 12 abr. 2017.

MORELLATO, L. P. C.; CAMARGO, M. G. G.; NEVES, F. F. D.; LUIZE, B. G.; MANTOVANI, A.; HUDSON, I. L. The influence of sampling method, sample size, and frequency of observations on plant phenological patterns and interpretation in tropical forest trees. In: HUDSON, I. L.; KEATLEY, M. (Org.). **Phenological research: methods for environmental and climate change analysis**. Springer: Dordrecht, 2010. p. 99-121.

MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASI, A.; BENCKE, C. C.; ROMERA, E. C.; ZIPPARRO, V. B. Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: A Comparative Study. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 811-823, 2000. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00620.x>. Acesso em: 12 abr. 2017.

MOURA, L. C.; MARQUES, A. F. S. M.; HADAD, R. M.; ANDRADE, H.; ALVES, H. M. R. A aptidão agrícola das terras do município de Machado/MG e a cafeicultura. **Caderno de Geografia**, v. 17, n. 28, p. 141-162. 2007.

PINTO, A. M.; RIBEIRO, R. J.; ALENCAR, J. D. C.; BARBOSA, A. P. Fenologia de *Simarouba amara* Aubl. na reserva florestal Adolpho Ducke, Manaus, AM. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 3, p. 347-352, 2005.

REZENDE, M. G. **Composição e similaridade florística de remanescentes de Floresta Estacional Semidecídua na região de Machado, Minas Gerais**. 2015. 33f. Dissertação (Licenciatura em Biologia) – IFSULDEMINAS - *Campus* Machado, Machado, 2015.

RIVERA, G.; BORCHERT, R. Induction of flowering in tropical trees by a 30-min reduction in photoperiod: evidence from field observations and herbarium specimens. **Tree Physiology**, v. 21, n. 4, p. 201-212, 2001. Disponível em: <https://academic.oup.com/treephys/article/21/4/201/1717215>. Acesso em: 12 abr. 2017.

SÁ, D.; LOPES, S. F.; PRADO JÚNIOR, A.; SCHIAVINI, I.; VALE, V. S.; OLIVEIRA, A. P.; DIAS-NETO, O. C.; GUSSON, A. E. Estrutura e grupos ecológicos de um fragmento de floresta estacional semidecidual no Triângulo Mineiro, Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 44, p. 89-101, 2012.

SOUZA, L. A. DEAN, W. A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. São Paulo: Cia. das Letras, 2004. 484 p. [1ª impressão 1996]. **Aedos**, v. 3, n. 8, 2011. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/aedos/article/viewFile/16742/11956>. Acesso em: 12 abr. 2019.

TALORA, D. C.; MORELLATO, P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 1, p. 13-26, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbb/v23n1/v23n1a02.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2017.

URURAHY, J. C. C.; COLLARES, J. E. R.; SANTOS, M. M.; BARRETO, R. A. A. Folhas SF. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. In: **PROJETO RADAMBRASIL, as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos**. Estudo fitogeográfico. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1983. 775p.

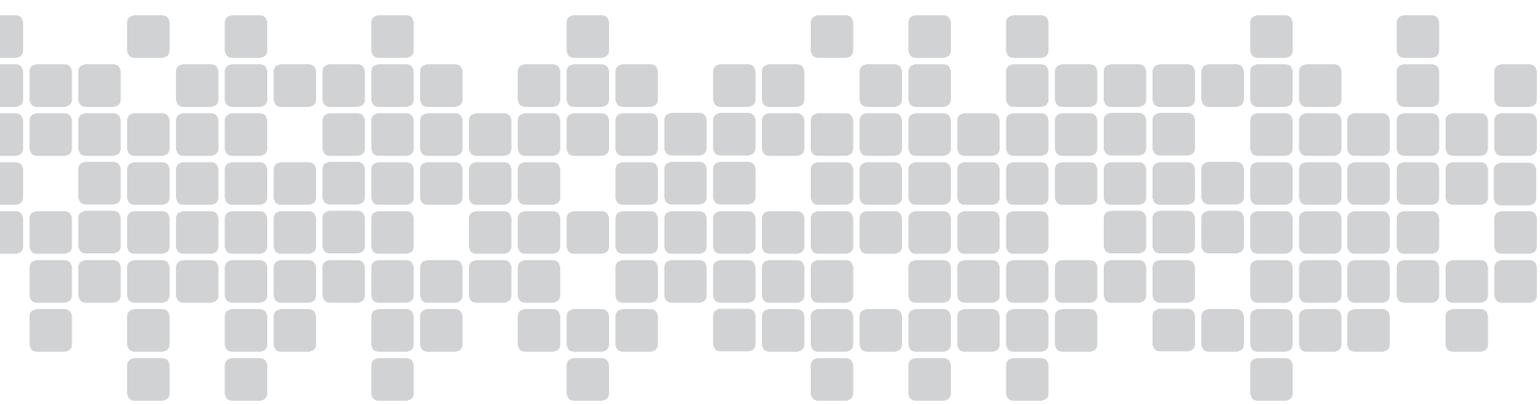
WILLIAMS-LINERA, G.; MEAVE, J. Patrones fenológicos. In: GUARIGUATA, M. R.; KATTAN, G. H. (Org.). **Ecología y conservación de Bosques Neotropicales**. Cartago: Libro Universitario, 2002. p. 407-431.

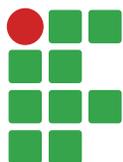
WUNDERLE JUNIOR, J. M. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, v. 99, n. 1-2, p. 223-235, 1997. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112797002089>. Acesso em: 12 abr. 2017.

### **Histórico editorial**

Submetido em: 04/09/2017

Aceito em: 12/01/2018





## Uso de coprodutos da extração de vermiculita na produção de mudas *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke

Maria José de Holanda Leite<sup>1</sup>

Olaf Andreas Bakke<sup>2</sup>

### Resumo

A extração de vermiculita gera coprodutos que são depositados no entorno das indústrias mineradoras, causando problemas ambientais. Este estudo objetivou avaliar a utilização da mistura equitativa dos coprodutos poeira fina e ultrafina da extração da vermiculita e a quantidade necessária de esterco bovino a ser adicionada ao substrato de produção de mudas de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. O experimento foi conduzido entre abril de 2013 e fevereiro de 2014 no Viveiro Florestal da UAEP/CSTR/UFCG, Patos (PB), Brasil, em um delineamento inteiramente casualizado com 6 tratamentos: solo de baixo com T0=0% e T1=33% de EB (v/v), mistura equitativa dos coprodutos da extração de vermiculita com T2=0%, T3=5%, T4=10% e T5=20% de EB e 5 repetições. As médias de altura, diâmetro basal e massa seca da parte aérea das mudas em CP-vermiculita foram menores do que as verificadas nas mudas se desenvolvendo em solo de baixo sem ou com a adição de EB. Quando o nível de adição de EB aos coprodutos foi de 20% as médias decresceram, bem como o vigor das rebrotas, pois em três das cinco parcelas deste tratamento as plantas não conseguiram emitir brotações após o corte de sua parte aérea. Caso se opte por utilizar os coprodutos, o nível de esterco bovino deve ficar em torno de 10%, uma vez que as mudas apresentam vigor suficiente para rebrotar duas vezes e recompor sua altura, diâmetro basal e matéria seca da parte aérea em 90 a 113 dias do corte de sua parte aérea.

**Palavras-chave:** Atividade mineradora. Áreas degradadas. Matéria orgânica.

### Introdução

A degradação ambiental ocorre principalmente nas regiões áridas, semiáridas e sub-úmidas secas do planeta e resulta de fatores climáticos e antropocostais como as atividades pecuárias, agricultura e mineração, as quais ocorrem principalmente na região semiárida do nordeste do Brasil, que se estende por mais de 980 km<sup>2</sup> distribuídos em todos os estados nordestinos (exceto o Maranhão) e no norte de Minas Gerais (ALVES et al., 2009).

O desequilíbrio ambiental é mais crítico no Ceará e na Paraíba, onde a degradação ambiental é observada em mais da metade dos seus territórios. Para esses autores, esta degradação tem um forte componente humano, pois 57,3 milhões de pessoas habitam essa região, além dos 28,2 milhões de bovinos, 7,8 milhões de caprinos e 9,3 milhões de ovinos, que em sua maioria se alimentam da vegetação nativa, caracterizando a região semiárida mais populosa e com maior grau de antropismo no Brasil (LIMA et al., 2015).

<sup>1</sup> Universidade Federal de Alagoas (UFAL), professora. maryholanda@gmail.com. Rodovia Br-104 – s/n, Km 14, Maceió (AL), CEP: 57.072-970.

<sup>2</sup> Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal (UFCG), professor. obakke@cstr.ufcg.edu.br.

Porém a má utilização desta atividade gera problemas ambientais. A recuperação ambiental é um processo lento e de resultados incertos e demanda ações adequadas às condições ambientais deterioradas, particularmente no que se refere ao solo (KITAMURA et al., 2008; PEREIRA et al., 2013). Uma alternativa consiste na produção e plantio de mudas de espécies arbóreas nativas adaptadas a áreas degradadas, as quais, se produzidas com substratos alternativos em substituição ao substrato convencional, composto basicamente de solo de baixo e esterco, resultariam na não degradação de áreas aluviais e na minimização dos impactos ambientais provocados pela deposição dos coprodutos no entorno das mineradoras (FERREIRA NETO et al., 2007; RODRIGUES et al., 2007).

O substrato para produção de mudas deve ser composto de materiais que proporcionem sustentação e forneçam umidade e nutrientes necessários para o crescimento das mudas (AZEVEDO et al., 2015; PEREIRA et al., 2016). Vários materiais são usados, dependendo da região, segundo Leite et al. (2015), a poeira fina contém P (58 mg dm<sup>-3</sup>); Mg (3,8 cmol<sub>c</sub> dc<sup>-3</sup>) e Ca (14 cmol<sub>c</sub> dc<sup>-3</sup>), níveis considerados altos e superiores aos verificados nos solos em geral, com a vantagem de serem disponibilizados gradualmente para a solução do solo.

Entre as espécies arbóreas adaptadas a áreas degradadas, encontra-se a *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke., uma Fabaceae lenhosa da subfamília Mimosoideae que atinge 4 metros de altura e ocorre em áreas de caatinga arbustiva rala do Piauí até a Bahia, em terrenos profundos e bem supridos de água, mas que também se adaptam a terrenos inóspitos e degradados (OLIVEIRA et al., 2009). Esta espécie produz madeira, lenha, remédios, néctar, pólen e forragem e pode ser utilizada na restauração florestal e em sistemas agroflorestais, pois é de rápido crescimento e fixa nitrogênio no solo por meio da simbiose com bactérias noduladoras do gênero *Rhizobium* (BARBOSA et al., 2013; FARIAS et al., 2013; ALMEIDA et al., 2015).

Este estudo avaliou a utilização da mistura equitativa dos coprodutos poeira fina e ultrafina da extração da vermiculita e a quantidade necessária de esterco bovino a ser adicionada ao substrato de produção de mudas de “jurema branca” *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke.

## Material e métodos

A pesquisa foi conduzida de abril de 2013 a fevereiro de 2014 em ambiente telado localizado no Viveiro Florestal da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal/Centro de Saúde e Tecnologia Rural/Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/CSTR/UFCG), Patos (PB), Brasil.

Os substratos testados para a produção de mudas foram: solo de baixo ou mistura equitativa dos coprodutos poeira fina e ultrafina da extração de vermiculita, enriquecidos com esterco bovino em diversas proporções. O solo foi coletado de área de baixo a 1,0 m de profundidade, e os coprodutos foram obtidos na Mineradora Pedra Lavrada (MPL), em Santa Luzia, Sertão Paraibano, localizada na Região Nordeste.

O esterco bovino curtido durante 30 dias, o solo de baixo e os coprodutos foram secos, destorroados, homogeneizados, peneirados separadamente em peneira com malha de 2,0 mm e misturados conforme as proporções ditadas pelos tratamentos experimentais. O solo de baixo e os coprodutos foram amostrados e caracterizados quimicamente no Laboratório de Solos da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal do *Campus* Patos (TABELA 1), seguindo metodologia proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2006).

**Tabela 1.** Atributos do solo de baixo e dos coprodutos da extração da vermiculita (poeira fina e ultrafina) utilizados para a produção de mudas de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke.

Substrato	pH <sub>CaCl2</sub>	P mg.dm <sup>3</sup>	Ca	Mg	K	Na	SB	H+Al	CTC	V -----%
Solo de baixo	6,2	44,1	5,0	2,4	0,18	1,68	7,26	1,1	10,4	89,4
Poeira fina	6,4	330	16,5	2,5	0,33	3,70	23,03	0,6	23,6	97,5
Poeira ultrafina	6,7	429	26,0	4,0	0,49	6,09	36,58	0,6	37,2	98,4

\*SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca de cátions; V = saturação por bases.

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2014).

Antes da semeadura, as sementes de jurema branca foram colocadas durante vinte segundos em um becker de 100 ml com água fervente após desligamento da fonte de calor e, a seguir, foram resfriadas em água corrente à temperatura ambiente. Após este procedimento, 10 sementes foram semeadas diretamente no substrato de cada vaso com capacidade para 8.000 cm<sup>3</sup>. Trinta dias após a semeadura (DAS) foi realizado o desbaste, deixando as duas mudas mais vigorosas em cada vaso. Os vasos foram mantidos em ambiente telado entre abril de 2013 e fevereiro de 2014, com irrigação manual diária.

Dados de altura e diâmetro basal foram coletados aos 37, 41, 44, 58, 65, 72, 86, 100, 193 e 293 DAS. A altura (cm) foi obtida com régua milimetrada, posicionando-a ao lado da planta e medindo o comprimento entre a superfície do substrato no vaso e a base do meristema apical do fuste (dados coletados até 100 DAS) ou da maior rebrota (dados coletados aos 190 e 293 DAS). O diâmetro (mm) foi obtido com paquímetro digital de 0,05 mm de precisão e correspondeu ao diâmetro da base do eixo caulinar das mudas de jurema branca (dados coletados até 100 DAS) ou à soma dos diâmetros basais de todas as rebrotas das duas plantas de cada vaso (dados coletados aos 190 e 293 DAS).

Cem dias após a semeadura, a parte aérea de cada muda foi cortada, desidratada em estufa de ventilação forçada por 72 h a 60 °C e pesada para determinação da massa seca (MS) (g) em balança digital de 0,1 g de precisão. Após este corte, os vasos permaneceram em ambiente telado sob as mesmas condições ambientais e de irrigação já descritas, quando as mudas se recuperaram; as rebrotas foram cortadas novamente aos 190 e 293 DAS.

As parcelas foram aleatorizadas de acordo com um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 6 tratamentos [solo de baixo enriquecido com T0 = 0% e T1=33% de esterco bovino (EB) e mistura equitativa dos coprodutos poeira fina e ultrafina da extração de vermiculita enriquecidos com T2=0%, T3=5%, T4=10% e T5=20% de EB] e 5 repetições, totalizando 30 parcelas (vasos com duas plantas).

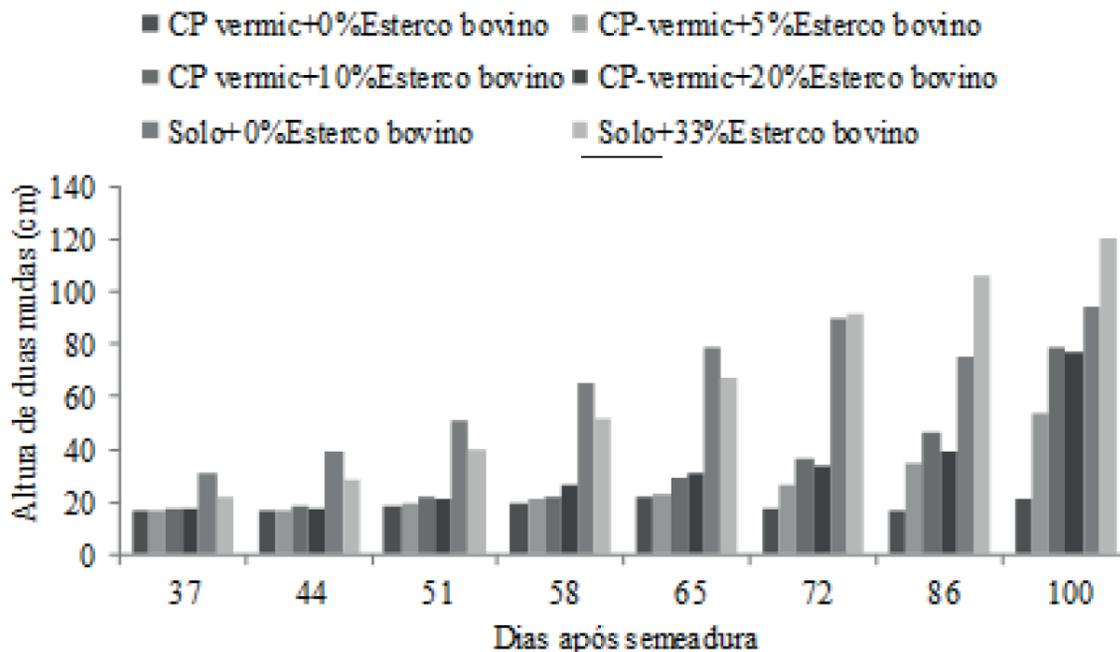
Os dados de altura, diâmetro basal e MS analisados corresponderam à soma dos valores observados nas duas plantas de cada vaso. Os efeitos de tratamentos foram testados pelo Teste F da ANOVA e modelos de regressão foram determinados para estimar o efeito da idade e dos níveis de adição de esterco bovino na altura, diâmetro basal e MS da parte aérea das mudas, empregando técnicas de análise de regressão linear para P<0,05.

## Resultados e discussão

### Altura

A Figura 1 mostra que, no geral, a altura das mudas aumentou de forma significativa no composto solo de baixo com adição de EB, quando comparado aos demais tratamentos de CP-vermiculita. Observa-se que, aos 100 DAS no substrato CP-vermiculita sem adição de EB, este demonstrou baixo crescimento, evidenciando a necessidade de EB na mistura desse tipo de material. As alturas das mudas de jurema branca ficaram entre 21,30 e 120,14 cm/2 mudas, equivalente a 10,65 e 60,07 cm muda<sup>-1</sup>, respectivamente. Nesta idade, o substrato de CP-vermiculita com 10 % de EB apresentou altura média de 39,65 cm planta<sup>-1</sup>, comportamento já caracterizado a partir de 72 DAS, porém continuou abaixo dos valores médios observados nas mudas em solo de baixo.

**Figura 1.** Altura total de duas mudas de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke em função da idade (de 37 a 100 dias após a semeadura) e da porcentagem (volume) de esterco bovino adicionado aos rejeitos de extração da vermiculita (0, 5, 10 e 20%, volume) e solo de baixo (0 e 33%)



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2014).

Considerando a existência de apenas dois níveis de EB e distantes entre si (0% e 33%) e o efeito aparentemente negativo até os 65 DAS, contrastando com o efeito positivo aos 86 e 100 DAS, é possível que exista também entre esses níveis de EB uma dosagem ótima de EB no solo de baixo. Assim, ao utilizar o substrato convencional, pode-se estar desperdiçando EB e ao mesmo tempo produzindo mudas de jurema branca de qualidade aquém da que se poderia atingir. Estudos adicionais são necessários para confirmar esta hipótese.

Os dados do presente estudo foram semelhantes aos reportados por outros autores para a jurema branca. Farias et al. (2013) constataram altura média de 7,1 cm aos 14 DAS para mudas se

desenvolvendo em substrato composto de fibra de coco, e Barbosa et al. (2013) reportaram altura média de 51,25 cm aos 120 dias após a germinação, utilizando cambissolo no substrato.

Os dados reportados para a altura de mudas de outras espécies arbóreas da Caatinga podem ser interessantes e servir para relativizar o potencial de crescimento da jurema branca. Caron et al. (2007), trabalhando com mudas de aroeira vermelha (*Myracrodruon urundeuva* Fr. ALL), obtiveram 46,4 cm de altura média, aos 112 dias, em substrato composto de 1/3 de palha de café, 2/3 de latossolo amarelo distrófico corrigido com calcário dolomítico. Bernardino et al. (2006) relataram para mudas de angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.), aos 100 dias após a germinação, altura entre 19,80 e 71,23 cm, utilizando subsolo de três classes de solo no substrato, corrigidos e adubados. Lima et al. (2010) verificaram altura média entre 87,67 cm e 105,00 cm para as mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.) e entre 41,67 cm e 54,20 cm para mudas de jatobá (*Hymenaea corbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.) aos 120 dias após a germinação, usando quatro níveis de sombreamentos (0 %, 30 %, 50 % e 80 %) e substrato comercial Plantmax.

Exceto no tratamento CP-vermiculita com 20 % EB, a jurema branca apresentou um bom poder de rebrota, especialmente no solo de baixo. Nota-se que as rebrotas para cada tratamento são mais altas ao final do segundo corte (190 e 293 = 113 dias) do que do primeiro (entre 100 e 190 = 90 dias) período de recuperação pós primeiro corte de sua parte aérea efetuado aos 100 DAS (Tabela 2), especialmente no solo de baixo. Este poder de rebrota crescente fica evidente também no tratamento CP-vermiculita sem adição de EB. Nota-se que este tratamento propiciou um crescimento em altura praticamente nulo entre os dias 37 e 100 DAS (FIGURA 1), mas de alguma maneira a rebrota do segundo período conseguiu atingir uma altura média superior à verificada nos primeiros 100 DAS. É como se a planta reagisse de alguma maneira ao corte de sua parte aérea, tal como pela presença de gemas, acúmulo de reservas em seu sistema radicular ou a liberação gradual de nutrientes pelo substrato ao ponto de resultar em rebrotas mais vigorosas que as do período anterior.

**Tabela 2.** Altura total de duas mudas de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke (cm<sup>2</sup> mudas) aos 100, 190 e 293 dias após a semeadura (DAS) em função da porcentagem (% v) de esterco bovino (EB) adicionado ao substrato (mistura equitativa de coprodutos de vermiculita = CP-vermic e solo de baixo = Solo)

Tratamentos	1º corte 100 DAS	2º corte 190 DAS	3º corte 293 DAS
CP-vermic+0%EB	21,30	11,60	29,80
CP-vermic+5%EB	53,70	59,74	131,60
CP-vermic+10%EB	79,30	121,2	138,40
CP-vermic+20%EB	77,30	37,80	29,03
Solo+0%EB	94,64	159,0	301,40
Solo+33%EB	120,14	174,7	274,2

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2014).

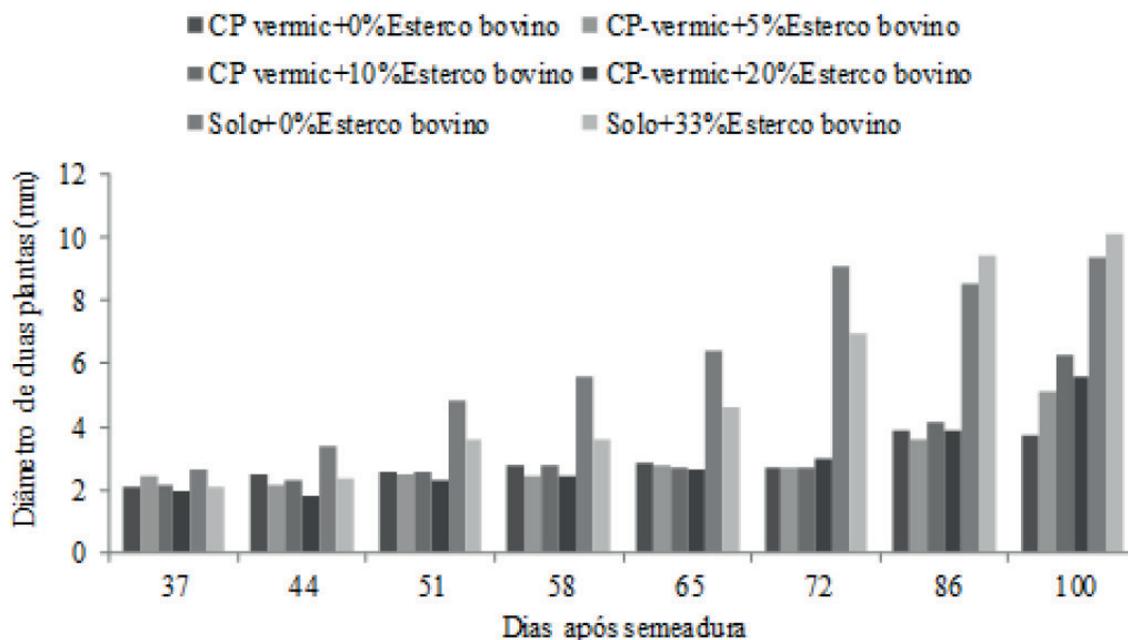
Por alguma razão, este acúmulo de reservas ou outro fator qualquer não ocorre no CP-vermiculita enriquecido com 20 % EB. A mortalidade das plantas após o primeiro corte foi alta neste tratamento (três entre os cinco vasos apresentaram as duas plantas sem rebrota ou mortas, além de um ou dois vasos sem rebrota nos demais tratamentos com CP-vermiculita, ao passo que nenhum vaso com solo de baixo apresentou mudas sem rebrotas). A razão dessa mortalidade merece estudos adi-

cionais. Assim, não é aconselhável adicionar mais de 10 % de EB aos CP-vermiculita, a não ser que um procedimento adicional corretivo seja efetuado, tal como adição de N ou K e que resulte em substrato química e fisicamente balanceado, temas que deveriam ser considerados em estudos adicionais.

## Diâmetro

No geral, o diâmetro das mudas foi menor para os tratamentos com CP-vermiculita, quando comparado aos de solo de baixo entre 37 e 100 DAS (FIGURA 2). Nos tratamentos com CP-vermiculita, o efeito de EB só se mostrou com mais clareza aos 100 DAS, indicando um decréscimo no diâmetro a partir de 10% de adição de EB. No solo de baixo o efeito se inverteu no período: a princípio se mostrou negativo, invertendo de sentido aos 86 e 100 DAS, porém em um patamar inferior ao esperado de ocorrer, entre 0 e 33 % de adição de EB. Isso sugere a possibilidade de um ponto máximo entre esses níveis de EB, à semelhança do que ocorreu no substrato CP-vermiculita.

**Figura 2.** Diâmetro basal total de duas plantas de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke em função da idade (de 37 a 100 dias após a semeadura) e percentual (volume) de esterco bovino adicionado ao substrato (coprodutos da extração de vermiculita = CP-vermic e solo de baixo = Solo)



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2014).

Aos 100 DAS, o diâmetro médio das mudas de jurema branca ficou entre 3,74 e 10,13 mm/2 mudas (TABELA 3) ou o equivalente a 1,87 e 5,06 mm muda<sup>-1</sup>, respectivamente. Para essa idade e para o substrato com CP-vermiculita, a dose de 10 % de EB resultou na maior média (3,14 mm planta<sup>-1</sup>), sugerindo a utilização dessa dosagem de EB ao se utilizar o substrato de CP-vermiculita para a produção de mudas de jurema branca. Porém, comparando esse valor com os obtidos no solo de baixo, bem como com os relatados por Barbosa et al. (2013) (6,00 mm) nas condições já relatadas na discussão para altura, tem-se que o CP-vermiculita necessita de outras correções além da adição de 10 % de EB.

**Tabela 3.** Diâmetro basal total (mm/2 mudas) de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke. Aos 100, 190 e 293 dias após a semeadura (DAS)

Tratamentos	1º corte 100 DAS	2º corte 190 DAS	3º corte 293 DAS
CP vermic+0%EB	3,74	1,81	2,53
CP-vermic+5% EB	5,14	5,61	7,77
CP vermic+10% EB	6,28	7,55	9,39
CP-vermic+20% EB	5,60	2,58	3,47
Solo+0% EB	9,35	13,13	11,47
Solo+33% EB	10,13	10,59	17,40

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2014).

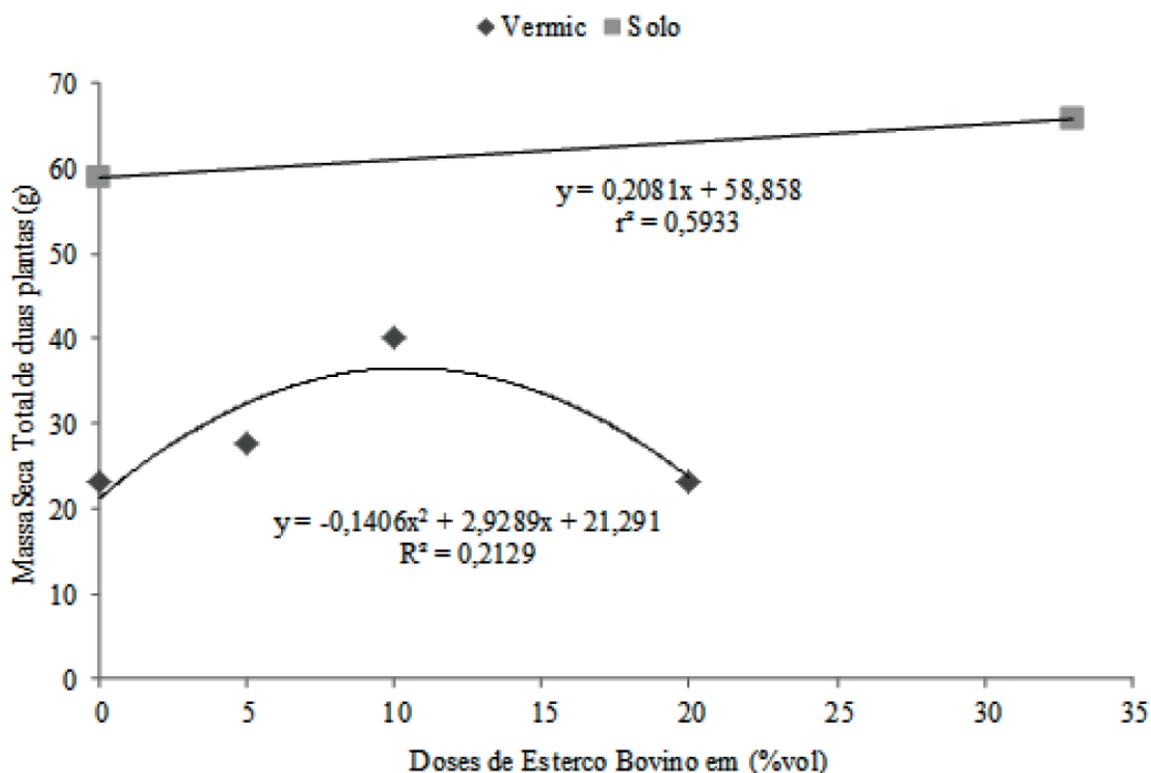
Para o solo de baixo, observando apenas as médias aos 100 DAS, visualiza-se um efeito positivo de EB. Porém, considerando a existência de apenas dois níveis de EB e distantes entre si (0 % e 33 %) e o efeito aparentemente negativo até os 65 DAS, contrastando com o positivo aos 86 e 100 DAS (FIGURA 2), é possível que exista também entre esses níveis de EB uma dosagem ótima deste componente no solo de baixo. Assim, ao se utilizar do substrato convencional, pode-se estar desperdiçando EB e ao mesmo tempo produzindo mudas de jurema branca de qualidade aquém da que se poderia atingir. Estudos adicionais são necessários para confirmar esta hipótese.

A jurema branca apresentou um poder de rebrota crescente entre as duas medições das rebrotas (190 e 293 DAS), atingindo, além disto, valores superiores aos verificados nas plantas antes do primeiro corte aos 100 DAS, exceto nos tratamentos CP-vermiculita com 0 ou 20 % EB que resultaram, também, em alta mortalidade, como já relatado anteriormente. Nesses tratamentos, a soma dos diâmetros de todas as rebrotas são maiores ao final do segundo (entre os dias 190 e 293 = 113 dias) do que do primeiro (entre 100 e 190 = 90 dias) período de recuperação pós-corte de sua parte aérea (TABELA 3), especialmente no solo de baixo, e superam os respectivos valores observados aos 100 DAS. O poder de reação ao corte de sua parte aérea é marcante e, como ressaltado, necessita de estudos adicionais para elucidar como a jurema branca consegue reagir ao estresse provocado pelos sucessivos cortes de sua parte aérea, realizados em períodos de 90 a 113 dias, e esclarecer a razão de isto não ocorrer no substrato CP-vermiculita com 0 ou 20 % de EB.

### Massa seca

Observa-se na Figura 3 que houve efeito de tipo de substrato e de adição de EB na produção total de MS proveniente dos três cortes (planta+rebrotas 1+rebrotas 2). No geral, o total de MS produzido pelas mudas foi maior no solo de baixo, e o EB afetou positivamente a produção de MS quando adicionado em até 10 % ao CP-vermiculita ( $P < 0,05$ ). O enriquecimento dos CP-vermiculita com níveis maiores de EB prejudicou a produção de MS de mudas de jurema branca, causando a mortalidade de um percentual significativo de plantas.

**Figura 3.** Massa seca da parte aérea de duas mudas de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke resultante de três cortes efetuados aos 100, 190 e 293 dias após a semeadura



Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

O total da MS produzida nos três cortes ficou entre 23,05 e 65,72 g/2 mudas (TABELA 4) ou o equivalente a 11,53 e 32,86 g muda<sup>-1</sup>, respectivamente. Para o substrato com CP-vermiculita, a dose de 10 % de EB resultou na maior média (20,03 g muda<sup>-1</sup>), o que sugere a utilização desta dosagem de EB ao se utilizar este substrato na produção de mudas de jurema branca. Essa tendência se verificou nas rebrotas coletadas aos 190 e aos 293 DAS. Porém, tem-se que a MS total dos tratamentos com CP-vermiculita chega a no máximo 68 % da verificada nos tratamentos com solo de baixo.

**Tabela 4.** Massa seca total (g/2 mudas) da parte aérea de duas mudas de *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke resultante dos cortes efetuados aos 100, 190 e 293 dias após a semeadura (DAS)

Tratamentos	Total dos três cortes	1º corte 100 DAS	2º corte 190 DAS	3º corte 293 DAS
CP vermic+0%EB	23,05	4,54	13,22	5,29
CP-vermic+5% EB	27,72	5,65	9,35	12,72
CP vermic+10% EB	40,05	7,67	14,22	18,16
CP-vermic+20%EB	23,05	8,04	4,68	10,33
Solo+0% EB	58,85	15,22	18,18	25,45
Solo+33% EB	65,72	16,42	14,94	34,36

Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

Aos 100 DAS, os valores de MS relativos à massa seca variaram de 4,54 a 16,42 g/2 mudas ou o equivalente a 2,27 e 8,21 g muda<sup>-1</sup>. Esses valores foram inferiores aos reportados por Barbosa et al. (2013), Bernardino et al. (2005), Caron et al. (2007), Gomes et al. (2012), Lima et al. (2010), nas condições já relatadas: 11,19 g, 14,70 g, 21,52 e 21,27 g, respectivamente. Isso pode ter ocorrido em virtude de a espécie ser adaptada a ambientes degradados, fixar nitrogênio atmosférico e possuir pouca exigência nutricional, não havendo necessidade de adicionar maiores quantidades de esterco bovino ao substrato.

De maneira similar ao observado para a altura e o diâmetro basal, a jurema branca apresentou vigor crescente entre as duas medições das rebrotas (190 e 293 DAS), atingindo, além disto, valores superiores aos verificados nas plantas aos 100 DAS, exceto nos tratamentos CP-vermiculita com 0 ou 20 % EB nos quais este comportamento não se expressa tão claramente e que resultou, também, em alta mortalidade. Nesses tratamentos, a MS de todas as rebrotas foi maior ao final do segundo (293 DAS) do que do primeiro (190 DAS) período de recuperação pós-corte de sua parte aérea (TABELA 3), especialmente no solo de baixo, e superaram os respectivos valores observados aos 100 DAS. O poder de reação ao corte de sua parte aérea foi marcante e merece estudos adicionais para elucidar como a jurema branca consegue reagir ao estresse que deveria ser provocado pelos sucessivos cortes de sua parte aérea realizados em períodos de 90 a 113 dias de recuperação e esclarecer a razão de isto não ocorrer no substrato CP-vermiculita com 0 ou 20 % de EB.

## Conclusões

A produção de jurema branca utilizando a mistura equitativa dos coprodutos poeira fina e ultrafina da extração de vermiculita resulta em mudas menores e com menos massa seca na parte aérea do que as produzidas em substrato solo de baixo com ou sem a adição de esterco bovino.

Caso se utilize esse coproduto na produção de mudas de jurema branca, a adição de esterco bovino não deve ultrapassar os 10 %.

## Use of coproducts from vermiculite extraction in the production of *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings

### Abstract

The extraction of vermiculite generates coproducts that are deposited around mining industries resulting in environmental issues. The aim of this study was to evaluate the use of the equitable combination of fine and ultrafine dust obtained from the extraction of vermiculite, and the necessary amount of cattle manure (CM) added to the substrate to produce *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke seedlings. The experiment was conducted between April 2013 and February 2014, in the tree nursery of the UAEF/CSTR/UFCG, Patos, PB, Brazil, using a completely randomized design with six treatments. The treatments consisted of a lowland soil with T0=0% and T1=33% of CM (v/v) and the equitable combination of the coproducts from the vermiculite extraction with T2=0%, T3=5%, T4=10%, and T5=20% of CM. All treatments were performed with five replicates. The significant values obtained for the height, basal diameter, and shoot dry matter were inferior to those obtained from the seedlings developed in lowland soil, with or without the addition of CM. The average value of sprouting decreased when the level of CM addition to the coproducts was 20%, which was demons-

trated by the plants from three of five plots of the treatment being unable to produce sprouts after the shoot was cut. If the preference is for using the coproducts, the level of cattle manure must be of approximately 10% since the seedlings present enough vigour to sprout twice and restore its height, basal diameter, and shoot dry matter between 90 and 113 days from the cutting.

**Keywords:** Mining activity. Degraded areas. Organic matter.

## Referências

ALMEIDA, A. M. C.; OLIVEIRA, E.; GALEGARI, L.; MEDEIRAS NETO, P. N.; PIMENTA, A. S. Avaliação físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke e *Amburana cearensis* (Allemao) A. C. Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, p. 165-173, jan./mar. 2015. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982015000100165&script=sci\\_abstract&tling=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982015000100165&script=sci_abstract&tling=pt). Acesso em: 07 jul. 2015.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 126-135, jul./set. 2009. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15740>. Acesso em: 01 jan. 2013.

AZEVEDO, W. S. L.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; ARAÚJO, A. E.; PEREZ-MARIN, A. M.; MEDEIROS, S. S. Organic fertiliser and the use of mulch in cowpea production under semiarid conditions. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 4, p. 689-696, out./dez. 2015. Disponível em: <http://cca-revista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/3690>. Acesso em: 04 jan. 2016.

BARBOSA, M. L.; SILVA, T. G. F.; SILVA, C. S.; ALMEIDA, M. G.; LIMA, A. L. A.; SOUZA, C. A. A. Crescimento Inicial de Espécies Ocorrentes no Semiárido Brasileiro: Biomassa, Biometria e Análise Morfogênica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 3, p. 522-539, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233059/26980>. Acesso em: 02 fev. 2014.

BERNARDINO, D. C. S.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; MARQUES, V. B. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 29, n. 6, p. 863-870, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n6/a04v29n6>. Acesso em: 07 jan. 2014.

CARON, B. O.; MEIRA, W. R.; SCHMIDT, D.; SANTOS FILHO, B. G.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; MÜLLER, L. Análise de crescimento de plantas de aroeira vermelha no município de Ji-Paraná, RO. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 14, n. 1, p.1-13, 2007. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/view/2474/1933>. Acesso em: jun. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed., Brasília: Embrapa, 2006. 212p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990374/1/ManualdeMtodosdeAnilisedeSolo.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2013.

FARIAS, R. M.; FREITAS, R.M.O.; NOGUEIRA, N. W.; DOMBROSKI, J. L. D. Superação de dormência em sementes de jurema-branca (*Piptadenia stipulacea* Benth.). **Revista Ciências Agrárias**, v. 56, n.

2, p. 160-165, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/download/753/308/>. Acesso em: 04 set. 2014.

FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, J. S. de; FOLEGATTI, M. V.; GHEYI, H. R.; PEREIRA, W. E.; CAVALCANTE, L. F. Qualidade de fruto de coqueiro anão verde em função de nitrogênio e potássio na fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 453-458, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n5/v11n05a01.pdf>. Acesso em: 04 out. 2013.

GOMES, A. D. V.; LEITE, M. J. H.; SANTOS, R. V. Rejeito de vermiculita comparado ao método convencional de viveiros florestais na produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró (RN), v. 7, n. 2, p. 236-241, 2012. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/download/1261/1257>. Acesso em: 01 mar. 2013.

KITAMURA, A. E.; ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; GONZALEZ, A. P. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa (MG), v. 32, n. 1, p. 405-416, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n1/38.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2012.

LEITE, M. J. H.; GOMES, A. V. G.; SANTOS, R. V. Comportamento inicial do maracujazeiro em solos afetados por sais submetidos a tratamentos alternativos com o uso de coprodutos de mineradoras. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 3, p. 401-413, 2015. Disponível em: <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/574>. Acesso em: 08 fev. 2016.

LIMA, K. D. R.; CHAER, G. M.; ROWS, J. R. C.; MENDONÇA, V.; RESENDE, A. S. Seleção de espécies arbóreas para revegetação de áreas degradadas por mineração de piçarra na caatinga. **Revista Caatinga**, v. 28, p. 203-213, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/3644>. Acesso em: 02 abr. 2016.

LIMA, A. L. S.; ZANELLA, F.; CASTRO, L.D.M. Crescimento de *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. E *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 43-48, 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0044-59672010000100006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672010000100006). Acesso em: 02 de mar. 2012.

PEREIRA, P. A. M.; SAMPAIO, S. C.; REIS, R. R.; ROSA, D. M.; CORREA, M. M. Swine farm wastewater and mineral fertilization in corn cultivation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 1, p. 49-54, 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662016000100049](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662016000100049). Acesso em: 20 nov. 2017.

PEREIRA, A. C. C.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; SAMPAIO JUNIOR, J.; OLIVEIRA, J. A.; SANTOS, F. S.; MAZUR, N. Comportamento da *Cordia africana* lam. cultivada em solo contaminado por metais pesados e tratado com materiais amenizantes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3. p. 329-336, 2013. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982013000300329-&script=sci\\_abstract&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982013000300329-&script=sci_abstract&lng=pt). Acesso em: 23 ago. 2014.

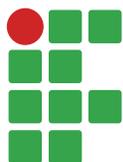
OLIVEIRA, P. T. B.; TROVÃO, D. M. B. M.; CARVALHO, E. C. D.; SOUZA, B. C.; FERREIRA, L. M. R. Florística e fitossociologia de quatro remanescentes vegetacionais em áreas de serra no cariri paraibano. **Revista Caatinga**, v. 22, p. 169-178, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/655>. Acesso em: 07 dez. 2013.

RODRIGUES, G. B.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 73-80, 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662007000100010&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662007000100010&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 23 set. 2013.

**Histórico editorial:**

Submetido em: 10/04/2017

Aceito em: 12/01/2018



## Flora de plantas tóxicas do *Campus* Machado do IFSULDEMINAS, Machado, MG

Marco Antonio Chiminazzo<sup>1</sup>

Renon Santos Andrade<sup>2</sup>

Leonardo Pazzini Vieira<sup>3</sup>

Walnir Gomes Ferreira Júnior<sup>4</sup>

### Resumo

O Brasil possui alto índice de intoxicações provenientes de plantas tóxicas, vegetais estes caracterizados pelo potencial de síntese de princípios ativos com capacidade de causar alterações nos organismos humanos e animais. A pesquisa teve o objetivo de realizar o levantamento de plantas tóxicas no *Campus* do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, no município de Machado, tendo em vista que o local possui grande tráfego diário de servidores, alunos e da população em geral que podem ser expostos aos vegetais tóxicos. Para tanto, foram realizadas excursões para catalogação das espécies encontradas nas áreas urbanizadas do *Campus*. Foram identificadas, registradas e georreferenciadas 39 plantas tóxicas pertencentes a 19 famílias botânicas, assim como seus nomes populares e princípios tóxicos.

**Palavras-chave:** Toxicologia de plantas. Intoxicações. Princípios ativos tóxicos. Saúde pública.

### Introdução

Existem diversas espécies de plantas venenosas que podem causar lesões no corpo humano, sendo que muitas dessas são encontradas em jardins e locais urbanos com finalidades paisagísticas, sem o devido conhecimento sobre o potencial tóxico e os efeitos dessas plantas no corpo humano (TAMILSELVAN et al., 2014). Tais vegetais proporcionam sintomas como intoxicação em seres humanos (HARAGUCHI, 2003). Esses sintomas são derivados de substâncias tóxicas capazes de provocar mortes, lesões graves e diversos outros danos à saúde. Tais substâncias são produzidas a partir do metabolismo secundário das plantas com função de atuar na defesa contra ataques de pragas e patógenos (SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN; CRUZ, 2003).

Haraguchi (2003) aponta que o princípio tóxico de uma planta provém de uma ou mais substâncias quimicamente bem definidas, sendo essas passíveis de possuir natureza igual ou distinta. Entre muitas substâncias identificadas como reponsáveis por intoxicações em acidentes com plantas tóxicas, podemos citar os cristais de oxalato de cálcio (CaOx), formados em plantas a partir de ácido oxálico e cálcio. Os cristais de CaOx podem se comportar de diversas formas em relação às suas

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, discente. [marcochiminazzo@gmail.com](mailto:marcochiminazzo@gmail.com). Rodovia Machado-Paraguaçu, Km 3, Bairro Santo Antônio, s/n, Minas Gerais.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, discente. [renonandrade.ra@gmail.com](mailto:renonandrade.ra@gmail.com).

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, discente. [pazzini.vieira@hotmail.com](mailto:pazzini.vieira@hotmail.com)

4 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, docente. [walnir.ferreira@ifsuldeminas.edu.br](mailto:walnir.ferreira@ifsuldeminas.edu.br)

estruturas morfológicas, sendo as mais comuns em vegetais: cristais prismáticos, drusos e de ráfide (formato de agulha), sendo este último um dos principais responsáveis por problemas na saúde humana (FRANCESCHI; NAKATA, 2005).

Doan (2004) nos mostra que, além dos cristais de CaOx, outras substâncias que se destacam como princípios ativos de intoxicação por plantas são as toxialbuminas, tal como a ricina. Essa toxina é tão potente que o *United States Centers for Disease Control (CDC)* listou a ricina proveniente da mamona (*Ricinus communis* L.) como a segunda prioridade de segurança nacional por se tratar de um agente com potencial terrorista (DOAN, 2004).

Quando se trata de plantas terrestres, o Brasil é o país mais biodiversificado do mundo, contendo entre 15 e 20% de todas as espécies vegetais conhecidas em seu território (SHEPHERD, 2003). Logo, como apontado por Forzza et al. (2012), o estudo da flora brasileira é reconhecido como o mais rico do mundo, e tais estudos são cada vez mais constantes em relação às plantas tóxicas e seus efeitos e princípios ativos, seja do ponto de vista fitoterápico – como em estudo realizado com o propósito de testar a toxicidade subaguda do extrato etanólico das folhas da aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allem) (BORELLI et al., 2016) – ou do ponto de vista agrônômico - em estudo que visou testar os graus de intoxicação por folhas de *Crotalaria pallida* Aiton em ovinos (OLIVEIRA et al., 2016) – entre diversos outros que abrangem tais especificidades vegetais.

Estudos que objetivam o levantamento geográfico da ocorrência de tais espécimes são recorrentes, sendo realizados desde o Nordeste do Brasil (AGRA; FREITAS; BARBOSA-FILHO, 2007) até a Região Sul (CORREA; MENDEZ, 1996), além de serem realizados em diversas regiões do globo, como no México (FLORES et al., 2001) ou na Nigéria (NUHU et al., 2009). Tais levantamentos são, muitas vezes, correlatos aos potenciais medicinais que alguns espécimes vegetais tóxicos apresentam (TAMILSELVAN et al., 2014).

Assim, o presente trabalho visou realizar o levantamento florístico e o georreferenciamento da ocorrência dos espécimes vegetais tóxicos existentes nas áreas urbanizadas do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - *Campus* Machado, bem como apontar seus prováveis e principais princípios ativos tóxicos, origem, grau de naturalização e locais de ocorrência.

## Material e métodos

### Área de estudo

O estudo foi realizado na área urbanizada do *Campus* Machado do IFSULDEMINAS, localizado na cidade de Machado, Minas Gerais. A área urbanizada do *Campus*, aproximadamente 40 ha, apresenta grande tráfego de pessoas que podem ser expostas a plantas tóxicas. Além da área urbanizada, foram averiguados locais próximos às urbanizadas por receberem esporadicamente alunos e servidores, como os setores de piscicultura e áreas de pastagem e plantações.

O perímetro e a área urbanizada do *campus* foram determinados mediante o uso dos programas *Google Earth* e *Earth Point* (FIGURA 1).

**Figura 1.** Área urbanizada onde foi realizado o levantamento florístico dos espécimes vegetais tóxicos existentes no IFSULDEMINAS - *Campus* Machado.



Fonte: Google Earth/Earth Point (2017).

### Levantamento florístico e caracterização dos princípios tóxicos

Durante o mês de maio de 2015 foi realizado o levantamento florístico e o georreferenciamento das plantas que tendem a possuir princípios ativos tóxicos presentes nas áreas urbanizadas do *campus*. Para tanto, foram realizadas, semanalmente, excursões pelas vias do *campus*, onde as espécies ou populações foram registradas, coletadas e georreferenciadas com a obtenção de coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*) com o uso de GPS Garmin 62s. Posteriormente, os espécimes e suas coordenadas geográficas foram plotadas sobre o mapa da área de estudo. Os locais onde as plantas estavam localizadas foram classificados em: canteiros, arborização urbana, horta, pastagem e plantações. Os organismos vegetais foram classificados quanto à origem em nativas e exóticas e quanto ao grau de naturalização em cultivadas e naturalizadas, conforme terminologia contida em Moro et al. (2012).

Todos os espécimes vegetais tóxicos foram identificados nas dependências do Herbário Geraes do *Campus*, mediante consulta à literatura especializada e coleções de exsicatas disponíveis on-line; posteriormente, os nomes científicos e as respectivas famílias botânicas foram verificados quanto à validade e sinonímia nos sites da Lista de Espécie da Flora do Brasil do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, *The Plant List* do Royal Botanic Gardens Kew e *Missouri Botanical Garden*. Os exemplares coletados foram depositados na coleção do Herbário Geraes do IFSULDEMINAS - *Campus* Machado.

Os princípios tóxicos presentes em cada planta, os nomes populares e as partes que possuem tais toxinas foram determinados segundo informações contidas na compilação de plantas tóxicas do Brasil disponíveis em Matos et al. (2011) e em Hojo-Souza, Carneiro e Santos (2010) acerca de pteridófitos. Os princípios tóxicos foram organizados dentro das seguintes classes de compostos químicos: alcaloides, cristais de oxalato de cálcio, glicosídeos cianogênicos, glicosídeos esteróides e

terpenos. Por fim, para a organização da lista florística das plantas tóxicas foi utilizado o sistema de classificação APG IV (THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP, 2016).

## Resultados e discussão

Foram identificadas e registradas 39 espécies pertencentes a 19 famílias botânicas (TABELA 1). Aproximadamente 50 % das espécies encontradas pertencem a quatro famílias botânicas, sendo elas: Araceae com sete (7) espécies, Euphorbiaceae com seis (6) e Leguminosae e Solanaceae com quatro (4). Apocynaceae, Asparagaceae e Moraceae apresentaram duas (2) espécies cada. As outras doze (12) espécies foram registradas em doze diferentes famílias botânicas.

Foram registrados 13 grupos de princípios tóxicos que organizados em ordem decrescente de representatividade são: alcaloides, oxalato de cálcio, glicosídeos cianogênicos, glicosídeos esteróides, terpenos, fenóis, toxialbuminas, ácido oxálico, glicosídeos cardiotoxicos, glicosídeos flavônicos, histaminas, pirocatecois e quinonas.

**Tabela 1.** Lista florística das plantas tóxicas registradas nas áreas urbanizadas do IFSULDEMINAS - *Campus* Machado, contendo nome popular, partes tóxicas e princípios ativos, local em que foram encontradas, origem, grau de naturalização e coordenadas UTM, em que: O/GN = Origem/Grau de Naturalização; N = Nativa; E = Exótica; C = Cultivada; Nat = Naturalizada; Ca = Canteiros; PI = Plantação; Pa = Pastagem; H = Horta; AU = Arborização Urbana.

Famílias/ Espécies	Nome Popular	Partes Tóxicas	Princípios Tóxicos	Local	O/GN	UTM (23K)
<b>ANACARDIACEAE</b>						
<i>Lithraea brasilensis Marchand</i>	Aroeira-brava	Ramos e folhas	Pirocatecois (3-penta- decilca-tecol, 3-pentade-cenil- catecol, 3-hepta- de-cenilcatecol e 3-heptadec-dienil- catecol)	Ca	N	407652/7600334
<b>APOCYNACEAE</b>						
<i>Allamanda cathartica L.</i>	Quatro-patacas	Toda a planta	Glicosídeos cardiotóxicos e toxialbuminas	Ca	N	408164/ 599943
<i>Plumeria rubra L.</i>	Pluméria	Látex no caule, folhas e flores	Alcalóides (agoniadina, plumerina e ácido plumeri-tânico)	Ca	E	408108/7600180
<b>ARACEAE</b>						
<i>Caladium bicolor (Aiton) Vent.</i>	Tinhorão	Toda a planta	Oxalato de cálcio	PI	N	408046/7600314
<i>Colocasia antiquorum Schott</i>	Inhame	Hole Plant	Calcium oxalate	VG	E	408394/7600011
<i>Dieffenbachia seguine (Jacq.) Schott</i>	Cornigo- ninguém-pode	Toda a planta	Oxalato de cálcio e saponinas	Ca	N	407991/7600263

Famílias/ Espécies	Nome Popular	Partes Tóxicas	Princípios Tóxicos	Local	O/GN	UTM (23K)
<i>Monstera deliciosa Liebm.</i>	Costela-de-adão	Látex presente nos caules e folhas	Oxalato de cálcio e saponinas	Ca	E	408363/7600165
<i>Philodendron bipinnatifidum Schott</i>	Azaleia	Folhas, flores e nectar	Terpenoides (andromedo- tixina)	Pa	N	408330/7600072
<i>Zantedeschia aethiopica (L.) Spreng.</i>	Copo-de-leite	Toda a planta	Oxalato de cálcio e saponinas	Ca	E	408189/7600199
<b>ASPARAGACEAE</b>						
<i>Agave attenua- ta Salm-Dyck</i>	Agave-dragão	Leaves and Roots	Steroids glycosides (saponins)	Pa	E	408146/7600332
<i>Sansevieria trifasciata Prain</i>	Espada-de-são- jorge	Toda a planta	Glicosídeos esteróides (saponinas) e ácidos orgânicos	Ca	E	407898/7599985
<b>BIGNONIACEAE</b>						
<i>Spathodea campanulata P. Beauv.</i>	Tulipeira	Flores e néctar	Alcaloides	AU	E	407954/7600012
<b>BORAGINACEAE</b>						
<i>Heliotropium indicum L.</i>	Fedegoso	Toda a planta	Alcaloides (indicina, lasiocarpina, heliotrina e equinatina)	Ca	N	408241/7600138
<b>DENNSTAEDTIACEAE</b>						
<i>Pteridium arachnoideum subsp. arachnoideum (Kaulf.) Maxon</i>	Samambaia-do- campo	Folhas e folhas jovens	Glicosídeos cianogênicos (tiaminase tipo I)	Ca	N	407891/7600265
<b>EQUISETACEAE</b>						
<i>Equisetum giganteum L.</i>	Cavalinha	Caule e estróbilos	Glicosídeos flavônicos (gossipitrína), aglicona articulatidina (gossipetina)	Pa	N	408389/7600113
<b>EUPHORBIACEAE</b>						
<i>Codiaeum variegatum (L.) Rumph. ex A. Juss.</i>	Cróton	Sementes folhas e caules	Alcaloide (crotina)	AU	E	407954/7600293
<i>Euphorbia cotinifolia L.</i>	Leiteiro- vermelho	Toda a planta	Toxialbuminas	AU	N	408209/7599923

Famílias/ Espécies	Nome Popular	Partes Tóxicas	Princípios Tóxicos	Local	O/GN	UTM (23K)
<i>Euphorbia milii</i> <i>Des Moul.</i>	Coroa-de-cristo	Látex presente nos caules e folhas	Terpenos (diterpenos - miliaminas)	Ca	E	408005/7600027
<i>Euphorbia pulcherrima</i> <i>Willd. ex Klotzsch</i>	Bico-de- papagaio	Látex presente nos caules e folhas	Toxialbuminas	Ca	N	407919/7600024
<i>Joannesia princeps</i> Vell.	Cutieira	Sementes	Alcaloides e neolig- nanas (isoamerica- nina A, americanol A, isoamericanol A e (±) 3,3'-bisde- metilpinoresinol)	AU	N	407891/7600065
<i>Ricinus communis</i> L.	Mamona	Sementes e folhas	Alcaloide (ricina)	AU	C	408097/7600246
<b>HYDRANGEACEAE</b>						
<i>Hydrangea macrophylla</i> (Thunb.) Ser.	Hortência	Toda a planta	Glicosídeos cianogênicos (hridrangina)	Ca	E	408131/7600026
<b>FABACEAE</b>						
<i>Anadenanthera colubri- na</i> var. <i>cebil</i> (Griseb.) Alts- chul	Angico- vermelho	Sementes e folhas	Glicosídeos cianogênicos e bufetenina	AU	N	407955/7600177
<i>Crotalaria juncea</i> L.	Gergelim-bravo	Sementes	Alcaloides pirrolizidínicos (senecionina, tricodesmina, junceína, senecifilina e rideliina)	PI	Nat	408135/7600227
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucacena	Folhas e sementes	Alcaloides (mimosina, leucenol)	AU	Nat	408275/7599911
<i>Spartium junceum</i> L.	Giesta	Toda a planta	Alcaloides (citisina)	Pa	E	408149/7600156
<b>MORACEAE</b>						
<i>Ficus carica</i> L.	Figo	Folhas	Furanocumari- nas (psoraleno e bergapteno)	H	C	408046/7600254
<i>Ficus pumila</i> L.	Hera-miúda	Folhas e látex	Furanocumari-nas (bergapteno)	Ca	E	408055/7600224
<b>OXALIDACEAE</b>						
<i>Oxalis</i> sp.	Trevo	Toda a planta	Ácido oxálico	Ca	N	407627/7600343

Famílias/ Espécies	Nome Popular	Partes Tóxicas	Princípios Tóxicos	Local	O/GN	UTM (23K)
<b>PLUMBAGINACEAE</b>						
<i>Plumbago scandens</i> L.	Louco	Folhas e raízes	Quinonas (plumbagina - naftoquinona)	Pa	N	407866/7600362
<b>POACEAE</b>						
<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D.Webster	Capim	Partes aéreas	Glicosídeos esteróides (saponinas): protodioscina, dioscina, iamogenina e diosgenina	Pa	N	408238/7600285
<b>ROSACEAE</b>						
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Pessegueiro-do-mato	Cascas, folhas e sementes	Glicosídeos cianogênicos (cianeto)	Ca	N	407673/7600242
<b>SOLANACEAE</b>						
<i>Brunfelsia uniflora</i> (Pohl) D.Don	Manacá	Toda a planta	Alcaloide brunfelsamedina (hopamidina)	Ca	N	408229/7599922
<i>Datura ferox</i> L.	Zazumba	Folhas, frutos e sementes	Alcaloides tropânicos (hiosciamina e escopolamina)	UA	E	408041/7600043
<i>Solanum americanum</i> Mill.	Erva-moura	Frutos	Alcaloides esteróicos e Assolanina	Ca	N	407866/7600122
<i>Solanum lycocarpum</i> A. St.-Hil	Lobeira	Frutos	Alcaloides indólicos	Pa	N	408059/7599985
<b>URTICACEAE</b>						
<i>Urtica dioica</i> L.	Urtica	Tricomas urticantes nas folhas e caule	Histamina, acetilcolina, serotonina	Pa	Nat	408053/7600346
<b>VERBENACEAE</b>						
<i>Lantana camara</i> L.	Camará	Frutos e folhas	Terpenoides hepatotóxicos (lantadene A e B; lantanina)	Ca	Nat	408037/7600275

**Fonte:** Elaboração dos autores (2017), com informações presentes em Hojo-Souza, Carneiro e Santos (2010) e Matos et al. (2011).

Quanto à riqueza de princípios tóxicos, 33% dos espécimes catalogados (13 espécies) possuem algum tipo de alcaloide, enquanto 16% (seis espécies) apresentam oxalato de cálcio na forma de cristais em seus caules e folhas. Os glicosídeos cianogênicos estão presentes em 10% (quatro

espécies) e os glicosídeos esteróides e os terpenos são encontrados em três espécies, correspondendo a 8% cada.

A partir das coordenadas UTM apresentadas na Tabela 1 foi possível georreferenciar utilizando a ferramenta *Google Earth* os locais em que as espécies catalogadas estão inseridas (FIGURA 2).

**Figura 2.** Locais de inserção dos espécimes vegetais tóxicos catalogados a partir das coordenadas UTM obtidas e os nomes populares das espécies encontradas no *Campus* Machado do IFSULDEMINAS, Machado, MG.

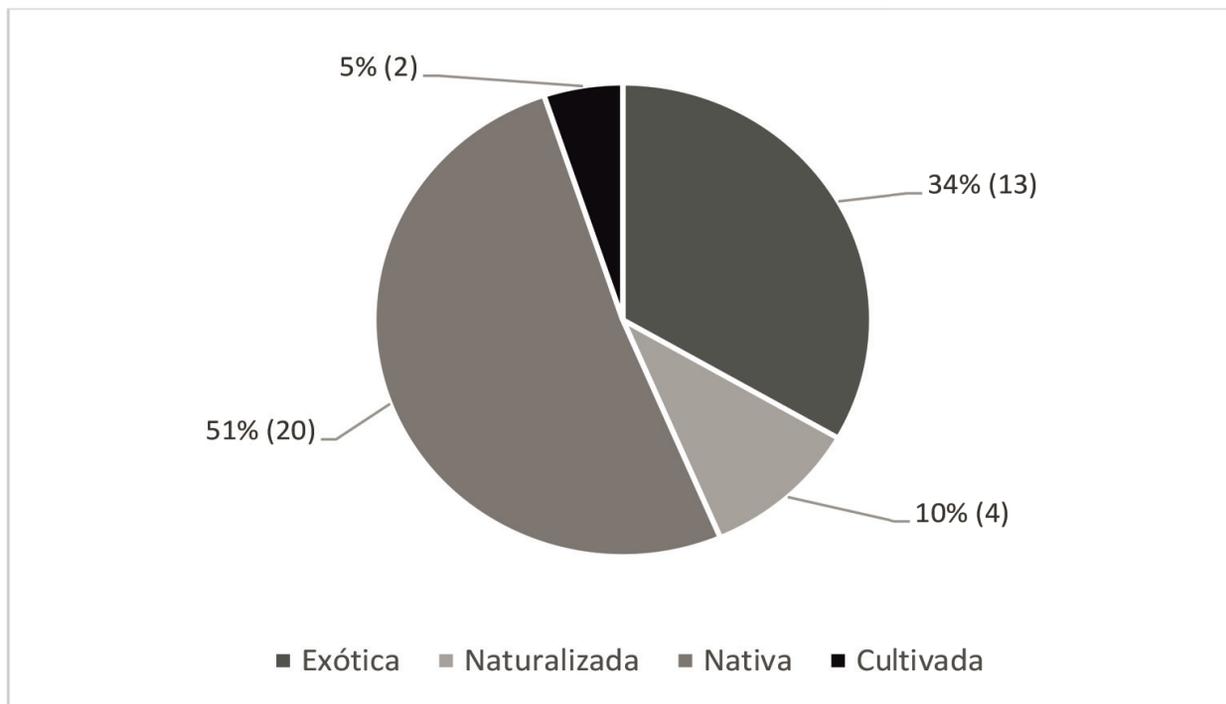


Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Das 39 espécies encontradas, 13 (33 %) são exóticas – como a Zazumba (*Datura ferox*), Hortênci (*Hydrangea macrophylla*) e Hera-miúda (*Ficus pumila*) – quatro (10 %) são naturalizadas – tal como a Urtica (*Urtica dioica*), o Camará (*Lantana camara*) e Leucacena (*Leucaena leucocephala*)

– duas (5 %) são cultivadas – Figo (*Ficus carica*) e Mamona (*Ricinus communis*) – e as demais, 20 (51 %), são nativas, não necessariamente endêmicas, como a Lobeira (*Solanum lycocarpum*), a Erva-moura (*Solanum americanum*) e o Manacá (*Brunfelsia uniflora*) (FIGURA 3).

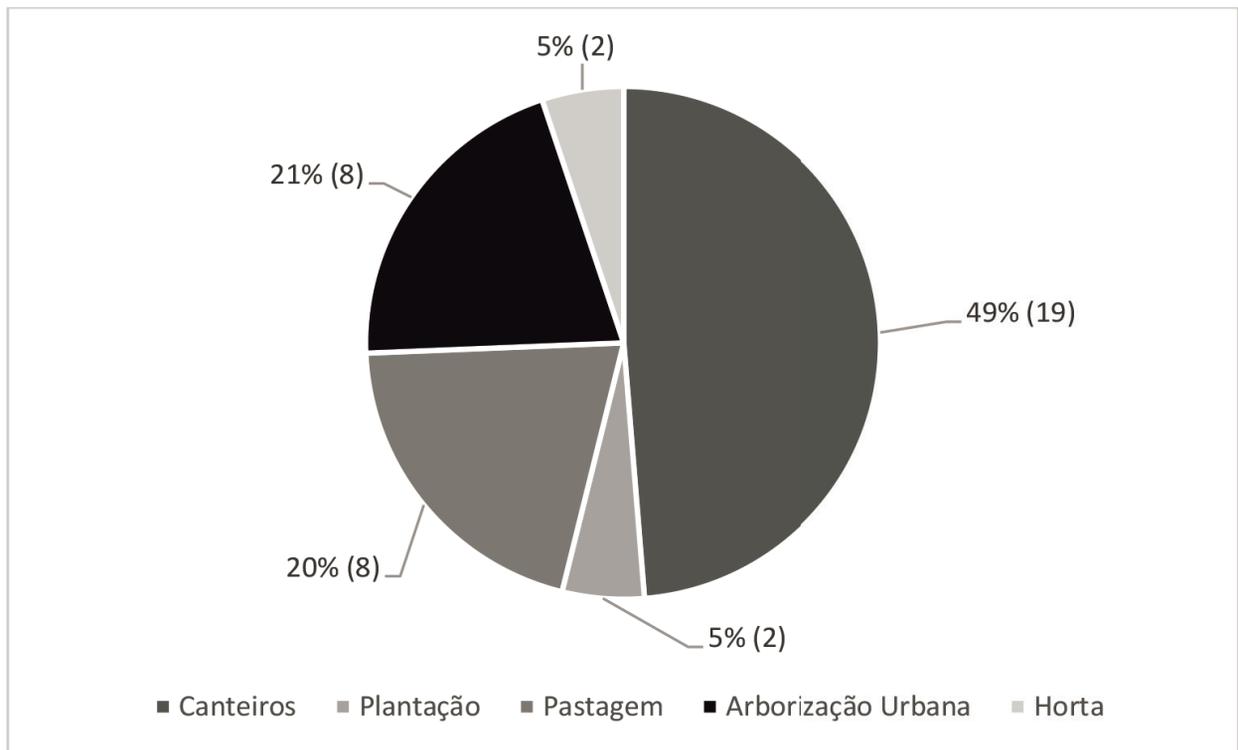
**Figura 3.** Percentual e número de espécies de plantas tóxicas obtidas em levantamento no *Campus Machado* do IFSULDEMINAS, Machado, MG, agrupadas em: Exóticas, Naturalizadas, Cultivadas e Nativas.



**Fonte:** Elaboração dos autores (2017).

Por meio do estudo da Figura 4, observa-se que 29 (74 %) dos espécimes vegetais tóxicos encontrados estão em locais urbanizados, o que nos leva a acreditar que suas posições foram pré-definidas a partir de suas características morfológicas para fins ornamentais. Outro fator que aparenta ter influenciado a localização da maioria das plantas são os locais de inserção das espécies Comigo-Ninguém-Pode e Espada-de-São-Jorge, ambas encontradas em ambientes fechados e com grande tráfego de pessoas, provavelmente por conta de suas representatividades popularmente conhecidas de afastar mal olhado e gerar proteção, respectivamente. Além disso, das 29 espécies localizadas em locais urbanizados, 51% (quinze espécies) são exóticas, cultivadas ou naturalizadas, ou seja, há grande possibilidade de que as espécies tenham revigorado nesses locais por meio da escolha paisagista humana.

**Figura 4.** Locais de inserção das espécies de plantas tóxicas obtidas em levantamento no *Campus* Machado do IFSULDEMINAS, Machado, MG, agrupadas em: Canteiros, Plantação, Pastagem, Arborização Urbana e Horta.



**Fonte:** Elaboração dos autores (2017).

Das oito espécies encontradas em locais afastados dos meios urbanos do *Campus*, 4 (50 %) são nativas e suas distribuições espaciais se deram, provavelmente, de forma natural e não por seletividade ou cultivar humano. Contudo, o fato de esses vegetais estarem afastados de locais com grande tráfego de alunos e funcionários não implica menores riscos à saúde humana, pois são passíveis de gerar intoxicações indiretas, ou seja, causadas pelo consumo de produtos de bovinos ou caprinos que tenham ingerido plantas tóxicas cujos princípios ativos possam estar acumulados na carne ou no leite destinado ao consumo humano (MATOS et al., 2011). Tal fenômeno é possível de ocorrer no *campus*, tendo em vista que as plantas *Urtica*, *Agave-dragão* e *Capim* foram encontradas em local de pastagem de bovinos, entretanto, são necessários mais estudos para verificar essa observação.

Os dados levantados a respeito da localidade e da diversidade das plantas tóxicas do *campus* servirão como apoio para a prevenção de acidentes e preservação da saúde pública, assim como para a difusão do conhecimento popular acerca da variedade de plantas, seus princípios tóxicos ativos e seus efeitos. Além disso, a catalogação geolocalizada proporciona maior conhecimento em relação ao ambiente utilizado pela população que usufrui do espaço, gerando visibilidade às plantas tóxicas.

## Conclusões

O estudo evidenciou que ao menos metade das espécies tóxicas catalogadas não são nativas e que a maioria se encontra em locais urbanizados pré-definidos pelas suas características paisagísticas. Mais estudos são necessários para averiguar o potencial de intoxicação que as espécies aqui catalogadas apresentam em seus locais de inserção para diferentes organismos.

## Poisonous flora at IFSULDEMINAS – Machado Campus, in Machado city, state of Minas Gerais

### Abstract

Brazil has a high index of intoxications due to toxic plants, which are organisms known by their potential to synthesize active principles capable of causing changes in human and animal organisms. The research aimed to locate toxic plants present at Campus of Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, in Machado city, because of its high daily transit of workers, students and local residents in general that can be exposed to those plants. For such, it was made expeditions throughout the campus for the tabulation of species found at the urbanized areas of the *Campus*. It was identified, registered and geo-referenced 39 toxic plants belonging to 19 botanical families as well as their popular names and their toxic principles.

**Keywords:** Plants Toxicology. Intoxications. Active toxic principles. Public Health.

### Referências

AGRA, M. F.; FREITAS, P. F.; BARBOSA-FILHO, J. M. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 1, p. 114-140, 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-695X2007000100021](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-695X2007000100021). Acesso em: 27 mar 2019.

BORELLI, V.; CARDOSO, T. C.; BIFFINI, C. P.; WICPOLT, N.; OGLIARI, D.; SAVARI, T.; TRAVERSO, S. D.; GAVA, A. Intoxicação experimental por folhas de *Crotalaria pallida (mucronata)* em ovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 10, 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-736X2016001000935&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-736X2016001000935&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 27 mar. 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Plantas Tóxicas**. Série prevenindo intoxicações: plantas tóxicas, 2001. Disponível em: <http://www.ccs.saude.gov.br/visa/publicacoes/arquivos/plantas.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2019.

CORREA, F. R.; MENDEZ, M. C. Plantas tóxicas e micotoxicoses no Rio Grande do Sul. Brasília: **ABEAS**, 1996. 38p.

DOAN, L. G. Ricin: Mechanism of Toxicity, Clinical Manifestations, and Vaccine Development. A Review. **Journal of Toxicology**, v. 42, n. 2, p. 201-208, 2004.

FLORA do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 12 jan. 2018.

FLORES, J. S.; CANTO-AVILES, G. C. O.; FLORES-SERRANO, A. G. Plantas de la flora yucatanense que provocan alguna toxicidad en el humano. **Revista Biomédica**, v. 12, n. 2, p. 86-96, 2001. Disponível em: <http://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=21616>. Acesso em: 27 mar. 2019.

FORZZA, R. C.; BAUMGRATZ, J. F. A.; BICUDO, C. E. M.; CANHOS, D.; CARVALHO JR., A. A.; NADRUZ-COELHO, M. A.; COSTA, A. F.; COSTA, D. P.; HOPKINS, M.; LEITMAN, P. M.; LOHMANN, L. G.; LUGHADHA, E. N.; MAIA, L. C.; MARTINELLI, G.; MENEZES, M.; MORIM, M. P.; PEIXOTO, A. L.; PIRANI, J. R.; PRADO, J.; QUEIROZ, L. P.; SOUZA, S.; SOUZA, V. C.; STEHMANN, J. R.; SYLVESTRE, L. S.; WALTER, B. M. T.; ZAPPI, D. C. New Brazilian Floristic List Highlights Conservation Challenges. **Bioscience**, v. 62, n. 1, p. 39-45, 2012. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/downloads/FUNG1.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2019.

FRANCESCHI, V. R.; NAKATA, P. A. Calcium oxalate in plants: formation and function. **Annual Review of Plant Biology**, v. 56, p. 41-71, 2005.

HARAGUCHI, M. Plantas Tóxicas de Interesse na Pecuária. **Biológico**, v. 65, n. 1/2, p. 37-39, 2003. Disponível em: [http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v65\\_1\\_2/haraguchi.pdf](http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v65_1_2/haraguchi.pdf). Acesso em: 27 mar. 2019.

HOJO-SOUZA, N. S.; CARNEIRO, C. M.; SANTOS, R. C. *Pteridium aquilinum*: o que sabemos e o que ainda falta saber. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 5, p. 798-808, 2010. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7239>. Acesso em: 27 mar 2019.

MATOS, F. J. A. LORENZI, H.; SANTOS, L. F. L.; MATOS, M. E. O.; SILVA, M. G. V.; SOUSA, M. P. **Plantas Tóxicas**: estudo de Fitotoxicologia Química de Plantas Brasileiras. Nova Odessa – SP: Ed. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2011. 247p.-

MORO, M. F.; SOUZA, V. C.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; QUEIROZ, L. P.; FRAGA, C. N.; RODAL, M. J. N.; ARAÚJO, F. S.; MARTINS, F. R. Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia? **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 4, p. 991-999, 2012.

NUHU, H.; ABDURRAHMAN, E. M.; SHOK, M. Ethnomedical studies of *Crotalaria* species found in Zaria, northern Nigeria. **Nigerian Journal of Pharmacological Sciences**, v. 8, n. 2, p. 46-53, 2009. Disponível em: <https://journals.abu.edu.ng/njps/pdf/74.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2019.

OLIVEIRA, J. M. G.; PEREIRA, L. J. C.; MOURA, E. R.; SOUSA, M. R. S. C.; SALES, P. A. B.; SILVA, S. M. M. S.; LIRA, S. R. S.; COSTA, A. P. R. Toxicidade subaguda do extrato etanólico das folhas de *Myracrodruon urundeuva* sobre o ciclo estral de ratas Wistar. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 2, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbpm/v18n2/1516-0572-rbpm-18-2-0539.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2019.

SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R.; CRUZ, M. E. S. Uso de plantas medicinais no controle de doenças de plantas. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 554-556, 2003.

SHEPHERD, G. J. **Avaliação do estado do conhecimento da diversidade biológica do Brasil: plantas terrestres (versão preliminar)**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 3-4, 2003.

TAMILSELVAN, N.; THIRUMALAI, T.; SHYAMALA, P.; DAVID, E. A review on some poisonous plants and their medicinal values. **Journal of Acute Disease**, p. 85-89, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2221618914600226>. Acesso em: 27 mar. 2019.

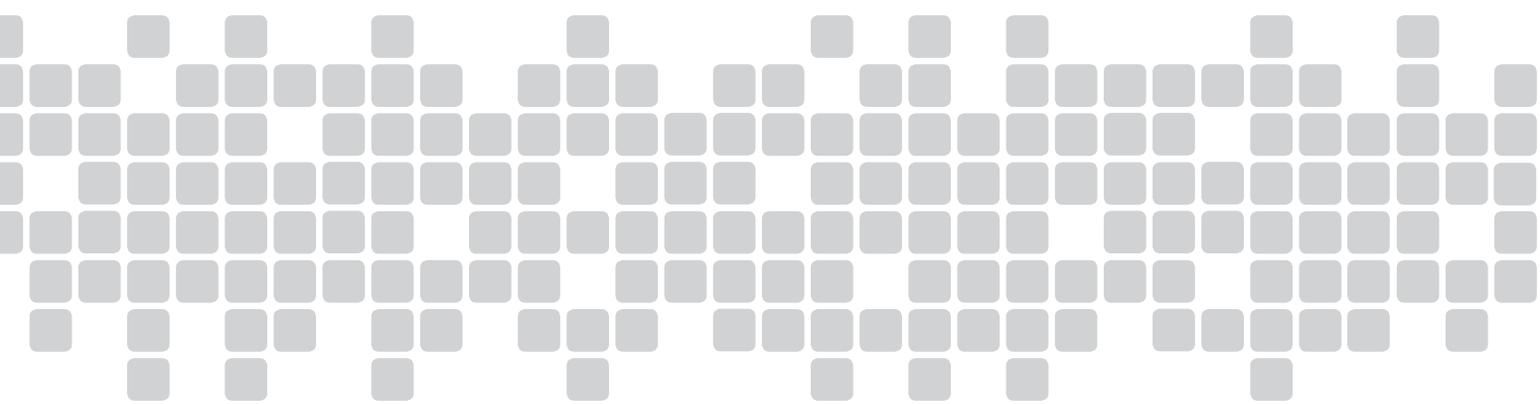
THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p. 1-20, 2016. Disponível em: [http://reflora.jbrj.gov.br/downloads/2016\\_GROUP\\_Botanical%20Journal%20of%20the%20Linnean%20Society.pdf](http://reflora.jbrj.gov.br/downloads/2016_GROUP_Botanical%20Journal%20of%20the%20Linnean%20Society.pdf). Acesso em 27 mar. 2019.

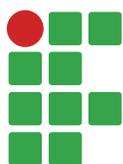
THE PLANT LIST. Versão 1.1. 2013 [online]. Disponível em: <http://www.theplantlist.org/>. Acesso em: 31 dez. 2017.

#### **Histórico editorial:**

Submetido em: 28/07/2017

Aceito em: 17/01/2018





## Óleo essencial e teores de nutrientes da priprioca em resposta à adubação orgânica e à calagem

Jessivaldo Rodrigues Galvão<sup>1</sup>

Tiago Kesajiro Moraes Yakuwa<sup>2</sup>

Júlio Cesar Gomes Costa<sup>3</sup>

Deivison Rodrigues da Silva<sup>4</sup>

Karine Costa de Almeida<sup>5</sup>

Leonardo Brandão Araújo<sup>6</sup>

### Resumo

A flora aromática nativa da Amazônia vem sendo alvo de vários estudos básicos. Uma dessas espécies é a *Cyperus articulatus* L., conhecida como priprioca, cujo óleo essencial tem grande potencial de exploração devido a sua importância na farmacopeia local. O objetivo do trabalho foi avaliar a produção de óleo essencial e os teores de macronutrientes de plantas de priprioca (*Cyperus articulatus* L.), em resposta à adubação orgânica e à correção do solo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2 distribuídos em quatro repetições. A cama de aviário foi mais eficiente que a torta de mamona e o esterco de gado promoveu as maiores produções de óleo essencial quando aplicadas às dosagens com 330 g vaso<sup>-1</sup> e 440 g vaso<sup>-1</sup> em solo que recebeu calcário. A cama aviária e a calagem em interação ou com os outros tratamentos foram as mais eficientes no estímulo à absorção dos macronutrientes; a calagem não influenciou a absorção de K, Ca, Mg e S quando em interação com a torta de mamona ou com o esterco de gado.

**Palavras-chave:** *Cyperus articulatus*. Planta medicinal. Planta aromática. Nutrição mineral. Fertilidade do solo.

### Introdução

As plantas medicinais à medida que deixarem de ser exploradas de forma apenas extrativista deverão garantir maior sustentabilidade à agricultura, especialmente se for criada uma cadeia produtiva englobando a produção, a industrialização e a comercialização. Como a grande maioria das culturas, essas plantas devem responder positivamente a um adequado programa de produção, envolvendo o manejo correto do solo e das espécies nele cultivadas. Portanto, um adequado suprimento de nutrientes, baseando-se em análises químicas do solo e de tecidos das plantas, associado a outras práticas culturais, poderá promover resultados como boa produtividade, lucratividade e proteção ambiental (AMARAL et al., 2010).

1 Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto de Ciências Agrárias. [jessigalvao50@gmail.com](mailto:jessigalvao50@gmail.com). Avenida Tancredo Neves 2501, Bairro Montese, Belém, Pará CEP: 66077-580

2 Universidade Federal Rural da Amazônia, PGAGRO. [tiago.yakuwa@outlook.com](mailto:tiago.yakuwa@outlook.com).

3 Universidade Federal Rural da Amazônia, PGAGRO. [julio.costa@ufra.edu.br](mailto:julio.costa@ufra.edu.br)

4 Universidade Federal Rural da Amazônia, PGAGRO. [deivisonrodrigues01@live.com](mailto:deivisonrodrigues01@live.com).

5 Universidade Federal Rural da Amazônia, PGAGRO. [karinecosta\\_12@hotmail.com](mailto:karinecosta_12@hotmail.com).

6 Engenheiro Agrônomo. [leonardob029@gmail.com](mailto:leonardob029@gmail.com)

Os óleos essenciais são usados para conferir aroma e odores especiais a diversos produtos alimentícios e de perfumaria. Também é de grande relevância o seu uso em medicamentos analgésicos, antissépticos, sedativos, expectorantes, estimulantes, estomáquicos e até mesmo atividade antifúngica e antibacteriana (SILVA, 2011; ALMEIDA et al., 2011). São produtos voláteis e geralmente apresentam uma constituição complexa. Em alguns casos, chegam a conter mais de uma centena de componentes distribuídos em quantidades variáveis (CASTRO et al., 2010).

O mercado internacional de óleos essenciais movimentava anualmente cerca de 1,8 bilhão de dólares, no entanto, a participação brasileira neste cenário ainda é pequena, de apenas 0,1 % (BIASI et al., 2009). No Estado do Pará, a pirioca *Cyperus articulatus* L. vem despertando grande interesse científico e econômico devido ao agradável aroma do óleo essencial obtido dos seus rizomas.

Um grande desafio que envolve o uso de plantas medicinais e aromáticas é a obtenção de produtividades estáveis em quantidade e qualidade desejadas, aumentando a confiabilidade da fitoterapia, uma vez que é imensamente variável a produção de princípios ativos nas regiões do país, justificando a importância dos estudos relacionados ao cultivo destas plantas.

Pouco se conhece sobre a nutrição mineral da pirioca, haja vista que muitas das espécies medicinais e aromáticas ainda são consideradas semisilvestres e conseqüentemente não passaram por manipulação genética, logo faz-se necessário entender melhor o mecanismo de absorção e metabolização dos elementos minerais de forma eficiente (SILVA, 2005).

O objetivo do trabalho foi avaliar a produção de óleo essencial e os teores de macronutrientes de plantas de pirioca (*Cyperus articulatus* L.) em resposta à adubação orgânica e à correção do solo.

## Material e métodos

O experimento foi realizado no período de janeiro a outubro de 2011, em condições de casa de vegetação coberta com plástico de 150 microns localizada na Universidade Federal Rural da Amazônia em Belém/Pará. Foram utilizadas amostras de um solo classificado como Latossolo amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006), coletado na camada de 0 - 0,20 m de profundidade, em propriedade rural localizada no município de Santo Antônio do Tauá/Pará. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 2, distribuídos em quatro repetições. Os fatores foram quatro adubações orgânicas: torta de mamona, esterco bovino, cama aviária e solo como tratamento controle; dois níveis de correção, com e sem a adição de calcário. As doses do esterco de bovino (0, 280, 420 e 520 g vaso<sup>-1</sup>) e da cama aviária (0, 220, 330 e 440 g vaso<sup>-1</sup>) foram diferenciadas para manter o mesmo conteúdo de N existente nas doses aplicadas com mamona (0, 100, 150 e 200 g vaso<sup>-1</sup>), baseado na recomendação para a cultura da pimenteira-do-reino na região (CRAVO et al., 2007), que serão comparadas em 0, 1, 2 e 3 doses. A composição química dos substratos orgânicos utilizados no experimento se encontra na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização química da torta de mamona (TM), esterco bovino (EB) e cama aviária (CA), utilizados como fertilizantes no experimento.

Fontes orgânicas	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -----mg.dm <sup>-3</sup> -----	K <sub>2</sub> O	S	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	MO Total g Kg <sup>-1</sup>	C/N	pH
TM	5,18	1,26	1,1	0,37	0,028	74,07	7,94	5,81
EB	1,85	1,16	0,65	0,2	0,026	73,16	21,97	5,16
CA	2,35	1,93	2,45	0,05	0,026	73,65	17,41	5,37

Fonte: Elaborada pelos autores (2015).

A calagem foi realizada utilizando uma mistura de CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub> (87 % de PRNT), na relação 3:1, na base de 2,5 t ha<sup>-1</sup>. O solo coletado foi levado ao laboratório, onde foram feitas as análises químicas (TABELA 2).

**Tabela 2.** Caracterização Química das Amostras de solo utilizadas no experimento (profundidade 0 - 20 cm).

p (H <sub>2</sub> O)	H	M.O g Kg <sup>-1</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	H + Al	SB	Al <sup>+3</sup>	CTC pH 7
				----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						
4,3		8,9	3,0	0,08	0,9	0,4	2,45	1,41	0,3	3,86

Fonte: Elaborada pelos autores (2015).

Foram determinados pH em água; fósforo disponível (P) usando o extrator Mehlich 1; Cálcio, Magnésio e Alumínio trocáveis extraídos com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; Potássio trocável extraído com Mehlich1 e quantificado por fotometria de chama; H+Al foram extraídos com solução de acetato de Cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> tamponada a pH 7,0 e determinados por titulometria de neutralização, conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1997).

O solo foi inicialmente incubado por um período de trinta dias. Os vasos preenchidos com solo foram inicialmente saturados com água destilada e drenado por aproximadamente duas horas até a obtenção da capacidade de campo, para então ser incorporados às fontes orgânicas de acordo com os tratamentos estabelecidos, posteriormente, plantou-se um tubérculo de pripioca por vaso.

A coleta dos dados foi feita oito meses após o plantio. As plantas foram coletadas e separadas em tubérculos, raízes e lavadas para retirada do excesso de substrato contido. Em seguida, as raízes foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 60 °C. Na sequência, foram determinados os teores de nutrientes no tecido vegetal. O teor de N total foi determinado de acordo com o método micro Kjeldahl e o extrato obtido por digestão nitro-perclórica do material vegetal. O P foi determinado por colorimetria, o K, Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica seguindo a metodologia de Embrapa (2005).

Para a extração do óleo essencial dos rizomas das plantas de pripioca foi aplicado o método de hidrodestilação de arraste por vapor, utilizando o aparelho Clevenger adaptado a um balão volumétrico com capacidade para 1.000 mL. Em cada extração, com a duração de aproximadamente quatro horas, as amostras de 50 g de rizoma foram colocadas em balão com 500 mL de água destilada. Após alguns minutos de repouso no hidrolato obtido (mistura de água + óleo), a solução foi filtrada e a quantidade de óleo essencial no recipiente mensurada.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância comparando os tratamentos pelo Teste F ( $P < 0,05$ ) e aplicado o Teste Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

## Resultados e discussão

A produção de óleo essencial da priprioca e os teores de nutrientes foram influenciados significativamente pelos tratamentos e suas interações, com exceção ao P que não sofreu alteração com a aplicação dos tratamentos (TABELA 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância dos tratamentos aplicados: Adubação orgânica (AO) e Correção do solo (COR), para as variáveis produção de óleo (PO) e teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) no tecido vegetal da priprioca (*Cyperus articulatus* L.).

Fonte de variação	GL	PO	N	P	K	Ca	Mg
AO	2	**	**	ns	**	**	**
COR	1	**	**	ns	**	**	**
AO*COR	2	**	**	ns	**	**	**
Resíduo	75	0,002	0,58	0,26	0,62	0,52	0,53
CV		17,94	12,79	10,17	15,55	7,49	13,36

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2015).

As maiores produções de óleo essencial foram verificadas com a aplicação de cama aviária em todas as doses de adubação orgânica aplicadas. Houve de forma geral uma elevação da produção de óleo de priprioca à medida que as doses das fontes orgânicas aumentaram, com exceção da torta de mamona que proporcionou redução a partir da terceira dose aplicada (TABELA 4).

A adubação orgânica, além de fonte de nutrientes para as plantas, é capaz de suprir adequadamente as necessidades da cultura e contribuir para a melhoria das qualidades físicas, químicas e biológicas do solo. As plantas medicinais e aromáticas como qualquer outra cultura dependem de suprimento adequado de nutrientes para boas produtividades agrícolas. O fertilizante orgânico melhora as condições edáficas do solo e pode contribuir positivamente para a produção de biomassa e princípios ativos dependendo da espécie, como observamos no experimento.

Observa-se que ocorreu aumento na produção de óleo à medida que foram aplicadas as doses maiores de esterco bovino.

Sales et al. (2009), ao avaliarem o rendimento de óleo essencial de hortelã-do-campo (*Hyptis marrubioides* EPL.) sob adubação orgânica com esterco de bovino, destacam um ajuste linear, em que para cada kg de adubo orgânico implementado houve um incremento de  $0,0034 \text{ g planta}^{-1}$ . Santos (2009), ao estudar altura, rendimento de folha, teor e rendimento de óleo essencial de erva-cidreira-verdadeira (*Melissa officinalis* L.) sob adubação com esterco bovino, observou que com a aplicação de  $15 \text{ t ha}^{-1}$  por ano induziu o aumento do rendimento total de biomassa em 10,7 % e o rendimento total de óleo essencial em 10,3 % em relação ao tratamento controle. No experimento, foi verificado um incremento de 37,5 % quando da aplicação da maior dose ( $520 \text{ g vaso}^{-1}$ ) em relação ao controle (dose 0).

No entanto, Assis et al. (2009) indicaram que o esterco bovino influenciou negativamente o teor de óleo essencial de Alecrim-Pimenta. Contrário a esses resultados, Valadares et al. (2010) veri-

ficaram aumento significativo na produção de óleo essencial de *Lippia citriodora* (Lam.) com a adição da calagem e esterco bovino. Porém, em uma segunda coleta de material, ocorreu pequena redução.

Brant et al. (2010) verificaram menores teores de óleo essencial em cidrão [*Aloysia triphylla* (L' Hérit)] com a utilização de esterco bovino como tratamento. No entanto, nesse estudo, ressalta-se a participação desse esterco no aumento da produção da priprioca.

Assim como no esterco bovino, a aplicação da cama aviária promoveu elevação na produção de óleo essencial de priprioca com o aumento das dosagens.

**Tabela 4.** Produção de óleo de priprioca (*Cyperus articulatus* L.) nas doses de adubação orgânica.

Fontes Orgânicas	DOSES DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA			
	0	1	2	3
TM	0,08 Cab	0,29 Ab	0,15 BCc	0,11BCc
EB	0,03 Cc	0,17 BCc	0,43 Ab	0,46Ab
CA	0,09 Ca	0,46 Ba	0,50 ABa	0,53 ABa

Médias seguidas das mesmas letras, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, não diferem entre si em nível de 5 % pelo Teste de Tukey. Torta de mamona (TM), esterco bovino (EB), cama aviária (CA).

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2015).

A correção da acidez do solo por meio da calagem elevou a produção de óleo essencial nos tratamentos com torta de mamona e cama aviária. O esterco bovino causou redução na produção de óleo (TABELA 5). Sob efeito da calagem, a cama aviária proporcionou aumento de 25,71 % na produção de óleo essencial de priprioca que inicialmente era de 0,35 g planta<sup>-1</sup> passando para 0,44 g planta<sup>-1</sup>. Com a aplicação de torta de mamona, o acréscimo foi mais significativo, proporcionando um aumento de 120 % na produção de óleo, ou seja, de 0,10 g planta<sup>-1</sup> para 0,22 g planta<sup>-1</sup>. Inversamente às demais aplicações de adubação orgânica, o esterco bovino promoveu uma redução de 34,78 % na produção de óleo essencial de priprioca, de 0,31 g planta<sup>-1</sup> para 0,23 g planta<sup>-1</sup>.

**Tabela 5.** Produção de óleo essencial de priprioca (*Cyperus articulatus* L.) em função da adubação orgânica e da calagem.

MO	Sem calcário	Com calcário
TM	0,10 Bb	0,22 Ab
EB	0,31 Ab	0,23 Bb
CA	0,35 Ba	0,44 Aa

Médias seguidas das mesmas letras, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, não diferem entre si em nível de 5 % pelo Teste de Tukey. Torta de mamona (TM), esterco bovino (EB), cama aviária (CA).

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2015).

Por meio das médias encontradas, com boa significância na aplicação da calagem, não pode-se atribuir à cultura uma grande tolerância a solos ácidos. Sales et al. (2009), estudando o hortelã-do-campo (*Hyptis marruboides* EPL), demonstraram que não houve interação das doses de adubo orgânico com a presença ou ausência de calagem. No entanto, Corrêa et al. (2010) observaram que

as doses de adubação mineral e orgânica (avícola) influenciaram significativamente o crescimento das plantas, rendimento e composição química do óleo essencial de orégano.

Oliveira Júnior (2005), ao avaliar o efeito das aplicações de calcário e adubação mineral e orgânica (esterco de curral) sobre a concentração e o rendimento do óleo essencial de arnica (*Lychnophora ericoides*), observou que as variáveis estudadas foram influenciadas pela interação entre calagem e adubação. O autor ainda ressalta que os tratamentos de adubação mineral e mista com calagem e mineral sem calagem foram os que apresentaram os menores teores de óleo essencial. Além disso, complementa que o tratamento orgânico sem calagem apresentou menor rendimento de óleo essencial, ao passo que os maiores rendimentos foram obtidos com os tratamentos mineral e misto sem calagem.

Nas plantas que receberam o tratamento com torta de mamona, a calagem não mostrou resultados significativos entre eles.

O esterco bovino e a cama aviária sofreram influência da calagem e a correção do solo proporcionou a maior absorção de N pelas plantas. Os teores de P não foram afetados pela correção do solo. Os teores de K foram afetados significativamente pela correção do solo apenas na aplicação da cama aviária em que a calagem proporcionou maiores teores deste elemento. Os teores Ca, semelhantes aos de K, foram maiores com a cama aviária após a correção do solo. Os teores de Mg, com a calagem, apresentaram valores menores nas adubações orgânicas realizadas, com exceção à cama aviária. Com relação aos teores de S, a calagem também proporcionou maiores valores com a cama aviária (TABELA 6).

Avaliando o efeito do teor de N nas raízes, não foi verificada interação entre o uso da calagem e a adição da torta de mamona. No entanto, o uso de cama aviária e esterco bovino com a adição de calcário apresentou os maiores teores de N. A prática do manejo do solo com adubação orgânica produz diversos benefícios quando utilizada de forma correta. Nesse aspecto, a contribuição da adubação orgânica torna-se uma ferramenta fundamental, tendo em vista benefícios como suprimento de nitrogênio ao sistema, aumento no teor de matéria orgânica e de outros elementos.

Amaral (2010), ao avaliar a concentração de nutrientes na parte aérea de *Baccharis trimera*, destaca a fonte cama de aviário, pois mais de 60 % das quantidades de nitrogênio e fósforo existentes também se encontram na forma mineral e, portanto, não precisam ser decompostos pelos microrganismos para se tornarem disponíveis às plantas.

Na maioria dos adubos orgânicos, o N é o nutriente mais abundante, apresentando-se como constituinte de moléculas orgânicas que, com o processo de mineralização, liberam esses nutrientes em forma de minerais assimiláveis pelas plantas. Smith e Hadley (1989) relatam que parte do N, presente em adubos orgânicos resiste à rápida mineralização e torna-se disponível somente às culturas subsequentes e que o uso de compostos não só supre as plantas com quantidade considerável de nutrientes, mas contribui para manter a fertilidade natural, o que envolve os ciclos biológicos dos nutrientes nos solos cultivados.

**Tabela 6.** Teores de N, P, K, Ca, Mg e S em raízes de priprioca (*Cyperus articulatus* L.) em função das adubações orgânicas e da calagem.

	N		P		K		Ca		Mg	
	(%)		mg dm <sup>-3</sup>		-----		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			
	CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC
MO										
TM	5,59 Ab	5,98 Aa	1,55 Aa	1,52 Aa	4,43 Ba	5,22 Ab	3,20 Aab	3,06 Aa	1,69 Bb	2,08 Aa
EB	5,70 Ab	5,10 Bb	1,65 Aa	1,63 Aa	4,48 Ba	7,28 Aa	3,03 Bb	3,22 Aab	1,28 Bc	2,24 Aa
CA	7,52 Aa	5,93 Ba	1,56 Aa	1,54 Aa	5,09 Aa	3,99 Bc	3,25 Aab	2,56 Bb	1,99 Aa	1,06 Bb

Médias seguidas das mesmas letras, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, não diferem entre si em nível de 5 % pelo Teste de Tukey. Torta de mamona (TM), esterco bovino (EB), cama aviária (CA), com calagem (CC), sem calagem (SC).

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2015).

Os teores de fósforo não foram influenciados pela calagem nas diferentes adubações orgânicas estudadas. A aplicação de resíduos orgânicos reduz a fixação de fósforo no solo e aumenta a eficiência de utilização dos fertilizantes fosfatados aplicados, e os resíduos orgânicos, ao interagirem com o solo, podem ter efeitos similares ao do calcário (carbonatos de cálcio e de magnésio) pela precipitação de ferro e alumínio (HUE, 1990). Andrade, Fernandes e Faquin (2003), trabalhando em solos de várzea, verificaram que a aplicação de resíduo orgânico, calcário e gesso reduz a fixação de fósforo.

Os maiores teores de K encontrados na matéria seca da priprioca foram observados com a ausência da calagem, com a aplicação da torta de mamona e esterco bovino. Com a cama aviária, o efeito da calagem foi significativo, promovendo grande aumento nos teores de K. Essa falta de resposta de calcário na torta de mamona e esterco bovino pode ser explicada, em parte, pelo curto período de reação, uma vez que a aplicação deu-se 30 dias antes do plantio. Por outro lado, apesar de o solo se apresentar com acidez elevada, o teor de Al trocável era baixo, não constituindo, portanto, impedimento para o desenvolvimento das raízes. Os valores significativos verificados com a cama aviária podem estar relacionados à alta concentração de macronutrientes em sua composição (ZHANG et al., 1998), proporcionando aumento no carbono total, no teor de matéria orgânica (SINGH et al., 2009) e consequentemente aumento do pH do solo.

Não foram observados efeitos significativos nos teores de Ca, com a aplicação do calcário em relação à torta de mamona. Com a adição do calcário no esterco bovino ocorreu uma redução nos teores de Ca no tecido vegetal da priprioca. A adição do calcário na cama aviária provocou elevação nos teores de Ca, com efeitos altamente significativos.

Janegitz et al. (2011), em trabalho realizado com diferentes adubações orgânicas, com e sem a aplicação de calcário, observaram que o esterco bovino apresentou melhores resultados que a torta de mamona. Nos tratamentos sem calcário a torta de mamona foi superior, por ter apresentado uma rápida decomposição, levando em consideração a sua eficiência de acordo com a quantidade de adubo utilizado. Esses resultados se assemelham aos da pesquisa, evidenciando a importância da torta de mamona como fertilizante orgânico, mesmo sem a calagem.

Os teores de Mg no tecido vegetal da priprioca foram reduzidos com a calagem na aplicação da torta de mamona e esterco bovino. Na cama aviária observam-se acréscimos nos teores desse nutriente com a calagem. O excesso de cálcio em relação ao magnésio na solução do solo pode prejudicar a absorção do magnésio, assim como o excesso de magnésio pode prejudicar a absorção de

cálcio, semelhante ao que ocorre para o potássio (MALAVOLTA et al., 1997). Amaral et al. (1999), ao avaliarem a omissão de macronutrientes em manjeriço (*Ocimum sp.*), destacaram um aumento acentuado na concentração de Ca nas raízes no tratamento em que houve omissão de Mg, fato este, evidenciado provavelmente pelo antagonismo entre esses elementos.

## Conclusão

A maior produção de óleo essencial da priprioca ocorre com a aplicação da cama aviária em solo com a adição de calcário.

No tecido vegetal de priprioca o teor de N é maior com a aplicação da cama de aviário e com a adição de calcário.

Os nutrientes P, Ca e Mg apresentaram os maiores teores quando da adição de esterco bovino sem a calagem.

## Priprioca essential oil and nutritional content in response to organic fertilization and liming

### Abstract

The native aromatic flora of Amazon has been the subject of several basic studies. One of these species is *Cyperus articulatus* L., known as priprioca, whose essential oil has great potential for exploitation due to its importance in the local pharmacopoeia. The objective of this work was to evaluate the production of essential oil and macronutrient contents of priprioca plants in response to organic fertilization and soil correction. The experimental design was completely randomized, in a 4 x 2 factorial scheme distributed in four replications. Poultry litter was more efficient than castor bean cake and cattle manure, promoting the highest yields of essential oil when applied to dosages with 330 g pot<sup>-1</sup> and 440 g pot<sup>-1</sup> in soil where limestone was applied. Poultry litter and liming, in interaction, or with the other treatments, were the most efficient in stimulating the absorption of macronutrients; liming did not influence the uptake of K, Ca, Mg and S when in interaction with castor bean or cattle manure.

**Keywords:** *Cyperus articulatus*. Medicinal plant. Aromatic plant. Mineral nutrition. Soil fertility.

### Referências

ALMEIDA, L. F. D.; CAVALCANTI, I. W.; VIANA, W. P.; LIMA, E. O. Screening da Atividade Antifúngica de Óleos Essenciais sobre *Candida Albicans*. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, João Pessoa, v. 14, n. 4, p. 51-56, 2011. Disponível em: <http://periodicos.ufpb.br/index.php/rbcs/article/viewFile/9818/5686>. Acesso em: 28 set. 2015.

AMARAL, A. S.; RADÜNZ, L. L.; MOSSI, A. J.; SANTI, A.; ROSA, N. M. F. F.; FEITEN, F. Rendimento de matéria seca e de óleo essencial de *Baccharis trimera* com adubação química e orgânica. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 9, n. 1, p. 20-28, 2010. Disponível em: <http://revistas.bvs-vet.org.br/rca/article/download/35145/39516>. Acesso em: 30 set. 2015.

AMARAL, J. F. T. do; FONSECA, A. F. A da; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R.; FONTES, P. C. R. Deficiências de macronutrientes Fe e B em manjerição (*Ocimum sp.*), em cultivo hidropônico. **Revista Ceres**, Viçosa (MG, Brasil), 1999. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/2540/533>. Acesso em: 28 set. 2015.

ANDRADE, A. T.; FERNANDES, L. A.; FAQUIN, V. Organic residue, limestone, gypsum, and phosphorus adsorption by lowland soils. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 349-355, abr/jun., 2003. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162002000200022](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162002000200022). Acesso em: 30 set. 2015.

ASSIS, B. F. S.; MARTINS, E. R.; SOUZA, M. F.; MELO, M. T. P.; CARVALHO JUNIOR, W. G. O. Produção de Fitomassa e de Óleo Essencial de Alecrim-Pimenta em Função da Adubação Orgânica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, 2009. Disponível em: <http://aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/view/9625>. Acesso em: 16 set. 2015.

BIASI, L. A. **Plantas aromáticas do cultivo à produção de óleo essencial**. Curitiba, PR: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda., 2009.

BRANT, R. S.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; ALBUQUERQUE, C. J. B. Produção de Biomassa e teor de óleo essencial de cidrão em função da adubação orgânica. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S010205362010000100021&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S010205362010000100021&lng=en&nrm=iso&tlng=pt) . Acesso em: 11 set. 2015.

CASTRO, H. G.; PERINI, V. B. M.; SANTOS, G. R.; LEAL, T. C. A. B. Avaliação do teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.) em diferentes épocas de colheita. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 308-314, 2010. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/287>. Acesso em: 10 set. 2015.

CORRÊA, R. M.; PINTO, J. E. B. P.; REIS, E. S.; COSTA, L. C. B.; ALVES, P. B.; NICULAN, E. S.; BRANT, R. S. Adubação orgânica na produção de biomassa de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 80-89, 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-05722010000100012&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-05722010000100012&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 10 set. 2015.

CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. **Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado do Pará**. Belém: EMBRAPA, 2007.

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

HUE, N. V. Interaction of Ca ( $H_2PO_4$ )<sub>2</sub> applied to an Oxisol and previous sludge amendment: soil and crop response. **Communications Soil Science Plant Analysis**, New York, n. 1-2, v. 20, p. 61-73, 1990. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103629009368215?journalCode=lcss20>. Acesso em: 14 out. 2015.

JANEGITZ, B. C.; FIGUEIREDO-FILHO, L. C. S.; MARCOLINO-JUNIOR, L. H.; SOUZA, S. P. N.; PEREIRA-FILHO, E. R.; FATIBELLO-FILHO, O. Development of a carbon nanotubes paste electrode modified with crosslinked chitosan for cadmium(II) and mercury(II) determination. **Journal of Elec-**

**troanalytical Chemistry**, v. 660, n. 1, p. 209-216, 2011. Disponível em: <http://www.bv.fapesp.br/pt/publicacao/26575/development-of-a-carbon-nanotubes-paste-electrode-modified-w/>. Acesso em: 30 out. 2015.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Rev. atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; FAQUIN, V.; PINTO, J. E. B. P.; LIMA SOBRINHO, R. R.; BERTOLUCCI, S. K. V. Teor e rendimento de óleo essencial no peso fresco da arnica, em função da calagem e adubação. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, jul./set. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/hb/v23n3/a09v23n3>. Acesso em: 14 out. 2015.

ROSINI, F.; DONATI, G. L.; NASCENTES, C. C.; ARRUDA, M. A. Z.; NOGUEIRA, A. R. A.; NÓBREGA, J. A. Espectrometria de absorção atômica com forno tubular na chama e aerossol térmico (TS\_FF\_AAS): comportamento dos elementos selênio e cobalto. São Carlos (SP, Brasil): Embrapa, 2005.

SALES, J. F.; PINTO, J. E. B. P.; BOTREL, P. P.; SILVA, F. G.; CORREA, R. M. Acúmulo de Massa, teor foliar de nutrientes e rendimento de óleo essencial de hortelã do campo (*Hyptis marrubiodes* EPL.) cultivados sob adubação orgânica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 60-68, 2009. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6785>. Acesso em: 05 out. 2015.

SANTOS, M. F.; MENDONÇA, M. C.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; DANTAS, I. B.; SILVA, M, R.; BLANK, A. F. Esterco bovino e biofertilizante no cultivo de erva-cidreira-verdadeira (*Melissa officinalis* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 11, n. 4, p. 355-359, 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-05722009000400001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722009000400001). Acesso em: 05 out. 2015.

SILVA, A. B. **Estudo Integrado da Priprioca (Cyperus sp.) no Estado do Pará**. 2005. 65 f. Dissertação (Mestrado) -Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2005.

SILVA, S. M. **Sistemas e épocas de cultivo na produção agrônômica e de óleo essencial de *Melissa officinalis* L.** 2011. 48 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

SINGH, Y.; GUPTA, R. K.; THIND, H. S. Poultrylitter as a nitrogen and phosphorus source for the rice-wheat cropping system. **Biology Fertilidad Soils**, v. 45, p. 701-710, 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00374-009-0373-z> . Acesso em: 05 out. 2015.

SMITH, S. R.; HADLEY, P. A. Comparison of organic and inorganic nitrogen fertilizers their nitrate-N and ammonium-N release characteristics and effects on the growth response of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Fortune). **Plant and soil**, v. 115, n. 1, p. 135-144, 1989. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02220704>. Acesso em: 05 out. 2015.

VALADARES, R. V.; SOUZA M. F.; VALADARES S. V.; DUARTE R. F.; FERNANDES L. A.; MARTINS E. R. Calagem e adubação orgânica na produção de biomassa e óleo essencial em *Lippia citriodora* (Lam.). **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 3591-3597. 2010. Disponível em: [http://www.abhorticultura.com.br/eventos/trabalhos/ev\\_4/a2527\\_t4576\\_comp.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/eventos/trabalhos/ev_4/a2527_t4576_comp.pdf). Acesso em: 05 out. 2015.

ZHANG, H. Animal Manure Can Raise Soil pH. Production technology, **Department of Plant and Soil Sciences**, v. 10. n. 7, 1998. Disponível em: <http://animalwaste.okstate.edu/welcome-folder/pt98-7manureraisessoilph.pdf>. Acesso em: 05 out. 2015.

### **Histórico editorial**

Submetido em: 05/10/2017

Aceito em: 08/02/2018

