

Solos nos Biomas Brasileiros

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)



 **Atena**
Editora

Ano 2018

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)

Solos nos Biomas Brasileiros

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

S689 Solos nos biomas brasileiros [recurso eletrônico] / Organizadores
Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Ponta Grossa (PR):
Atena Editora, 2018. – (Solos nos Biomas Brasileiros; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-008-7

DOI 10.22533/at.ed.087181412

1. Agricultura. 2. Ciências agrárias. 3. Solos. 4. Sustentabilidade.
I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. III. Série.

CDD 631.44

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Solos nos Biomas Brasileiro*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu volume I, apresenta, em seus 18 capítulos, conhecimentos tecnológicos para Ciências do solo na área de Agronomia.

O uso adequado do solo é importante para a agricultura sustentável. Portanto, com a crescente demanda por alimentos aliada à necessidade de preservação e reaproveitamento de recursos naturais, esse campo de conhecimento está entre os mais importantes no âmbito das pesquisas científicas atuais, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas.

As descobertas agrícolas têm promovido o incremento da produção e a produtividade nos diversos cultivos de lavoura. Nesse sentido, as tecnologias nas Ciências do solo estão sempre sendo atualizadas e, em constantes mudanças para permitir os avanços na Ciências Agrárias. A evolução tecnológica, pode garantir a demanda crescente por alimentos em conjunto com a sustentabilidade socioambiental.

Este volume dedicado à Ciência do solo traz artigos alinhados com a produção agrícola sustentável, ao tratar de temas como o uso de práticas de manejo de adubação, inoculação de microorganismos simbióticos para a melhoria do crescimento das culturas cultivadas e da qualidade biológica, química e física do solo. Temas contemporâneos de interrelações e responsabilidade socioambientais tem especial apelo, conforme a discussão da sustentabilidade da produção agropecuária e da preservação dos recursos hídricos.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências do solo, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área de Agronomia e, assim, garantir incremento quantitativos e qualitativos na produção de alimentos para as futuras gerações de forma sustentável.

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO MILHO	
<i>Maikon Douglas Ribeiro Almeida</i>	
<i>Mylena Ferreira Alves</i>	
<i>Gabriel Ferreira Barcelos</i>	
<i>Dayane Machado Costa Alves</i>	
<i>Suane Rodrigues Martins</i>	
<i>Heliomar Baleeiro de Melo Júnior</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0871814121	
CAPÍTULO 2	15
ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO	
<i>Gabriel Ferreira Barcelos</i>	
<i>Mylena Ferreira Alves</i>	
<i>Maikon Douglas Ribeiro Almeida</i>	
<i>Suane Rodrigues Martins</i>	
<i>Dayane Machado Costa Alves</i>	
<i>Heliomar Baleeiro de Melo Júnior</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0871814122	
CAPÍTULO 3	30
ANÁLISE MORFOLÓGICA DO SOLO EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA, EM TUCURUÍ-PA	
<i>Kerciane Pedro da Silva</i>	
<i>Raiana Arnaud Nava</i>	
<i>Thays Thayla Santos de Almeida</i>	
<i>Matheus da Costa Gondim</i>	
<i>Dihego Rosa das Chagas</i>	
<i>Sandra Andréa Santos da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0871814123	
CAPÍTULO 4	37
ARMAZENAGEM DE ÁGUA EM SOLO INFECTADO COM FUSÁRIO E CULTIVADO COM MARACUJAZEIRO, CULTIVAR BRS RUBI EM QUATRO COMBINAÇÕES COPA:ENXERTO	
<i>Marcelo Couto de Jesus</i>	
<i>Alexsandro dos Santos Brito</i>	
<i>Flavio da Silva Gomes</i>	
<i>Suane Coutinho Cardoso</i>	
<i>Onildo Nunes de Jesus</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0871814124	
CAPÍTULO 5	49
ATRIBUTOS DE SOLOS, DINÂMICA E EVOLUÇÃO DE PROCESSO EROSIVO NA MICROBACIA DO CÔRREGO MARIANINHO, EM FRUTAL/MG	
<i>Marcos Vinícius Mateus</i>	
<i>José Cláudio Viégas Campos</i>	
<i>Luana Caetano Rocha Andrade</i>	
<i>Nathalia Barbosa Vianna</i>	
<i>Matheus Oliveira Alves</i>	
<i>José Luiz Rodrigues Torres</i>	
DOI 10.22533/at.ed.0871814125	

CAPÍTULO 6 66

AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS DE TRÊS CULTIVARES DE ARROZ (*Oryza sativa*) SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE AMÔNIO

Ana Carolina Oliveira Chapeta
Erinaldo Gomes Pereira
Carlos Alberto Bucher
Manlio Silvestre Fernandes
Cassia Pereira Coelho Bucher

DOI 10.22533/at.ed.0871814126

CAPÍTULO 7 76

AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DA PALMA DE ÓLEO SOB APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE MAGNESIANO

Shirlene Souza Oliveira
Eduardo Cezar Medeiros Saldanha
Marluce Reis Souza Santa Brígida
Henrique Gusmão Alves Rocha
Gabriela Mourão de Almeida
Maria Soraia Fortado Vera Cruz
Jose Leandro Silva de Araújo
Ana Carolina Pinguelli Ristau
Noéle Khristinne Cordeiro
Whesley Thiago dos Santos Lobato

DOI 10.22533/at.ed.0871814127

CAPÍTULO 8 84

BIOINDICADORA PARA DIAGNÓSTICO DE RESÍDUO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES NO SOLO

Camila Ferreira de Pinho
Gabriella Francisco Pereira Borges de Oliveira
Jéssica Ferreira Lourenço Leal
Amanda dos Santos Souza
Samia Rayara de Sousa Ribeiro
Gledson Soares de Carvalho
André Lucas Simões Araujo
Rúbia de Moura Carneiro
Gabriela de Souza Da Silva
Ana Claudia Langaro

DOI 10.22533/at.ed.0871814128

CAPÍTULO 9 92

BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA EM DIFERENTES USOS DO SOLO NA REGIÃO DO CERRADO - MUNICÍPIO DE PALMAS, TO

Lidia Justen
Michele Ribeiro Ramos
Nayara Monteiro Rodrigues
Alexandre Uhlmann

DOI 10.22533/at.ed.0871814129

CAPÍTULO 10 106

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO COMUM SOB INFLUÊNCIA DO USO DE BORO

Rodrigo Ribeiro Fidelis
Karen Cristina Leite Silva
Ricardo de Oliveira Rocha

*Lucas Xaubet Burin
Jânio Milhomens Pimentel Júnior
Patricia Sumara Fernandes
Pedro Lucca Reis Souza
Danilo Alves Veloso*

DOI 10.22533/at.ed.08718141210

CAPÍTULO 11 114

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO EM PLANTAÇÃO DE PALMA DE ÓLEO NA PRESENÇA DE DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE MAGNESIANO

*Shirlene Souza Oliveira
Eduardo Cezar de Medeiros Saldanha
Marluce Reis Souza Santa Brígida
Henrique Gusmão Alves Rocha
Gabriela Mourão de Almeida
Jose Leandro Silva de Araújo
Ana Carolina Pinguelli Ristau
Noéle Khristinne Cordeiro
Bruna Penha Costa
Whesley Thiago dos Santos Lobato*

DOI 10.22533/at.ed.08718141211

CAPÍTULO 12 124

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO COMPOSTO ORGÂNICO ORIUNDO DE BORRA DE CAFÉ

*Jamerson Fábio Silva Filho
Dalcimar Regina Batista Wangen
Alessandra Vieira da Silva
Kerly Cristina Pereira
Jaberson Basílio de Melo
Ivaniele Nahas Duarte*

DOI 10.22533/at.ed.08718141212

CAPÍTULO 13 129

COMPOSTO DE BORRA DE CAFÉ NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.)

*Alessandra Vieira da Silva
Dalcimar Regina Batista Wangen
Jamerson Fábio Silva Filho
Kerly Cristina Pereira
Lara Gonçalves de Souza
Ivaniele Nahas Duarte*

DOI 10.22533/at.ed.08718141213

CAPÍTULO 14 138

CONTRIBUIÇÃO DA FRAÇÃO GALHOS FINOS NA SERAPILHEIRA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA ATLÂNTICA, EM MACAÍBA, RN

*Luan Henrique Barbosa de Araújo
José Augusto da Silva Santana
Wanctuy da Silva Barreto
Camila Costa da Nóbrega
Juliana Lorensi do Canto
César Henrique Alves Borges*

DOI 10.22533/at.ed.08718141214

CAPÍTULO 15	145
CORRELAÇÃO E VARIABILIDADE ESPACIAL DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE NEOSSOLOS, SOB CULTIVO DE SOJA EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO	
<i>Guilherme Guerin Munareto</i>	
<i>Claiton Ruviano</i>	
DOI 10.22533/at.ed.08718141215	
CAPÍTULO 16	154
CULTIVO DE RABANETE EM SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS ADICIONADOS DE CINZA DE JATOBÁ (<i>Hymenaea courbaril</i> L.)	
<i>Liliane Pereira Campos</i>	
<i>Gasparino Batista de Sousa</i>	
<i>Alexandra Vieira Dourado</i>	
<i>Tamires Soares da Silva</i>	
<i>Mireia Ferreira Alves</i>	
<i>Barbemile de Araújo de Oliveira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.08718141216	
CAPÍTULO 17	160
DEPOSIÇÃO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO DA SERAPILHERIA EM ÁREAS DE MINERAÇÃO SUBMETIDAS A MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PA	
<i>Thaise Cristina dos Santos Padilha</i>	
<i>Walmer Bruno Rocha Martins</i>	
<i>Gracialda Costa Ferreira</i>	
<i>Ellen Gabriele Pinto Ribeiro</i>	
<i>Richard Pinheiro Rodrigues</i>	
DOI 10.22533/at.ed.08718141217	
CAPÍTULO 18	171
DEPOSIÇÃO DE MICRONUTRIENTES DA SERAPILHERIA EM ÁREAS DE MINERAÇÃO SUBMETIDAS A MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PA	
<i>Thaise Cristina Dos Santos Padilha</i>	
<i>Walmer Bruno Rocha Martins</i>	
<i>Gracialda Costa Ferreira</i>	
<i>Ellen Gabriele Pinto Ribeiro</i>	
<i>Richard Pinheiro Rodrigues</i>	
DOI 10.22533/at.ed.08718141218	
SOBRE OS ORGANIZADORES	183

ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO MILHO

Maikon Douglas Ribeiro Almeida

Graduando em Engenharia Agrônoma no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberlândia. Uberlândia – MG

Mylena Ferreira Alves

Graduanda em Engenharia Agrônoma no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberlândia. Uberlândia – MG

Gabriel Ferreira Barcelos

Graduando em Engenharia Agrônoma no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberlândia. Uberlândia – MG

Dayane Machado Costa Alves

Engenheira Agrônoma pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberlândia. Uberlândia – MG

Suane Rodrigues Martins

Engenheira Agrônoma pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberlândia. Uberlândia – MG

Heliomar Baleeiro de Melo Júnior

Doutor, Professor Docente no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberlândia. Uberlândia – MG

RESUMO: A cultura do milho é uma das que ocupam maior área no mundo e tem variadas finalidades, devido às suas elevadas qualidades

nutricionais. Nabuscapormaioreprodutividades são realizados diversos programas de melhoramento genético e atualmente são lançados novos materiais que apresentam cada vez maiores produtividades, porém a literatura utilizada na recomendação de adubação do estado de Minas Gerais, “Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação”, está baseado em características e necessidades nutricionais de materiais diferentes dos presentes hoje no mercado. Com isso tem se a necessidade da realização de novas pesquisas com diferentes doses de nutrientes, particularmente com P_2O_5 em material genético altamente produtivo no estado de Minas Gerais, na região do Triângulo Mineiro. O experimento foi instalado em janeiro de 2016 na Fazenda Sobradinho de propriedade do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, em Uberlândia, MG. O experimento foi conduzido em blocos casualizados, constituídos de 5 tratamentos, que consistiram de doses de P_2O_5 (30; 50; 70; 90 e 110 kg ha⁻¹) em 4 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. As doses determinadas foram baseadas na recomendação da CFSEMG (1999) para produtividades de milho para grãos superiores à 8 t ha⁻¹, no qual considerou duas doses abaixo e duas doses acima do recomendado. As características avaliadas foram: altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga,

diâmetro de colmo, massa de mil grãos, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e produtividade. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com nível de significância de 0,05. A aplicação de doses crescentes de fósforo para o híbrido LG 6304 PRO no período avaliado não influenciou as características agrônomicas da cultura e nem parâmetros relacionados à produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*. Doses de fósforo. Fertilidade do solo. Produtividade.

ABSTRACT: The corn culture is one of culture that occupy the largest area in the world and has varied purposes because of its highest nutritional qualities. In the search for higher yields are realized several braiding programs and are currently released new materials that present increasingly higher yields, but the literature used in fertilizer recommendation of Minas Gerais, “Recommendation of the use of lime and fertilizer in Minas Gerais, 5th Approach”, is based on characteristics and nutritional needs of different materials in the current market. With that it has the need for new conducting research with different doses of nutrients, particularly with P_2O_5 in highly productive genetic material in the state of Minas Gerais, in the region of Triângulo Mineiro. The experiment was installed in January 2016 at Sobradinho Farm of Instituto Federal do Triângulo Mineiro propert in Uberlândia, MG. The experiment was conducted in randomized blocks, consisting in 5 treatments, that consisted in doses of P_2O_5 (30, 50, 70, 90 and 110 kg ha⁻¹) in 4 replications, totalizing 20 experimental plots. The determined doses were based on CFSEMG (1999) Recommendation to corn yields higher than 8 t ha⁻¹, which was considered 2 doses down and two doses above the recommended. The evaluated characteristics as were: the plant height, the insertion height of the first corn cob, stem diameter, weight of a thousand grains, number of grains per cob, number of grains per row and productivity. The data obtained were submitted to ANOVA with 0,05 significance level. The increasing doses of phosphorus application for hybrid LG 6304 PRO in the evaluated period didn't influence the agronomic characteristics of culture or the related parameters of productivity.

KEYWORDS: *Zea mays*. Doses of phosphorus. Soil fertility. Productivity.

1 | INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie que pertence à família Poaceae. Sua grande adaptabilidade, representada por variados genótipos, permite o seu cultivo em diversos lugares, encontrando-se, assim, em climas tropicais, subtropicais e temperados. A cultura do milho é das que ocupam maior área no mundo e tem como finalidade de utilização a alimentação humana e animal, devido às suas elevadas qualidades nutricionais (BARROS; CALADO, 2014).

Estima-se que no Brasil na safra 2015/2016 o milho tenha tido uma participação de produção total de grãos de 35,93 %, ficando atrás apenas da produção de soja. Ocupando a terceira posição de maior produtor mundial, o país obteve na safra de 2015/2016 uma produção de aproximadamente 67 milhões de toneladas numa área

total plantada de 15.692,9 mil hectares (CONAB, 2016).

O estado de Minas Gerais é o maior produtor da região sudeste do Brasil, e com uma área total plantada de 2.051,3 mil hectares apresentou uma produção de 5.980,0 mil toneladas na safra de 2015/2016 segundo dados da CONAB (2016).

O milho (*Zea mays* L.) é provavelmente uma das espécies cultivadas com maior diversidade genética (PATERNIANI et al., 2000). Na busca por maiores produtividades, programas de melhoramento genético buscam cultivares que melhor se adequam às possíveis variações ambientais por meio da capacidade de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos (CRUZ; REGAZZI, 1997).

Apesar do alto potencial produtivo alcançado no Brasil por condições experimentais e por agricultores com tecnologias adequadas, o que se observa na prática são produções baixas e irregulares (COELHO et al., 2006). A cultura do milho tem seu desenvolvimento afetado por problemas de estresse ambiental, dentre os quais se destaca a baixa fertilidade dos solos (DOS REIS JUNIOR; TOLEDO, 2008). Esse fato não se deve apenas pelos baixos níveis de nutrientes presentes no solo, mas também ao uso inadequado de calagem e adubações (COELHO et al., 2006).

A exigência nutricional de qualquer planta é determinada pela quantidade de nutriente extraída durante todo o seu ciclo (COELHO et al., 2006). Os nutrientes absorvidos em maior quantidade na cultura do milho são o nitrogênio, fósforo e potássio (BARROS; CALADO, 2014).

O nitrogênio desempenha papel fundamental na obtenção do potencial teórico produtivo da cultura do milho e desempenha importância no acúmulo de proteína nos grãos (PAVINATO et al., 2008). É o nutriente aplicado em maior quantidade na cultura e o mais limitante para o crescimento e desenvolvimento, sendo o que mais onera custos na produção (DE SOUZA et al., 2012). Quando aplicado em excesso, aumenta a severidade de determinadas doenças (TOMAZELA et al., 2010).

O fósforo é o macronutriente primário menos exigido pelas culturas (MALAVOLTA, 2006), e atua na formação, maturação dos grãos e melhora a digestibilidade do milho forragem, desempenhando assim importante papel na produtividade (BARROS; CALADO, 2014).

O potássio influencia na massa individual de grãos e no número de grãos por espiga e é o segundo elemento mais absorvido pelo milho (RODRIGUES et al., 2014). A aplicação insuficiente de adubo potássico pode levar ao esgotamento das reservas do solo e a aplicação excessiva pode intensificar as perdas por lixiviação. Com isso a correta adubação deste nutriente pode minimizar perdas e evitar o esgotamento dele no solo (WERLE et al., 2008).

Atualmente são lançados novos materiais genéticos que apresentam cada vez maiores produtividades, porém a literatura utilizada na recomendação de adubação do estado de Minas Gerais, “Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação”, está baseado em características e necessidades nutricionais de materiais genéticos que não representam a maioria dos presentes hoje

no mercado, devido aos avanços do melhoramento genético ocorridos na cultura do milho.

Com isso tem se a necessidade da realização de novas pesquisas com diferentes doses de nutrientes, particularmente com P_2O_5 em material genético altamente produtivo no estado de Minas Gerais, na região do Triângulo Mineiro.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie que pertence à família Poaceae da ordem Gramineae, e acredita-se que tenha originado há cerca de 7.000 anos, em uma cidade localizada ao sul da Cidade do México. Pesquisas revelam que o milho atual teve origem no teosinto, a qual foi domesticada pelo homem pré-colombiano e por meio de seleção obteve-se a planta atual (SÃO PAULO, 2015).

O milho é uma planta anual, pode atingir cerca 2 metros de altura, podendo variar em função do híbrido e condições climáticas e de manejo. É uma planta monoica apresentando sementes do tipo cariopse e em condições ideais germina em 5 ou 6 dias (BARROS; CALADO, 2014).

Os órgãos masculinos são agrupados em uma panícula situada no topo do colmo e os femininos em espigas axilares. A perda na produtividade pode estar ligada a fatores que impedem a formação dos grãos na espiga, tais como a nutrição da planta, estado hídrico e sombreamento causado por populações muito elevadas. Fatores esses que provocam uma deficiência no estilo-estigma da flor feminina impedindo que ocorra a fecundação e conseqüentemente queda na produção (BARROS; CALADO, 2014).

Na safra de 2015/16, segundo a USDA (2016), a produção mundial de milho foi de 959,0 milhões de toneladas. Já no Brasil a produção total na mesma safra foi de 67,0 milhões de toneladas colhidas, sendo o terceiro maior produtor de milho ficando atrás apenas dos EUA e China, com produções de 345,5 e 224,6 milhões de t, respectivamente. Os maiores consumidores são os EUA, China e União Europeia, e o Brasil fica na quarta posição com um consumo de 56,0 milhões de toneladas.

As cultivares são as principais responsáveis pelas altas produtividades nas lavouras de milho. O potencial genético da semente é responsável por 50% do rendimento final, tendo influência pelas condições edafoclimáticas do local de implantação da cultura e o manejo da lavoura, os quais são uso adequado de fertilizantes e defensivos, melhoria no espaçamento e densidade, escolha de máquinas agrícolas mais eficientes e adoção de sistemas conservacionistas. O melhoramento genético das plantas de milho trouxe como resultado o abaixamento do porte, maior produção de grãos em relação à matéria seca no colmo e abaixamento da inserção da espiga, o que resultou em plantas mais eficientes e produtivas, com menor percentagem de acamamento e adaptadas à colheita mecânica (CRUZ; FILHO, 2009).

Nas cultivares lançadas no mercado, todas as informações necessárias são

fornecidas ao agricultor pela empresa que comercializa as sementes, para que o produtor obtenha o máximo potencial produtivo. Tais informações são necessárias devido às mudanças de cultivares adaptadas para todas as regiões do país e dos diferentes sistemas de produção (CRUZ; FILHO, 2009).

As sementes de milho podem ser identificadas como híbridos ou variedades. Os híbridos possuem alto vigor e produtividade na primeira geração (F1), sendo necessária a aquisição de sementes híbridas todos os anos, caso os grãos colhidos sejam semeados poderá ter grandes perdas na produtividade. Os híbridos de milhos são mais caros e por isso são indicados para produções de média a alta tecnologia. Já a variedade de milho é um conjunto de plantas com características em comum, apresentam menor custo e são indicadas para propriedades de baixa tecnologia e sistemas de produção agroecológicos ou orgânicos, por ter a capacidade de reutilização dos grãos para o plantio por várias safras sem perda de produtividade e consequentemente diminuição no preço de produção (CRUZ; FILHO, 2009).

Para alcançar altas produtividades é necessário aliar as técnicas de manejo ao potencial genético dos materiais utilizados (SOUZA et al., 2013). A produção em larga escala do milho no Cerrado somente tornou-se viável com o estudo de tecnologias que visaram melhorar a fertilidade dos solos da região. O requerimento de grandes quantidades de fósforos na correção da fertilidade desses solos e o elevado custo dos fertilizantes justificam estudos para otimizar a eficiência no uso de adubos fosfatados (RESENDE et al., 2004).

Segundo Novais e Smyth, (1999) os solos das regiões tropicais do Brasil são altamente intemperizados e caracterizados pela baixa disponibilidade de nutrientes às lavouras, com destaque para a limitação de P. Esses solos apresentam teores totais de 0,2 e 5,0 g kg⁻¹ e apenas uma pequena fração dessas reservas encontram-se disponíveis (FERNANDES, 2006). Com isso na agricultura tropical é realizado pesadas adubações fosfatadas com o intuito de contornar a alta fixação química deste nutriente por componentes do solo (RAIJ, 1991).

O fósforo é um macronutriente essencial e tem como função nas plantas de estimular o desenvolvimento radicular, incrementar a resistência mecânica dos caules, influenciar positivamente a floração, fecundação, formação e maturação do grão e melhorar a digestibilidade do milho forragem (BARROS; CALADO, 2014).

O fósforo é o nutriente menos prontamente disponível no solo, em condições ácidas os íons de P tendem a se ligar aos constituintes do solo Al, Fe e Ca ficando assim indisponíveis para as plantas, sua ocorrência em formas orgânicas e sua pouca mobilidade no solo diminui ainda mais a sua disponibilidade (FERNANDES, 2006). Solos que apresentam pH básicos os íons de P se ligam ao cálcio se tornando pouco solúveis e por isso, dificilmente absorvidos pelas plantas (BARROS; CALADO, 2014).

Naturalmente o fósforo é encontrado na forma de fosfatos de rocha presentes nas jazidas que ocorrem por todo o mundo. Essas jazidas podem ser sedimentares sendo derivadas da vida animal ou ígneas, decorrentes da atividade vulcânica. As maiores

reservas mundiais estão nos países: Marrocos (60%), China (15%), Estados Unidos (4%), África do Sul (4%) e Jordânia (2%), sendo os três maiores produtores mundiais: Estados Unidos, a Rússia e o Marrocos. O Brasil ocupa a posição de sétimo produtor mundial de fosfato e têm as maiores jazidas nos Estados de Minas Gerais (73,8%), Goiás (8,3%) e São Paulo (7,3%), junto às regiões próximas das cidades de Catalão (GO), Tapira (MG), Araxá (MG) e Jacupiranga (SP) (DIAS; FERNANDES, 2006).

A cadeia de produção dos fertilizantes fosfatados inicia-se com a extração do minério das rochas fosfatadas e em seguida o minério obtido é submetido a operações de beneficiamento que inclui a fragmentação, classificação, separação magnética, deslamagem e concentração por flotação. O produto gerado nesta etapa é o concentrado, e para o aumento da solubilidade do fósforo contido no concentrado, promove-se o ataque por diferentes ácidos para a obtenção dos superfosfatos. O superfosfato simples (SSP) resulta do ataque por ácido sulfúrico e o superfosfato triplo (TSP) resulta do ataque por ácido fosfórico, este obtido por diferentes proporções de concentrado fosfático e ácido sulfúrico; já a reação de amônia com ácido fosfórico produz o fosfato de monoamônio (MAP) e fosfato de diamônio (DAP) (OLIVEIRA; FERNANDES; CASTILHOS, 2010).

Geralmente os fertilizantes fosfatados aplicados no solo são formas relativamente solúveis e a adição desses em faixas concentradas é mais vantajoso do que misturá-las completamente no solo, pois a quantidade que pode ser fixada é diretamente proporcional à quantidade de solo em contato com os fertilizantes. Em solos como do Cerrado que possui elevada capacidade em adsorver ou fixar o fósforo em formas indisponíveis, a alta solubilidade do fósforo faz com que ele seja dissolvido e precipitado em formas menos solúveis (TROEH; THMOMPSO, 2007).

O fósforo na planta tem sua maior concentração nos órgãos reprodutivos, e uma semente deve conter fósforo suficiente para possibilitar o desenvolvimento das raízes da planta até que essa consiga suprir a demanda de nutrientes provindos do solo. A deficiência do solo pode atrasar a maturidade fisiológica e secar a semente, causando um crescimento reduzido da raiz e conseqüentemente reduzindo a parte aérea das plantas. As deficiências de fósforo das plantas podem ser identificadas como: maturidade atrasada, coloração verde escura e análises foliares (TROEH; THMOMPSO, 2007).

3 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra de 2015/2016 no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, localizado na Fazenda Sobradinho, no município de Uberlândia, MG, situado à 18° 45' 55" de latitude sul, 48° 17' 16" de longitude oeste e altitude média de 650 m, informações coletadas por Global Positioning System (G.P.S.).

O solo da área em questão é LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (EMBRAPA, 2013), do qual se observa na Tabela 1 algumas características químicas e na Tabela 2 os resultados da análise textural.

pH H ₂ O (1:2,5)	P	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	T	V m	MO
	----mg dm ⁻³ ----		-----cmol dm ⁻³ -----						---%---	dag kg ⁻¹
5,6	32,5	182	0,0	1,9	0,6	3,80	2,97	6,77	44 2	ns

Tabela 1. Caracterização química de um Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) amostrado na profundidade de 0 a 0,2 m. Uberlândia, MG, 2015.

ns: não solicitado; P e K disponíveis: Extraídos com HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹; acidez trocável Al³⁺; Ca²⁺; Mg²⁺: Método KCl 1 mol L⁻¹; acidez potencial (H + Al): Solução Tampão SMP a pH 7,5; SB (soma de bases): SB = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺; T (capacidade de troca catiônica a pH 7,0): T = SB + (H + Al); V (saturação por bases): V% = (100 x SB/ T); pH em água (1:2,5).

Areia	Silte	Argila
----- g kg ⁻¹ -----		
33	200	767

Tabela 2. Composição granulométrica de um Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) amostrado na profundidade de 0 a 0,2 m. Uberlândia, MG, 2015.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso (DBC) com 5 tratamentos que consistiram em doses de P₂O₅ (30; 50; 70; 90 e 110 kg ha⁻¹) em 4 blocos, totalizando 20 parcelas experimentais. As parcelas experimentais consistiram em 4 linhas de semeadura espaçadas em 90 cm, com 6 metros de comprimento, totalizando área de 21,6 m², porém no ato da avaliação foram desprezadas as 2 linhas externas e 0,5 metros em cada linha restante, totalizando a área útil da parcela 9 m².

O híbrido de milho semeado foi o LG 6304 PRO fornecido pelo Instituto e semeado com população de aproximadamente 51 000 plantas por hectare.

As doses de P₂O₅ utilizadas como tratamento baseou-se na recomendação que seria padrão de acordo com a CFSEMG (1999), onde de acordo com a Tabela 1, a disponibilidade de P₂O₅ no solo é muito boa e para suprir as necessidades da cultura com produtividades superiores à 8 t ha⁻¹ deve se aplicar 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e na definição das doses avaliadas no experimento considerou-se duas doses abaixo e duas doses acima da recomendada, sendo assim os tratamentos compostos pelas doses foram 30; 50; 70; 90 e 110 kg de P₂O₅ por hectare. Todo o P₂O₅ foi fornecido no ato da semeadura.

Como neste experimento foram avaliadas doses de P₂O₅, a dose e o modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados e potássicos foram padrão, e tiveram como referência a recomendação da CFSEMG (1999). De acordo com a fertilidade atual do solo em questão, recomenda-se 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio e potássio no ato da

semeadura e 120 e 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio e potássio respectivamente em cobertura, divididos em duas adubações, sendo estas aplicadas no estágio vegetativo V3 (terceira folha desenvolvida) e entre V6 e V7 (seis ou sete folhas desenvolvidas).

A fonte utilizada nas adubações de nitrogênio foi uréia (45% N), a fonte de potássio foi o cloreto de potássio (60% K₂O) e a fonte fosfatada foi superfosfato simples (18% P₂O₅). As fontes foram ajustadas as doses com as respectivas concentrações dos fertilizantes.

Antes da instalação do experimento foi realizada a limpeza da área mediante dessecação, e o sistema de produção foi de plantio direto.

A semeadura foi realizada em janeiro de 2016, de forma mecanizada e para tanto foi adotado o espaçamento de 0,9 m entre linhas, com densidade de aproximadamente 5 sementes por metro linear.

As características avaliadas foram: altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro de colmo, massa de mil grãos, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e produtividade. Destas, as características agrônômicas foram avaliadas no estágio reprodutivo R1.

A produtividade da área útil da parcela, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira e massa de mil grãos foram avaliadas após a colheita (umidade do grão corrigida para 13%).

A altura de plantas foi obtida pela mensuração da distância entre o solo e a inserção da folha bandeira e a altura de inserção da primeira espiga pela mensuração da distância entre o solo e a inserção da primeira espiga (BUZINARO, 2014). Nestas avaliações foram consideradas 10 plantas por parcela.

O diâmetro foi medido no segundo internódio do colmo (MALAVOLTA et al. 1997) com auxílio de um paquímetro.

A massa de mil grãos foi pela contagem manual de 400 grãos, pesagem e correção da umidade para 13%. Por regra de três simples, extrapolou este peso para mil grãos.

O número de fileiras de grãos por espiga foi obtido pela contagem das fileiras de espigas de 5 plantas por parcela, e obtenção da média do número de fileiras por espiga, bem como do número de grãos por fileira (VALDERRAMA, 2011).

A produtividade da área útil (9 m²) foi obtida através da massa de mil grãos com o valor já corrigido da umidade a 13% e extrapolado para um hectare.

Durante a condução do experimento foi realizado monitoramento constante e controle efetivo das plantas infestantes mediante controle químico, bem como o controle de pragas e doenças, sempre com a utilização de produtos registrados e recomendados para a cultura do milho, e com a devida precaução da utilização de equipamento para proteção individual.

Os dados obtidos foram tabulados realizando análise de variância ao nível de 0,05 de significância, e as médias obtidas foram submetidas à análise de regressão, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2008). Foi utilizado o nível de significância

de 0,05 em todos os testes estatísticos.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância apresentada parcialmente na tabela 3 evidencia que as características avaliadas não foram afetadas pela aplicação de doses crescentes de P_2O_5 .

Características agronômicas	Fc*	Pr>Fc**	CV(%)***
Altura de planta	1,734	0,2072 ^{ns}	3,38
Altura de inserção de espiga	3,476	0,0617 ^{ns}	4,72
Diâmetro de colmo	0,921	0,4834 ^{ns}	7,78
Número de fileiras	1,274	0,3335 ^{ns}	5,44
Número de grãos/fileira	0,272	0,8904 ^{ns}	4,58

Tabela 3: Interpretação da ANAVA (análise de variância), à 0,05 de significância.

Os valores médios obtidos da avaliação das características agronômicas da cultura do milho são apresentados na Tabela 4.

Dose de P_2O_5 --- kg ha ⁻¹ ---	AP	AIE ----- m ----- ----	DC --- cm ---
30	1,71	0,87	2,20
50	1,66	0,81	2,37
70	1,69	0,79	2,23
90	1,76	0,87	2,40
110	1,71	0,84	2,34

Tabela 4: Valor médio dos componentes das características agronômicas altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC) do milho híbrido LG 6304 PRO em função de doses da adubação fosfatada no ano agrícola de 2015/16 em Uberlândia-MG.

Altura de planta, altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo não apresentaram diferenças significativas para as doses de P_2O_5 testadas. Valderrama et. al (2011) testando fontes (superfosfato triplo e superfosfato triplo revestido) e doses de NPK (0 kg ha⁻¹, 50 kg ha⁻¹, 100 kg ha⁻¹ e 150 kg ha⁻¹ de P_2O_5) em milho irrigado sob plantio direto não observou efeito para doses de fósforo para as mesmas características de altura de plantas, diâmetro do colmo, altura de inserção de espiga e plantas por hectare, em um solo Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso que apresentou 31 mg dm⁻³ de P no solo.

MALVESTITI (2014), avaliando o desempenho de milho convencional e transgênico em diferentes doses de P_2O_5 (0, 40, 80, 120, 160 kg ha⁻¹) não encontrou diferenças significativas para altura de planta. Segundo MALAVOLTA, VITTI, OLIVEIRA (1997), o P tem como característica influenciar a formação de raízes, aumentar a

frutificação e acelerar a maturação dos frutos, e não atua diretamente no incremento de altura de planta.

Em um estudo realizado por Costa et al. (2015), ao comparar milho convencional e transgênico em diferentes doses de fósforo para consumo in natura não apresentou diferença estatística para altura de inserção de espiga quando comparado os diferentes níveis de P. Porém, no mesmo trabalho quando comparado os dois híbridos obteve-se diferença significativa para a mesma característica, indicando que essa característica pode ser dependente da genética do material utilizado.

As características de fileiras por espiga e grãos por fileira não foram influenciadas pelas doses de P (tabela 5), indicando que estes componentes de produção do milho são dependentes do potencial genético do híbrido LG 6304 PRO.

Dose de P ₂ O ₅ --- kg ha ⁻¹ ---	NFE ----- unidade -----	NGF
30	15,5	32,85
50	14,5	33,15
70	14,9	32,25
90	15,4	32,65
110	15,6	32,25

Tabela 5: Valor médio das características número de fileiras de grãos por espiga (NFE) e número de grãos por fileira (NGF) do milho híbrido LG 6304 PRO em função de doses da adubação fosfatada no ano agrícola de 2015/16 em Uberlândia-MG.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5 obtiveram-se, em média 32 grãos por fileira (NGF) e 14 e 16 fileiras por espiga (tabela 5), não se observando efeito das diferentes doses de P₂O₅. Em um trabalho realizado por Ferreira et al (2012), o qual avaliou os aspectos químicos e físicos dos grãos de milho doce sob estresse hídrico, também não foi observado efeito das lâminas de irrigação aplicadas em função da evapotranspiração da cultura, obtendo em média 33 grãos por fileira e 14 e 16 fileiras por espiga. Em outro trabalho realizado por Lana, Rampim e Vargas (2014) avaliando diferentes fontes (Umostart e Fosfato Monoamônico) e doses crescente de P (0, 30, 60, 90, 120, kg ha⁻¹ de P₂O₅) em sistema de plantio direto, não encontraram diferenças estatísticas nas variáveis avaliadas de comprimento médio de espiga, número de fileiras de grãos por espiga e massa de 1.000 grãos.

De acordo com Magalhães e Souza (EMBRAPA MILHO E SORGO,2011) o número de grãos é variável dentro e entre materiais genéticos, e o potencial de capacidade de desenvolvimento em uma espiga é influenciado por fatores ambientais que determinará número de grãos polinizados e desenvolvidos, quantidade de fotoassimilados disponíveis e translocados.

A análise de variância apresentada parcialmente na tabela 6 evidencia que as características produtividade, massa de 1000 grãos e sacas por hectare não foram influenciadas pela aplicação de doses crescentes de fósforo.

Características	Fc*	Pr>Fc**	CV (%)***
Massa de 1000 grãos	0,3390	0,8467 ^{ns}	14,96
Produtividade	0,9060	0,4907 ^{ns}	15,00
Sacas/há	0,9060	0,4909 ^{ns}	15,00

Tabela 6: Interpretação da ANAVA (análise de variância), à 0,05 de significância.

* Fc: F calculado, ** Pr > Fc: probabilidade de Fc (F calculado > F tabelado), ***CV: coeficiente de variação e ns = não significativo.

Os valores médios obtidos da avaliação das características peso de mil grãos, produtividade e sacas por hectare da cultura do milho são apresentados na tabela 7.

Dose de P ₂ O ₅	M1000	Produtividade	Sacas/ha ⁻¹
--- kg ha ⁻¹ ---	--- kg ---	--- kg ha ⁻¹ ---	--- unidade ---
30	155,57	4.017,73	66,96
50	146,00	3.459,49	57,66
70	143,91	4.166,04	69,43
90	143,60	4.055,49	67,59
110	138,25	4.077,08	67,95

Tabela 7: Valor médio das avaliações dos componentes de produção: massa de mil grãos (M1000) e produtividade do milho híbrido LG 6304 PRO em função de doses da adubação fosfatada no ano agrícola de 2015/16 em Uberlândia-MG.

A produtividade de grãos de milho não foi influenciada pelas doses de P₂O₅, tendo médias entre 57 e 69 sacas por hectare. Os resultados obtidos estão de acordo com os obtidos por Gazola *et al.* (2015), em cujo estudo a variação das doses de P₂O₅ não proporcionou diferenças significativas para a produtividade e foi explicado pelas adubações realizadas em cultivos anteriores em sistema de plantio direto, o qual proporciona aumento no teor de MO e maior atividade da microbiota no solo, além de o pH do solo estar corrigido, reduzindo a fixação de P e aumentando seu efeito residual.

Os resultados observados acima que não diferiram estatisticamente, se deram provavelmente em função do teor médio de P (32,5 mg dm⁻³) no solo (tabela 1) e pelas constantes adubações fosfatadas realizadas em sistema de plantio direto que acumulam P, disponibilizando estes para a solução do solo à medida em que a planta o absorve. Segundo Dos Santos, Gatiboni e Kaminski (2008) devido à baixa mobilidade do fósforo no solo e a adição de fertilizantes fosfatados em sistema de plantio direto, há o acúmulo deste elemento em formas inorgânicas e orgânicas com diferentes graus de energia de ligação.

Segundo dados da CONAB (2016), sobre o monitoramento agrícola em Minas Gerais, houve uma forte estiagem que comprometeu as fases de desenvolvimento vegetativo, formação de espigas e enchimento de grãos na segunda safra, o qual causou sérias perdas nas lavouras; dessa forma os resultados apresentaram valores de produtividade, abaixo do esperado.

5 | CONCLUSÕES

A aplicação de doses crescentes de fósforo para o híbrido LG 6304 PRO no período avaliado não influenciou as características agrônômicas da cultura e nem parâmetro relacionados à produtividade.

REFERÊNCIAS

BARROS, José FC; CALADO, José G. **A Cultura do Milho**. 2014.

BUZINARO, R. **Interação de genótipos de milho vs locais, anos e épocas de semeadura**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2014.

PAVINATO, Paulo Sérgio; CERETTA, Carlos Alberto; GIROTTO, Eduardo; MOREIRA, Isabel Cristina Lopes. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, 2008.

COELHO, Antonio Marcos; FRANÇA, G. D.; ALVES, G. V. E.; HERMANI, L. C. **Nutrição e adubação do milho**. 2006.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – **5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999. 359p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acampamento da safra brasileira de grãos**, v. 12 - Safra 2015/16, n. 12 – Décimo Segundo Levantamento, set. 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_09_15_18_32_boletim_12_setembro.pdf>. Acesso em: 03/10/2016.

COSTA, Felipe Rodrigues et al. Desempenho de híbridos de milho para consumo in natura em diferentes doses de nitrogênio. **Científica**, v. 43, n. 2, p. 109-116, 2015.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2 ed. Viçosa: UFV, 1997.

CRUZ, José Carlos; FILHO, Israel Alexandre Pereira. Sistema de Produção, 2 Versão Eletrônica. **Embrapa Milho e Sorgo** – 5ª edição, 2009. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/cultivares.htm> Acesso em: 15/04/2015.

DE SOUZA, Juliana Aparecida; BUZETTI, S., TARSITANO, M. A. A.; VALDERRAMA, M. Lucratividade do milho em razão das fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p. 321-329, 2012.

DIAS, Victor Pina; FERNANDES, Eduardo. Fertilizantes: uma visão global sintética. **BNDES Setorial**, n. 24, p. 97-138, 2006.

DOS REIS JUNIOR, Fábio Bueno; DE TOLEDO, Cynthia Torres. Inoculação de Azospirillum amazonense em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 32, n. 3, p. 1139-1146, 2008.

DOS SANTOS, Danilo Rheinheimer; GATIBONI, Luciano Colpo; KAMINSKI, João. Fatores que

afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008.

EMBRAPA MILHO E SORGO. Paulo César Magalhães; Thiago Corrêa de Souza. **Cultivo do Milho: Ecofisiologia**. 2011. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/ecofisiologia.htm>. Acesso em: 02 ago. 2016.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. rev. amp. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.

FERNANDES, Manlio Silvestre. **Nutrição mineral de plantas** – Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

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

FERREIRA, Marta GP et al. Aspectos químicos e físicos dos grãos de milho doce sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 1, n. 1, p. 01-06, 2012.

GAZOLA, Rodolfo De Niro et al. Efeito residual da aplicação de fosfato monoamônio revestido por diferentes polímeros na cultura de milho. **Ceres**, v. 60, n. 6, 2015.

LANA, Maria Do Carmo; RAMPIM, Leandro; VARGAS, Gentil. Adubação fosfatada no milho com fertilizante organomineral em latossolo vermelho Eutroférico-10.14688/1984-3801/gst. v. 7, n. 1, p. 26-36. **GLOBAL SCIENCE AND TECHNOLOGY**, v. 7, n. 1, 2014.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potassa e do Fosfato, 1997.

MALVESTITI, Glaucia Sossai. **Resposta técnica e econômica para adubação com N, P e K em milho convencional e geneticamente modificado**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2014.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

OLIVEIRA, Editores José Farias de; FERNANDES, Francisco Rego Chaves; CASTILHOS, Zuleica. **Agrominerais para o Brasil**. 2010.

PATERNIANI, E.; NASS, L. L.; SANTOS, M. X. O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil: uma abordagem histórica da utilização do germoplasma. In: UDRY, C.W.; DUARTE, W. (Org.). **Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos**. Brasília: Paralelo 15, 2000.

RAIJ, B.VAN. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Ceres, Potafos, 1991. 343p.

RESENDE, Alvaro Vilela; NETO, A. E. F., Alves, V. M. C.; Muniz, J. A.; Curi, N.; Faquin, V.; Carneiro, L. F. **Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras.

RODRIGUES, Mateus A. de C. BUZETTI, S., Filho, M. C. T., Garcia, C. M., & Andreotti, M. Adubação com KCl revestido na cultura do milho no Cerrado. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 127-133, 2014.

SÃO PAULO. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. **Origem, biogeografia e evolução de plantas de valor econômico: centros de origem.** 2015. Disponível em: <http://felix.ib.usp.br/bib141/origem_biogeografia.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2015.

SOUZA, Francisco Carlos Almeida; DE SOUZA, J. A. M.; OLIVEIRA, P.C.R.; CORDEIRO, R. A. M. Arranjos de produtividades de híbridos de milho através de adubações fosfatadas e nitrogenadas. **Revista Agroecossistemas**, v. 5, n. 1, p. 7-12, 2013.

TOMAZELA, André Luís Favarin; J. L., FANCELLI, A. L., MARTIN, T. N., DOURADO NETO, D. U. R. V. A. L., & REIS, A. R. D. Doses de nitrogênio e fontes de Cu e Mn suplementar sobre a severidade da ferrugem e atributos morfológicos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 02, 2010.

TROEH, FREDERICK R.; THOMPSON, LOUIS M. **Solos e fertilidade do solo.** 6. ed. São Paulo: Andrei, 2007.

USDA. United States Department Of Agriculture. Fiesp (Ed.). **Safra Mundial de Milho 2016/17: 5º Levantamento do USDA.** 2016. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/attachment/boletim_milho_setembro2016/>. Acesso em: 03 out. 2016

VALDERRAMA, Márcio et al. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, p. 254-263, 2011.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2297-2305, 2008.

ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO

Gabriel Ferreira Barcelos

Graduando em Engenharia Agrônoma no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberlândia. Uberlândia – MG

Mylena Ferreira Alves

Graduanda em Engenharia Agrônoma no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberlândia. Uberlândia – MG

Maikon Douglas Ribeiro Almeida

Graduando em Engenharia Agrônoma no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberlândia. Uberlândia – MG

Suane Rodrigues Martins

Engenheira Agrônoma pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberlândia. Uberlândia – MG

Dayane Machado Costa Alves

Engenheira Agrônoma pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberlândia. Uberlândia – MG

Heliomar Baleeiro de Melo Júnior

Doutor, Professor Docente no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, *Campus* Uberlândia. Uberlândia – MG

RESUMO: O milho (*Zea mays*) é de grande importância econômica devido as diferentes formas de sua utilização, que vai desde a

alimentação humana e animal até a indústria. O nitrogênio é de grande importância e é requerido em grandes quantidades pela cultura. A intensificação da agricultura, com lançamentos de novos genótipos faz com que aumente a exigência nutricional desses cultivares de alta produtividade. Com isso, o manejo da adubação nitrogenada se torna mais complexo, precisando de aprimoramentos para aumentar a sua eficiência de uso. O objetivo do trabalho foi avaliar diferentes doses de nitrogênio na produção de um híbrido altamente produtivo recomendado para a região de estudo. O experimento foi conduzido no município de Uberlândia, MG em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições, os tratamentos consistiram em 5 doses de N (60; 100; 140; 180 e 220 kg ha⁻¹). As doses de N foram baseadas na recomendação que seria padrão de acordo com a Comissão de Fertilidade de Solos no Estado de Minas Gerais - CFSEMG (1999), e na definição das doses a serem avaliadas no experimento foram consideradas duas doses abaixo e duas doses acima da recomendada. A parcela experimental foi composta por 4 linhas de 6 metros de comprimento espaçadas de 0,9 metros. As avaliações foram: características agrônomicas (altura de planta, inserção de espiga e diâmetro de colmo), número de fileiras de espiga, número de grãos por fileira e produtividade final. Para a realização das

avaliações, foram desprezadas as linhas das extremidades e 0,5 metros das linhas centrais. Os dados foram submetidos à análise de variância com nível de significância de 0,05. Concluiu-se que a aplicação de doses crescentes de nitrogênio para o híbrido LG 6304 PRO no período avaliado não influenciou as características agronômicas da cultura e nem parâmetros relacionados à produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: Doses de nitrogênio. Exigência nutricional. Produtividade. *Zea mays*.

ABSTRACT: Corn (*Zea mays*) is of great economic importance because of the different forms of use, ranging from food and feed to the industry. Nitrogen is of great importance and is required in large quantities by culture. The intensification of agriculture, with the launch of new genotypes causes increase the nutritional requirements of these high-yielding cultivars. Thus, the management of nitrogen fertilization becomes more complex, requiring enhancements to increase their use efficiency. The objective of this study was to evaluate different doses of nitrogen in the production of a highly productive hybrid recommended for the study area. The experiment was conducted in the city of Uberlândia, MG randomized block design (RBD) with four replications, the treatments consisted of five N rates (60, 100, 140, 180 and 220 kg ha⁻¹). The N rates were based on the recommendation that it would be standard according to the Soil Fertility Commission in the State of Minas Gerais - CFSEMG (1999), and the definition of doses to be evaluated in the experiment were considered two doses below and above two doses the recommended. The experimental plot consisted of 4 rows of 6 meters spaced length of 0.9 meters. The evaluations were: agronomic characteristics (plant height, insertion of ear and stem diameter), number of spike rows, number of kernels per row and final yield. For carrying out the evaluations, they were discarded lines end and 0.5 meters from the center lines. The data were submitted to variance analysis with a 0.05 significance level. It was concluded that the application of increasing doses of nitrogen to the hybrid LG 6304 PRO in the study period did not affect the agronomic characteristics of the culture nor parameters related to yield.

KEYWORDS: Nitrogen doses. Nutritional requirement. Yield. *Zea mays*.

1 | INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) teve sua origem nas Américas, mais especificamente há indícios que seja na região do México. Provavelmente, é a cultura comercial mais importante, devido seu elevado potencial produtivo, composição química e seu valor nutritivo. É uma das culturas mais antigas do mundo, cultivada há pelo menos cinco mil anos, constatada através de escavações arqueológicas e geológicas. Após seu descobrimento na América, o milho foi levado para a Europa e cultivado, e seu valor nutricional tornou-se conhecido. Dessa forma, ele foi plantado em escala comercial e espalhou-se (DUARTE et al., 2007).

No Brasil, há uma diversidade nas condições de cultivo do milho. Existe uma

grande parcela de pequenos produtores, com agricultura de subsistência e seu eventual excedente comercializado, sem utilização de insumos modernos. Existe também, uma pequena parcela de grandes produtores, que empregam mais capital, mais tecnologia de produção, alcançando altos índices de produtividades, podendo até comparar com países de agricultura mais avançada (DUARTE et al., 2007).

De acordo com a CONAB (2015), a área plantada de milho no Brasil na safra de 2014/2015 foi de 15.165,9 mil hectares, com uma produtividade de 5.208 kg ha⁻¹ e uma produção de 78.985,2 mil toneladas. Em Minas Gerais, a área plantada nessa mesma safra foi de 1.242,6 mil hectares, com uma produtividade de 5.428 kg ha⁻¹ e uma produção 6.745,4 mil toneladas.

A importância econômica do milho pode ser caracterizada pelas diferentes formas de sua utilização, que vai da alimentação humana e animal até a utilização na indústria. Cerca de 49,484 mil toneladas é demandado para consumo animal; 6,274 mil toneladas destinado para consumo industrial; e 1,863 mil toneladas destinadas para consumo humano (ABIMILHO, 2015).

A safra nacional de cereais, oleaginosas e leguminosas totalizou 204,3 milhões de toneladas, referente à quinta estimativa de 2015. Esse valor representa 5,9% a mais que na safra de 2014. Houve também um acréscimo de área colhida de 2% comparado com o ano de 2014. Os principais produtos desse grupo são o arroz, o milho e a soja, que juntos representam cerca de 91,9% da estimativa de produção. Em 2015 houve um acréscimo de 0,8% na área de milho e 0,4% na produção, comparado ao ano anterior (IBGE, 2015).

De acordo com o último relatório de oferta e demanda publicado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a situação de disponibilidade de milho, no cenário mundial, é bastante confortável. Isto, porque a produção mundial do cereal, para a safra 2014/15, deve ficar em 989,7 milhões de toneladas e o consumo em torno de 972,5 milhões (CONAB, 2015).

Na atmosfera, o elemento mais abundante é o nitrogênio, porém, ele se encontra na forma indisponível para as plantas. Por isso, torna necessária sua adição ao solo através do uso de fertilizantes para não limitar a produção do milho. As recomendações atuais para a adubação nitrogenada em cobertura são realizadas com base em curvas de respostas, histórico da área e produtividade esperada (VORPAGEL, 2012).

A agricultura se intensifica com o lançamento de novos genótipos de milho, fazendo com que o consumo de nutrientes aumente devido a maior exigência dessas cultivares de alta produtividade. Com isso, o manejo da adubação nitrogenada se torna mais complexo, precisando de aprimoramentos para aumentar sua eficiência de uso (CANTARELLA; MONTEZANO, 2010).

A viabilidade econômica é outro aspecto importante nos sistemas produtivos modernos. Os custos diretos ou indiretos relacionados ao cultivo de grãos são: gastos com sementes, corretivos, defensivos, combustíveis, mão-de-obra e fertilizantes. A adubação é o de maior peso, representando cerca de 25% do custo total de produção

de milho de alta tecnologia na região do sudeste do Brasil (IMEA, 2015). Assim, são requeridos estudos mais particularizados, visando identificar níveis de adubação e práticas econômicas de manejo que conciliem alta produtividade de grãos e uso eficientes de fertilizantes.

A desatualização das tabelas de adubação em Minas Gerais, encontradas no livro “Comissão de Fertilizantes do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG) - 5ª Aproximação” está fazendo com que as recomendações de fertilizantes sejam em doses fixas, limitando a produtividade esperada de milho de apenas até 8 toneladas ha⁻¹ (ALVES et al., 1999). O livro citado foi lançado no ano de 1.999 baseados em trabalhos publicados a partir do ano de 1971. Nesse contexto, é preciso aprimorar as recomendações regionalmente, devido o avanço do melhoramento genético.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho, foi avaliar o desempenho de um híbrido de alta produtividade submetido a diferentes doses de nitrogênio.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Em Minas Gerais, cerca de 53% da sua área total é representada pelo Cerrado, isso representa cerca de 308.000 km² desse bioma (IBGE, 2006). A região do Triângulo Mineiro é caracterizada pela predominância de solos de cerrado e topografia favorável, tornando-se viável a exploração agrícola (BIULCHI, 2012).

Os solos do cerrado brasileiro possuem baixos teores de N, devido às condições climáticas (principalmente temperatura e umidade), que são responsáveis por acelerar os processos de decomposição da matéria orgânica e das perdas de N, sendo assim é o nutriente que mais limita a agricultura nessa região (VARGAS et al., 2004).

O milho (*Zea mays*) é uma espécie da família das gramíneas, originária mais especificamente no México. É uma das culturas de maior importância econômica e mais estudada, devido ao valor nutricional de seus grãos, dada sua grande importância nas alimentações humana e animal e de sua matéria-prima para a indústria (SOUZA et al, 2015).

Na classificação botânica, o milho pertence à ordem das gramíneas, a família Poaceae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. A semente é do tipo cariopse, sendo essa, constituída de pericarpo, endosperma e embrião. O pericarpo é a parte mais externa da semente. O endosperma é constituído por amido e carboidratos, e está envolvida pelo pericarpo. O embrião está do lado do endosperma e é formado por um cotilédone e composto por gêmula e radícula (BARROS; CALADO, 2014).

A temperatura ótima de germinação é de aproximadamente 15°C, nessa condição, e associada à umidade favorável, a germinação pode ocorrer em 5 ou 6 dias. Na época de crescimento vegetativo e floração a temperatura ótima varia de 24 a 30°C. O alongamento do ciclo da cultura é provocado por baixas temperaturas e a redução do ciclo é provocada por elevadas temperaturas (FANCELLI, 2001).

A raiz principal é fasciculada e apresentam também raízes adventícias, estas emergem dos primeiros nós do colmo e ramificam intensamente quando atingem o solo. É muito importante, pois auxilia na sustentação da planta (BARROS; CALADO, 2014).

O caule é um colmo ereto, não ramificado apresentando nós e entrenós. É um órgão de reserva (armazena sacarose) além de suportar as folhas e partes florais. De acordo com Merotto Júnior (1997), com o aumento da população de plantas por hectare ocorre também o aumento da altura de plantas sem provocar acamamento.

As folhas são inseridas nos nós, são compridas e estreitas, de forma lanceolada. São constituídas de bainha invaginante, pilosa (verde claro) e limbo (verde escuro). Apresenta bordos serrilhados e nervura central vigorosa. É uma planta monoica, os órgãos masculinos são uma panícula, estão na parte superior da planta e aparecem antes dos femininos, caracterizando assim como uma espécie protândrica. Os órgãos femininos são em espigas axilares (BARROS; CALADO, 2014).

A floração é influenciada pela temperatura, geralmente ocorre entre 50 e 100 dias após o plantio. A polinização pode ser cruzada ou autofecundada. Quando a planta passa por algum estresse (biótico ou abiótico) após o florescimento pode afetar a massa dos grãos na cultura (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

A semente do milho pode ser classificada em híbridos ou variedades, sendo que os híbridos podem ser classificados ainda como simples, duplos ou triplos. Híbrido simples é aquele resultando do cruzamento de duas linhagens puras e usado para sistemas de alta tecnologia, devido à isso, são mais caros e possuem alto potencial produtivo. O híbrido duplo é obtido através do cruzamento de dois híbridos simples, indicados para nível médio tecnológico. Híbrido triplo, é o cruzamento entre um híbrido simples e uma linha pura, e é indicado à alta e media tecnologia. Com a utilização de híbridos, é preciso da aquisição de sementes todos os anos, pois apenas tem alto vigor e produtividade na primeira geração (F1). A utilização desses híbridos nas gerações seguintes pode resultar uma queda na produção de 15 a 40%, grande variações de plantas e perda do vigor (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2009).

Variedade de milho é um material com características genéticas estáveis e com as plantas com características em comuns. A variedade de milho não perde seu potencial produtivo ao ser reutilizado por várias safras. Essas sementes são de menor custo, sendo utilizada em grande quantidade em regiões com baixa condições econômicas-sociais. Além disso, são preferidas por permitir o produtor a produzir sua própria semente a um preço menor (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2009).

A semeadura do milho pode ser realizada em duas épocas diferentes no Brasil. A semeadura de primeira safra, também chamada de safra de verão, é realizada na época de período chuvoso. A safrinha refere-se ao milho de sequeiro, plantado após a colheita da safra. A época varia de cada região do país (VORPAGEL, 2012).

Minas Gerais é o segundo produtor nacional de milho. Nessa região, condições climáticas, principalmente a partir de fevereiro de 2015, possibilitou um incremento na

produtividade de 5,8% em relação à safra passada. Sua produção deverá atingir 5.526 mil toneladas, representando uma queda de 3,8% em relação a 2014, diferença que vem sendo reduzida na medida em que a colheita se encerra (CONAB, 2015).

Na safra total do milho no ano 13/14, a área plantada em Minas Gerais, foi de 1.326,0 mil hectares, garantindo uma produtividade de 5.236 kg ha⁻¹. No ano 14/15, a área plantada foi de 1.272 mil hectares com uma produtividade de 5.415 kg ha⁻¹ (CONAB, 2015).

Em relação ao Brasil, a área total plantada no ano de 2013/14 foi de 15.829,2 mil hectares e a produtividade de 5.057 kg ha⁻¹. No ano de 2014/15 a área plantada foi de 15.481,8 mil hectares e a produtividade de 5.181 kg ha⁻¹ (CONAB, 2015). De acordo com os dados mostrados, percebe-se que apesar da área de plantio estar diminuindo, a produtividade aumentou.

Em relação às grandes regiões a produção em 2015 de cereais, leguminosas e oleaginosas ficou da seguinte forma: Norte, 6 milhões de toneladas; Nordeste, 18,5 milhões de toneladas; Sudeste, 18,7 milhões de toneladas; Sul, 77,1 milhões de toneladas e Centro-Oeste 84 milhões de toneladas. Comparado esses valores à safra passada, todas as regiões houve incrementos na produção (IBGE, 2015).

Em 2014, a estimativa de área plantada referente ao milho total foi reduzida em 0,6 % devido os preços baixos no mercado nacional e internacional. O rendimento médio também reduziu em 0,4% devido à problemas climáticos (principalmente na região Centro-Sul). Minas Gerais participou de 18% da produção nacional (IBGE, 2015).

O milho é uma espécie bastante exigente em nutrientes e fertilidade do solo, por isso, necessita de cuidados no manejo químico e físico do solo. Para fazer o uso racional e eficiente dos fertilizantes é preciso conhecer a finalidade de produção (milho verde, grãos ou silagem), a produtividade esperada e a necessidade total de nutrientes absorvidos pela planta (extração), a necessidade de nutrientes ao longo do ciclo (marcha de absorção), as etapas críticas de desenvolvimento (fenologia), a exportação de nutrientes, as fontes de nutrientes empregadas, o sistema de produção adotado, a densidade de plantas, dentre outras (FANCELLI, 2010).

Com o aumento da produtividade na cultura do milho pela utilização de híbridos de alto potencial de produção, há uma tendência de aumento das doses de N na semeadura (CANTARELLA; DUARTE, 2004).

O desconhecimento por parte dos produtores e responsáveis técnicos das quantidades de nutrientes extraídos e transportados pode ocorrer à superestimação da adubação, além de um sistema de cultivo inadequado (CUSTODIO et al., 2003).

A cultura do milho extrai do solo, para cada tonelada de grão produzido, em média, cerca de 16,4 kg de N; 2,3 kg de P; 15,9 kg de K para até o máximo produtivo de 8 toneladas de grãos por hectare. Para produtividades superiores que a citada, o milho extrai cerca de 17,8 kg de N, 2,5 kg de P e 17,3 de K (SETIYONO et. al., 2010).

O amônio (NH₄) e o nitrato (NO₃) são as principais formas de nitrogênio disponíveis

para as plantas, e representa apenas 2% do total do solo. O nitrogênio do solo se encontra principalmente na forma orgânica por isso é preciso considerar o que vai ser mineralizado durante todo o ciclo da cultura. A falta de análise para determinar o índice de fertilidade do nitrogênio é umas das dificuldades na recomendação da adubação nitrogenada em cobertura. As recomendações são feitas com base nas curvas de respostas, histórico da área e produtividade esperada (COELHO et al, 2006).

Segundo Malavolta et al. (1997), o nitrogênio na planta se encontra na forma orgânica, tem participação na fotossíntese e como função estrutural. Além disso, pode afetar o tamanho final, intensidade de senescência das folhas, as taxas de iniciação e expansão celular.

O sintoma de deficiência de nitrogênio é a clorose nas folhas velhas, ficando amareladas do centro para o centro, tomando forma de V invertido, as folhas mais novas ficam com coloração verde-pálida. Em casos extremos, pode atingir toda a planta deixando-a inteiramente amarelada (FORNASIERI FILHO, 2007).

A relação de produtividade de grãos e o teor de nitrogênio na folha podem ser utilizados como indicador desse nutriente na planta. Com o aumento das doses de nitrogênio, o aumento do teor de N foliar tende a aumentar e a produtividade de grãos fica estável. Além disso, as deficiências podem ser identificadas (FORNASIERI FILHO, 2007).

Devido às transformações do N no solo, sua mobilidade e os fatores que influenciam seu aproveitamento pelas plantas, torna-se a recomendação de adubação nitrogenada complexa. O potencial de resposta da cultura ao N pode ser influenciado por diversos fatores como: textura do solo, radiação solar, teor de matéria orgânica, temperatura do solo, tempo de cultivo, etc (SOUZA; LOBATO, 2004).

O teor de clorofila na folha do milho pode ser realizado com o clorofilômetro, pois apresenta boa precisão, menor custo, maior rapidez e não destrói as folhas para a avaliação. Apenas nos estádios iniciais da cultura que a leitura não é muito precisa (ARGENTA, 2001).

Amaral Filho (2005) estudou o espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho, e concluiu que o aumento na doses de N em cobertura promoveu acréscimo linear no teor de N foliar, na estimativa do teor de clorofila, no número de grãos por espiga, na massa de 1.000 grãos, na produtividade e no teor de proteína nos grãos da cultura do milho. A maior produtividade de grãos foi obtida de acordo com as doses crescentes de N em cobertura juntamente com o espaçamento entre linhas de 0,80 m e 80.000 plantas ha⁻¹.

Melo (2010), avaliando a adubação nitrogenada e densidade de plantas para a máxima produtividade de milho e melhor retorno econômico na região sul do Maranhão, concluiu que o número e massa de grãos por espiga e a massa de grãos por planta aumentaram com o incremento da dose de N e com o decréscimo da densidade de plantas. As maiores produtividades de grãos de milho foram obtidas quando foram aumentadas concomitantemente as doses de nitrogênio e a densidade de plantas,

atingindo a máxima produtividade técnica de grãos de milho com 120 kg ha⁻¹ de N e densidade de 83.000 plantas por hectare. O nível crítico de N na folha do milho foi de 25 g kg⁻¹, acima do qual ocorreu o consumo de luxo, ou seja, não adianta aplicar mais N no solo, pois a planta não converte o nutriente em incremento de produtividade de grãos.

3 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos anos de 2015/2016 no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, localizado na Fazenda Sobradinho, no município de Uberlândia, MG, situado à 18° 45' 55" de latitude sul, 48° 17' 16" de longitude oeste e altitude média de 650 m, informações coletadas por Global Positioning System (G.P.S.).

O solo da área em questão é LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (EMBRAPA, 2013), do qual se observa na Tabela 1 algumas características químicas e na Tabela 2 os resultados da análise textural.

pH H ₂ O	P	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	T	V m	MO
(1:2,5)	----mg dm ⁻³ ----		-----cmol dm ⁻³ -----				--%-----		---	dag kg ⁻¹
5,6	32,5	182	0,0	1,9	0,6	3,80	2,97	6,77	44 2	ns

Tabela 1. Caracterização química de um Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) amostrado na profundidade de 0 a 0,2 m. Uberlândia, MG, 2015.

ns: não solicitado; P e K disponíveis: Extraídos com HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹; acidez trocável Al³⁺; Ca²⁺; Mg²⁺: Método KCl 1 mol L⁻¹; acidez potencial (H + Al): Solução Tampão SMP a pH 7,5; SB (soma de bases): SB = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺; T (capacidade de troca catiônica a pH 7,0): T = SB + (H + Al); V (saturação por bases): V% = (100 x SB/ T); pH em água (1:2,5).

Areia	Silte	Argila
-----g kg ⁻¹ -----		
33	200	767

Tabela 2. Composição granulométrica de um Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) amostrado na profundidade de 0 a 0,2 m. Uberlândia, MG, 2015.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso (DBC) com 5 tratamentos que consistiram em doses de N (60; 100; 140; 180 e 220 kg ha⁻¹) em 4 blocos, totalizando 20 parcelas experimentais. As parcelas experimentais consistiram em 4 linhas de semeadura espaçadas em 0,9 metros, com 6 metros de comprimento, totalizando área de 21,6 m², porém no ato da avaliação foram desprezadas as 2 linhas externas e 0,5 metros em cada linha restante, totalizando a área útil da parcela 9 m².

O híbrido de milho semeado foi o LG 6304 PRO, fornecido pelo próprio Instituto e foi semeado com população de aproximadamente 51.000 plantas por hectare. O híbrido

em questão é precoce, tem ótimo arranque inicial, ampla adaptação, boa rusticidade e com flexibilidade de plantio. A tecnologia disponível a VT PRO Yieldgard, ou seja, promove controle das três principais lagartas que atacam essa cultura: lagarta-do-cartucho, lagarta-da-espiga e broca-do-colmo. As características agronômicas deste híbrido são: grão semiduro amarelado, finalidade de grãos ou silagem, plantio na safra ou safrinha e arquitetura foliar semiereta.

As doses de N que foram utilizadas como tratamento baseou-se na recomendação que seria padrão de acordo com a CFSEMG (1999), e na definição das doses que foram avaliadas no experimento foi considerado duas doses abaixo e duas doses acima da recomendada, sendo assim, os tratamentos foram compostos pelas doses 60; 100; 140; 180 e 220 kg de N por hectare. Destas doses 20 kg foram fornecidos no ato da semeadura e o restante em adubação de cobertura, sendo a primeira quando a planta de milho estava no estágio vegetativo V3 (terceira folha desenvolvida) e a segunda entre V6 e V7 (seis ou sete folhas desenvolvidas respectivamente), junto com a adubação potássica realizada em cobertura.

Como neste experimento foram avaliadas doses de N, a dose e o modo de aplicação de fertilizantes potássicos e fosfatados foram padrão, e tiveram como referência a recomendação da CFSEMG (1999) para produtividades de milho para grão superiores à 8 t ha⁻¹, que de acordo com a fertilidade atual do solo em questão recomenda-se 20 kg ha⁻¹ de K₂O no ato da semeadura e 40 kg ha⁻¹ em cobertura, que foi dividido em duas adubações e aplicadas junto com o nitrogênio aplicado em cobertura, nos mesmos estádios vegetativos descritos anteriormente.

Com relação à adubação fosfatada, seguiu-se o mesmo critério da potássica, ou seja, foi de acordo com a CFSEMG (1999), e como se trata de um solo muito argiloso e de acordo com a disponibilidade de P no solo na Tabela 1, verificou-se a necessidade de 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ que foi aplicado todo no ato da semeadura.

As fontes utilizadas nas adubações foram: ureia (45% N) como fonte de nitrogênio, o super fosfato simples (18% P₂O₅) como fonte de fósforo e cloreto de potássio (60% K₂O). As fontes foram ajustadas as doses com as respectivas concentrações nos fertilizantes.

Antes da instalação do experimento foi realizada a limpeza da área mediante dessecação, e o sistema de produção foi de plantio direto.

A semeadura foi realizada em janeiro de 2016, ocorreu de forma mecanizada e para tanto foi adotado o espaçamento de 0,9 metros entre linhas, com uma densidade de semeadura de aproximadamente 5 sementes por metro linear.

As características avaliadas foram: altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro de colmo, massa de mil grãos, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e produtividade. As avaliações de altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro de colmo foram realizadas no estágio fenológico R1. As avaliações de massa de mil grãos, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e a produtividade final foram realizadas após a senescência

da cultura e os valores de umidade foram corrigidos a 13%.

A altura de plantas foi obtida pela mensuração da distância entre o solo e a inserção da folha bandeira e a altura de inserção da primeira espiga pela mensuração da distância entre o solo e a inserção da primeira espiga (BUZINARO, 2014). Nestas avaliações foram consideradas 10 plantas por parcela.

O diâmetro foi medido no segundo internódio do colmo (MALAVOLTA et al. 1997) com auxílio de um paquímetro.

A massa de mil grãos foi determinada pela contagem manual de 400 grãos, pesagem e correção da umidade para 13%. Por regra de três simples, extrapolou este peso para mil grãos.

O número de fileiras de grãos por espiga foi obtido pela contagem das fileiras de espigas de 5 plantas por parcela, e obtenção da média do número de fileiras por espiga, bem como do número de grãos por fileira (VALDERRAMA, 2011).

A produtividade da área útil (9 m²) foi obtida através da massa de mil grãos com o valor já corrigido da umidade a 13% e extrapolado para um hectare.

Durante a condução do experimento foi realizado monitoramento constante e controle efetivo das plantas infestantes mediante controle químico, bem como o controle de pragas e doenças, sempre com a utilização de produtos registrados e recomendados para a cultura do milho, e com a devida precaução da utilização de equipamento para proteção individual.

Os dados obtidos foram tabulados e realizados análise de variância ao nível de 0,05 de significância, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2008).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância apresentada parcialmente na tabela 3 evidência que as características de altura de planta, altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo não foram afetadas pela aplicação de doses crescentes de nitrogênio.

Características agrônômicas	Fc*	Pr>Fc**	CV(%)***
Altura de planta	0.405	0.8019	3.03
Altura de Inserção de espiga	1.418	0.2867	5.73
Diâmetro de colmo	0.584	0.6803	4.25

Tabela 3. Interpretação da ANAVA (análise de variância), a 0,05 de significância.

* Fc: F calculado.

** Pr > Fc: probabilidade de Fc (F calculado > F tabelado).

***CV: coeficiente de variação.

A altura de plantas, diâmetro do colmo, altura de inserção de espiga e número de plantas por hectare não foram afetados pelo aumento das doses de N. Resultado

semelhante foi obtido por Valderrama et al. (2011) que não observaram efeito significativo da aplicação de N na altura de planta, altura da inserção da espiga e diâmetro de colmo na cultura do milho por ele utilizado (DKB 390).

Os valores médios obtidos da avaliação das características de altura de planta, altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo da cultura do milho são apresentados na Tabela 4.

Dose de N	AP	AIE	DC
---kg ha ⁻¹ ---	----- m -----		---cm---
60	1,790	0,900	2,375
100	1,765	0,865	2,288
140	1,800	0,925	2,325
180	1,765	0,858	2,285
220	1,800	0,918	2,340

Tabela 4. Valor médio dos componentes das características agrônômicas altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE) e diâmetro de colmo (DC) do milho híbrido LG 6304 PRO em função de doses da adubação nitrogenada no ano agrícola de 2015/16 em Uberlândia-MG.

A análise de variância apresentada parcialmente na tabela 5 evidência que a avaliação de número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de mil grãos e a produtividade de grãos não foi afetada pela aplicação de doses crescentes de nitrogênio.

Avaliações	Fc*	Pr>Fc**	CV(%)***
Número de fileiras por espiga	0,472	0,755	4,950
Número de grãos por fileira	0,391	0,811	8,530
Massa de mil grãos	1,000	0,281	16,000
Produtividade	0,742	0,581	20,720

Tabela 5. Interpretação da ANAVA (análise de variância), à 0,05 de significância.

* Fc: F calculado.

** Pr > Fc: probabilidade de Fc (F calculado > F tabelado).

***CV: coeficiente de variação.

O número de fileiras por espiga e o número de grãos por fileira, não foram influenciados pelas doses de N (Tabela 5). Valderrama et al. (2011) também não constataram influência das doses de N nestas avaliações indicando que estes componentes de produção do milho foram dependentes do potencial genético do híbrido (DKB 390) por eles utilizado.

A massa de mil grãos do milho não foi afetada pelas doses de N. Valderrama et al. também não constataram influencia e explicaram que tal fato, provavelmente, ocorreu porque não houve aumento e nem redução no número de grãos por espiga, que teriam aumentado ou diminuído, respectivamente, a competição por nutrientes e fotoassimilados dentro da espiga e, como consequência, reduzido ou aumentado

a massa unitária dos grãos. Ferreira et al. (2001) constatou que a produção foi positivamente influenciada pela adubação nitrogenada com a componente massa de mil grãos aumentaram de forma quadrática com o incremento das doses do adubo nitrogenado.

A produtividade também não foi afetada pelas doses de N, já Valderrama et al. (2011) constataram que o aumento das doses de N influenciou positivamente a produtividade de grãos de milho com aplicação de 120 kg ha⁻¹ e explicou tal fato pelo aumento do teor de N foliar.

Os valores médios obtidos da avaliação de número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de mil grãos e a produtividade de grãos dos componentes de produção da cultura do milho são apresentados na Tabela 6.

Dose de N	NFE	NGF	M1000	PG
--- kg ha ⁻¹ ---	----- unidade -----	--- kg ---	kg ha ⁻¹	
60	15,600	29,450	0,125	3.313,68
100	15,600	30,450	0,163	4.219,13
140	15,200	29,200	0,140	3.911,43
180	15,000	28,250	0,138	3.625,35
220	15,300	29,350	0,140	3.847,65

Tabela 6. Valor médio das avaliações: número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), massa de mil grãos (M1000) e produtividade de grãos (PG) do milho híbrido LG 6304 PRO em função de doses da adubação nitrogenada no ano agrícola de 2015/16 em Uberlândia-MG.

Os valores médios obtidos da avaliação dos componentes da produção da cultura do milho apresentados na Tabela 6, tanto número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), massa de 1000 grãos (M1000) quanto produtividade de grãos (PG) não apresentaram diferenças significativas para as doses crescentes de nitrogênio testadas.

Fernandes et al. (2005) avaliando o efeito de doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho verificou que as doses de N influenciaram a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos.

De acordo com Heinrichs et al (2003), avaliando doses de N em cobertura na cultura do milho observou que a massa de mil grãos e o rendimento de grãos de milho aumentou em função da dose de nitrogênio aplicada em cobertura.

5 | CONCLUSÕES

A aplicação de doses crescentes de nitrogênio para o híbrido LG 6304 PRO no período avaliado não influenciou as características agrônômicas da cultura e nem parâmetros relacionados à produtividade.

REFERÊNCIAS

- ABIMILHO – Associação Brasileira das Indústrias do Milho. **Oferta e Demanda do Milho do Brasil**. Disponível em: < <http://www.abimilho.com.br>>. Acesso em 1 jun de 2015.
- ALVES, Vera Maria Carvalho. et al. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: **5ª aproximação**. Viçosa: SBSC, 1999.
- AMARAL FILHO, Jose Pedro do et al. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 467-473, 2005.
- ARGENTA, Gilberto; SILVA, Paulo Regis Ferreira da; BORTOLINI, Clayton Giani; FORSTHOFER, Everton Leonardo; STRIEDER, Mércio Luiz. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 158-167, 2001.
- BARROS, José. F. C. e CALADO, José. G. **A Cultura Do Milho**. Évora: Portugal, 2014.
- BIULCHI, Paulo Vitorio. **Resposta da cultura do milho a profundidade de deposição de adubo e de culturas de cobertura em solo de Cerrado**. 2012.
- BUZINARO, Rodolfo. **Interação de genótipos de milho vs locais, anos e épocas de semeadura**. 2014.
- CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z. F. Nitrogênio e enxofre. In: PROCHNOW, L; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI, 2010. P. 05-46.
- CANTARELLA, H; DUARTE, A . P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C. & MIRANDA, G. V. **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa, UFV. 2004. p. 139-182.
- COELHO, Antonio Marcos et al. **Nutrição e adubação do milho**. 2006.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999. 359p
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acampamento da safra brasileira de grãos**, v. 2 - Safra 2014/15, n. 7 – Sétimo Levantamento, abr. 2015. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 15 maio de 2015.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acampamento da safra brasileira de grãos**, v. 2 - Safra 2014/15, n. 9 – Nono Levantamento, jun. 2015. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 20 jun de 2015.
- CUSTÓDIO, Daniel. Pettersen et al. Comportamento de cultivares de milho (*Zea mays*) e sistemas de cultivo. **Estudos**, Goiânia, v. 30, n. 8, p. 1793-1804, 2003
- CRUZ, José Carlos; PEREIRA FILHO, Israel Alexandre. **Emprapa Milho e Sorgo: Cultura do Milho**. 2009. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/cultivares.htm>. Acesso em: 01 jun. 2015.
- DUARTE, Jason de Oliveira et al. **Arvore do conhecimento do milho: Importância sócio econômica**. 2007. AGEITEC. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html>. Acesso em: 18 abr. 2015.

- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. rev. amp. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, Durval. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.
- FANCELLI, Antonio Luiz. Ecofisiologia de plantas de lavouras. In: CARLESSO, R. (Ed.). **Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Reimar Carlesso, 2001. p. 59-73.
- FANCELLI, Antonio Luiz. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes na cultura do milho**. 24 p. 2010.
- FERNANDES, Flávia Carvalho Silva et al. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 2, p. 195-204, 2005.
- FERREIRA, Daniel Furtado .SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras,v.6,p.36-41, 2008.
- FERREIRA, Alexandre Cunha de Barcelos et al. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 131-138, 2001.
- FORNASIERI FILHO, Domingos. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576p.
- HEINRICH, Reges et al. Doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, p. 1-5, 2003.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, **Censo Agropecuário**, resultados preliminares, Rio de Janeiro, p. 1-146, 2006.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**: Comunicação Social maio de 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/>>. Acesso em: 16 jun. 2015.
- IMEA - INSTITUTO MATOGROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUARIA. **Custo de produção do milho em maio de 2015**. Mato Grosso: IMEA, 2015. Disponível em: <<http://www.imea.com.br>>. Acesso em: 17 jun. 2015.
- MALAVOLTA, Eurípides et al. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. **Piracicaba, POTAFOS**, 1997. 319p.
- MELO, Francisco de Brito. **Adubação nitrogenada e densidade de plantas para a máxima produtividade de milho e melhor retorno econômico na região sul do maranhão**. 2010.
- MEROTTO JUNIOR, Aldo; ALMEIDA, Milton Luiz de; FUCHS, Orlando. Aumento no rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas. **Ciência Rural. Santa Maria. vol. 27, n. 4 (out./dez. 1997), p. 549-554**, 1997.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ ACS, p. 345-347, 2009.
- SOUSA, Djalma. M. Gomes de; LOBATO, Edson. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, **Embrapa Informação Tecnológica**, 2004. p. 129-145.
- SOUZA, Juliana Aparecida de et al. Lucratividade do milho em razão das fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Ceres**, v. 59, n. 3, 2015.

SETIYONO, T. D et al. Estimating maize nutrient uptake requirements. **Field Crops Research**, v.118, p.158-168, 2010.

VALDERRAMA, Márcio et al. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, p. 254-263, 2011.

VALDERRAMA, Márcio et al . **Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto**. Pesqui. Agropecu. Trop., Goiânia , v. 41, n. 2, p. 254-263, Junho. 2011 . Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-0632011000200015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 Junho. 2015.

VARGAS, M. A T; MENDES, I. C; CARVALHO, A M; LOBO-BURLE, M; HUNGRIA, M. Inoculação de leguminosas e manejo de adubos verdes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 97-127.

VORPAGEL, Almir Grutzmann. **Inoculação de Azospirillum, isolado e associado à bioestimulante, em milho, no Noroeste do RS**. 2012.

ANÁLISE MORFOLÓGICA DO SOLO EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA, EM TUCURUÍ-PA

Kerciane Pedro da Silva

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Florestal
Altamira – Pará

Raiana Arnaud Nava

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Florestal
Tucuruí – Pará

Thays Thayla Santos de Almeida

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Florestal
Tucuruí – Pará

Matheus da Costa Gondim

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Florestal
Tucuruí – Pará

Dihego Rosa das Chagas

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Florestal
Altamira – Pará

Sandra Andréa Santos da Silva

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Florestal
Altamira – Pará

RESUMO: O conhecimento sobre a cor, textura e outras propriedades físicas influenciam no manejo do solo em seu ambiente natural além de servir como base fundamental para identificação do solo. Seguindo esses princípios

foi elaborado um estudo na cidade de Tucuruí-Pará, no qual usou-se uma floresta secundária localizada no parque ecológico do município, e estipulou-se uma linha sendo que à cada 25 metros aplicou-se a tradagem em 4 pontos de coleta com 4 profundidades 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 cm, para que brevemente sua cor fosse identificada em laboratório através da carta de Munsell, juntamente com sua textura pelo método de Nortcliff. Após análise observou-se que as cores que obtiveram maior predominância foram, Reddish Yellow, Light Yellowish e Pale Red e a textura Franco Argilo-Arenoso.

PALAVRAS-CHAVE: Parque ecológico, textura, cor.

ABSTRACT: Knowledge about color, texture class and other physical properties influence soil management in its natural environment as well as being a fundamental basis for soil identification. Following these principles, a study was carried out in the city of Tucuruí-Pará, in which a secondary forest, located in the city's ecological park, was used, and a straight line was drawn every 25 meters, as well as the auger drilling was applied in 4 points of collection, with 4 depths (0-20, 20-40, 40-60, 60-80 cm), to briefly identify its color in the laboratory through the Munsell charts, along with its texture class by Nortcliff's method. After the analysis, it

was observed that the colors with greater predominance were Reddish Yellow, Light Yellowish and Pale Red, and the texture class was sandy clay.

KEYWORDS: Ecological park, texture class, color.

INTRODUÇÃO

O solo é o sustentáculo da vida e todos os organismos terrestres dele dependem direta ou indiretamente. É um corpo natural que demora para nascer, não se reproduz e “morre” com facilidade. Para dar a necessária importância ao solo e protegê-lo, é fundamental conhecer a maneira como se forma e quais os elementos da natureza que participam na sua formação (LIMA, LIMA & LIRA, 2007).

O relevo é caracterizado pelo conjunto das elevações e das expressões geográficas de uma região, sendo definido pela altitude, declividade, uniformidade e extensão das superfícies (FREIRE, 2006).

A textura se refere a proporções dos vários grupos de grãos individuais que formam o solo, principalmente ao conteúdo de argila, silte e areia (SPANNER et al., 2014). Os espaços vazios no solo são denominados de poros, subdivididos em macroporos e microporos, tendo o primeiro a função de infiltração de água e o segundo a de armazenamento de água. Dependendo da porção de determinado componente nele encontrado (argila, silte e areia), podemos determinar qual a sua textura. Sua importância é significativa já que é através dessas porções que podemos determinar o quanto de irrigação o solo deve receber, quanto de adubação age sobre ele, sua capacidade de manter determinadas formas de vidas, e diversas outras interações.

A cor é considerada, por muitos pedólogos (profissionais que estudam o solo), uma das propriedades morfológicas mais importantes. Os solos podem apresentar cores variadas, tais como: preto, vermelho, amarelo, acinzentado, etc. Essa variação irá depender não só do material de origem, mas também de sua posição na paisagem, conteúdo de matéria orgânica e mineralogia, dentre outros fatores. (LIMA, LIMA & LIRA, 2007).

O presente trabalho teve como objetivo mapear as características morfológicas do solo numa topossequência, em diferentes profundidades, em área de floresta secundária no município de Tucuruí-PA.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no município de Tucuruí - PA, especificamente no Parque Ecológico, área patrimonial da Eletronorte, localizado entre as coordenadas 03°47.422' de latitude sul e 049°39.359' de latitude oeste (Figura 1). O Parque Ecológico apresenta área de 300 hectares, sendo 200 hectares entre o Rio Tocantins e a Estrada Porto/Canteiro e Eclusas da UHE Tucuruí, porém encontra-se desativado para visita

ao público. Todo o procedimento do trabalho desde campo á laboratorial, foi realizado no decorrer do mês de março de 2016.

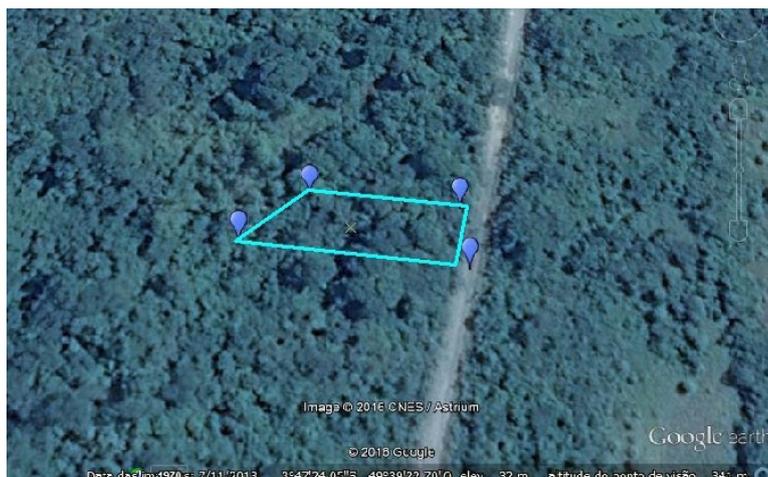


FIGURA 1: Representação da área trabalhada

O Parque Ecológico e de Lazer da UHE-Tucuruí tem como objetivo é a proteção das paisagens naturais, o resguardo das características excepcionais da natureza, edificações históricas, e recuperação de áreas degradadas, principalmente nas áreas que ofereceram matéria prima para a construção da usina e que serviram de base para instalação dos primeiros escritórios e almoxarifados, próximos ao canteiro de obras. A criação do referido Parque ocorreu por conta das exigências da SEMA, ou melhor, das recomendações que a referida Secretaria faz quando libera as licenças de instalação e operação da usina (ARAÚJO, 2010).

As florestas secundárias são resultantes de um processo natural de regeneração da vegetação, em áreas onde no passado houve corte raso da floresta primária. Os máximos valores da temperatura máxima média mensal ocorrem no trimestre de agosto-setembro-outubro (ASO) com valores de 33,9°C, 33,9°C e 33,8°C, respectivamente. Enquanto, os menores verificam-se de janeiro a março, coincidente com a temperatura média mensal (RIBEIRO et al., 2014).

As coletas de solos foram realizadas em quatro pontos de tradagens com o auxílio de um trado holandês com distância entre os pontos de 25 metros, em quatro profundidades, sendo elas: 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm. As retiradas de solo foram coletadas nas seguintes coordenadas: primeiro ponto P1- S 03° 47.417' W 049° 39.373', segundo ponto P2- S 03° 47. 414' W 049° 39.386', terceiro ponto P3- S 03° 47.415' W 049° 39.401', quarto ponto P4- S 03° 47.417' W 049° 39.405'. No ponto quatro não foi possível retirar o solo em 100 m, pois o ponto de tradagem se deu no centro de um igapó, fazendo com que a coleta do material fosse realizada 12 metros antes, sendo apenas coletada a profundidade superficial.

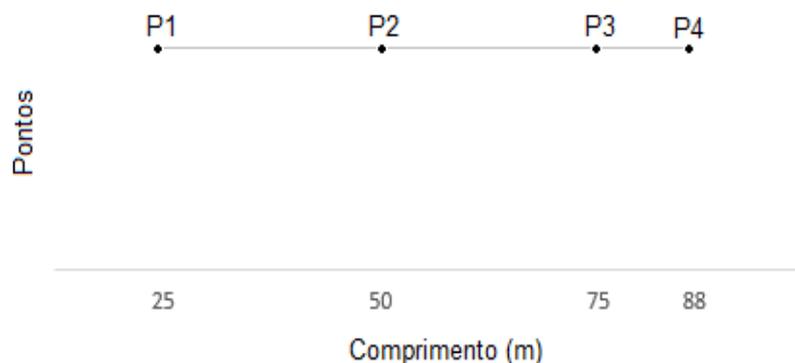


FIGURA 2. Representação dos pontos de tradagem

As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes, devidamente identificados, e levadas para o laboratório da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental do Campus de Tucuruí da Universidade Federal do Pará – UFPA.

Depois de secas, as cores das amostras coletadas foram devidamente identificadas com o auxílio da carta de Munsell e para a textura utilizou-se o fluxograma de Nortcliff proposto por Rowell (1994)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cor e a textura do solo corroboram na classificação de perfis e em levantamentos sobre a aptidão do solo. Depois de analisadas as amostras, verificou-se que as cores mais predominantes foram Reddish Yellow, Light Yellowish e Pale Red, já na textura predominou-se a Franco Argilo- Arenoso. Segundo o Manual de levantamentos de solos, 1993, a textura Franco Argilo-Arenoso é composta de 20 á 35 % de argila, menos de 28% de silte e mais de 45% de areia.

PONTOS (cm)	COR	NOME	TEXTURA
P1 0-20	10R 3/3	Dusky Red	Franco Argilo- Arenoso
P1 20-40	10YR 6/4	Light Yellowish	Franco Argilo- Siltosa
P1 40-60	7.5YR 7/6	Reddish Yellow	Franco Argilo- Arenoso
P1 60-80	7.5YR 6/6	Reddish Yellow	Franco Argilo- Arenoso
P2 0-20	2.5YR 5/4	Reddish Brown	Franco Argilo- Arenoso
P2 20-40	10YR 6/4	Light Yellowish	Argilo- Arenosa
P2 40-60	10YR 7/4	Very Pale Brown	Franco Argilo- Arenoso
P2 60-80	10YR 7/6	Yellow	Franco Argilo- Arenoso
P3 0-20	10R 6/2	Pale Red	Argilo- Arenoso
P3 20-40	7.5R 7/2	Pale Red	Franco Argilo- Arenoso
P3 40-60	2.5Y 7/4	Pale Brown	Argilo- Arenoso
P3 60-80	2.5Y 7/6	Yellow	Argilo- Arenoso
P4 0-20	10YR 5/1	Gray	Argilo- Siltosa
P4 20-40	-	-	-
P4 40-60	-	-	-
P4 60-80	-	-	-

TABELA 1. Características morfológicas do solo amostrados nos pontos da área de estudo

No ponto 4 não foi possível realizar a tradagem das profundidades 20-40, 40-60, 60-80 cm por estar próximo de uma área de igapó, fazendo com que houvesse impedimento pela água na retirada da coleta das amostras de solo. As florestas de igapó ocorrem em solos permanentes alagados, em terrenos baixos próximos aos rios, são em via de regra, ricos em ácido húmico. Aparecem muitos arbustos e cipós, raízes escoras e respiratórias, plantas aquáticas, como a vitória-régia, incontáveis epífitas, musgos e hepáticas (PRODEPA, 2006)

Para o parâmetro textura, utilizou-se o guia para a identificação de textura ao tato (NORTCLIFF por ROWELL, 1994), a textura que predominou foi o Franco Argilo-Arenoso.

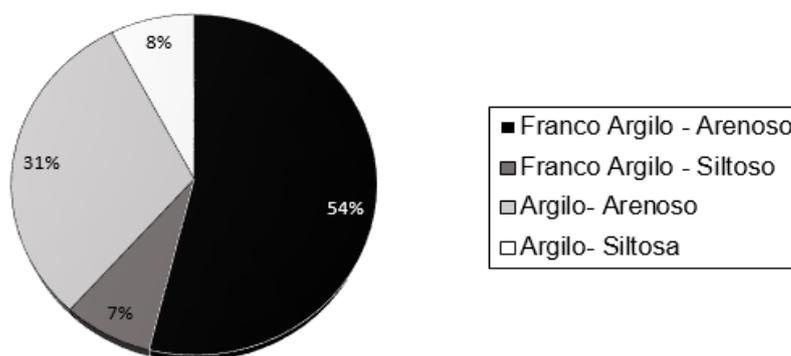


FIGURA 3. Porcentagem geral das texturas das amostras de solo coletadas.

A textura do solo corresponde à proporção relativa em que se encontram os diferentes tamanhos de partículas, em determinada massa de solo. Refere-se, especificamente, as partículas ou frações de areia, silte e argila na terra fina seca ao ar e é uma das características físicas mais estáveis (SANCHEZ, 2012). Já para MACEDO, SILVA & CABEDA, (2010), textura possui influência no comportamento do solo, quando submetido a pressões externas, pois determina o atrito entre as partículas e o tipo de ligação entre elas. Em geral, quanto maiores as partículas do solo, menor sua compressibilidade e agregação.

A carta de Munsell utilizada no presente trabalho obtém resultados precisos através de comparações, e por este motivo é utilizada em diversos trabalhos de morfologia do solo. Para BOTELHO et al., (2006), cor do solo é uma característica facilmente determinada através da comparação visual com a carta de Munsell e está relacionada com a presença de óxidos de ferro e matéria orgânica no solo.

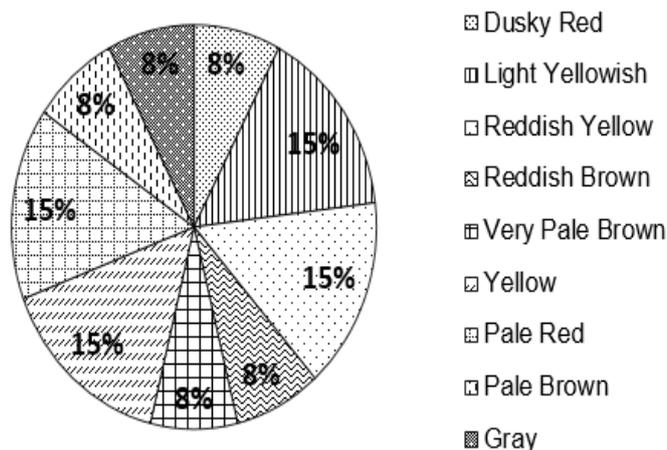


FIGURA 3. Porcentagem geral de cores das amostras de solo coletadas.

Observou-se que a maioria das cores do solo tendem para o amarelo e cinza. No ponto onde havia maior número de folhas caídas no chão em decomposição, ou seja, P1 0-20cm, é notório que a coloração apresentou um tom de marrom escurecido, que indica alto índice de presença de matéria orgânica. Para Rosa & Rocha (2003) a palavra alquimia, de onde derivou o nome da ciência química, teve origem no termo grego chemia, derivado de chemi, significando escuro, negro. Devido ao solo escuro do vale do Nilo, relacionado ao alto teor de matéria orgânica que o rio trazia das florestas da África nas suas enchentes, os gregos chamavam o Egito de Chemi ou Kemi. Portanto a própria origem de matéria orgânica já é um indicativo de tom escurecido.

CONCLUSÕES

Os resultados do estudo comprovam que houve pouca variação da textura e cor do solo na topossequência estudada. Referente ao parâmetro cor, foram tons amarelados que predominaram na maioria dos pontos e suas determinadas profundidades. Referente ao parâmetro textura, comprovou-se que a Franco Argilo-Arenosa obteve predominância, com isso pode-se concluir que o local da pesquisa possui uma boa capacidade de armazenamento de água e possui também um teor de matéria orgânica adequado para vegetação, fazendo com que a planta tenha um bom desempenho. O conhecimento dessas propriedades poderá servir de recursos para execução de métodos de manutenção e recuperação de ambientes que possuem.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. R. O de.; ROCHA, G. M de. **Unidade de Conservação em Tucuruí/PA como instrumento de Gestão Territorial**. In: IV ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, n. 4, 2008, Brasília.

BOTELHO, M. R.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A de.; AZEVEDO, A. C de; RODRIGUES, R. B.; MIGUEL, P. **Medida da cor em solos do Rio Grande do Sul com a carta de Munsell e por**

colorimetria. Ciência Rural, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1179-1185, 2006.

FREIRE, O. **Solos das regiões tropicais.** Botucatu: Fepaf, 2006. 271p.

FREITAS, L de.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A de.; MORETI, T. C. F.; CARMO, D. A. B do. **Avaliação de atributos químicos e físicos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar.** Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 9, n. 17. p. 362-374, 2013.

LIMA, J. C. P. S de.; NASCIMENTO, C. W. . do.; LIRA JUNIOR, M. A de. **Níveis críticos e tóxicos de boro em solos de Pernambuco determinados em casa de vegetação.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 31, n.1, p. 73-79, 2007.

MACEDO, V. R. M.; SILVA, A. J. N da.; CABEDA, M. S. V. **Influência de tensões compressivas na pressão de pré-compactação e no índice de compressão do solo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 856-862, 2010.

RIBEIRO, R. E. P.; ÁVILA, P. L. R.; BRITO, J. I. B de.; SANTOS, E. G do.; SOUSA, L. F de. **Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí-Pará.** Revista brasileira de geografia física, Recife, v. 7, n. 5, p. 798-807, 2014.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H. **Substâncias húmidas aquáticas: Interações com espécies metálicas.** São Paulo: UNESP, 2003. 123p.

SANCHEZ, E. **Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno.** Guarapuava, 2012. 48f. Dissertação (Mestrado em Concentração em Agronomia). Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2012.

SANTOS, L. A. C dos.; CAMPOS, M. C. C.; COSTA, H. S.; PEREIRA, A. R. **Caracterização de solos em uma topossequência sob terraços aluviais na região do médio rio Madeira (AM).** Revista Ambiência, Guarapuava, v. 8, n. 2, p. 319-331, 2012.

SPANNER, G. C.; NEVES, E. S das.; NASCIMENTO, J. C do.; MILÉO, J. A. C.; SILVA, S. A. S da. **Determinação dos aspectos morfológicos do solo e dendrológicos da vegetação em uma topossequência, em Altamira-PA.** Agrarian Academy, Goiânia, v. 1, n. 2, p. 37-46, 2014.

TURCI, L. C. B.; ALBUQUERQUE, S da.; BERNARDE, P. S.; MIRANDA, D. B. **Uso do hábitat, atividade e comportamento de Bothriopsis bilineatus e de Bothrops atrox (Serpentes: Viperidae) na floresta do Rio Moa, Acre, Brasil.** Biota Neotrop, Rio Branco, v. 9, n. 3, p. 197-206, 2009.

VIEIRA, L. S. **Manual da Ciência do Solo: Com ênfase aos Solos Tropicais.** 2ª Edição. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1988.

ARMAZENAGEM DE ÁGUA EM SOLO INFECTADO COM FUSÁRIO E CULTIVADO COM MARACUJAZEIRO, CULTIVAR BRS RUBI EM QUATRO COMBINAÇÕES COPA:ENXERTO

Marcelo Couto de Jesus

Graduado em Engenharia Agrônômica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus Guanambi* - BA

Alexsandro dos Santos Brito

Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus Guanambi* - BA

Flavio da Silva Gomes

Graduado em Engenharia Agrônômica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus Guanambi* - BA

Suane Coutinho Cardoso

Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus Guanambi* - BA

Onildo Nunes de Jesus

Pesquisador Dsc. da EMBRAPA/CNPMPF.

RESUMO: Diante da necessidade de avaliar o comportamento físico-hídrico do solo e a resposta fitotécnica do maracujá, o trabalho objetivou monitorar a armazenagem de água em um Latossolo Vermelho Amarelo, infectado por fusário e cultivado com maracujazeiro, cultivar BRS Rubi, enxertado em quatro porta-enxertos (*P. gibertii*, *P. alata*, *P. nítida* e HFOP-08), além do pé-franco do BRS Rubi. Para tanto, o delineamento estatístico foi em blocos aleatorizados, composto por cinco tratamentos e três repetições, totalizando 45 tensiômetros.

A área experimental está localizada no Instituto Federal Baiano, Campus Guanambi (coordenadas geográficas: 14°1330 S; 42°4653" W; altitude de 525 m; precipitação pluvial média de 663,69 mm e temperatura média de 26°C). O sistema de cultivo foi irrigado por gotejamento. Como o sistema radicular efetivo do maracujá encontra-se a uma profundidade de 0,3 a 0,35 m, o volume de controle de solo utilizado para o estudo da armazenagem da água teve como limite superior a superfície do solo e como limite inferior profundidade de 0,4 m. Para a determinação dos perfis de umidade do solo ao longo do ciclo da cultura e posterior armazenagem de água foram utilizados tensiômetros. Para tanto, foram instalados tensiômetros nas profundidades de 0,3; 0,4 e 0,5 m, sendo que o cálculo da armazenagem de água foi feito pelo método do trapézio, após transformação dos potenciais mátricos em conteúdo de água no solo, por meio da curva de retenção da água no solo. A maior produtividade observa-se no tratamento HFOP + BRS Rubi atingindo 2.391,84 kg ha⁻¹, obtendo assim menores valores de água armazenada no solo. O tratamento NÍTIDA + BRS Rubi afere maior armazenagem de água nas camadas 0-0,5; 0-0,4; 0,3-0,5 m, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Tensiômetro; Gotejamento; *Fusariose*.

ABSTRACT: The objective of this work was to monitor the storage of water in a Red Yellow Latosol, infected by fusarium and cultivated with passion fruit, cultivar BRS Rubi, grafted on four rootstocks (*P. gibertii*, *P. alata*, *P. nítida* and HFOP-08), in addition to the BRS Rubi ungrafted. For that, the statistical design was in randomized blocks, composed of five treatments and three replicates, totaling 45 tensiometers. The experimental area is located at the Baiano Federal Institute, Guanambi Campus (geographical coordinates: 14°13'30" S, 42°46'53" W, 525 m altitude, average rainfall of 663.69 mm and average temperature of 26 ° C). As the effective root system of passion fruit is at a depth of 0.3 to 0.35 m, the soil control volume used for the study of water dynamics was the surface area of the soil and, as a lower limit, a plane at a depth of 0.4 m. For the determination of the water content in the soil and subsequent water storage were used tensiometers installed at depths of 0.3; 0.4 and 0.5 m. The calculation of the water storage was done by the trapezoid method, after transformation of the matric potentials in water content in the soil, by means of the water retention curve in the soil. The highest productivity is observed in the HFOP-08 + *BRS Rubi* treatment, reaching 2,391.84 kg ha⁻¹, thus obtaining lower values of water stored in the soil. The *NÍTIDA* + *BRS Rubi* treatment has a higher water storage in the 0-0.5 layers; 0-0.4; 0.3-0.5 m, respectively.

INTRODUÇÃO

O maracujazeiro é uma trepadeira tropical da família *Passifloraceae* com alta diversidade genética, cultivada no Brasil, Equador, Colômbia, Peru, África do Sul e Austrália. O Brasil é o maior produtor mundial da fruta e a espécie com maior exploração comercial é o maracujazeiro-azedo ou amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa Deg.*) e o maracujazeiro-roxo (*Passiflora edulis f. edulis Sims.*). O plantio dessa espécie tem despertado interesse dos fruticultores por ser cultivado em quase todos os Estados da Federação, apresentar início da colheita rápido em relação a outras frutíferas como a bananeira, citros, goiabeira, mangueira, e ter boa aceitação no mercado in natura e na forma industrializada (Rodrigues et al., 2008). O maracujazeiro-roxo é largamente cultivado em diversos países do mundo, enquanto o amarelo ou azedo representa 95% da produção brasileira (Crochemore et al., 2003; Hafle et al., 2009).

A potencialidade econômica do maracujá azedo, no Brasil, se deve ao retorno rápido do capital, à preferência pelos mercados interno e externo, além do aroma agradável, teores de açúcares, vitaminas A e C e a composição mineral, que definem a qualidade do suco (Falconner et al., 1998). A produção de maracujá é feita por pequenas propriedades (1 a 5 ha), constituídas por agricultores familiares que utilizam o maracujá como principal fonte de renda.

A produção de maracujá tem aumentado nos últimos anos, entretanto, a atividade é influenciada por vários fatores, além dos problemas fitossanitários há também necessidade hídrica. Dessa forma, a água exerce influência direta na produção da cultura, necessitando fazer um bom manejo da irrigação e conhecer a dinâmica da

água no perfil do solo, principalmente onde se encontra o maior desenvolvimento do sistema radicular da planta. A região de Guanambi possui uma precipitação pluvial relativamente baixa e concentrada em alguns meses do ano, possui uma média anual de 663,69 mm, muito concentrada nos meses de dezembro a março. O maracujazeiro precisa, em média, de uma precipitação pluvial de 940 mm ao ano para a cultura atingir a máxima produtividade com frutos de boa qualidade (Souza et al., 2003). Assim, torna-se necessária a irrigação nos meses em que há déficit hídrico, utilizando um sistema que otimize o uso da água, sobretudo da região semiárida.

No entanto, trabalhos que avaliam a dinâmica da água no perfil do solo são escassos, sendo que a avaliação do comportamento físico-hídrico do solo e a movimentação de água no perfil do solo são pontos importantes para adequar o sistema de irrigação e os volumes de água aplicados, auxiliando na tomada de decisão e adequando também o manejo do solo e da cultura.

Nesse aspecto, o monitoramento da armazenagem de água ao longo do ciclo da cultura, em conjunto com a caracterização físico-hídrica do solo, é fundamental para a adequação do melhor sistema e manejo de irrigação. Além disso, é possível avaliar as condições físicas do solo e a relação com o desenvolvimento do sistema radicular das plantas e os momentos mais propícios aos tratamentos culturais, como as fertilizações.

Portanto, avaliar parâmetros de retenção de água no solo cultivado com plantas que podem ser infectadas por fusário, o qual bloqueia a absorção e translocação de água, como é o caso do maracujazeiro, pé-franco ou enxertado, em conjunto com parâmetros fitotécnicos, pode auxiliar na tomada de decisão quanto à melhor combinação copa:porta-enxerto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na área experimental do IFBaiano, Campus Guanambi (coordenadas geográficas: 14°13'30" S; 42°46'53" W; altitude de 525 m; precipitação pluvial média de 663,69 mm e temperatura média de 26 C°. O solo presente na área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo.

Caracterização Física do solo

Para a determinação da densidade do solo foram coletadas amostras de solo com estrutura indeformada das camadas de 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4 e 0,4-0,5 m, com o auxílio de um extrator tipo Uhland, com cilindros volumétricos apresentando, aproximadamente, 0,05 m de altura e 0,05 m (Figura 1) de diâmetro. As medidas de altura e diâmetro dos cilindros volumétricos foram feitas com um paquímetro digital, realizando três medidas de altura e de diâmetro para cada anel. Para evitar danos às amostras durante o transporte do campo para o laboratório, utilizar-se-á filme de PVC. No laboratório, as amostras foram convenientemente preparadas, retirando o excesso

de solo do cilindro, com auxílio de faca de serra fina, e a colocação, na extremidade inferior de cada uma, de recorte de papel mata-borrão, preso com adesivo instantâneo, para evitar perdas de material. Feito isso, as amostras foram levadas à estufa para secar (105 °C durante 24 horas) e, então, pesadas numa balança de precisão, com dois dígitos, para a determinação da massa de solo seco.

Com a medida do volume médio do cilindro volumétrico, por meio da altura e diâmetro médios, e da massa de solo seco foi calculada a densidade do solo (D_s):

$$D_s = \frac{m_s}{V_c}, \quad (1)$$

na qual m_s e V_c são a massa de solo seco e o volume do cilindro volumétrico, respectivamente.



Figura 1. Extrator tipo Uhland (A), paquímetro digital(B) e pesagem de amostra de solo seco no cilindro volumétrico (C).

Foto: GOMES, F. S. (2018)

Para a análise granulométrica e classificação textural foram coletadas amostras de solo com estrutura deformada nas mesmas camadas em que foi determinada a densidade do solo.

Essas análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo do IFBaiano/ Campus Guanambi e o método utilizado foi o da Pipeta (Gee e Or, 2002). Entretanto, esse Laboratório adota algumas variações do método citado e que foram seguidas para as análises feitas nesse trabalho. O dispersante utilizado foi uma mistura das soluções de hidróxido de sódio (4 g L⁻¹) e de hexametáfosfato de sódio (10 g L⁻¹), conforme metodologia do IAC (CAMARGO et. al, 1986). Foram utilizados 40 g de solo, 250 mL de água destilada e 100 mL da solução dispersante.

Para promover a dispersão das partículas do solo, as amostras foram agitadas por 16 horas em agitador orbital tipo Wagner, a 60 rpm. Após o processo de dispersão, a suspensão passou por uma peneira com malha de 0,053 mm para a separação da

areia (Figura 2). A suspensão de silte e argila foi transferida para uma proveta (1000 mL), a qual teve o volume completado para 1000 mL. Após os processos de agitação da suspensão de argila e silte e de sedimentação das partículas de silte (conforme lei de Stokes), na profundidade desejada (0,05 m), foram coletados 25 mL de suspensão de argila.

A areia separada por peneiramento e a suspensão de argila foram levadas para a estufa (105 °C), onde permaneceram por 24 horas para uma completa secagem. Com as proporções de areia e argila foi possível calcular, por diferença, a proporção de silte e, finalmente, proceder a classificação textural do solo conforme as recomendações do Soil Survey Staff (2003).

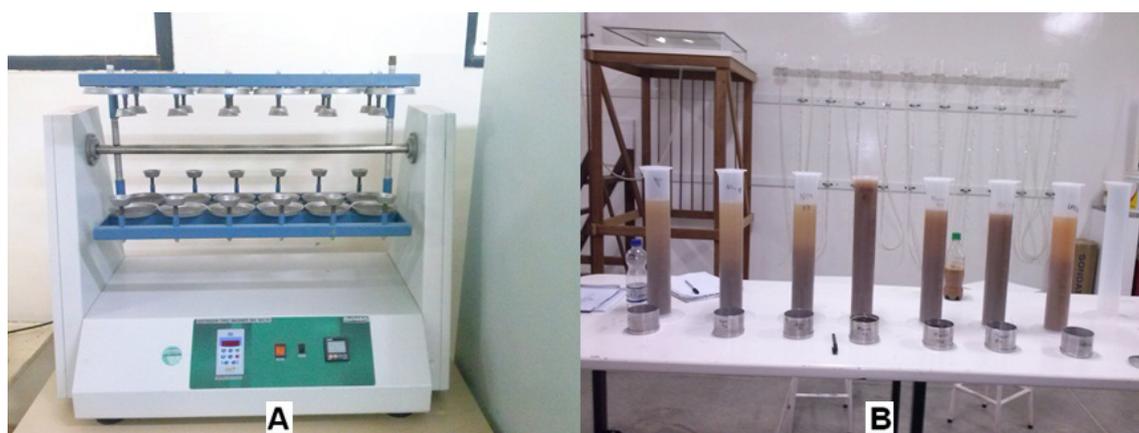


Figura 2. Agitador tipo Wagner (A) e suspensão de silte e argila nas provetas (B).

Foto: GOMES, F. S. (2018)

Caracterização físico-hídrica

A caracterização hidráulica do solo foi feita pela curva de retenção da água no solo. As curvas de retenção da água no solo foram construídas para a profundidade de 0,3 e 0,5 m. Para a profundidade de 0,4 m considerou-se a curva, construída para 0,5 m de modo a permitir o cálculo do conteúdo de água por meio do potencial mátrico medido pelo tensiômetro instalado nessa profundidade.

Para tanto, foram usadas amostras com estruturas indeformadas e deformadas. As amostras indeformadas seguiram os mesmos parâmetros técnicos e foram preparadas da mesma forma como as usadas para a densidade do solo, sendo usadas para determinar os pontos mais úmidos da curva de retenção (tensões de 1,0; 3,0; 5,0; 7,0 e 10 kPa), utilizando os funis de Haines (Figura 3), sendo que após a estabilização da amostra nas respectivas tensões, procedeu-se a pesagem em balança de precisão (2 dígitos). Para as tensões maiores que 10 kPa, foram utilizadas amostras deformadas, as quais foram usadas para criar um gradiente de umidade e posterior medida do potencial mátrico no psicrômetro WP4, até atingirem potencial mátricos entre 300 e 1500 kPa.

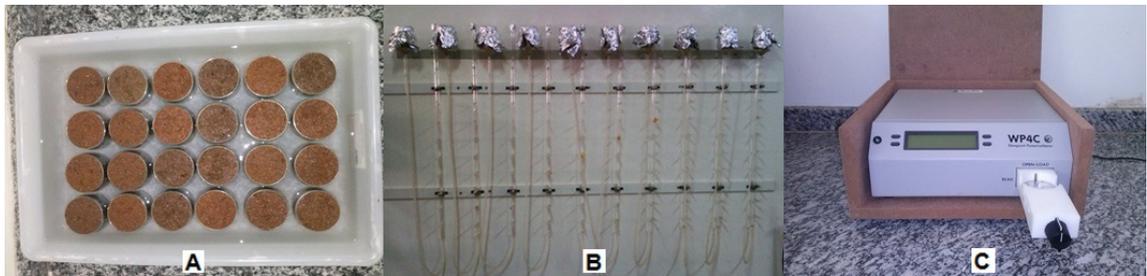


Figura 3. Amostras indeformadas saturando (A), amostras indeformadas nos funis de Haines (B) e psicrômetro WP4 (C).

As curvas de retenção da água no solo foram ajustadas pelo modelo de van Genuchten (1980), utilizando o software Table Curve 2D (versão trial) – Jandel Scientific – Copyright 1989-1994.

Para a determinação do conteúdo de água no solo e posterior armazenagem de água foram utilizados os mesmos tensiômetros. O método de integração dos conteúdos de água para o cálculo da armazenagem foi o do trapézio (LIBARDI, 2012), considerando o conteúdo de água da camada de 0-0,3 m, igual a medida na camada de 0,30 m.

Índices produtivos e qualidade dos frutos

Os índices produtivos e de qualidade dos frutos foram número de frutos planta⁻¹; peso médio do fruto e produtividade. Esses índices iniciaram a partir do amadurecimento dos primeiros frutos em cada tratamento.

Análise estatística

A análise dos dados consistiu de duas etapas: análises exploratória e análise de variância. Para tanto, foram utilizado o Programa Estatístico R e os pacotes Mass, Outliers e Agricolae. Na análise exploratória foram utilizados métodos da estatística clássica, como: a) aplicação de teste de distribuição de probabilidade dos dados (Shapiro-Wilk) e construção de gráficos quantis-quantis (“qqplot”), com o objetivo de confirmar se os dados seguem uma distribuição normal, b) gráficos de caixa (boxplot) para estudar a dispersão e a presença de valores discrepantes (outliers). As variáveis em estudo que obtiverem significância (teste F) foram submetidas ao teste de média (Tukey a 5% de probabilidade).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade do solo em todas as camadas avaliadas (Tabela 1) apresentaram valores que não causam restrição no desenvolvimento do sistema radicular do maracujazeiro. Entretanto, pode-se observar uma elevação da densidade do solo na camada de 0,2 a 0,3 m de profundidade, comparado as demais camadas. Essa densidade do solo não é restritiva ao desenvolvimento radicular, sendo originada pelos

preparos do solo pretéritos (aragem e gradagem) sempre na mesma profundidade. Dessa forma, torna-se viável adotar um manejo adequado do solo, uma vez que, o sistema radicular efetivo do maracujá encontra-se a uma profundidade de 0,3 a 0,35 m.

Em solos de textura superficial média e com baixos teores de matéria orgânica, o cultivo sucessivo e o revolvimento excessivo os predispõem às altas taxas de erosão, de compactação e de perdas de matéria orgânica, resultando na degradação física, química e biológica dos mesmos (CARDOSO et al., 1992; FIDALSKI, 1997). Dessa forma, torna-se viável adotar um manejo adequado do solo, uma vez que, o sistema radicular efetivo do maracujá encontra-se a uma profundidade de 0,3 a 0,35 m. Quanto à análise granulométrica (Tabela 1) observa-se que o solo apresenta texturas franco-arenosa e franco-argilo-arenosa, sendo propício ao cultivo do maracujazeiro.

Camada do solo (m)	Densidade do solo (kg m ⁻³)	Areia	Silte g kg ⁻¹	Argila	Classe textural
0-0,1	1595	650	170	180	Franco Arenoso
0,1-0,2	1676	570	240	190	Franco Arenoso
0,2-0,3	1692	590	200	210	Franco Argilo Arenoso
0,3-0,4	1658	570	220	210	Franco Argilo Arenoso
0,4-0,5	1560	560	240	200	Franco Arenoso

Tabela 1 – Valores de densidade do solo, conteúdo de areia, silte e argila e classe textural de diferentes camadas do solo.

As curvas de retenção de água no solo (Figura 4) apresentaram conteúdos de água iniciais de 0,32 e 0,34 m m⁻³ para o máximo valor de potencial mátrico, 0 kPa, nas profundidades de 0,3 e 0,5 m, respectivamente. Observa-se que as curvas de retenção nas camadas superficial e subsuperficial são semelhantes, o que permite a utilização das mesmas nas demais camadas de interesse. No entanto, percebe-se que a curva de retenção na profundidade de 0,5 m apresentou um maior conteúdo de água para o solo saturado, devido, provavelmente, à menor densidade do solo na referida camada (Tabela 1), o que possibilita uma melhor distribuição de tamanho de poros e maior retenção de água.

A formação de camadas compactadas reduz a atividade biológica e a macroporosidade no perfil do solo, e com isso promove o aumento da densidade e da resistência à penetração radicular (JIMENEZ et al., 2008). Fato este observado na camada de 0,2 - 0,3 m que apresenta uma maior densidade do solo em função do manejo adotado e, conseqüentemente, uma pior distribuição de tamanho de poros, com uma redução de 50% de macro e mesoporos, mesmo contendo um maior percentual

de argila, a qual em função do reduzido diâmetro, apresenta grande área superficial específica, e da presença de cargas negativas, elevando a retenção de água (BRADY; WEIL, 2008).

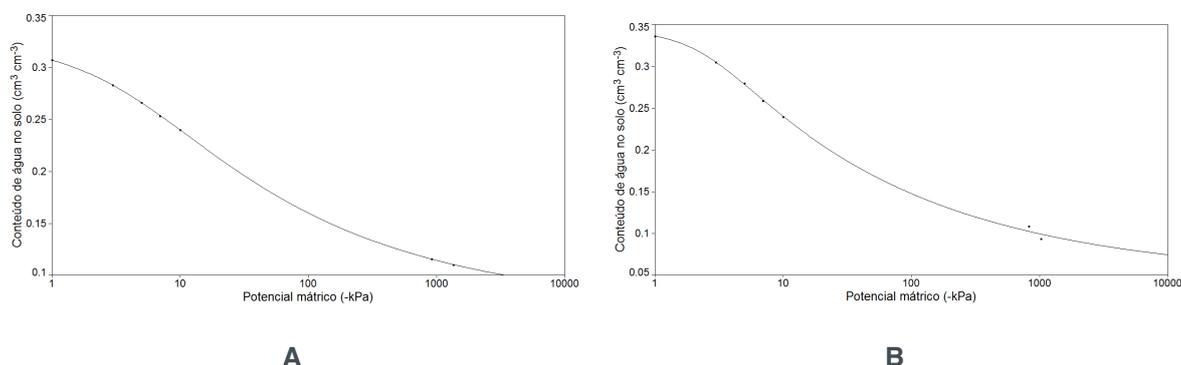


Figura 4 - Curvas de retenção de água no solo cultivado com maracujá, nas profundidades de 0,3 m (A) e 0,5m (B).

Em relação à armazenagem de água no solo avaliada na camada de 0 - 0,4 m, observou-se que os valores máximos de armazenagem não ultrapassaram 56 mm em todos os tratamentos. Entretanto, o tratamento com BRS-Rubi pé franco diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, com valor de armazenagem de 54,75 mm, isso resulta em uma diferença em relação aos demais tratamentos *Passiflora nitida* + BRS-Rubi, *Passiflora alata* + BRS-Rubi, *Passiflora gibertii* + BRS-Rubi e HFOP-08 + BRS-Rubi os valores de armazenagem foram 38,7; 34,7; 32,3 e 24,9 % respectivamente (Figura 5).

Nesse sentido, os valores de armazenagem de água obtidos para a camada de 0-0,5 m foram semelhante à armazenagem de água a 0-0,4 m, pois o tratamento com BRS-Rubi diferiu estatisticamente dos demais tratamentos. Com valor de armazenagem de 68,38 mm, que resultou novamente em uma diferença de 84,5; 51,4; 53,5 e 70,5 % respectivamente. Para essa camada, 0-0,5 m, as armazenagens de água foram mais elevadas, isso devido ao volume de solo que foi maior, apresentando valores superiores a 69 mm.

Já a armazenagem de água calculada na camada de 0,3-0,5 m apresentaram valores máximos de 27 mm, esses valores são menores porque o volume do solo também é menor e, possivelmente, houve maior absorção de água pelas plantas de maracujazeiro, pois o sistema radicular é bem desenvolvido em condições ideais no entorno da profundidade de 0,3 m. Dessa forma, os tratamentos HFOP-08 + BRS-Rubi e *Passiflora nitida* + BRS-Rubi não diferiram estatisticamente entre si, bem como, os tratamentos *Passiflora alata* + BRS-Rubi e *Passiflora gibertii* + BRS-Rubi. Entretanto, o tratamento BRS-Rubi diferiu entre todos os tratamentos apresentando menor valor de armazenagem.

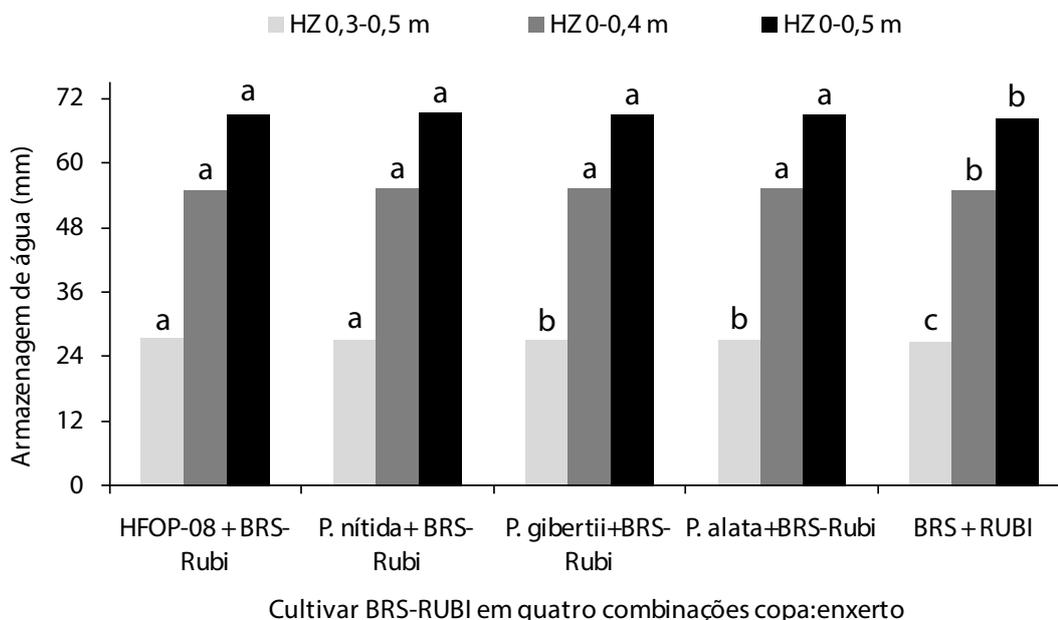


Figura 5. Armazenagem de água (mm) a 0,4; 0,5; 0,3-0,5 m de profundidade em função das combinações (*Passiflora alata* + BRS-Rubi, *Passiflora nítida* + BRS-Rubi, *Passiflora gibertii* + BRS-Rubi e HFOP-08 + BRS-Rubi), além do pé-franco de BRS-Rubi tratamento. Analisado pelo teste de Tukey a 5%.

A água é o fator primordial para produtividade do maracujazeiro, porém, a eficiência do uso da água pelo maracujazeiro pode ser reduzida com o excesso do volume de água aplicado (SOUSA et al., 2005). Nesse contexto, o solo necessita ter qualidade física, química e biológica, o que possibilita uma maior capacidade de armazenagem de água. A combinação *Passiflora nítida* + BRS-Rubi foi a que apresentou a maior armazenagem de água em todas as profundidades avaliadas, isso ocorreu devido à não adaptação desse tratamento às condições agroecológicas do semiárido baía. Dessa forma, a planta não conseguiu absorver a água aplicada de forma eficiente para o seu desenvolvimento, fazendo com que uma maior lâmina de água ficasse armazenada no solo.

A quantidade de água armazenada no solo está diretamente ligada, entre outros fatores, a quantidade de água aplicada. Observa-se que nos períodos que houve precipitação, a lâmina de irrigação foi menor ou até mesmo não houve irrigação, como pode ser observado no período 20 (Figura 6), onde a precipitação acumulada nos quinze dias do período foi maior que o dobro da média de irrigação nos períodos que não houve precipitação.

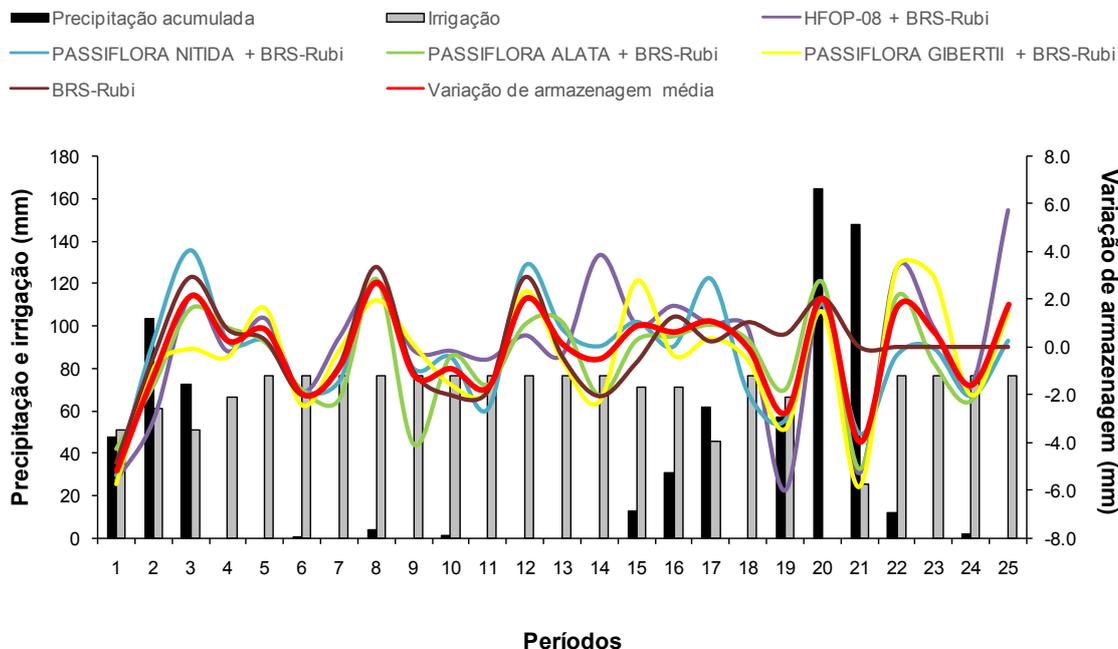


Figura 6. Precipitação, irrigação, variação de armazenagem média e variação de armazenagem para as combinações (Passiflora alata + BRS-Rubi, Passiflora nítida + BRS-Rubi, Passiflora gibertii + BRS-Rubi e HFOP-08 + BRS-Rubi), além do pé franco de BRS-Rubi tratamento, em (mm) nos 25 períodos de 15 dias.

Quanto à variação de armazenagem, apesar do enxerto ser a mesma cultivar para todos os tratamentos, os porta-enxertos são de espécies diferentes. As exigências hídricas podem variar em função das características específicas de cada genótipo, o que fez com que cada tratamento apresentasse uma exigência hídrica diferente, fato esse observado na variação de armazenagem, onde cada tratamento segue um padrão diferente das demais, principalmente onde o suprimento hídrico contava apenas com a irrigação.

No entanto, quando aumenta-se a disponibilidade de água no volume de solo estudado em função da precipitação pluvial, todos os tratamentos tendem a apresentar uma maior armazenagem e seguem uma mesma tendência, principalmente quando as chuvas foram mais constantes e menos torrenciais como nos períodos 19, 20 e 21, onde é possível observar que as linhas de variação de armazenagem para todas as cultivares seguem um mesmo comportamento, exceto para a pé franco BRS-Rubi. As plantas pé franco de BRS-Rubi morreram por murcha de fusário no início do período 21, o que impossibilitou a continuar sendo avaliado.

O tratamento *Passiflora nitida* + BRS-Rubi foi o que apresentou maior valor de armazenagem para todas as profundidades avaliadas, em função do não desenvolvimento das plantas desse tratamento (Figura 5). Observa-se que os valores de variação de armazenagem (Figura 6) para esse tratamento também apresentam o mesmo comportamento, sendo na maioria das vezes maiores que os demais.

Com relação à produtividade (Figura 7) o tratamento HFOP-08 + BRS Rubi foi o que mais se destacou com índice de produtividade (2.443,503 kg ha⁻¹) mais elevado diferindo estatisticamente dos tratamentos NÍTIDA + RUBI e BRS RUBI (202,150 kg

ha⁻¹ e 403,900 kg ha⁻¹, respectivamente), que, por sua vez, foram estatisticamente iguais, bem como os tratamentos GIBERTI + BRS Rubi e ALATA + BRS Rubi que também foram estatisticamente iguais entre si, não diferindo dos demais.

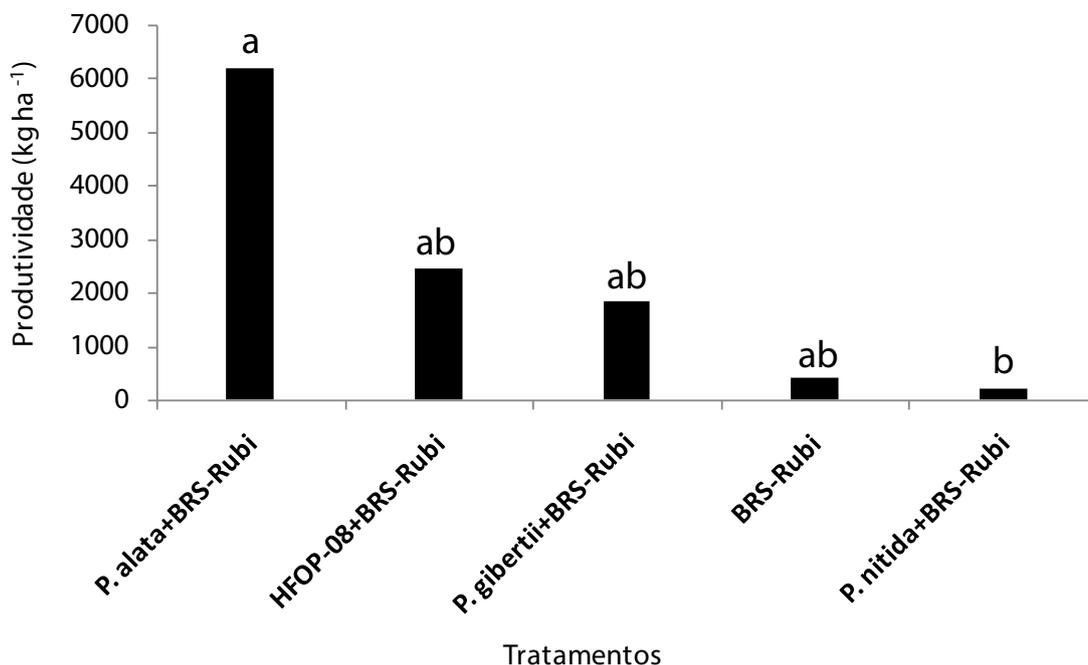


Figura 7. Produtividade total do maracujazeiro em função das combinações (Passiflora alata + BRS-Rubi, Passiflora nitida + BRS-Rubi, Passiflora gibertii + BRS-Rubi e HFOP-08+BRS-Rubi), além do pé-franco de BRS-Rubi tratamento. Analisado pelo teste de Tukey a 5%.

A baixa produtividade do tratamento NÍTIDA + BRS Rubi deve-se ao não crescimento vegetativo da planta, ocasionado provavelmente pela infestação da doença no decorrer do ciclo da cultura. Nesse sentido, o tratamento BRS Rubi não resistiu a infecção da doença causada pelo fungo, tendo murcha severa e posterior morte.

CONCLUSÕES

O tratamento NÍTIDA + BRS Rubi destaca-se por apresentar maior armazenagem de água com valores de 69,23; 55,14; 27,30 mm nas camadas 0-0.5; 0-0.4; 0.3-0.5 m, respectivamente.

O tratamento HFOP + BRS Rubi destaca-se por apresentar maior produtividade atingindo 2.391,84 kg ha⁻¹, obtendo assim menores valores de água armazenada no solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFBaiano/PROPES e a Fapesb pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106).
- CARDOSO, A.; POTTER, R.; DEDECEK, R.A. **Estudo comparativo da degradação de solos pelo uso agrícola no Noroeste do Estado do Paraná**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.27, p.349-353, 1992.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The nature and properties of soils**. 14th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2008.
- FALCONNER, P.; TITTOTO, K.; PARENTE, T.V.; JUNQUEIRA, N.T.V.; MANICA, I. **Caracterização físico-químicas de frutos de seis cultivares de maracujá azedo (Passiflora spp.) produzidos no Distrito Federal**. In: RUGGIERO, C. (ed.). Maracujá, do plantio à colheita. Jaboticabal: FCAV/UNESP/SBF. 1998. p.365367.
- FIDALSKI, J. **Fertilidade do solo sob pastagens, lavouras anuais e permanentes na região Noroeste do Paraná**. Revista Unimar, Maringá, v. 19, p. 853-861, 1997.
- GEE, G. W.; OR, D. Particle-size analysis. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C (ed). **Methods of soil analysis: Physical methods**. Madison: American Society of Agronomy, 2002. p. 255-289.
- HAFLE, O.M.; RAMOS J.D.; LIMA, L.C.O.; FERREIRA, E.A.; MELO,P.C. **Produtividade e qualidade de frutos do maracujazeiro amarelo submetido à poda de ramos produtivos**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 31, n. 3, p. 763770, 2009.
- IBGE. **Banco de Dados Agregados**. Sistema IBGE de Recuperação Automática SIDRA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 de maio de 2013.
- JIMENEZ, R. L.; GONÇALVES, W. G.; ARAÚJO FILHO, J. V.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R.; SILVA, G. P. **Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 116–121, 2008.
- LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2012. 335p.
- MELETTI, L.M.M.; SANTOS, R.R.; MINAMI, K. **Melhoramento do maracujazeiro amarelo: Obtenção do Composto IAC27**. Scientia Agrícola, v. 56, p. 491498, 2000.
- RODRIGUES, A.C.; CAVALCANTE, L.F.; DANTAS, T.A.G.; CAMPOS, V.B.; DINIZ, A.A. **Caracterização de frutos de maracujazeiro amarelo em solo tratado com “biofertilizante supermagro” e potássio**. Magistra, v. 20, n. 3, p. 264-272, 2008.
- SILVA, M.M.; LIBARDI, P.L.; FERNANDES, F.C.S. **Nitrogen doses and water balance components an phonological stages of corn**. Scientia Agrícola, v. 66: 515-521, 2009.
- SOIL SURVEY STAFF. **Keys to soil taxonomy**. 9th. ed. Washington, DC: United States Department of Agriculture (USDA) - Natural Resources Conservation Service, 2003. 332 p.
- STEWART, L.K.; CHARLESWORTH, P.B.; BRISTOW, K.L.; THORBURN, P.J. **Estimating deep drainage and nitrate leaching from the root zone under sugarcane using APSIM-SWIM**. Agricultural Water Management, 81:315-334, 2006.
- VAN GENUCHTEN, M.T. **A Closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils**. Soil Sci. Soc. Am. J., 44:892-898, 1980.

ATRIBUTOS DE SOLOS, DINÂMICA E EVOLUÇÃO DE PROCESSO EROSIVO NA MICROBACIA DO CÓRREGO MARIANINHO, EM FRUTAL/MG

Marcos Vinícius Mateus

Universidade Federal do Triângulo Mineiro,
Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia Ambiental, Uberaba, Minas Gerais

José Cláudio Viégas Campos

Universidade Federal do Triângulo Mineiro,
Departamento de Engenharia Ambiental, Uberaba,
Minas Gerais

Luana Caetano Rocha Andrade

Unopar, Departamento de Engenharia Civil,
Londrina, Paraná

Nathalia Barbosa Vianna

Universidade Federal do Triângulo Mineiro,
Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia Ambiental, Uberaba, Minas Gerais

Matheus Oliveira Alves

Universidade Federal do Triângulo Mineiro,
Programa de Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia Ambiental, Uberaba, Minas Gerais

José Luiz Rodrigues Torres

Instituto Federal do Triângulo Mineiro,
Departamento de Agronomia, Uberaba, Minas
Gerais

RESUMO: A formação de voçorocas está relacionada à evolução de processos erosivos em locais suscetíveis devido ao tipo e/ou uso do solo. Neste estudo, avaliou-se atributos físicos do solo, relevo e área atingida pela voçoroca do Marianinho, em Frutal/MG. Delimitou-se a área da microbacia e da voçoroca e foram

selecionados quatro pontos representativos da área atingida, de onde foram retiradas amostras para análise dos atributos físicos e mecânicos do solo e assim avaliar sua resistência à erosão. A microbacia apresenta área de 147 hectares e perímetro de 5,3 km, onde predominam Latossolos de textura arenosa. De forma geral, o relevo é ondulado com declividades variando de 8 a 20% nas proximidades do talvegue do córrego, possibilitando ocorrência de diferentes formas de erosão. O uso atual da área foi definido como 55,5% área urbana, 35,5% campo/pastagens, 4,5% solo exposto/áreas degradadas, 4,2% mata/árvores de grande porte, indicando que o solo está desprotegido ou impermeabilizado pelas obras urbanas. A voçoroca possui forma linear/bulbiforme, com ramificação principal de 100 m de extensão. Os altos teores de areia fina (37 e 53%), média (34 e 51%) e a baixa plasticidade permitem relacionar o solo do interior da voçoroca com os arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe, aflorante no local, revelando sua suscetibilidade natural à erosão após remoção das camadas superficiais do solo. Observou-se a ocorrência de escoamento subsuperficial, com formação de dutos (Piping) que propiciam a evolução de processos erosivos, reforçando a necessidade de medidas para estabilizar a erosão na área em estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia hidrográfica

urbana. Erosão. Latossolo.

ABSTRACT: Gully formation is related to the evolution of erosion processes at susceptible sites due to the soil type and/or use. In this study, physical attributes of the soil, relief and affected area at the Marianinho gully, in Frutal/MG, were evaluated. The watershed and the gully area were measured, and four representative points of the affected area were selected, from which samples were taken for analysis of physical and mechanical attributes of the soil and thus its resistance to erosion was assessed. The watershed has an area of 147 hectares and a perimeter of 5.3 km, where Latossolos with sandy texture predominate. In general, the relief is wavy with declivities ranging from 8 to 20% near the stream thalweg, enabling the occurrence of different forms of erosion. The current soil use was defined as 55.5% urban area, 35.5% field/pastures, 4.5% exposed soil/degraded areas, 4.2% forest/large trees, indicating that the soil is unprotected or waterproofed by the urban artifacts. The gully is linear/bulbiform, with a 100-meter long main branch. The high levels of fine (37 and 53%) and medium sand (34 and 51%), and the low plasticity link the soil of the inner gully with the Vale do Rio do Peixe sandstones outcropping on site and reveal its natural erosion susceptibility after removing the surface layers of soil. Subsurface runoff with piping formation has been observed, propitiating the evolution of erosion processes and reinforcing the need for erosion stabilization at the area under study.

KEYWORDS: Urban watershed. Erosion. Latossolo.

1 | INTRODUÇÃO

A ausência de planejamento urbano tem proporcionado o desenvolvimento acelerado das cidades e, com isto, a evolução de diversos problemas e impactos ambientais. Juntamente com o crescimento populacional, observa-se ainda a ocupação descontrolada de Áreas de Preservação Permanente (APP), principalmente pela construção civil. Ao longo do tempo, estas áreas podem se tornar áreas de risco para os moradores, uma vez que o solo perde sua cobertura e é erodido pela carga e velocidade da chuva. No processo de crescimento urbano é comum a ausência de estudos da dinâmica do escoamento superficial, resultando no lançamento sem o devido controle do escoamento das águas pluviais em áreas periféricas. Frequentemente, devido à intensa impermeabilização e a concentração deste escoamento, processos erosivos podem ser desencadeados e, em condições de manejo inadequado, é possível que erosões superficiais se desenvolvam rapidamente para voçorocas, que podem afetar grandes áreas e causar impactos praticamente irreversíveis.

Nesse contexto, a recuperação de áreas degradadas por processos erosivos, apresenta-se como um tema de relevante preocupação social e ambiental. Isto posto, o presente projeto propõe a análise de diferentes fatores, antrópicos e naturais, relacionados à formação da voçoroca do Marianinho, localizada no município de

Frutal/MG, que atualmente afeta a estabilidade de residências e construções próximas e coloca em risco a vida da população que reside no bairro Ipê Amarelo.

2 | OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo geral fornecer subsídios à elaboração de uma estratégia para conter de modo eficaz a evolução da voçoroca do Marianinho e recuperar a área degradada pela erosão. Antes disso, porém, era importante e necessário conhecer as características físicas e químicas do solo e relevo da região em estudo, buscando entender os fatores que condicionam a formação dessas feições erosivas. Para tanto, o estudo teve como objetivos específicos: 1) a delimitação da bacia da microbacia hidrográfica do córrego do Marianinho; 2) a caracterização do clima, relevo; solo e geologia da área em estudo; 3) a busca pela relação entre a caracterização do meio físico e os processos erosivos dominantes.

3 | MATERIAL E MÉTODOS

Uma vez conhecidos os fatores que comumente interferem nos diferentes processos erosivos, pode-se identificar quais desses processos estão sendo favorecidos na área em estudo e assim iniciar o traçado de uma estratégia para conter o processo de voçorocamento. Baseado nessa ideia, o estudo foi dividido em três etapas: delimitação da bacia hidrográfica em que a voçoroca está inserida, caracterização ambiental e análise dos processos erosivos da área de estudo.

3.1 Delimitação da área de estudo

A delimitação da área de estudo levou em consideração a definição da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos, que é um dos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos instituída pela Lei Federal n. 9.433/97.

Os dados da Missão Topográfica do Radar Shuttle (SRTM) referentes à região de estudo foram obtidos junto ao Serviço Geológico Americano (USGS), possuindo informações originais disponíveis para a América do Sul, referentes à banda C do equipamento InSAR, com resolução espacial de 30 m e elipsoide de referência WGS84. Assim, realizou-se a conversão para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000) com o auxílio do software de SIG ArcGIS 10.1 disponibilizado no Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), de modo a preparar os dados para posterior aplicação no trabalho.

O processo de delimitação automática da bacia hidrográfica também foi desenvolvido no software ArcGIS, juntamente com as extensões (*plugins*) disponíveis no endereço eletrônico da Environmental Systems Research Institute (ESRI). A

metodologia utilizada nesse processo subdividiu-se em quatro etapas principais, sendo: preenchimento de depressões (*Fill*), direção de fluxo (*Flow Direction*), fluxo acumulado (*Flow Accumulation*) e delimitação de bacias (*Watershed*) (DIAS et al., 2004) disponíveis através do *plugin* Hydrology Modeling Tools.

A acurácia dos dados do SRTM tem sido comprovada de diversas formas por vários pesquisadores (RODRIGUEZ et al., 2006). No entanto, estudos desenvolvidos por FALORNI et al. (2005) apontam que a acurácia dos dados do SRTM depende da topografia local, constatando-se maior incidência de erros em dados referentes a terrenos com relevo íngreme ou montanhoso.

3.2 Caracterização ambiental

Durante a etapa de caracterização, foram recolhidos dados da área de estudo sobre fatores considerados determinantes na formação, evolução e estabilidade dos solos, entre os quais: geologia, topografia, rede hidrográfica, uso e ocupação do solo e propriedades físicas, químicas e mineralógicas.

3.2.1 Topografia

A partir da imagem SRTM utilizada na delimitação da microbacia hidrográfica, mas com auxílio da ferramenta criar Rede Triangular Irregular (*Create TIN*) do software ArcGIS foi gerado o mapa. A ferramenta, disponível através do *plugin* 3D Spatial Analyst Tools, usa o método de triangulação de Delaunay a partir do qual um conjunto de pontos distribuídos irregularmente no espaço gera um modelo digital de terreno. Na determinação das porcentagens de declividade utilizou-se a ferramenta declividade (*Slope*).

3.2.2 Rede hidrográfica

Para o mapeamento da rede hidrográfica procedeu-se ao cadastro das possíveis nascentes presentes na área de estudo e posterior identificação dos cursos d'água. Tanto as possíveis nascentes quanto a rede hidrográfica foram mapeadas por meio da interpretação da imagem de satélite e de trabalhos de campo, nos quais se fez o reconhecimento da área, questionamento junto aos moradores locais sobre a existência de nascentes e coleta de coordenadas dos pontos relevantes com o auxílio de um GPS. Ressalta-se, no entanto, a impossibilidade de identificar nascentes na área urbana devido à impermeabilização do solo.

A falta de certeza na identificação das nascentes se dá ao fato de algumas situações normalmente confundirem os observadores, levando-os equivocadamente a caracterizá-las como nascentes. É o caso de áreas com a formação de uma camada subsuperficial de argilas hidromórficas ou variações geológicas internas horizontais ou sub-horizontais, como lentes de argila ou existência de estruturas, que levam a

“lençóis suspenso” ou “empoleirados” aflorando à superfície de um terreno declivoso antes de atingir o lençol freático propriamente dito (SANTOS, 2008). Sendo o talude da voçoroca um terreno declivoso, é necessário um conhecimento maior da geologia e da hidrogeologia da região investigada antes de definir com certeza as nascentes da microbacia. De todo modo, todas as surgências avistadas tiveram sua localização registrada.

3.2.3 Uso e ocupação do solo

A caracterização do uso do solo foi realizada por meio de trabalhos de campo e da interpretação da imagem de satélite. Imagem do Google Earth, referente ao ano de 2014, foi utilizada para vetorização do uso e ocupação do solo. Os trabalhos de campo, realizados no ano de 2014, tiveram como objetivo levantar os principais usos do solo na sub-bacia, que foram demarcados com o auxílio de um GPS de modo a confirmar a caracterização obtida com imagem de satélite.

3.3 Seleção dos locais e coletas de amostras de solos

Foram selecionados quatro pontos (PC1, PC2, PC3 e PC4) para coleta de amostras de solo, de modo a obter representatividade da área atingida pela voçoroca e comparar as propriedades físicas e mecânicas das diferentes porções atingidas. Sua localização é apresentada na Figura 1.

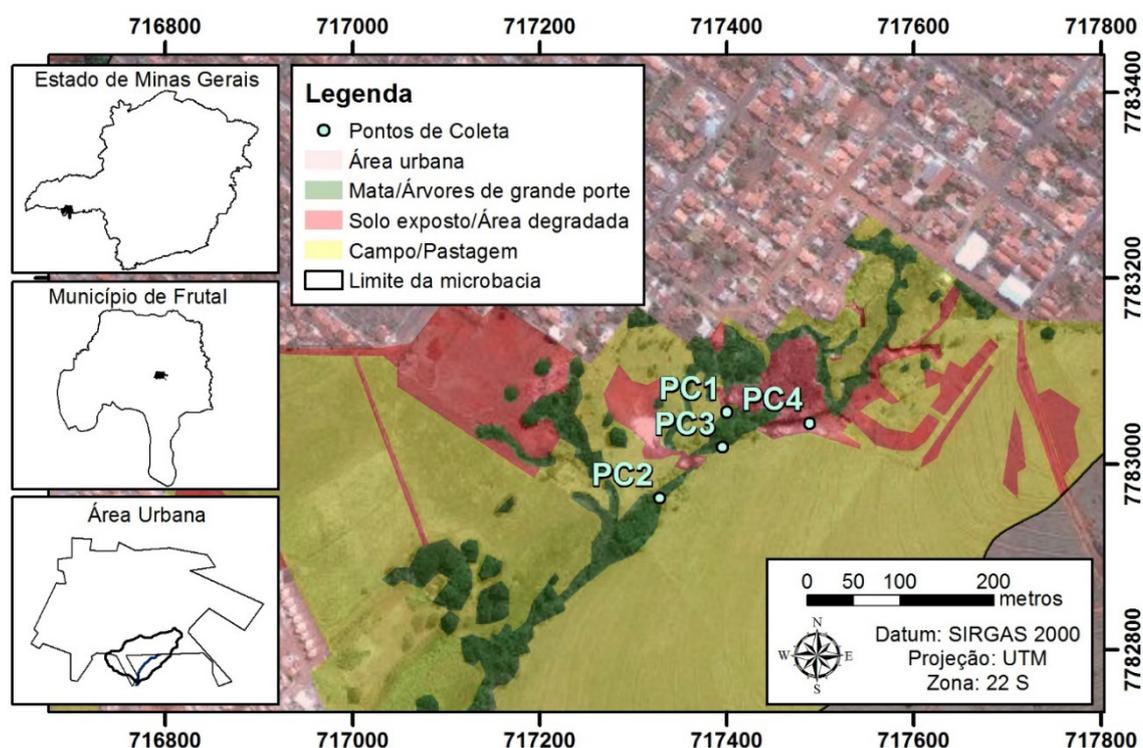


Figura 1 - Pontos de coleta de amostras de solo

Uma vez que as análises seriam realizadas em laboratório, foi utilizado um trado tipo cavadeira para coleta das amostras de solo, posteriormente transportadas em

sacos plásticos.

3.4 Análise das propriedades físicas e mecânicas do solo

Após a coleta de amostras de solo, suas características físicas e mecânicas foram obtidas no Laboratório de Mecânica dos Solos da UFTM. Entre os ensaios realizados estão: análise granulométrica, ensaios de limites de consistência e ensaio de compactação. A análise granulométrica e a determinação dos limites de consistência permitiram também a classificação das amostras de acordo com o SUCS, seguindo metodologia descrita por ASTM (2000).

3.4.1 Análise granulométrica

A análise granulométrica consistiu no peneiramento das partículas com diâmetro maior que 2 mm, seguido de ensaio de sedimentação com defloculante e dispersão das partículas com diâmetro inferior a 0,075 mm e peneiramento das partículas com diâmetro dentro do intervalo restante (entre 0,075 e 2 mm), além do posterior tratamento estatístico dessa informação. A metodologia de execução da análise é descrita na NBR 7181 (ABNT, 1984c).

3.4.2 Ensaios de limites de consistência

Os limites de liquidez (LL) e limites de plasticidade (LP) foram obtidos a partir da metodologia descrita respectivamente na NBR 6459 (ABNT, 1984a) e na NBR 7180 (ABNT, 1984b).

3.4.3 Ensaios de compactação

Foi realizado o ensaio de compactação com cilindro de Proctor na energia normal, sem reuso de material, sobre as amostras 1B, 2B e 3, preparadas a 5% abaixo da umidade ótima presumível, conforme metodologia descrita na NBR 7182 (ABNT, 1986).

Os valores dos parâmetros massa específica aparente seca máxima (γ_s) e umidade ótima para compactação foram calculados para cada amostra como sendo, respectivamente, a ordenada e a abscissa do ponto de máximo da curva de compactação, metodologia utilizada por Luciano et al. (2012).

3.5 Análise dos processos erosivos

Os dados obtidos na etapa anterior serão relacionados com base nas referências bibliográficas, de modo a indicar quais os processos erosivos predominantes na área de estudo e subsidiar a escolha de possíveis alternativas de recuperação da área degradada.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados e discutidos em quatro etapas. Primeiramente no que toca as características ambientais (solo, geologia, topografia, hidrologia e uso e ocupação do solo) da área em estudo, bem como das propriedades físicas e mecânicas do solo e posteriormente na relação dessas características com os processos erosivos dominantes na região. Por último são apresentadas as medidas preventivas e corretivas sugeridas para controle de tais processos.

4.1 Características ambientais

A delimitação da microbacia hidrográfica do córrego do Marianinho é apresentada na Figura 2. O cálculo da área em planta, isto é, desconsiderando as irregularidades topográficas, foi possível através do software ArcGIS e resultou em um valor de 147 ha. O perímetro da microbacia também foi calculado igual a 5,3 km.

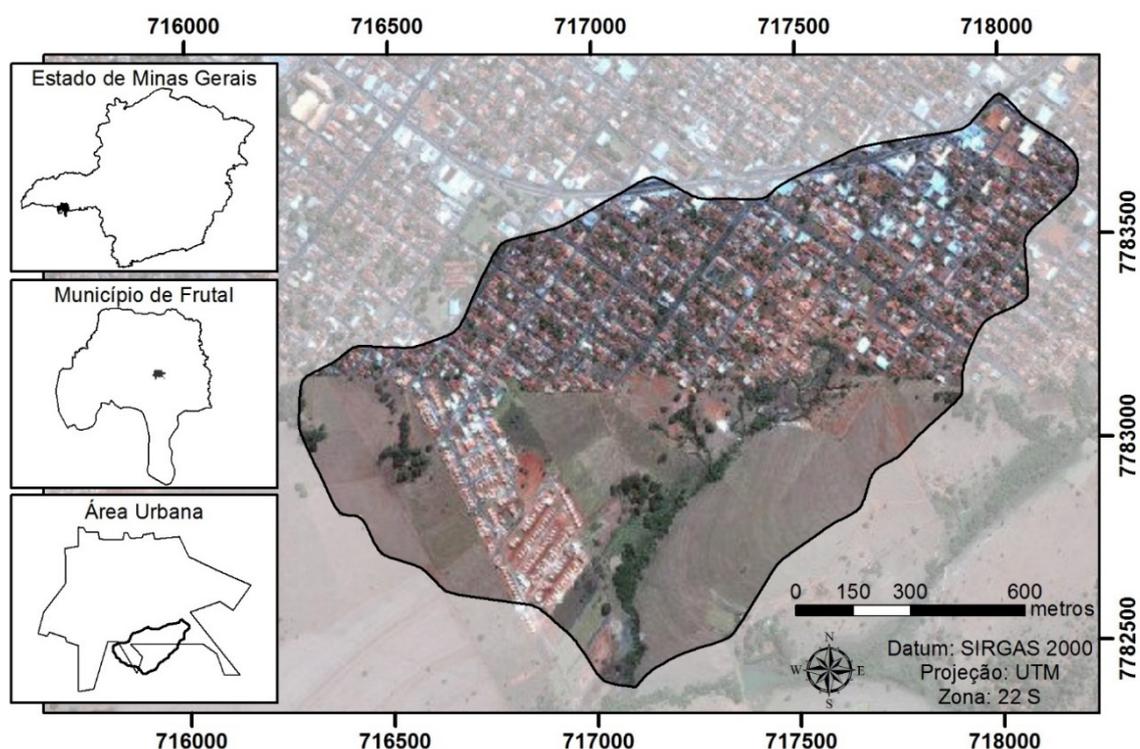


Figura 2 - Localização da microbacia hidrográfica do Corrégo do Marianinho no município de Frutal/MG

Os divisores de água propostos se mostraram coerentes com o que foi visualizado em campo, bem como com as curvas de nível apresentadas na Figura 3.

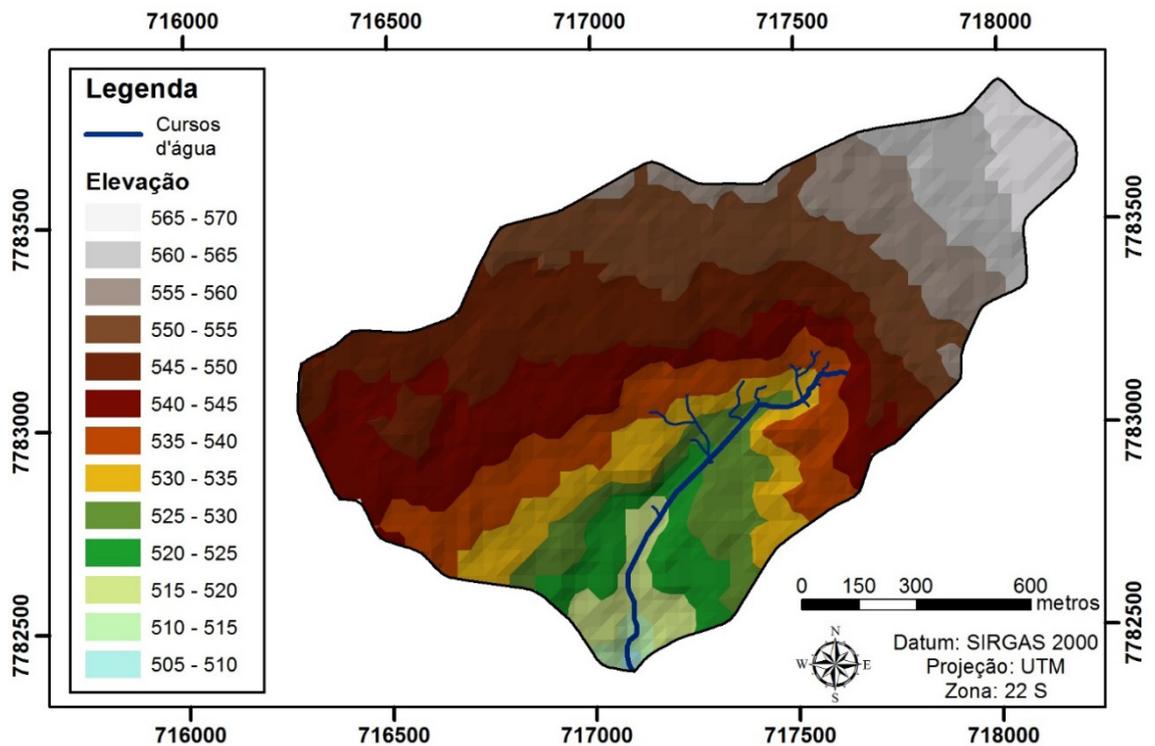


Figura 3 - Mapa hipsométrico da microbacia do córrego do Marianinho

Com base nos mapas hipsométrico (Figura 3) e de declividade (Figura 4) gerados e em visita ao local verifica-se na região a predominância de relevo suave ondulado (declividades entre 3 e 8%), presença de superfícies de aplainamento (declividades entre 0 e 3%) no topo da microbacia e relevo ondulado (declividades entre 8 e 20%) ao longo das proximidades do talvegue do córrego do Marianinho.

Vale salientar que a resolução espacial do SRTM utilizado, que é de 30 m, não permite calcular a inclinação em declives de pequena extensão, tais como os taludes dos córregos pouco erodidos ou mesmo os íngremes taludes da voçoroca.

As voçorocas possuem forma linear/bulbiforme, possuindo uma ramificação principal, com aproximadamente 100 m de extensão. Anteriormente ao aterro ocorrido 2013 devido aos riscos para as residências a montante, estima-se que essa ramificação apresentava 150 m. O córrego do Marianinho, de drenagem perene, é o ponto comum entre várias das ramificações da voçoroca. Em muitas delas foi identificada a interceptação do lençol freático, bem como há indício de surgências d'água mesmo em áreas pouco erodidas.

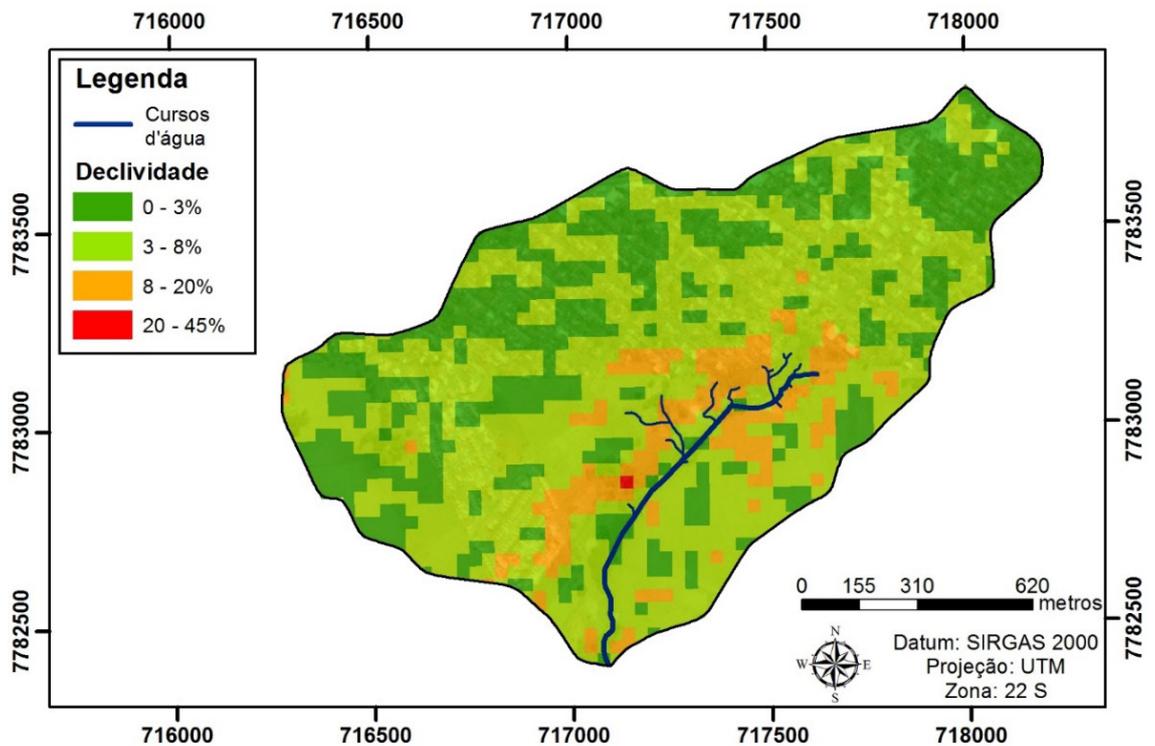


Figura 4 - Mapa de declividade da microbacia do Córrego do Marianinho

Foi possível identificar também em campo o início do processo de *piping* na superfície de aplainamento na margem esquerda do córrego próximo ao PC3. A água empocada na superfície indica a baixa permeabilidade do solo e a surgência de água através do fluxo subsuperficial em um ponto mais alto que o nível d'água do córrego, indicam a existência de um lençol suspenso.

Não foi encontrada na área percorrida nenhum contato dos arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe com o basalto da Formação Serra Geral, o que exclui a possibilidade de que seja esse contato um fator desencadeante das feições erosivas nessa microbacia.

Vários dispositivos de drenagem foram outrora construídos com o intuito de direcionar o fluxo de água para longe da área mais crítica do complexo de voçorocas, bem como de diminuir sua velocidade de aproximação. A água do córrego é límpida, com exceção das zonas mortas, que apresentam flocos avermelhados provavelmente provenientes da coagulação de compostos de ferro lixiviados dos taludes. Também não há odor na água na maior parte, exceto pela área próxima a um criadouro de suínos. Diversos materiais de origem antrópica, como resíduos sólidos domésticos e de construção civil, foram encontrados no leito do córrego, podendo tanto ter sido lançados diretamente lá, quanto carreados durante fluxo torrencial, uma vez que a maior parte da área de contribuição do córrego encontra-se urbanizada.

Situada no limite da área urbana, o atual uso e ocupação do solo da microbacia é diversificado, apresentando áreas naturais e antropizadas. Foi possível verificar em visita ao local a expansão da área urbana pela instalação de novos loteamentos. Foram identificados os seguintes usos predominantes: área urbana (55,5%), campo/

pastagens (35,8%), solo exposto/áreas degradadas (4,5%), mata/árvores de grande porte (4,2%) no ano de 2014.

Foi identificada a presença de trilhas feitas pelo gado, bem como de formigueiros e buracos de tatu, mas as áreas de pastagem não apresentam indícios de manejo intensivo. Além disso, segundo informações dos moradores da vizinhança, após verificação dos intensos processos erosivos a área com maior concentração de voçorocas foi cedida pelo proprietário à prefeitura da cidade de modo a possibilitar projetos de recuperação da área. Ainda assim, foram identificados

As áreas de solo exposto se devem em de parte pela supracitada instalação de novos loteamentos, o que remete a uma situação temporária, uma vez que em breve a ocupação do solo se dará como área urbana. As áreas de solo exposto próximas ao córrego são referentes aos deslizamentos de massas de terra recentes na época da fotografia utilizada, bem como à obra de aterro do braço sudeste da voçoroca, que ameaçava o bairro Ipê Amarelo.

Visitas a campo sugerem que a vegetação está lentamente se espalhando pela área aterrada, e há presença de vegetação nas bordas e interior da voçoroca, porém não há sinais claros de estabilização dos processos erosivos, uma vez que mesmo na área aterrada, podem ser visualizados sulcos e até ravinas. Nos outros braços da voçoroca podem também ser visualizadas as porções de terra que sofreram escorregamento e as encostas íngremes deixadas em seu lugar (Figura 5).

Nos taludes das voçorocas foi identificada passagem lateral de horizontes avermelhados para horizontes acinzentados. Os horizontes avermelhados, dominantes no PC4 (Figura 6), ocorrem a montante da transição e apresentam aspecto latossólico e textura franco-argilosa pelo teste de campo de sensibilidade ao tato. Os horizontes acinzentados, dominantes no PC2 (Figura 7), ocorrem a jusante da transição e apresentam aspecto glei e textura franco-siltosa pelo teste de campo.

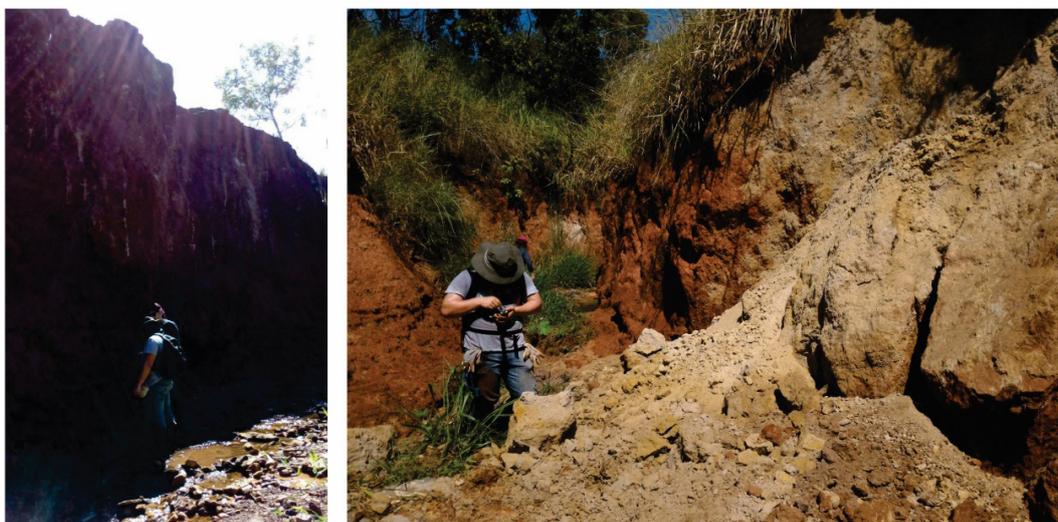


Figura 5 - Talude declivoso da voçoroca (esquerda) e massa de terra deslizada (direita) evidenciado a que os processos erosivos estão ativos



Figura 6 – Horizontes avermelhados em PC4

Além disso, é possível identificar, na maior parte da extensão percorrida no interior da voçoroca, um outro conjunto de horizontes avermelhados sobrejacente aos horizontes acinzentados, sendo facilmente visualizados em PC2 e PC3 (Figura 7) devido ao contraste de cores. Esses horizontes possivelmente se originaram da deposição de material advindo das zonas mais altas da bacia.



Figura 7 - Horizontes acinzentados em PC2 (esquerda) e PC3 (direita)

Já no ponto PC1 é possível identificar a transição lateral e vertical, abrupta e irregular/descontínua (Figura 8), sendo que os solos acinzentados ocorrem nas camadas superiores e os avermelhados nas inferiores.



Figura 8 - Transições vertical (esquerda) e lateral (direita) em PC1

4.2 Propriedades físicas e mecânicas do solo

O resultado da análise granulométrica através dos ensaios de sedimentação e peneiramento, de acordo com a NBR 7181 (ABNT, 1984b) é apresentada na Figura 9.

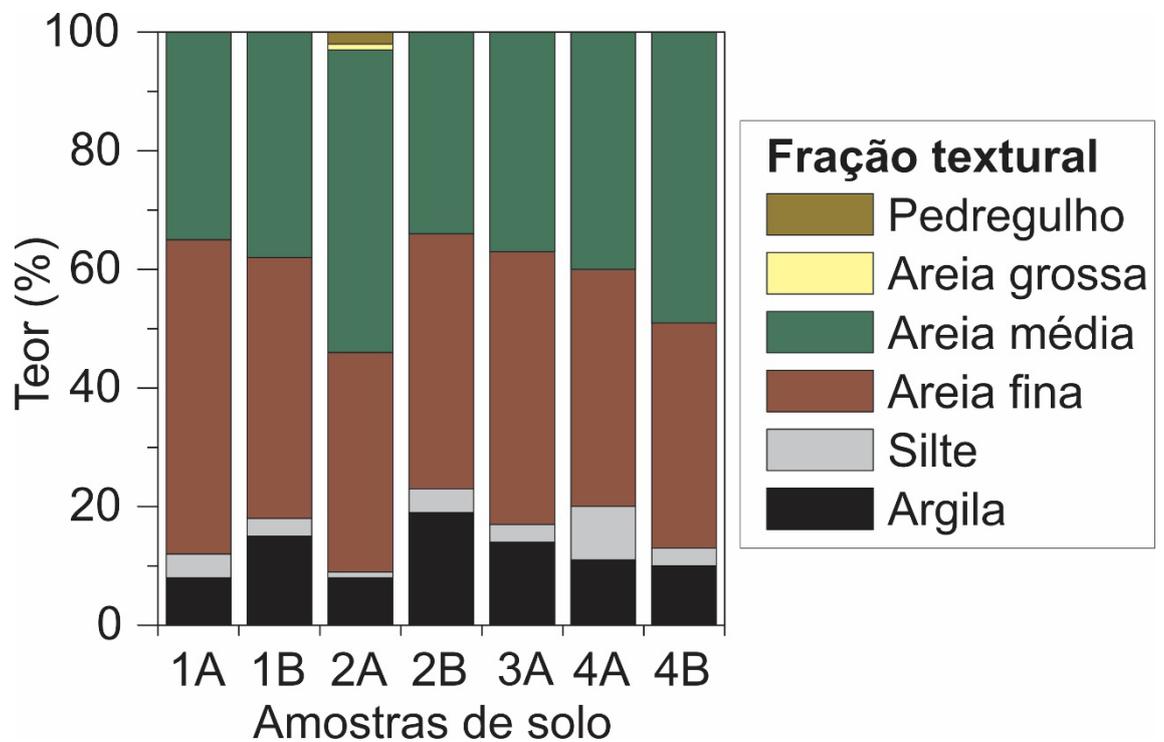


Figura 9 - Percentuais de cada fração textural, de acordo com a definição da ABNT

É possível perceber que existe grande semelhança entre os perfis de distribuição granulométrica de cada amostra, sendo que para todos eles a maior parte das partículas

de solo tem o diâmetro dentro dos intervalos de 0,06 a 0,2 mm, que corresponde a fração de areia fina, e 0,2 a 0,6 mm, que correspondem a fração de areia média, segundo a definição apresentada pela ABNT (1995). Tal semelhança sugere que as amostras têm origem a partir da mesma formação geológica, no caso, os arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe, encontrados subjacentes ao material inconsolidado analisado. As variações podem ser devidas a intercalação de diferentes fácies sendo algumas com maior proporção de sedimentos finos.

Também vale ressaltar que 100% das partículas de todas as amostras possuem diâmetro menor que 0,6 mm, com exceção da amostra 2A que apresentou 1% de areia grossa (diâmetro entre 0,6 e 2 mm) e 2% de pedregulhos finos (diâmetro entre 2 e 6 mm). A fração pedregulhos encontrada é basicamente composta de nódulos de cores ocre, ferrugem, vermelho escuro e preto, sendo os da última cor possivelmente óxido de manganês e das demais óxidos de ferro, o que conforme indicado por Siqueira et al. (2014) são indicativos da ocorrência de processos de laterização das camadas superficiais do solo.

A amostra que apresenta maior proporção da fração argila é a 2B (19%), retirada do horizonte acinzentado do PC2. Tal proporção de argila é menor que aquelas definidas por Morgan (2005) para as camadas inferiores dos solos duplex, ainda assim, a potencial redução abrupta do coeficiente de permeabilidade ao se atingir tais horizontes é fator intensificador do fluxo subsuperficial.

Os valores de dos limites de plasticidade (LP), limites de liquidez (LL), índices de plasticidade (IP) e de atividade de Skempton (Ac) para as amostras analisadas e classificação segundo o SUCS são apresentados na Tabela 1

Amostras	LP	LL	IP	Teor de Argila (%)	Ac	Grupo textural
1A	13	17	4	8	0,5	Areia argilo-siltosa
1B	17	22	5	15	0,3	Areia argilo-siltosa
2A	16	-	Não Plástico	8	-	Areia mal graduada com silte
2B	15	20	5	19	0,3	Areia argilo-siltosa
3	17	20	3	14	0,2	Areia siltosa
4A	16	24	8	11	0,7	Areia argilosa
4B	16	19	3	10	0,3	Areia siltosa

Tabela 1 - Valores dos limites de plasticidade (LP), limites de liquidez (LL), índices de plasticidade (IP) e de atividade de Skempton (Ac) das amostras e a classificação segundo o SUCS

Marcolin (2006) relataram correlação positiva entre o teor de argila e os valores de LL, LP e IP, no entanto os valores de LL, LP e IP no presente estudo não aumentaram diretamente com o teor de argila, por exemplo, a amostra 2B que apresenta maior teor

de argila não é aquela que apresenta os maiores valores de LL, LP e IP. Luciano et al. (2011) sugerem que isso pode ser devido ao predomínio de argilominerais com menor superfície específica, os quais diminuem a capacidade da fração argila de interagir com a água e reduzem o efeito lubrificante desta, não ocorrendo o deslizamento das partículas finas uma sobre as outras, o que reduz o IP do solo.

Medeiros (2014) divide a carta de plasticidade em três regiões de erodibilidade, sendo as amostras com $LL < 30$ e ao mesmo tempo $IP < 15$ consideradas de alta erodibilidade, aquelas com $LL > 50$ ou $IP > 30$ consideradas de baixa erodibilidade e o intervalo intermediário considerado como de média erodibilidade. Essa convenção, classifica todas as amostras coletadas nesse estudo como de alta erodibilidade.

Segundo Vargas (1993), para avaliar a consistência do solo é indispensável fazer uma análise comparativa de sua plasticidade, que pode ser realizada por meio do grupo textural em conjunto com os valores Ac. Observa-se que mesmo as amostras apresentando predominância da fração argila sobre a fração silte (Tabela 1), a classificação textural indicou a fração fina da maioria das amostras como siltosa (amostras 2A, 3 e 4B) e argilo-siltosa (amostras 1A, 1B, e 2B). Isso pode ser explicado pelo fato de o valor de Ac dessas amostras se encontrar abaixo da linha de atividade de 0,75, o que leva a classificação da fração fina dos solos como “argilominerais inativos” (Skempton, 1953). Tal classificação indica que os horizontes subsuperficiais dos solos amostrados apresentam, em função dos fatores e processos de formação do solo, baixo índice de plasticidade, o que por sua vez reflete em baixa coesão e adesão das partículas do solo. De modo análogo, a amostra 4A, que foi classificada como areia argilosa é aquela que apresentou maior valor de Ac (0,7), mas ainda assim, abaixo da linha de atividade de 0,75.

A influência do teor de argila sobre o valor de γ_s e da umidade ótima para compactação dos solos também pôde ser identificada, sendo as amostras com maior teor de argila (2B) aquela que apresentou maior valor γ_s , o que ocorre pela maior quantidade de cargas de superfície e área superficial específica, características que, somadas à maior capilaridade dos solos argilosos, resultam em maior retenção de água, em comparação aos solos com maior teor de silte e, ou, areia (REICHERT et al., 2009).

Os valores encontrados inclusive encontram-se próximos ao limite superior da faixa esperada, 1,7 a 2,0 g/cm³, para “solos arenosos com finos”. Verifica-se também que ocorrem relativamente pequenas variações na massa específica aparente seca com incrementos de umidade, tal como relatado por Trindade et al. (2008), segundo os quais a influência da umidade no processo de compactação é muito menos significativa em solos arenosos do que em solos argilosos, pois os fenômenos de superfícies curvas de compactação têm menor importância. Em solos argilosos, quando o solo se encontra com umidade abaixo da ótima, a aplicação de uma energia de compactação maior resultará num aumento de peso específico aparente seco, mas quando a umidade é maior que a ótima, um aumento na energia de compactação, pouco ou nada altera o

peso específico aparente seco, pois não se consegue expulsar o ar dos vazios.

4.3 Processos erosivos dominantes

A análise dos resultados demonstra que o relevo predominante na bacia é um fator importante para a susceptibilidade a processos erosivos, sendo a área de maior fragilidade aquela em que há aumento de declividade e conseqüente aparecimento de surgências de água subsuperficial, ou seja, as vertentes ou encostas do córrego do Marianinho.

O Latossolo em geral não é um solo propenso à erosão, o que está relacionado à baixa diferença no teor de argila entre os horizontes A e B, a boa permeabilidade e a drenabilidade alta (BOTELHO e GUERRA, 2003). Apesar disso, a granulometria média do subsolo dessa microbacia é um fator que agrava sua fragilidade ambiental uma vez que basta que as camadas superficiais sejam removidas para que o material friável, pobre em matéria orgânica e pouco coesivo também se torne exposto aos processos erosivos.

Aliados à diminuição da vegetação, outros condicionantes encontrados, como a presença de buracos de tatu, formigueiros e trilhas de gado, facilitam a criação de caminhos preferenciais para água e aceleram os processos erosivos na área em estudo, tal como observado por Baccaro e Carrijo (1999) na bacia do ribeirão Boa Vista, município do Prata, também localizada na região do Triângulo Mineiro.

É possível perceber a importante influência do escoamento superficial na intensificação da erosão, com destaque para o antigo braço sudeste que recebia a drenagem da área urbana se tornando a maior feição erosiva da microbacia, bem como para a área erodida a montante do PC1, a qual recebia parte da drenagem superficial através de um dispositivo de concreto e foi palco de um desmoramento recente de massas de terra. ou trilhas de gado são

Igualmente importante é a ocorrência do processo de piping, tal como visualizado nesse estudo e também por Vilela (2010), citado por Silva (2011), que rapidamente pode levar ao desenvolvimento de novas voçorocas e foi possivelmente um acelerador na gênese das feições erosivas hoje existentes na microbacia do Marianinho.

5 | CONCLUSÕES

Atualmente, a voçoroca do Marianinho afeta a estabilidade de residências e construções próximas e coloca em risco a vida da população que reside no bairro Ipê Amarelo. Como o resultado da caracterização ambiental da área de estudo e da análise dos processos erosivos relacionados à formação dessa voçoroca, conclui-se que existe uma fragilidade natural da área em virtude das características do clima, solo e relevo que propiciam a evolução de processos erosivos, com destaque para o processo de piping.

No entanto, percebe-se também que há uma aceleração desses mesmos processos erosivos em virtude da ocupação antrópica, especialmente no que toca a impermeabilização das zonas de cabeceira gerando fluxo superficial mais rápido e intenso para os mesmos eventos de chuva sazonais.

6 | AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Instituto Água para Toda Vida e à Prefeitura de Frutal pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR 6459** : 1984 : Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 1984a. 6 p.

_____. **NBR 7180** : 1984 : Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1984b. 3 p.

_____. **NBR 7181** : 1984 : Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1984c. 6 p.

_____. **NBR 7182** : 1986 : Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. 10 p.

_____. **NBR 6502** : 1995 : Rochas e solos. Rio de Janeiro: ABNT, 1995. 18 p.

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS). **ASTM D2487-00**: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). ASTM International, West Conshohocken, PA, 2000.

BACCARO, C. A. D.; CARRIJO, B.R. **Dinâmica e evolução dos processos erosivos no oeste do triângulo mineiro: a bacia do ribeirão Boa Vista - Prata/MG**. Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, 1999. Disponível em: <http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/simposio_erosao/articles/Artigos/T082.pdf> Acesso em: 19 jul 2016.

BOTELHO, R. G. M.; GUERRA, A. J. T.. Erosão dos solos. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia do Brasil**. 3 ed. Bertrand Brasil, p.181-220, Rio de Janeiro, 2003.

DIAS, L.S.O.; ROCHA, G.A.; BARROS, E.U.A.; MAIA, P.H.P. **Utilização do radar interferométrico para delimitação automática de bacias hidrográficas**. Bahia Análise & Dados, Salvador, v. 4, n. 2, p. 265-271, 2004.

FALORNI, G.; TELES, V.; VIVONI, E.R.; BRAS, R.L.; AMARATUNGA, K.S. **Analysis and characterization of the vertical accuracy of digital elevation models from the Shuttle Radar Topography Mission**. Journal of Geophysical Research, Washington, v. 110, n. F2, p. 1-20, 2005.

LUCIANO, R. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; COSTA, A.; BATISTELLA, B.; WARMLIING, M.T. **Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no sul do Brasil**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, n. 36, p. 1733-1744, 2012.

LUCIANO, R. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; COSTA, A.; BATISTELLA, B.; WARMLING, M.T. **Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no sul do Brasil**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, n. 36, p. 1733-1744, 2012.

MARCOLIN, C.D. **Propriedades físico-hídrico-mecânicas de solos sob plantio direto, na região de Passo Fundo – RS**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.

MEDEIROS, G. P. **Susceptibilidade à erosão na alta bacia do ribeirão Barreiro – Alexânia-GO**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation** / R. P. C. Morgan. 3ª ed. Blackwell Science Ltd, Oxford, UK, 2005.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN, R. & KANSSON, I.H. **Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop, production in subtropical highly weathered soils**. Soil Tillage Res., v. 102, p. 242-254, 2009.

RODRIGUEZ, E.; MORRIS, C.S.; BELZ, J.E. **A global assessment of the SRTM performance**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Bethesda, v.72, n.3. p. 249-260, 2006.

SANTOS, A. R. **Diálogos geológicos: É preciso conversar mais com a terra**. Editora Nome da Rosa. São Paulo, 2008.

SILVA, V. C. **Análise geomorfológica em encosta de voçoroca: o caso da cabeceira do Córrego do Marianinho**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) - Universidade do Estado de Minas Gerais, Frutal, 2011.

SIQUEIRA, A. C. D. A.; MAGINI, C.; DANTAS, E. L.; FUCK, R. A.; SASAKI, J. M. **Lateritas do Domínio Médio Coreau: comportamento geoquímico de mantos lateríticos do Noroeste do Estado do Ceará**. Brazilian Journal of Geology, v. 44, n. 2, p. 249-264, 2014.

SKEMPTON, A. W. The colloidal "Activity" of clays. In: International conference on soil mechanics and foundation engineering, 3, Zurich, 1953. **Proceeding...** Zurich, 1953. p.57-61.

TRINDADE, T. P.; CARVALHO, C. A. B.; LIMA, D. C.; BARBOSA, P. S. A.; SILVA, C. H. C.; MACHADO, C. C. **Compactação dos solos: fundamentos teóricos e práticos**. Viçosa: Editora UFV, 2008.

VARGAS, M. **Solos porosos e colapsíveis** (Apostila). São Carlos, Departamento de Geotecnia - EESC - USP, 1993.

AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS DE TRÊS CULTIVARES DE ARROZ (*Oryza sativa*) SUBMETIDAS A DIFERENTES DOSES DE AMÔNIO

Ana Carolina Oliveira Chapeta

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –
UFRRJ – Departamento de Solos – Seropédica
- RJ

Erinaldo Gomes Pereira

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –
UFRRJ – Departamento de Solos – Seropédica
- RJ

Carlos Alberto Bucher

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
– UFRRJ – Departamento de Fitotecnia –
Seropédica - RJ

Manlio Silvestre Fernandes

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –
UFRRJ – Departamento de Solos – Seropédica
- RJ

Cassia Pereira Coelho Bucher

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –
UFRRJ – Departamento de Solos – Seropédica
– RJ

RESUMO: O amônio é uma fonte inorgânica de nitrogênio muito importante para o desenvolvimento das plantas, porém em faixas de concentrações milimolares pode causar toxidez, uma vez que nessas faixas as raízes preferem captar o amônio em detrimento ao nitrato. Uma das grandes vantagens do uso de fontes amoniacais para as plantas é a diminuição no gasto energético, uma vez que o amônio ao ser absorvido já se encontra em uma

forma prontamente assimilável, ao contrário do nitrato que necessita de um gasto de oito elétrons para ser reduzido a amônio e poder ser assimilado. O objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento de três variedades de arroz (*Oryza sativa* L.), duas variedades nativas do Maranhão (Manteiga e Piauí) e a variedade (IAC-47) em diferentes concentrações de NH_4^+ (0,2 mM de NH_4^+ (trat 1), 1 mM de NH_4^+ (trat 2) e 1 mM de NH_4^+ com privação de N e posterior ressuprimento (trat 3)). Foi possível verificar que as variedades Maranhenses, quando comparadas a variedade IAC-47, apresentaram maiores teores de amônio nas bainhas e nas folhas nos tratamentos 2 e 3, e aminoácidos livres nessas mesmas partes para o tratamento 3. Esse maior teor de amônio e aminoácidos livres relatado nas variedades maranhenses no tratamento 3 foi acompanhado de uma maior atividade da GS nas raízes e folhas, sugerindo que essas variedades possuem uma maior capacidade de absorver o N- NH_4^+ aplicado no solo e de remobilizar este nutriente em ocasiões que se faça necessário, colaborando para a diminuição de perdas ambientais.

PALAVRAS CHAVES: Toxidez, Manteiga, Piauí.

ABSTRACT: Ammonium is an inorganic source of nitrogen very important for the development of plants, but in bands of millimolar concentrations

can cause toxicity, since in these bands the roots prefer to capture ammonium instead of nitrate. One of the great advantages of the use of ammoniacal sources for plants is the reduction in the energy expenditure, since the ammonium to be absorbed is already in a form readily assimilable, unlike the nitrate that needs an expense of eight electrons to be reduced to ammonia and can be assimilated. The objective of this work was to evaluate the behavior of three rice varieties (*Oryza sativa* L.), two native varieties of Maranhão (Manteiga and Piauí) and variety (IAC-47) in different NH_4^+ concentrations (0.2 mM NH_4^+ (trat 1), 1 mM NH_4^+ (trat 2) and 1 mM NH_4^+ with N deprivation and subsequent resupure (trat 3). It was possible to verify that the Maranhenses varieties, when compared to the IAC-47 variety, had higher levels of ammonium in the sheaths and leaves in the treatments 2 and 3, and free amino acids in the same parts for the treatment 3. This higher ammonium and amino acids content free yields reported in the Maranhão varieties in treatment 3 was accompanied by a higher GS activity in the roots and leaves, suggesting that these varieties have a greater capacity to absorb the N-NH_4^+ applied to the soil and to remobilize this nutrient in occasions that is necessary, contributing to the reduction of environmental losses.

KEY WORDS: Toxicity, Manteiga, Piauí.

1 | INTRODUÇÃO

No Brasil há o predomínio de clima tropical, que representando para o solo baixos teores ou rápida disponibilidade de nutrientes, interferindo no desenvolvimento da cultura. O Nitrogênio está disponível no solo em diversas formas, incluindo amônio, nitrato, aminoácidos, peptídeos e formas complexas insolúveis. As espécies vegetais diferem na sua preferência por fontes de nitrogênio, mas o absorvem principalmente sob formas inorgânicas, como nitrato ou amônio (Williams & Miller, 2001). É um elemento facilmente perdido nos solos de regiões tropicais, pois são solos altamente intemperáveis, o que reflete em características químicas e físicas que propiciam a maior perda de nitrogênio. Por esses motivos é um dos nutrientes mais limitantes para o desenvolvimento da cultura.

O amônio é a forma predominante de nitrogênio no solo e, também a forma preferencial de absorção quando as plantas estão sujeitas a deficiência. No entanto, absorções excessivas de amônio podem ser tóxicas as plantas, por isso quando absorvido deve ser assimilado rapidamente, de forma que não acumule nos tecidos, além das plantas desenvolverem mecanismos que evitem a toxidez. O transporte de oxigênio via aerênquima até as raízes cria condições favoráveis para o desenvolvimento de bactérias nitrificantes (Kirk, 2001; Li et al., 2006) levando a oxidação de amônio a nitrato e reduzindo conseqüentemente a disponibilidade de amônio na solução do solo, sugerindo que seja um mecanismo responsável por minimizar a quantidade de amônio absorvido, reduzindo a toxidez e fornecendo NH_4^+ e NO_3^- (Kronzucker et al., 2000, Briones Jr. et al., 2003; Kirk & Kronzucker, 2005; Duan et al., 2006).

Os tecidos vegetais possuem um eficiente sistema de assimilação que funciona em baixas concentrações de NH_4^+ . A enzima responsável é a glutamina sintetase (GS), que catalisa a união do NH_4^+ com o glutamato para formar glutamina (Kerbaudy, 2008). A eficiência desse processo é muito superior à taxa de produção de amônio formada principalmente pela redução de nitrato. Dessa forma, em condições normais, o NH_4^+ é mantido em concentrações baixas nos tecidos vegetais.

A capacidade fotossintética das plantas, de um modo geral, é grandemente dependente da disponibilidade de nitrogênio, sendo este nutriente necessário para garantir a integridade estrutural e funcional da fotossíntese por fazer parte das proteínas, e clorofilas (Kerbaudy, 2008). Para a cultura do arroz obter alto desenvolvimento é importante que os nutrientes estejam prontamente disponíveis, não limitando a produtividade. Variedades de arroz que apresentam alta eficiência no uso do nitrogênio são desejáveis agronomicamente, pois utiliza genótipos de variedade eficientes pode ser considerada uma maneira de diminuir os custos na produtividade da cultura e aumentar a produtividade dos grãos.

O estado do Maranhão é quinto maior produtor do país e primeiro do nordeste (Conab, 2018), possuindo uma gama de variedades locais com mecanismos que propiciam o melhor aproveitamento do nitrogênio aplicado no solo, acreditando-se que seja devido a adaptação as condições climáticas do estado.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento e metabolismo das variedades Manteiga, Piauí e IAC-47 quando submetidas a baixa e alta dose de nitrogênio amoniacal (N-NH_4^+). As variedades Manteiga e Piauí são locais do Maranhão e não foram submetidas a um programa de melhoramento genético, já a variedade IAC-47 é originada do estado de São Paulo e melhorada geneticamente de forma convencional.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condução do Experimento

O experimento foi conduzido em câmara de crescimento (luminosidade de aproximadamente $400 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$; fotoperíodo de 12h/12h, umidade de 70% e temperatura $28^\circ\text{C}/24^\circ\text{C}$), no departamento de solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial $3 \times 3 \times 1$ (variedades x tratamentos x coleta) com 4 repetições. Foram utilizadas as variedades IAC-47 (variedade melhorada), Piauí e Manteiga (variedades locais do estado do Maranhão).

2.2 Preparo das sementes

As sementes foram inicialmente desinfestadas em solução de hipoclorito de sódio à 2,5%, sendo agitadas por inversão durante 30 minutos e depois lavadas com

água destilada. Após o processo de desinfecção, as sementes foram levadas para a câmara de crescimento e colocadas para germinar em vasos contendo apenas água destilada. Dez dias após a germinação, as plântulas foram submetidas ao cultivo em solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) modificada à meia força iônica (1/2 FI), a qual foi renovada a cada três dias de cultivo.

2.3 Tratamentos

As três variedades foram submetidas aos seguintes tratamentos: tratamento 1 (T1) - fornecimento constante de N-amônio na concentração de 0,2 mM; tratamento 2 (T2) - fornecimento constante de N-amônio na concentração de 1 mM; tratamento 3 (T3) - fornecimento constante de N-amônio na concentração de 1 mM até três dias antes da coleta, restrição de N nesses três dias e ressuprimento 5 horas antes da coleta. Como fonte de N foi utilizado o sulfato de amônio.

2.4 Coleta do material

Trinta dias após a germinação, as plantas foram coletadas, separadas em raiz, bainha e folha, e armazenadas para análise de N-NH₄⁺ (FELKER, 1997), aminoácidos livres (YEMM & COCKING, 1995), atividade da glutamina sintetase e expressão da isoforma *OsGS1.1*.

2.5 Atividade da glutamina sintetase

A atividade da GS foi feita como descrito por FARNDEN & ROBERTSON (1980). A atividade foi realizada em 500µL de uma solução contendo 50mM de Imidazol-HCl pH 7,5, 5mM de hidroxilamina neutralizada com Tris, 20mM de MgCl₂, 25mM de L-glutamato, 5mM de β-mercaptoetanol e 5mM de ATP. O controle da reação foi realizado sem a adição de ATP no meio de reação. A reação foi paralisada pela adição de 350µL de uma solução composta por 4% (p/v) de ácido tricloroacético – TCA e 3,2% (p/v) de cloreto férrico anidro – FeCl₃ preparada em HCl 0,5N. O γ-glutamil hidroxamato (GHD) foi colorimetricamente determinado em λ=540 nm. Foram utilizados dados de quantificação de proteínas presentes no extrato para fazer os devidos cálculos de atividade de enzima/quantidade de proteína pipetada.

2.6 Extração de RNA total e síntese de cDNA

O RNA total foi extraído segundo GAO et al. (2001) utilizando tampão NTES (0,2 M Tris-Cl pH 8,0; 25 mM EDTA; 0,3 M NaCl; 2% SDS). Amostras de parte aérea e raiz foram maceradas em N₂ e homogeneizadas em uma mistura contendo 1 ml de tampão NTES e 700µL fenol:clorofórmio (1:1). Após centrifugação a 12.000 x g por 10 minutos a 4°C e o sobrenadante transferido para um novo tubo. O RNA total foi precipitado pela adição de 1/10 volume de 2 M acetato de sódio pH 4,8 (NaOAcDEPC) e 1 volume de isopropanol puro gelado. A seguir a mistura foi mantida a -20 °C por 2 horas seguida

de centrifugação a 12.000 x g por 10 min. O precipitado foi solubilizado em 0,5 mL de H₂O_{DEPC} e precipitado novamente pela adição de 0,5 mL de 4 M cloreto de lítio pH 4,8 (LiClDEPC). Após centrifugadas a 12.000g por 10 minutos, o precipitado foi lavado com etanol 70% e dissolvido em 50ul de H₂O_{DEPC}.

A qualidade do RNA extraído foi verificada espectrofotometricamente por meio das relações A260/A230 e A260/A280 e visualização em gel de agarose (1%). As amostras de RNA total utilizadas nas reações de síntese do cDNA foram tratadas com DNase I (Invitrogen) seguindo as recomendações do fabricante. A fita simples de cDNA foi sintetizada utilizando a “TaqMan Reverse Transcription Reagents” (Applied Biosystems)” e primer oligodT de acordo com as recomendações do fabricante.

2.7 Expressão gênica

Foi avaliada a expressão do gene que codifica para a isoforma *OsGS 1.1*. Foram utilizados como controle endógeno o gene da actina e do fator de alongamento (JAIN et al., 2006) para o cálculo da expressão gênica relativa

2.8 Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste F (ao nível de 5 % de probabilidade), quando houve diferenças significativas reveladas pela ANOVA, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando submetidas ao tratamento 1 a variedade Manteiga apresentou maiores teores de NH₄⁺ na bainha e nas folhas quando comparada as variedades IAC-47 e Piauí (figura 1 A). A variedade Piauí, nesse mesmo tratamento, apresentou maiores teores de NH₄⁺ nas folhas em relação a variedade IAC-47, a qual retornou maior teor de NH₄⁺ nas raízes.

No tratamento 2 a variedade Piauí apresentou maior teor de NH₄⁺ nas bainhas, enquanto a variedade Manteiga apresentou maior teor nas folhas (Figura 1 B). Nas raízes os maiores teores de NH₄⁺ foram observados na variedade IAC-47.

No tratamento 3 as variedades Manteiga e Piauí apresentaram maiores teores de NH₄⁺ nas três partes analisadas (raiz, bainha e folha), quando comparadas a variedade IAC-47 (figura 1C).

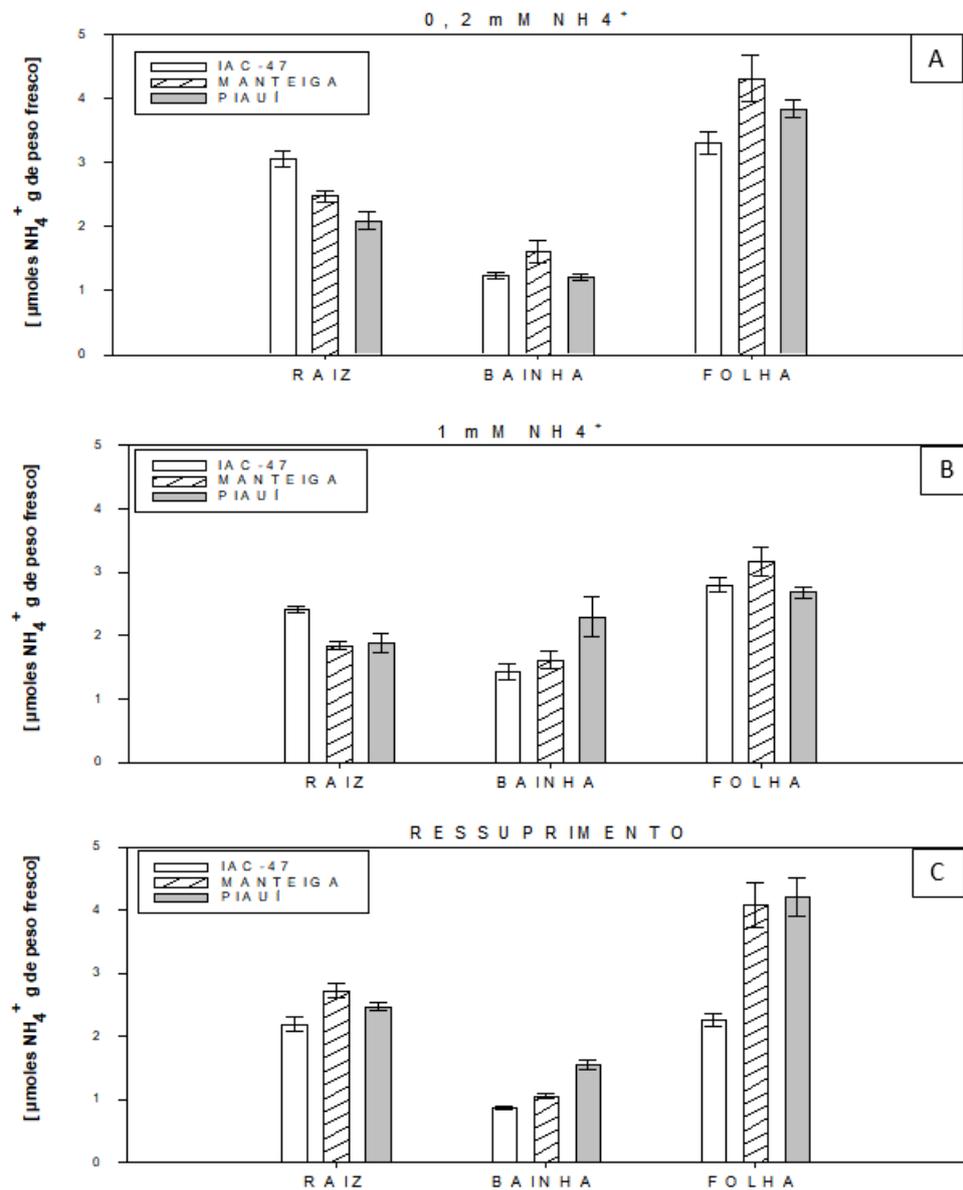


Figura 1: Teores de $N-NH_4^+$ em tecidos de plantas de arroz, das cultivares IAC-47, Manteiga e Piauí submetidas a três tratamentos, sendo: tratamento 1 (fornecimento constante de 0,2 mM NH_4^+); tratamento 2 (fornecimento constante de 1mM NH_4^+); tratamento 3 (fornecimento constante de 1mM de NH_4^+ até 3 dias antes da coleta, período no qual as plantas foram submetidas à uma fome de N e, 5 horas antes da coleta, foi realizado o ressurgimento com 1 mM de N).

Os maiores teores de NH_4^+ observados nas folhas das variedades maranhenses indicam um processo mais intenso de remobilização do NH_4^+ , melhor observado no tratamento 3. Essa é uma característica interessante para plantas que são cultivadas em ambientes com uma disponibilidade sazonal de nutrientes, onde a planta precisa suprir de forma mais intensa os órgãos considerados drenos com o NH_4^+ livre.

Os maiores teores de NH_4^+ apresentados nas raízes das variedades maranhenses quando submetidas a fome de N indicam uma taxa de absorção mais rápida desse nutriente, diminuindo o tempo de exposição do mesmo na solução do solo colaborando para minimizar perdas para o ambiente, bem como para a melhoria da eficiência de absorção. As características apresentadas pelas variedades Manteiga e Piauí deve-se possivelmente a uma adaptação sofrida por essas variedades em decorrer do ambiente

de origem, onde os nutrientes são mais disponíveis em determinadas épocas do ano, em decorrer das chuvas irregularmente espaçadas.

Os maiores teores de aminoácidos livres foram observados nas variedades Manteiga e Piauí, comparadas com a variedade IAC-47, no tratamento 3 para as três partes analisadas, sendo que nas folhas e nas bainhas a variedade Piauí apresentou cerca de 30% a mais de aminoácidos livres do que a variedade IAC-47 (figura 2).

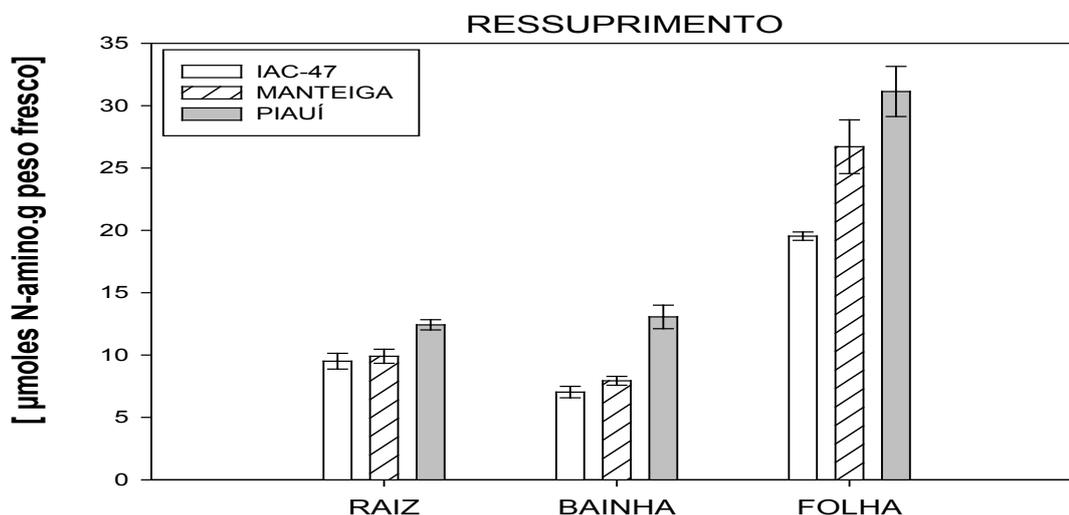


Figura 2: Teores de N-amino em tecidos de plantas de arroz, das cultivares IAC-47, Manteiga e Piauí submetidas a fome de N (fornecimento constante de 1mM de NH_4^+ até 3 dias antes da coleta, período no qual as plantas foram submetidas à uma fome de N e, 5 horas antes da coleta, foi realizado o ressuprimento com 1 mM de N).

Os teores de aminoácidos livres estão altamente correlacionados com os teores de amônio, reforçando a hipótese de maior taxa de remobilização apresentadas por estas variedades, onde pela ação de proteases ocorre a quebra de proteínas e liberação de aminoácidos e conseqüentemente NH_4^+ . Esse NH_4^+ liberado no citosol é exportado para diferentes órgãos e tecidos necessitando ser reassimilado pelas enzimas relacionadas ao ciclo do N. A glutamina sintetase (*OsGS 1.1*), uma enzima extremamente importante para a reassimilação do NH_4^+ , foi 50% mais expressa nas plantas da variedade Piauí, comparadas as variedades Manteiga e IAC-47 quando as plantas foram submetidas ao tratamento 3 (figura 3), e ao analisar a atividade da GS tanto na raiz quanto na folha no tratamento 3, percebe-se uma maior atividade nas variedades maranhenses, principalmente a variedade Piauí, o que ressalta a maior capacidade de assimilação e remobilização do NH_4^+ (figura 4).

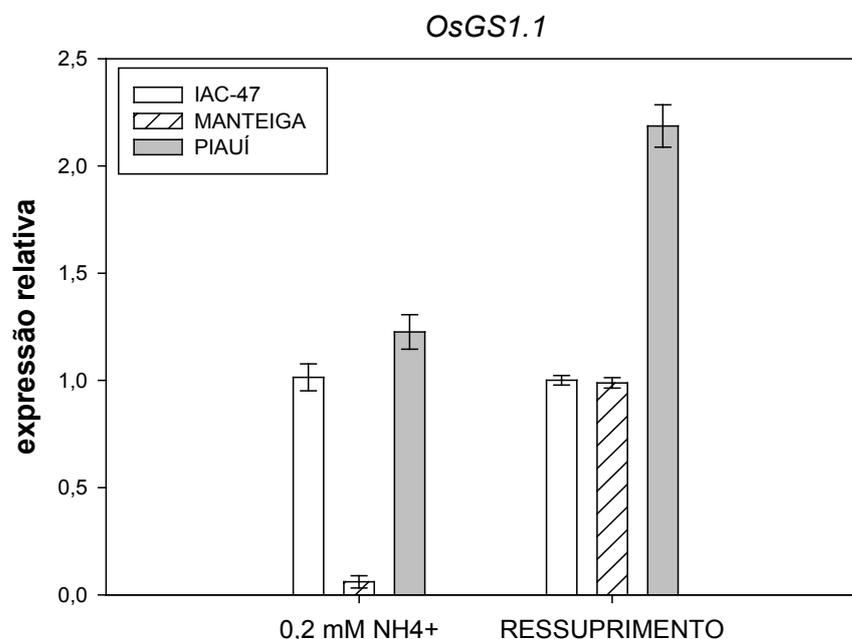


Figura 3. Expressão relativa da isoforma *OsGS1.1* em tecidos de plantas de arroz, das cultivares IAC-47, Manteiga e Piauí submetidas a dois tratamentos, sendo: fornecimento constante de 0,2 mM NH₄⁺; fornecimento constante de 1mM de NH₄⁺ até 3 dias antes da coleta, período no qual as plantas foram submetidas à uma fome de N e, 5 horas antes da coleta, foi realizado o ressurgimento com 1 mM de N.

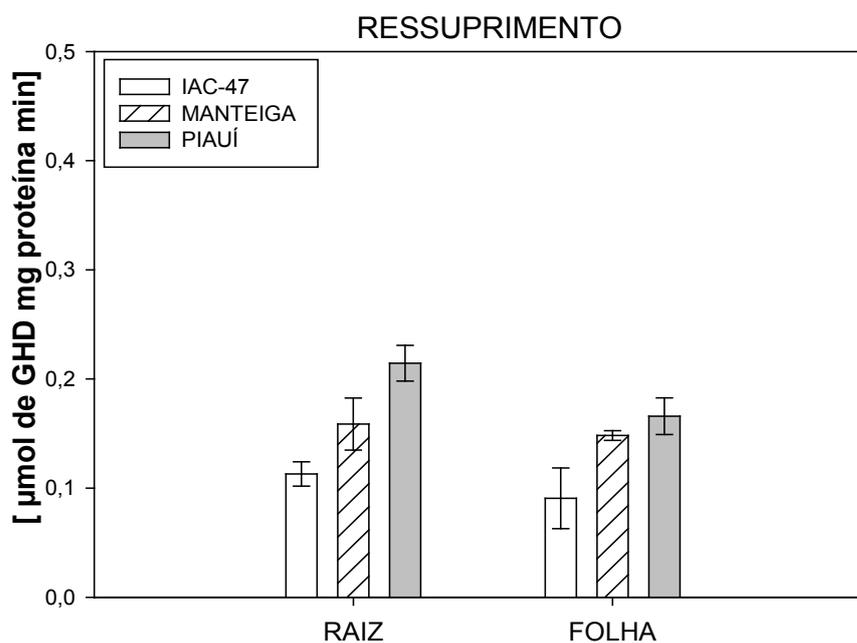


Figura 4: Atividade da GS em tecidos de plantas de arroz, das cultivares IAC-47, Manteiga e Piauí submetidas a fome de N (fornecimento constante de 1mM de NH₄⁺ até 3 dias antes da coleta, período no qual as plantas foram submetidas à uma fome de N e, 5 horas antes da coleta, foi realizado o ressurgimento com 1 mM de N).

4 | CONCLUSÕES

Em condições de baixo N-NH₄⁺ ou disponibilidade sazonal, as cultivares maranhenses apresentaram características que propiciaram um melhor desenvolvimento

nesses ambientes. Outros estudos devem ser realizados para melhor entendimento dos mecanismos fisiológicos apresentados por essas cultivares.

REFERÊNCIAS

- BRIONES JR., A.M.; OKABE, S.; UMEMIYA, Y.; RAMSING, N.B.; REICHARDT W. & OKUYAMA, H. **Ammoniaoxidizing bacteria on root biofilms and their possible contribution to N use efficiency of different rice cultivars.** Plant Soil, 250:335-348, 2003.
- COELHO, C.P. **Remobilização de Nitrogênio em Variedades de Arroz com e sem Suplementação Nitrogenada.** 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2011
- CONAB, **acompanhamento da safra brasileira de grãos.** V. 5 - SAFRA 2017/18- N. 6 - Sexto levantamento. Março, 2018.
- DUAN, Y.H.; ZHANG, Y.L.; SHEN, Q.R. & WANG, S.W. **Nitrate effect on rice growth and nitrogen absorption and assimilation at different growth stages.** Pedosphere, 16:707-717, 2006.
- FARNDEN, K. J. F. et al. **Methods for studying enzymes involved in metabolism related to nitrogenase.**, p. 265-314, 1980.
- FELKER, P. **Micro determination of nitrogen in seed protein extracts.** Analytical Chemistry, v.49, 1980, 1977.
- GAO, J.W.; LIU, J.Z.; LI, B. AND LI, Z.S. (2001) **Isolation and purification of functional total RNA from blue-grained wheat endosperm tissues containing high levels of starches and flavonoids.** Plant. Mol. Biol. Rep.19:185a-185i.
- HOAGLAND, D. R. & ARNON, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil.** California Agricultural Experiment Station, Berkeley, Calif., US., 347P, 1950.
- JAIN, M.; TYAGI, A.K.; KHURANA, J. P. (2006) **Molecular characterization and differential expression of cytokinin-responsive type-A-response regulators in Rice (Oryza sativa).** BMC Plant Bio 16:1
- KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal.** 2 Ed. Guanabara Koogan, 2008. 472p.
- KIRK G.J.D. **Plant-mediated processes to acquire nutrients: Nitrogen uptake by rice plants.** Plant Soil, 232:129-134, 2001.
- KRONZUCKER, H.J.; GLASS, A.D.M.; SIDDIQI, M.Y. & KIRK, G.J.D. **Comparative kinetic analysis of ammonium and nitrate acquisition by tropical lowland rice: Implications for rice cultivation and yield potential.** New Phytol., 145:471-476, 2000.
- LI, Y.L.; ZHANG, Y.L.; HU, J. & SHEN, Q.R. **Contribution of nitrification happened in rhizospheric soil growing with different rice cultivars to N nutrition.** Biol. Fert. Soils, 43:417-425, 2006.
- MASCLAUX-DAUBRESSE, C.; REISDORF-CREN, M. & ORSEL, M. **Leaf nitrogen remobilization for plant development and grain filling.** Plant Biology, 10:23-36, 2008.
- WILLIAMS, L.E. & MILLER, A.J. **Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes.** Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 2001.

YEMM, E. W. & COCKING, E. C. **The determination of amino-acid with ninhydrin. Analytical Biochemistry.**, v. 80, p.209-213, 1955.

AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DA PALMA DE ÓLEO SOB APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE MAGNESIANO

Shirlene Souza Oliveira

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
(UNIOESTE)

Centro de Ciências Agrárias, *Campus* Marechal
Cândido Rondon - Paraná

Eduardo Cezar Medeiros Saldanha

Yara Brasil Fertilizantes (YARA)

Departamento Técnico Da Yara Brasil
Fertilizantes, Recife-Pernambuco

Marluce Reis Souza Santa Brígida

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

Departamento de Agronomia, *Campus* Capitão
Poço - Pará

Henrique Gusmão Alves Rocha

Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC)

Centro Acadêmico do Curso de Agronomia,
Campus Toledo- Paraná

Gabriela Mourão de Almeida

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Filho (UNESP)

Departamento de Ciências do Solo, *Campus*
Jaboticabal - São Paulo

Maria Soraia Fortado Vera Cruz

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
(UNIOESTE)

Centro de Ciências Agrárias, *Campus* Marechal
Cândido Rondon - Paraná

Jose Leandro Silva de Araújo

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal
Rural da Amazônia (UFRA)

Campus de Capitão Poço, Pará

Ana Carolina Pinguelli Ristau

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
(UNIOESTE)

Centro de Ciências Agrárias, *Campus* Marechal
Cândido Rondon – Paraná

Noéle Khristinne Cordeiro

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
(UNIOESTE)

Centro de Ciências Agrárias, *Campus* Marechal
Cândido Rondon – Paraná

Whesley Thiago dos Santos Lobato

Acadêmico do Curso de Agronomia Universidade
Federal Rural da Amazônia (UFRA), *Campus* de
Capitão Poço, Pará

RESUMO: A palma de óleo é uma cultura de grande importância econômica para a região amazônica, sendo a adubação considerada ferramenta essencial para bons rendimentos em produtividade. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de sulfato de magnésio na absorção e translocação foliar na cultura da palma de óleo, no município de Garrafão do Norte-PA. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, constituído de quatro doses de sulfato de magnésio (500, 1000, 1500 e 2000 g planta⁻¹), mais o tratamento controle, com três repetições, totalizando quinze parcelas experimentais. Foram realizadas

análises de tecido foliar para avaliação do estado nutricional das plantas aos 6 e 12 meses após a aplicação superficial de $MgSO_4$. Os resultados observados durante o experimento sugerem que a aplicação de $MgSO_4$ reduziu os teores de magnésio e enxofre no solo, assim como para os micronutrientes como o boro, cobre e zinco para o período avaliado de 6 e 12 meses após a aplicação do fertilizante magnésiano. A partir das análises realizadas concluiu-se que sulfato de magnésio aplicado via solo não se mostrou na análise foliar aos 6 e 12 meses após a aplicação do fertilizante via solo. Esse resultado pode ser associado com a alta demanda desses nutrientes devido à alta extração de magnésio pela cultura, principalmente na fase produtiva onde se observa uma maior demanda da planta devido sua maior atividade metabólica.

PALAVRAS-CHAVE: *Elaeis guineenses* Jacq; tecido foliar; avaliação nutricional.

ABSTRACT: The oil palm is a crop of great economic importance for the Amazon region, and fertilization are considered an essential tool for good productivity yields. In this sense, the purpose of this work was to evaluate the effect of magnesium sulphate doses on the absorption and foliar translocation in the oil palm crop, in the municipality of Garrafão do Norte-PA. The experimental design was a randomized blocks, composed by four doses of magnesium sulphate (500, 1000, 1500 and 2000 g plant⁻¹), plus control, with three replicates, totaling fifteen experimental plots. Were performed leaf tissue analyzes to evaluate the nutritional status of the plants at 6 and 12 months after surface application of $MgSO_4$. The results observed during the experiment suggest that the application of $MgSO_4$ reduced the levels of magnesium and sulfur in the soil, as well as micronutrients such as boron, copper and zinc for the period evaluated of 6 and 12 months after the application of magnesium fertilizer. From the analyzes realized, it was concluded that magnesium sulphate applied by soil wasn't shown in the leaf analysis neither at 6 and 12 months after application of the fertilizer via soil. This result can be associated with the high demand of these nutrients due to the high extraction of magnesium by the crop, especially in the productive phase where there is a greater demand of the plant due to its higher metabolic activity.

KEYWORDS: *Elaeis guineenses* Jacq; foliar tissue; nutritional assessment.

1 | INTRODUÇÃO

A palma de óleo tem como centro de origem o continente africano, mas vem sendo cultivado na região Amazônica devido suas características edafoclimáticas. De acordo com Gomes Junior e Ramos (2010) dos frutos da palma são extraídos o óleo de palma e palmiste, ambos de grande potencial para a indústria alimentícia, de cosméticos e mais recentemente energética, o que vem despertando grande interesse econômico pela cultura no mercado interno e externo. Nesse contexto ressalta-se a importância do seu cultivo, por ser considerada a oleaginosa de maior produção de óleo por área plantada, atingindo um potencial produtivo dez vezes maior que a produtividade da

soja, principal matéria prima para a produção do biodiesel no Brasil na mesma área plantada (HOMMA, 2010).

Entretanto um dos fatores limitantes para o cultivo da cultura é a baixa fertilidade natural dos solos da região, o que limita diretamente a absorção de nutrientes pela planta, sendo necessárias doses maiores de fertilizantes com objetivo de assegurar o desenvolvimento vegetativo da palma e produtividade adequada de cachos (FRANZINI et al., 2012). Além disso, o uso contínuo de fertilizantes com formulações de N-P-K (nitrogênio, fosforo e potássio), que não contenha Mg em sua composição e a não realização da prática da calagem tem agravado problemas de deficiência nutricional com magnésio em plantios de dendezeiro na região.

De acordo com Cakmak e Iazici (2010) a deficiência magnésiana é considerada fator preocupante por possuir função predominante como átomo central da molécula de clorofila, além disso, o Mg está diretamente envolvido nas reações de carboxilação da fotossíntese, ou seja, como uma coenzima na fixação de CO_2 , reação básica para a síntese de outros constituintes da planta como amido, proteína, gorduras e vitaminas. Por esse fato, a deficiência de Mg nas plantas limita severamente a fixação de CO_2 (CAKMAK; KIRBY, 2008). Muito se tem discutido, e pesquisas tem demonstrado que os órgãos drenos tais como raízes em crescimento também são severamente afetados pela deficiência de Mg (MARTINS, 2016).

A palma de óleo tem um alto requerimento de Mg por ser exigido para a conversão da luz solar em carboidratos e sua mobilização para os cachos de frutos e conseguinte conversão em óleo. Admiti-se que um fornecimento eficiente de Mg em uma ampla variedade de solos deficientes pode garantir um adequado desenvolvimento radicular e por consequência, melhorar a assimilação de água e nutrientes e melhorar seu rendimento produtivo (MARSCHNER, 2012). Dessa forma o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de sulfato de magnésio na absorção e translocação foliar na cultura da palma de óleo, no município de Garrafão do Norte- PA.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Garrafão do Norte, pertencente à Mesorregião do Nordeste Paraense, entre as coordenadas de latitude $1^\circ 55' 59''$ S e longitude $47^\circ 2' 59''$ W estando a uma altitude de 56 metros (IBGE, 2016). Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Am (tropical de altitude), o solo local característico de um Latossolo Amarelo Álico (EMBRAPA, 2013). O local escolhido para implantação do experimento foi em uma área de plantio comercial pertencente a Empresa Marborges ($01^\circ 57' 42''$ S e $47^\circ 00' 53''$ W) com plantas já em idade produtiva (3 anos de idade) da cultivar BRS C 2501, tipo Tenera.

O fertilizante utilizado foi Sulfato de Magnésio (Kieserita granulada) com formulação química ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) originada nas jazidas de sal da Alemanha.

De acordo com Carvalho et al. (2011) a Kieserita granulada, é um excelente

produto com 25 % de Mg e 20 % de S solúveis em água, com excelentes propriedades de espalhamento devido sua característica de forma e dureza dos grânulos, possui elevado potencial de uso agrícola, sobretudo em culturas exigentes nesses nutrientes para a síntese de óleo, a exemplo a cultura da palma de óleo cultivada em solos Amazônicos de fertilidade natural baixa.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com 3 repetições e 15 parcelas experimentais, contendo 25 plantas por parcela, totalizando 375 plantas. A área de cultivo tinha aproximadamente 2,6 ha⁻¹. As plantas estavam espaçadas entre linhas por 7,8 m e entre plantas por 9 m, em forma de triângulo equilátero, e densidade de plantio de 143 plantas/ha⁻¹.

Os tratamentos foram compostos pelo controle (sem aplicação de MgSO₄), e 4 doses de Sulfato de Magnésio via solo, descritas na Tabela 1.

Tratamento	MgSO ₄ (g planta ⁻¹)	Mg (g planta ⁻¹)	S (g planta ⁻¹)
1	0	0	0
2	500	125	100
3	1000	250	200
4	1500	325	300
5	2000	500	400

Tabela 1- Descrição dos tratamentos empregados na área experimental da palma de óleo.

*Sulfato de magnésio (MgSO₄, H₂O – 25% Mg e 20% S).

Fonte: Autores.

Os tratamentos foram aplicados parceladamente sendo a primeira aplicação em 22 de junho e a segunda em 22 de julho de 2014. As aplicações foram realizadas de forma a lanço manual, distribuindo-se uniformemente o fertilizante sob a projeção da copa do dendezeiro.

Aos 6 e 12 meses após a aplicação das doses de sulfato de magnésio foram realizadas coletas de amostras de tecido foliar vegetal na área do experimento, de modo a monitorar o comportamento do Magnésio na planta. Os procedimentos para a retirada das amostras de folha foram realizados de acordo com Cravo et al. (2010) sendo enviadas para o Laboratório para análise de tecido foliar.



Figura 1- (a) Folha de palma de óleo com sintoma de deficiência de magnésio. (b) Maior dose aplicada de $MgSO_4$ na área experimental. (c) Aplicação de sulfato de magnésio na projeção da copa da palma de óleo. (d) Coleta de tecido foliar de palma de óleo para análise.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão ao nível de 5 % de probabilidade de erro utilizando-se o programa estatístico Assistat (SILVA, 2009).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise de tecido foliar nas plantas de palma de óleo foi possível observar que não houve incremento nos teores de Magnésio nas plantas aos seis meses após a aplicação do fertilizante. Constatou-se que os níveis de Mg na folha foram reduzidos, consideravelmente, apresentando valores menores para as doses de $1500 \text{ g planta}^{-1}$ e $2000 \text{ g planta}^{-1}$ (Tabela 2). Aos 12 meses, os teores de Mg na folha foram menores que aos 6 meses após aplicação do fertilizante no solo.

Dose g/planta	N	P	K	Ca	Mg	S
Análise foliar realizada 6 meses após a aplicação de $MgSO_4$						
0	28	1,4	6,4	10,2	3,2	0,1
500	28	1,6	7,2	9,2	3,2	0,1
1000	26	1,6	6,4	8,3	3,0	0,1

1500	24	1,4	6,4	8,1	2,6	0,6
2000	24	1,4	6,4	8,1	2,6	0,6
Análise foliar realizada 12 meses após a aplicação de MgSO₄						
0	24	1,6	8	7,1	2,6	1,1
500	26	1,4	7,2	7,4	2,8	0,9
1000	25	1,4	7,2	6,9	2,6	0,5
1500	25	1,4	7,2	7,3	2,7	0,2
2000	24	1,6	8,0	7,2	2,7	0,6

Tabela 2 - Característica química de amostras de tecido foliar folha 17 (palma de óleo) para Macronutrientes no período de 6 e 12 meses após a aplicação superficial de MgSO₄ no solo.

Fonte: Dados de pesquisa.

Com relação aos teores de Enxofre no tecido foliar (Tabela 2), observou-se um aumento para a dosagem de 1500 g planta⁻¹ e 2000 g planta⁻¹ com relação a testemunha e as doses de 500 e 1000 g planta⁻¹ aos seis meses após a aplicação superficial de MgSO₄. Entretanto, somente na dose de 1500 g planta⁻¹ o teor de enxofre foi menor aos 12 meses. Observou-se que o controle apresentou maior teor de S na folha, sendo menor valor encontrado na dosagem de 1500 g/planta. Esses valores são muito abaixo do determinado por Viegas e Muller (2000) de 2,2 g Kg⁻¹.

Em trabalho realizado por Matos et al. (2016) utilizando métodos de determinação de faixa de suficiência para teores nutricionais como ChM; DRIS; CND e DNR em plantas de dendzeiros tipo Tenera de 5 a 16 anos de idade constatou valores de suficiência de Mg em plantas jovens, ou seja, menores que 6 anos de idade na faixa de 2,0 - 2,9 g kg⁻¹, contrapondo-se aos valores encontrados por Viegas e Muller (2000) de 6 g Kg⁻¹. Conforme esse resultado pode-se inferir que os teores de Mg na planta encontram-se próximas aos valores encontrados por Matos et al. (2016), e em faixa insuficiente para os valores encontrados por Viegas e Muller (2000).

É válido mencionar, que os baixos teores de Mg podem ser justificados devido à alta extração de magnésio pela cultura, principalmente na fase produtiva onde se observa uma maior demanda da planta devido sua maior atividade metabólica (CAKMAK; KIRBY, 2008). Além disso, o estado nutricional da planta é reflexo dos níveis de nutrientes observados no solo, estes por sua vez sofrem influências de clima, pH e interação com outros fatores, ocasionando lixiviação dos nutrientes do mesmo (RAIJ, 2011).

Segundo Matos et al. (2016) o S figura entre os nutrientes mais frequentes de deficiência nas áreas cultivadas com palma de óleo. Além disso, a disponibilidade de S na planta depende muito dos fatores edafoclimáticas, em solos mais arenosos como o observado na área experimental facilitam a perda de SO₄²⁻ por lavagem.

Com relação aos demais macronutrientes pôde se observar que o comportamento de maneira geral foi a redução dos teores nutricionais aos seis e doze meses após a aplicação de MgSO₄. O que também foi constatado para os micronutrientes, os teores foram reduzidos conforme o tempo após a aplicação do fertilizante (Tabela 3).

Dose	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g/planta	mg/Kg ⁻¹				
Análise foliar realizada 6 meses após a aplicação de MgSO₄					
0	9	9	198	621	19
500	11	8	226	640	18
1000	8	7	172	500	16
1500	4	8	217	740	17
2000	4	7	182	730	15
Análise foliar realizada 12 meses após a aplicação de MgSO₄					
0	20	15	590	494	82
500	19	6	436	460	39
1000	14	5	212	493	27
1500	16	5	340	506	26
2000	12	8	381	495	38

Tabela 3 - Característica química de amostras de tecido foliar folha 17 (palma de óleo) para micronutrientes no período de 6 e 12 meses após a aplicação superficial de MgSO₄ no solo.

Fonte: Dados de pesquisa.

O aumento da dose de MgSO₄ reduziu os teores de micronutrientes (B, Cu e Zn) na planta, tanto aos 6 como aos 12 meses após a aplicação do fertilizante no solo. Com relação aos teores de Ferro no tecido foliar constatou-se que foram maiores aos 12 meses após a aplicação de sulfato de magnésio. Para Manganês esses valores oscilaram conforme a dose aplicada do fertilizante sendo encontrado maior teor desse micronutriente com o aumento da dose de MgSO₄ após 6 meses da aplicação via solo e para o período de 12 meses esses teores foram menores que aos 6 meses de aplicação do produto.

4 | CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas concluiu-se que sulfato de magnésio aplicado via solo não se mostrou na análise foliar nem em 6 e 12 meses após a aplicação do fertilizante via solo. Esse resultado pode ser associado com a alta demanda desses nutrientes devido à alta de extração de magnésio pela cultura, principalmente na fase produtiva onde se observa uma maior demanda da planta devido sua maior atividade metabólica.

REFERÊNCIAS

CAKMAK, I. YAZICI A.M. Magnésio um elemento esquecido na produção agrícola. **Better Crops**, v.94, n.2, p.23-25, 2010.

CAKMAK, I.; KIRBY, E. A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. **Physiologia Plantarum**, Hoboken, v. 133, p. 692-704, Aug. 2008.

CARVALHO, Maria da Conceição Santana et al. Uso da ESTA Kieserita granulada na cultura do algodão. **XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo** Disponível em:<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/60939/1/uso-esta.pdf>>. Acesso em: 10-01-2017.

CRAVO, M. da S; VIÉGAS, I. de J. M.; BRASIL, E. C. **Recomendação de adução e calagem para o estado do Pará**. Belém: Embrapa, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FRANZINI, V.I.; SILVA, A.R. B.; GOMES JUNIOR.R.A. **Acidez do solo e sua correção em palma de óleo**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012. 37 p. (Documentos 386).

GOMES JUNIOR, R.A.; VIÉGAS, I. de J. M.; RAMOS, E.J.A.; TEIXEIRA, P.C. Adubação na cultura da palma de óleo. In: **Bases técnicas para a cultura da palma de óleo integrado na unidade produtiva da unidade familiar** / editor técnico, Rui Alberto Gomes Junior. – Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. p. 101-110.

HOMMAN, A. Agroenergia: a entrada de um novo ciclo na Amazônia? In: **Bases técnicas para a cultura da palma de óleo integrado na unidade produtiva da unidade familiar** / editor técnico, Rui Alberto Gomes Junior. – Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. p. 17-22.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados**. Disponível em:<<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 27 dez. 2016.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. **London: Academic Press**, 1995. 675p.

MARTINS, P.O. **Eficiência de fontes, dinâmica do magnésio no solo sob a cultura do café no Brasil e comparação da análise de K, Ca e Mg em solos do Arkansas-EUA seco em estufa e úmido de campo**. 2016. 64f. Tese (Doutorado Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2016.

MATOS, G.S.B.; FERNANDES, A.R.; WADT, P.G.S. **Níveis críticos e faixas de suficiência de nutrientes derivados de métodos de avaliação do estado nutricional da palma-de-óleo. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1557-1567, set. 2016.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

SILVA, F. de A.S. e. & Azevedo, C.A.V. de. **Principal Components Analysis in the Sftware Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

VIEGAS, I. de J. M.; MULLER, A.A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental/ Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. 374 p.

BIOINDICADORA PARA DIAGNÓSTICO DE RESÍDUO DE HERBICIDAS PRÉ-EMERGENTES NO SOLO

Camila Ferreira de Pinho

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – Rio de Janeiro

Gabriella Francisco Pereira Borges de Oliveira

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – Rio de Janeiro

Jéssica Ferreira Lourenço Leal

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – Rio de Janeiro

Amanda dos Santos Souza

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – Rio de Janeiro

Samia Rayara de Sousa Ribeiro

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – Rio de Janeiro

Gledson Soares de Carvalho

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – Rio de Janeiro

André Lucas Simões Araujo

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – Rio de Janeiro

Rúbia de Moura Carneiro

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – Rio de Janeiro

Gabriela de Souza Da Silva

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – Rio de Janeiro

Ana Claudia Langaro

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Seropédica – Rio de Janeiro

RESUMO: Considerando a crescente seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas, o emprego de herbicidas em pré-emergência com ação residual tem se tornado indispensável no manejo de cultivos. No entanto, a ação residual pode ocasionar o efeito *carryover*, que ocorre quando o período residual do herbicida excede o da cultura de interesse e causa fitotoxicidade nas culturas em sucessão. Uma das metodologias para avaliar o efeito residual de herbicidas no solo consiste no uso de espécies vegetais, denominadas bioindicadoras, que demonstram elevada sensibilidade ao produto empregado. Dessa forma, o objetivo foi avaliar o uso de bioindicadora para o monitoramento do residual no solo de herbicidas aplicados em pré-emergência. Foram conduzidos quatro experimentos, um para cada herbicida, com quatro repetições dispostos em blocos ao acaso. Os herbicidas aplicados foram: Clorimurom (20g i.a ha^{-1}); Diclosulam (35 g i.a ha^{-1}), Flumioxazina (50 g i.a ha^{-1}) e Metribuzim (280 g i.a ha^{-1}) nas doses equivalentes a 1/8D, 1/4D, 1/2D, 1D, além da testemunha sem aplicação e semeada a melancia como bioindicadora. Decorridos 30 dias da germinação, foram realizadas as análises de massa seca de parte aérea e massa seca de raiz. Os dados foram submetidos à análise da variância ($p \leq 0,05$) e as médias comparadas por Tukey a 5% de probabilidade.

A melancia demonstrou sensibilidade para todas as doses dos herbicidas diclosulam e metribuzim, podendo ser considerada uma eficiente bioindicadora do residual desses herbicidas no solo.

PALAVRAS-CHAVE: *Citrullus lanatus*, residual, carryover.

ABSTRACT: Considering the growing selection of herbicide resistant weed biotypes, the use of pre-emergence herbicides that present residual effect in soil has become indispensable in crop management. However, herbicide residual in soil may cause carryover on rotation crops. One of the methodologies to evaluate residual effect of herbicides in the soil is the use of plants as bioindicators, that demonstrate high sensitivity to the herbicide. The objective was to evaluate the use of bioindicator plants for monitoring of soil residual of herbicides applied in pre-emergence. Four experiments were conducted, one for each herbicide, with four replicates arranged in randomized blocks. The herbicides applied were: Chlorimuron (20 g a.i ha⁻¹); Diclosulam (35 g a.i ha⁻¹), Flumioxazin (50 g a.i ha⁻¹) and Metribuzin (280 g a.i ha⁻¹) at doses equivalent to 1/8D, 1/4D, 1/2D, 1D, in addition to untreated plants, without herbicide application. Watermelon seeds was used as a bioindicator. After 30 days of germination, analyzes of dry mass of shoot and root were carried out. Data were submitted to analysis of variance ($p \leq 0.05$) and the means were compared by Tukey at 5% probability. The watermelon showed sensitivity for all doses of diclosulan and metribuzin herbicides, and could be considered an efficient bioindicator of the residual of these herbicides in the soil.

KEYWORDS: *Citrullus lanatus*, residual, carryover.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de soja, milho, cana-de-açúcar, café, laranja, dentre outros. A fim de consolidar-se no referido patamar, diversos fatores devem ser considerados por interferirem no desenvolvimento e produtividade das culturas, dentre eles pragas, doenças e plantas daninhas. As plantas daninhas interferem na produção de diferentes formas, sendo definidas como toda e qualquer planta que ocorre em local indesejado (PITELLI et al., 1987), causando impacto nas atividades humanas e, quando presentes em agroecossistemas, interferindo nas culturas de interesse e ocasionando danos econômicos. Em média, 15% da produção mundial de grãos é perdida devido à existência de plantas daninha nas lavouras (UNIVERSO AGRO, 2018).

As plantas daninhas são dotadas de características que lhe são peculiares, como alta produção de propágulos, capacidade competitiva por recursos essenciais e ciclo vegetativo rápido, levando a necessidade de emprego de diferentes estratégias de manejo. A principal forma de controle das plantas daninhas ocorre pela utilização de herbicidas que podem ser aplicados em pré ou pós-emergência das plantas daninhas. Em decorrência dos problemas referentes à seleção de biótipos de plantas daninhas

resistentes a herbicidas, o emprego de herbicidas em pré-emergência com ação residual tem se tornado indispensável no manejo de cultivos (PAULA et al., 2011). No cultivo de soja, por exemplo, herbicidas como clorimurrom, diclosulam, flumioxazina e metribuzim apresentam controle satisfatório de plantas daninhas provenientes do banco de sementes do solo, proporcionando controle residual de 20 dias ou mais dependendo das características das moléculas e das condições do edafoclimáticas (VARGAS et al., 2013).

Cuidados devem ser tomados quanto ao uso de herbicidas pré-emergentes. A atividade residual de um herbicida no solo dependerá de diversas características do solo, da molécula, do ambiente e da cultura utilizada em sucessão (MANCUSO et al., 2011). Problemas recorrentes vêm sendo relatados quanto ao efeito *carryover*, que ocorre quando o período residual do herbicida excede o da cultura de interesse e causa fitotoxicidade nas culturas em sucessão, assim como contaminações ambientais (DAN et al., 2012; MONQUERO et al., 2013).

O conhecimento dos processos de retenção, transporte e transformação de herbicidas no solo pode contribuir para garantir recomendações do ponto de vista agrônomo e ambiental. Nesses estudos podem ser adotados diversos métodos analíticos, como os biológicos, radioisótopos e cromatográficos (PASSOS et al., 2013).

Nesse sentido, o efeito residual do herbicida no solo pode ser avaliado mediante o uso de testes biológicos que utilizam espécies vegetais que apresentam alta sensibilidade ao herbicida e têm sido amplamente utilizados em diversas pesquisas para o monitoramento de herbicidas no solo (PESSALA et al., 2004). Os herbicidas são agentes tóxicos muitas vezes encontrados em concentrações muito baixas no solo, o que dificulta sua quantificação através de métodos químicos. Dessa forma, o bioensaio apresenta-se como alternativa ao método químico, permitindo a detecção dos herbicidas mesmo quando em concentrações muito baixas.

O uso do método biológico tem algumas vantagens em relação aos demais, por ter baixo custo, simplicidade, aplicabilidade em condições de campo e possibilidade de detecção da quantidade biologicamente ativa do herbicida, podendo inclusive, em algumas situações, ser mais sensível para detectar baixas concentrações de herbicidas no solo (SANDÍN-ESPAÑA et al., 2011; PERES-OLIVEIRA et al., 2016).

Diante do uso recorrente de herbicidas, do potencial risco de *carryover*, bem como da escassez de informações referentes à sensibilidade de espécies bioindicadoras a esses compostos, objetivou-se avaliar o uso de bioindicadora para o monitoramento do residual no solo de herbicidas aplicados em pré-emergência.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos em área experimental pertencente a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Seropédica/RJ com latitude de 22° 44’

38°S, longitude de 43° 42' 27" W e altitude de 26m.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é classificado como Aw, com chuvas concentradas entre novembro e março, precipitação anual média de precipitação anual média de 1.213 mm e temperatura média anual de 23,9 °C (CARVALHO et al., 2011).

Para realização do experimento foram utilizados vasos com capacidade de 3L preenchidas com solo previamente peneirado e sem histórico de aplicações de herbicidas. Antes do preenchimento dos vasos foi realizada a calagem do solo com 1,5t de calcário dolomítico com PRNT a 85% e adubação com 70 kg ha⁻¹ e P₂PO₅ e 120 kg ha⁻¹ K₂O, cujas características físico-químicas analisadas estão presentes na tabela 1.

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (KG KG ⁻¹)												
Areia Grossa	Areia Fina		Silte		Argila		Classe Textural					
0,579	0,194		0,055		0,173		Franco arenoso					
ANÁLISE QUÍMICA												
pH	P	K	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H+Al	SB	t	T	m	V	MO
H ₂ O	mg dm ⁻³		—————		cmol _c dm ³		—————			%	%	dag g ⁻¹
5,8	37,2	77	2,33	0,65	0,0	1,8	3,18	3,18	4,98	0	63,9	0,25

Tabela 1. Características físico-químicas do solo utilizado no experimento. UFRRJ, Seropédica/ RJ – 2018.

Análise realizadas no Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizantes do Departamento de Solos na Universidade de Viçosa; pH-Potencial Hidrogeniônico; P- Fósforo; K- Potássio; Ca+2- Cálcio; Mg+2- Magnésio; Al+3 Alumínio; H+Al- Acidez Potencial; SB- Somatório das Bases, t- Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; T- Capacidade de Troca Catiônica a Ph 7,0; m- Índice de saturação por alumínio; V- Índice de Saturação por Bases; MO - Matéria Orgânica.

Foram conduzidos quatro experimentos, um para cada herbicida, com quatro repetições dispostos em blocos ao acaso. Os herbicidas utilizados foram: Clorimurum (20g i.a ha⁻¹); Diclosulam (35 g i.a ha⁻¹), Flumioxazina (50 g i.a ha⁻¹) e Metribuzim (280 g i.a ha⁻¹) nas doses equivalentes a 1/8D, 1/4D, 1/2D, 1D (dose recomendada em bula), além da testemunha sem aplicação, totalizando 20 unidades experimentais em cada experimento. As subdoses foram utilizadas a fim de simular quantidades plausíveis dos herbicidas no solo, considerando que, após a aplicação da dose recomendada em bula, ocorrem diversas transformações do herbicida no ambiente, que interferem na quantidade biologicamente ativa desse.

A aplicação dos herbicidas foi realizada no período da manhã, na superfície dos vasos, em pré-emergência, utilizando-se um pulverizador costal pressurizado a CO₂ com pressão de 40psi, pontas XR110015 e volume de calda equivalente a 150 L ha⁻¹, de forma que a barra do pulverizador estivesse posicionada a 0,5m do solo. No momento das aplicações a temperatura média era de 27°C, velocidade do vento de

2,7 km.h⁻¹ e umidade relativa do ar de 75%. Previamente à aplicação dos herbicidas foram semeadas quatro sementes de melancia (*Citrullus lanatus*) cv. Congo, utilizada como planta bioindicadora, a uma profundidade de 2cm. Cinco dias após emergência foi realizado o desbaste, permanecendo duas plantas por vaso.

Decorridos 30 dias da germinação, as plantas de melancia foram coletadas e separadas em parte aérea e raiz; sendo posteriormente acondicionadas em sacos de papéis e secas em estufa a 60°C até atingir massa constante. A quantificação de massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) foi realizada em balança analítica.

Os dados foram submetidos à análise da variância ($p \leq 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do Programa R Core Team (2017), sendo os gráficos plotados pelo programa Sigma Plot® (versão 11.0 para Windows).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito residual dos herbicidas clorimuram, diclosulam, flumioxazina e metribuzim no solo foi avaliado com o uso da melancia como bioindicadora. Notou-se significância estatística em todos experimentos avaliados.

Como pode ser observado, os herbicidas diclosulam (Figura 1.B) e metribuzim (Figura 1.D) ocasionaram morte das plantas de melancia em decorrência de todas as doses aplicadas, demonstrando a sensibilidade da espécie a esses herbicidas. Dessa forma, a melancia pode ser considerada uma bioindicadora altamente sensível aos herbicidas diclosulam e metribuzim no solo, apresentando-se como ferramenta viável para detectar esses herbicidas, inclusive em baixas concentrações, de forma econômica, rápida e acessível ao produtor ou pesquisador. Diferentemente de outras técnicas onerosas como uso de radioisótopos e a cromatografia líquida e gasosa, as plantas bioindicadoras são mais eficientes na habilidade de quantificar apenas a fração biologicamente ativa do herbicida, o que tem aplicabilidade direta em condições de campo (KOTOULA-SYKA et al., 1993; NUNES e VIDAL, 2009).

Quando analisada a resposta da bioindicadora ao herbicida clorimuram (Figura 1.A), observou-se que as plantas de melancia sobreviveram em todas as doses aplicadas, incluindo a dose recomendada em bula, para a qual não houve diferença estatística na variável MSPA em relação à testemunha. Além disso, notou-se incremento na MSR da melancia na presença do herbicida clorimuram, quando comparado à testemunha. Esses resultados demonstram que a melancia não é sensível ao herbicida clorimuram e seu uso como bioindicadora não deve ser indicado.

A dose recomendada em bula de flumioxazina (Figura 1.C) mostrou-se suficiente para ocasionar a morte das plantas de melancia, evidenciando a capacidade da melancia de detectar a presença do herbicida no solo apenas a partir dessa dose.

Não foi observado diferença significativa entre as subdoses e a testemunha quanto às variáveis analisadas, indicando que a melancia não é capaz de detectar doses inferiores à recomendada em bula, não viabilizando a aplicação do método empregando melancia como bioindicadora, tendo em vista que, em condições reais de aplicação, a quantidade de herbicida que efetivamente alcança o solo e permanece biologicamente ativa é sempre inferior à dose recomendada em bula.

A família das curcubitáceas representada pelas espécies *Cucumis sativus* (pepino), *Cucurbita pepo* (abobrinha) e *Citrullus lanatus* (melancia) são consideradas boas bioindicadoras de herbicidas no solo (NUNES E VIDAL 2009; GUERRA et al., 2011), principalmente de herbicidas do mecanismo de ação ALS (inibidor da enzima acetolactato sintase) ao qual pertence os herbicidas diclosulam e clorimuirom, alvo desse estudo. Plantas de pepino podem ser consideradas boas indicadores dos herbicidas pertencentes ao mecanismo de ação ALS, dentre eles trifloxissulfurom-sódico, piritiobaque-sódico, cloransulam-metílico e imazaquim (NUNES E VIDAL, 2009; GUERRA et al., 2011). Como observado nesse estudo, a melancia mostrou-se boa indicadora para o herbicida diclosulam, em contrapartida não foi eficiente na detecção do herbicida clorimuirom, verificando-se a necessidade de testar a aplicabilidade da bioindicadora para herbicida independentemente do seu mecanismo de ação.

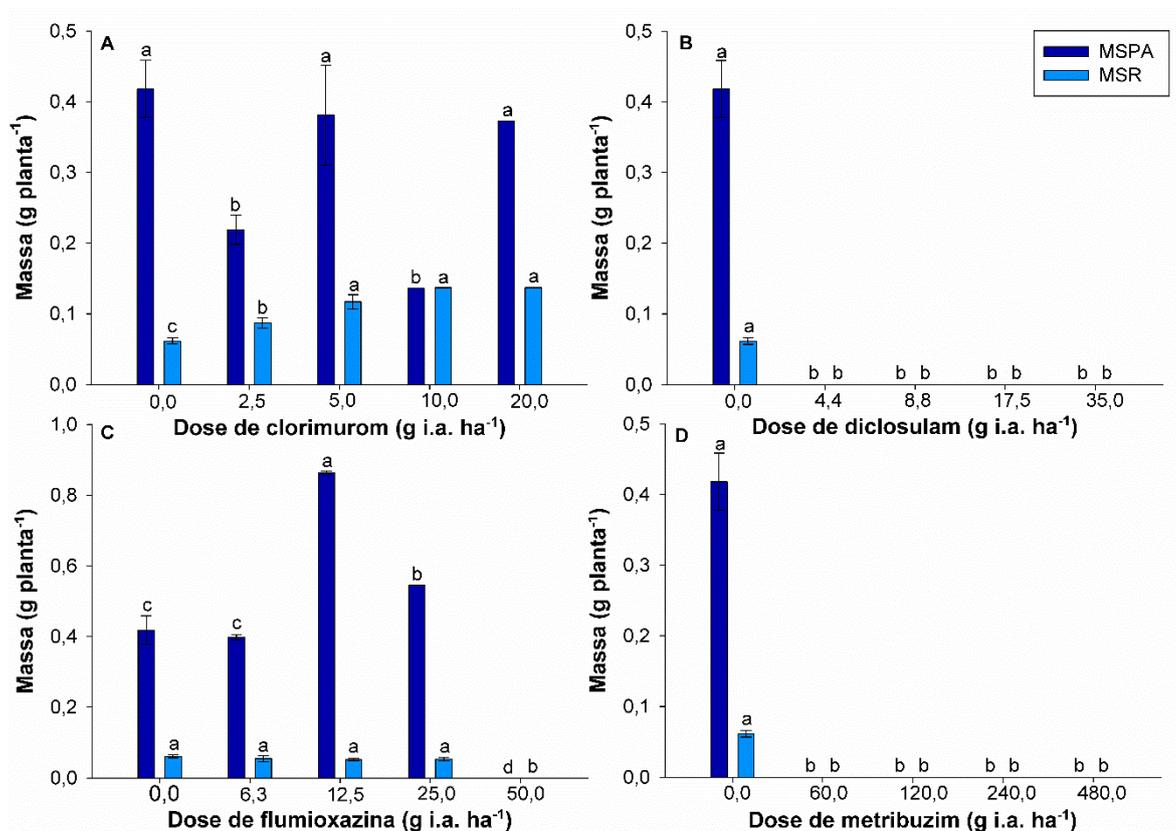


Figura 1. Massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) das plantas de melancia, coletadas aos 30 dias após a emergência, cultivadas em solo previamente submetido à aplicação dos herbicidas clorimuirom (A), diclosulam (B), flumioxazina (C) e metribuzim (D). Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 | CONCLUSÃO

A melancia pode ser considerada uma bioindicadora eficiente para o residual no solo dos herbicidas diclosulam e metribuzim na dose recomendada em bula e subdoses. Em contrapartida, a melancia não apresenta resposta satisfatória para detecção de flumioxazina em doses inferiores à recomendada em bula; Além disso, não apresenta-se como alternativa viável para detecção do herbicida clorimurrom, não devendo ser indicada para este fim.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, D. F., SILVA, D. G., SOUZA, A. P., GOMES, D. P., ROCHA, H. S. Coeficientes da equação de Angström-PreScott e sua influência na evapotranspiração de referência em Seropédica, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 15, n. 8, p. 108-116, 2011.
- DAN, H. A.; DAN, L. G. M.; BARROSO, A. L. L.; PROCÓPIO, S. O.; OLIVEIRA JR., R. S.; BRAZ, G. B. P.; ALONSO, D. G. Atividade residual de herbicidas usados na soja sobre o girassol cultivado em sucessão. **Ciência Rural**, v. 42 n. 11, 2012.
- GUERRA, N.; DE OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; DE OLIVEIRA NETO, A. M.; DE ALMEIDA DAN, H.; ALONSO, D. G.; DE CAMPOS JUMES, T. M. Seleção de espécies bioindicadoras para os herbicidas trifloxysulfuron-sodium e pyriithiobac-sodium. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 1, p. 37-48, 2011.
- KOTOULA-SYKA, E.; ELEFTHEROHORINOS, I. G.; GAGIANAS, A. A.; SFICAS, A. G. Phytotoxicity and persistence of chlorsulfuron, metsulfuronmethyl, triasulfuron and tribenuron-methyl in three soils. **Weed Research**, v. 33, n. 5, p. 355–367, 1993.
- MANCUSO, M. A. C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo (“*Carryover*”). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, n.2, p.151-164, 2011.
- MONQUERO, P. A.; CÔRREA, M. C.; BARBOSA, L. N.; GUTIERREZ, A.; ORZARI, I.; HIRATA, A. C. S. Seleção de espécies de adubos verdes visando à fitorremediação de diclosulam. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 127-135, 2013.
- NUNES, A.L.; VIDAL, R.A. Seleção de plantas quantificadoras de herbicidas residuais. **Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.19, n.1, p.19-28, 2009.
- PASSOS, A.B.R.J; FREITAS, M.A.M.; TORRES, L.G.; SILVA, A.A.; QUEIROZ, M.E.L.R.; LIMA, C.F. Sorption and desorption of sulfentrazone in Brazilian soils. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 48, p. 646–650, 2013.
- PAULA, J. D., Vargas, L., Agostinetto, D., & Nohatto, M. A. (2011). Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao herbicida Glyphosate. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 217-227, 2011.
- PERES-OLIVEIRA, M. A., BONFIM-SILVA, E. M., DA SILVA, V. M., DA SILVA, T. J. A., & DE FREITAS SOUSA, H. H. Soybean as bioindicator of residual effect of 2, 4-D herbicide in an oxisol from the Brazilian cerrado. **African Journal of Agricultural Research**, v.12, n.1, p. 35-41, 2017.
- PESSALA, P.; SHULTZ, E.; NAKARI, T.; JOUTTI, A.; HERVE, S. Evaluation of wastewater effluents by small-scale biotests and a fractionation procedure. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 59, n. 2, p. 263-272, 2004.

PITELLI, R. A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. IPEF. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, v. v.4, p. 1-24, 1987.

R Core Team (2017). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for **Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SANDÍN-ESPAÑA, P.; LOUREIRO, I.; ESCORIAL, C.; CHUECA, C.; SANTÍN- MONTANYA, I. 2011. **The Bioassay Technique in the Study of the Herbicide Effects, Herbicides, Theory and Applications**. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/herbicides-theory-and-applications/the-bioassay-technique-in-the-study-of-the-herbicide-effects>.

UNIVERSO AGRO, 2018. **Daninhas provocam perdas de 15% na produção mundial de grãos**. Disponível em: <http://portalvidanocampo.com.br/daninhas-provocam-perdas-de-15-na-producao-mundial-de-graos/> [Acesso: 19/07/2018]

VARGAS, L.; GAZZIERO, D.L.P.; AGOSTINETTO, D.; KARAM, D.; ADEGAS, F.S. **Manejo de resistência em sistemas de cultivo soja/milho**, 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/978126/1/Manejoderesistenciaemsistemasdecultivosojamilho.pdf> . Acesso em: 17 de agosto de 2018.

BIOMASSA E ATIVIDADE MICROBIANA EM DIFERENTES USOS DO SOLO NA REGIÃO DO CERRADO - MUNICÍPIO DE PALMAS, TO

Lidia Justen

Universidade Estadual do Tocantins-UNITINS,
Engenharia Agrônômica
Palmas -TO.

Michele Ribeiro Ramos

Universidade Estadual do Tocantins-UNITINS,
Engenharia Agrônômica
Palmas -TO.

Nayara Monteiro Rodrigues

Universidade Estadual do Tocantins-UNITINS,
Engenharia Agrônômica

Alexandre Uhlmann

Embrapa Florestas – Colombo - PR

RESUMO: O estudo da quantidade e da atividade da biomassa microbiana pode fornecer subsídios importantes para o planejamento do uso correto da terra. Este trabalho tem como objetivo compreender as relações existentes entre o uso e a Respiração e Biomassa Microbiana do solo. Os tratamentos foram uma área sob pastagem, outra cultivada com *Eucalyptus* spp., outra com banana orgânica e outra área com agricultura convencional. A Respiração microbiana (RMS) foi determinada pelo método da captura, em solução de NaOH, do CO₂ evoluído do solo com uso de câmaras de incubação. A biomassa microbiana do solo (BMS), foi determinada pelo método da Respiração Induzida pelo Substrato (RIS). Os valores médios encontrados para

RMS: 0,28 C-CO₂ mg Kg⁻¹ h⁻¹, 0,84 C-CO₂ mg Kg⁻¹ h⁻¹, 1,08 C-CO₂ mg Kg⁻¹ h⁻¹ e 1,54 C-CO₂ mg Kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente solos sob agricultura, pastagem, eucalipto e banana orgânica. O solo sob cultivo orgânico apresentando os maiores valores, apontando um maior aporte de material orgânico quando comparados com os outros usos. Para BMS, o resultado médio encontrado foi 65,21 µg C g⁻¹, 181,2 µg C g⁻¹, 237,3 µg C g⁻¹ e 237,3 µg C g⁻¹, respectivamente solos sob agricultura, eucalipto, pastagem, e banana orgânica. O resultado idêntico nas áreas de pasto e banana podem ser justificados pela maior quantidade de matéria orgânica, seja pela adubação orgânica aplicada no cultivo da banana, seja pelo esterco dos animais no período em que estão pastejando na área. Os diferentes usos do solo demonstraram alterar os atributos biológicos do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Bioindicadores; qualidade ambiental; matéria orgânica.

ABSTRACT: The study of the amount and activity of microbial biomass can provide important inputs for planning the correct use of the earth. This work aims to understand the relationship between the use of Breath and Microbial Biomass of the soil. The treatments were an area under pasture, another cultivated with *Eucalyptus* spp., Another with organic banana and another area with conventional

agriculture. Microbial respiration (RMS) was determined by the NaOH solution capture method of CO₂ evolved from the soil using incubation chambers. Soil microbial biomass (BMS) was determined by the Substrate Induced Breathing (RIS) method. The average values found for RMS were: 0.28 C-CO₂ mg Kg⁻¹ h⁻¹, 0.84 C-CO₂ mg Kg⁻¹ h⁻¹, 1.08 C-CO₂ mg Kg⁻¹ h⁻¹, 54 C-CO₂ mg kg⁻¹ h⁻¹, respectively under agriculture, pasture, eucalyptus and organic banana. The soil under organic cultivation presented the highest values, indicating a greater contribution of organic material when compared with the other uses. For BMS, the average result was 65.21 µg C g⁻¹, 181.2 µg C g⁻¹, 237.3 µg C g⁻¹ and 237.3 µg C g⁻¹, respectively soils under agriculture, eucalyptus, grassland, and organic banana. The same result in the areas of pasture and banana can be justified by the greater amount of organic matter, either by the organic fertilization applied in the banana cultivation, or by the manure of the animals in the period in which they are grazing in the area. The different uses of the soil have shown to alter the biological attributes of the soil.

KEYWORDS: Bioindicators; environmental quality, organic matter.

1 | INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro destaca-se entre os biomas tropicais por apresentar grande potencial agrícola e produtor de grãos, carne, fibras e, mais recentemente, de energia (biocombustíveis). No entanto, em razão da expansão agrícola e da forte pressão do agronegócio, foram incorporadas ao sistema de produção áreas que possuem solos com baixa aptidão agrícola, isso intensifica a degradação das espécies em seus ambientes naturais, seja da fauna ou da flora, por meio da destruição dos mesmos (ASSIS et al., 2014).

Diferentes sistemas de uso e manejo do solo podem levar a uma drástica redução na diversidade biótica do solo, seja imediatamente, através da perda da cobertura vegetal nativa, ou em longo prazo, através dos efeitos secundários, onde a perda da vegetação afeta as condições físico-químicas, a fertilidade do ambiente e a ciclagem de nutrientes.

Segundo Paulucio et al. (2017), fatores como cobertura vegetal, propriedades químicas e físicas do solo e as condições climáticas influenciam a atividade e a composição da microbiota do solo. Quanto à cobertura vegetal, cada espécie tem capacidade diferente de produção de fitomassa, e também sua qualidade depende da espécie dentro do mesmo clima e solo. Ainda segundo o mesmo, a importância dos organismos do solo é inquestionável, pois eles são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica e pela ciclagem de nutrientes, que são fundamentais para a vida do planeta.

A qualidade do solo é mensurada através do uso de indicadores. Estes são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema. Os indicadores de qualidade microbiológica do solo são bastante

sensíveis, e a utilização deles pode indicar tanto problemas, como melhorias no ambiente edáfico, previamente aos indicadores físicos e químicos (ANTONIOLLI et al., 2015).

Dentre os principais indicadores microbiológicos utilizados para avaliar a qualidade do solo, destacam-se a determinação do C da biomassa, respiração microbiana e atividade enzimática do solo (BALOTA et al., 2014). A biomassa microbiana é um indicador sensível a mudanças no ecossistema, pois representa o destino inicial do C em transformação, e é uma das principais fontes de produção do CO₂ e das enzimas do solo (MOREIRA, 2006).

A respiração basal microbiana reflete a velocidade de decomposição de um resíduo orgânico adicionado ao solo. Quando essa atividade microbiana é alta ocorre maior decomposição e, conseqüentemente, liberação de nutrientes para as plantas; porém, também pode significar perdas de C do solo, em longo prazo (SOUZA et al., 2010).

Onde a compreensão do comportamento dos microrganismos do solo é fundamental para auxiliar nos programas de manejo e conservação do solo e para a utilização dos recursos naturais, melhorando a produção florestal ou agrícola com menores impactos à microbiota e conseqüentemente na qualidade do solo.

Este trabalho tem como objetivo compreender as relações existentes entre o manejo do solo e a atividade de microrganismos como bioindicadores da qualidade do solo, em diferentes sistemas de uso do solo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A área de estudo está situada no Complexo de Ciências Agrárias – CCA da Fundação Universidade do Tocantins – UNITINS, inserido no Centro Agrotecnológico de Palmas – CAP, na região central do Estado do Tocantins, Brasil, e localizado geograficamente sob as coordenadas aproximadas de 10°20'00" S e 10°27'00" S de latitude e 48°15'00" Wgr e 48°20'00" Wgr de longitude, a uma altitude de 213 metros. Situa-se a aproximadamente 32 km do município de Palmas – TO, e a 10 km da TO 050, sentido Palmas-Porto Nacional.

Os tratamentos estudados corresponderam a diferentes usos de solo. Assim seguem:

- Agricultura Convencional: Caracterizada por intenso e frequente revolvimento do solo, com longos períodos de solo exposto sem cobertura vegetal.
- Banana orgânica: Experimento implantado em março de 2012, utilizando a cultivar Thap Maeo, os tratamentos eram constituídos por três tipos de cobertura do solo (vegetação espontânea, feijão-de-porco e calopogônio). Sendo adotado adubação orgânica, constituída de 100 kg de N. ha⁻¹ na for-

ma de cama de frango, 100 kg de P. ha¹ na forma de termofosfato magnesia-no e 170 kg de K. ha⁻¹ na forma de cinza.

- Floresta plantada de Eucalipto: Unidades clonais de *Eucalyptus sp.* implantadas apenas para manutenção dos indivíduos á campo. Sem qualquer tipo de adubação ou tratos culturais ou longos dos anos, funcionando como um banco de germoplasma.
- Pastagem: Implantado pela Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Embrapa Cerrados / UEP-TO e Embrapa Gado de Corte, em dezembro de 2004, se constitui em uma unidade física de 15 hectares subdivididos em 8 piquetes de pastagem de *Urochloa brizantha cv. Xaraés* no Centro Agrotecnológico de Palmas, (CAP). O solo onde foi instalada essa unidade no período das águas sofre saturação por elevação do lençol freático. Na implantação da pastagem o solo foi calcareado e fosfatado (superfosfato simples) seguindo o recomendado para a espécie forrageira. A partir de maio de 2007 deu-se início ao pastejo da área com lotação média de 1,44 UA/ha.

2.2 Amostragem a campo

A ferramenta utilizada na coleta de solo foi o trado holandês, onde para cada amostra de solo foram coletados cerca de 1000 g do mesmo, no seu horizonte A; com aproximadamente 20 cm de profundidade. Para a área de pastagem foram coletadas 21 amostras de solo, para a área floresta plantada de eucalipto 14 amostras, para a área de banana orgânica 10 amostras e para a área de agricultura convencional 7 amostras. O número de amostras coletado por área variou conforme o tamanho de cada área. As amostras foram transferidas para um saco plástico de polietileno limpo e sem uso. Após a coleta, as amostras foram transportadas para o laboratório de Física do solo da Universidade Estadual do Tocantins.

2.3 Determinação da capacidade de retenção de água do solo

A capacidade de retenção de água do solo foi determinada conforme Monteiro e Frighuetto (2000), descrita por Dionísio et al. (2016). Primeiramente para cada amostra, foi separado um conjunto formado por funil de vidro, papel filtro quantitativo faixa preta de filtragem rápida (diâmetro de 15 cm) e um frasco de vidro para coletar a água percolada.

Então pesou-se 50,0 g de solo úmido coletado conforme item anterior, previamente tamizado em peneira número 10 (abertura de 2,00 mm) e foi transferido com auxílio de uma espátula para o funil. Em um béquer foi pesado em balança analítica 100 g de água destilada e adicionada ao solo no funil em pequenos volumes.

Cobriu-se o funil com filme plástico e deixou as amostras em temperatura ambiente. No dia seguinte, após decorrido o período de 24 horas, retirou-se a água retida na haste do funil, com batidas suaves no suporte e pesou-se o frasco coletor contendo a água percolada.

Para o cálculo da determinação da capacidade de retenção (CR) de água do solo utilizou-se a seguinte fórmula:

$$CR (\%) = [(100-AP) + AS] / SS \times 100$$

Em que:

AP: água percolada (g);

AS: água existente no solo (g); e

SS: massa do solo seco (g), obtido após a secagem do solo úmido (50 g) em estufa (105 °C) até massa constante.

A partir da determinação da CR (%) é necessário determinar a capacidade de retenção de água estabelecida à 60% da CR, onde usou-se a seguinte fórmula:

$$\text{Capacidade de retenção estabelecida} = CR \times 0,6$$

Por fim com a capacidade de retenção estabelecida calculou-se a quantidade necessária de água a adicionar ao solo para atingir CR (60%) com a seguinte fórmula:

$$\text{Água (mL)} = CR (60\%) - AS.$$

2.4 Respiração Microbiana

Para a determinação da respiração microbiana do solo utilizou-se a metodologia de respiração do solo em sistema estático, método de ALEF (1995), descrita por Dionísio et al. (2016). Primeiramente pesou-se 50,0 g de solo úmido para determinar a massa de solo seco, levando para estufa de secagem a 105,0°C por 24,0 horas.

Após pesou-se 100,0 g de solo úmido, previamente tamizado, em peneira número 10 (abertura de 2,0 mm), em triplicata, e transferiu para um frasco de plástico com tampa hermética, fez-se a correção da umidade do solo e dentro do frasco de plástico foi posto um recipiente plástico de 75,0 mL contendo 15,0 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 0,5 N padronizado para capturar o CO₂ produzido e outro recipiente plástico contendo 10,0 mL de água destilada para manter a umidade do ambiente.

Também foi realizado a prova em branco, que corresponde a um frasco de plástico contendo apenas um recipiente plástico com 15,0 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 0,5 N padronizado e outro contendo 10,0 mL de água destilada.

Os frascos foram fechados hermeticamente e incubados em estufa a 25,0°C por uma semana (168,0 h). Após o período de incubação, foi retirado dos frascos de plástico os recipientes contendo o hidróxido de sódio (NaOH) e adicionado 1,0 mL de cloreto de bário (BaCl₂) à 50,0% e duas gotas de fenolftaleína. Após a padronização, titulou-se o excesso de hidróxido de sódio (NaOH) com ácido clorídrico (HCl) 0,5 N. A respiração basal do solo (RBS) foi calculada usando-se a fórmula abaixo.

$$RBS \text{ ou RIS (C-CO}_2 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}) = \{(b - a) \times N \times E \times 1.000\} / h$$

Em que:

b: Volume de HCl gasto na prova em branco;

a: Volume de HCl gasto na amostra;

E: Equivalente do carbono;

N: Normalidade do HCl;
g: Massa de solo seco; e
h: horas de incubação.

2.5 Biomassa Microbiana

Utilizou-se a metodologia de Respiração Induzida pelo Substrato (RIS) (ANDERSON; DOMSCH, 1978 apud DIONÍSIO et al., 2016). Onde primeiramente pesou-se 50,0 g de solo úmido para determinar a massa de solo seco, a amostra foi seca em estufa á 105,0°C por 24,0 horas.

Após a determinação da umidade do solo, pesou-se 50,0 g de solo úmido, que foi transferido para um frasco de plástico, com três repetições. Em cada amostra de solo foi acrescentado 60,0 mg de glicose anidra diluída em água destilada, calculada de acordo com a quantidade de água necessária para correção da umidade do solo para 60,0 %. O solo e a glicose foram devidamente homogeneizados com um bastão de vidro, e os potes foram fechados hermeticamente e pré-incubados em estufa a 22,0°C por 2,0h.

Após o período de incubação, colocou-se no frasco de plástico um recipiente plástico contendo 10,0 ml de hidróxido de sódio (NaOH) 0,25 N, e voltou a incubar em estufa a 22,0°C por 4,0 h. Também foi realizado a prova em branco contendo apenas um frasco de plástico e um recipiente com 10,0 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 0,25 N.

Após o período de incubação, foi retirado dos frascos de plástico os recipientes contendo o hidróxido de sódio (NaOH) 0,25 N e adicionado 0,5 mL de cloreto de bário (BaCl₂) 50,0% e duas gotas de fenolftaleína 0,1 %. E por fim a solução foi titulada com ácido clorídrico (HCl) 0,25 N e anotado a quantidade de ácido consumida. Para o cálculo da biomassa microbiana do solo utilizou-se a seguinte equação:

$$BMS (\mu\text{g C g}^{-1}) = 30 (b - a) \times \{(K \times 22 \times 1.000) / (1,8295 \times PA \times 4)\}$$

Em que:

BMS: Carbono da Biomassa Microbiana ($\mu\text{g C g}^{-1}$);

30: Constante ($\text{mg Cmic h mL CO}_2^{-1}$);

b: Média do volume (mL) de HCl gasto para titular as provas em branco;

a: ml HCl gasto para titular as amostras;

K: Concentração da solução de HCl;

22: Fator de conversão (1,0 mL de HCl 1,0 M corresponde a 22,0 mg de CO₂);

1.000: Fator de conversão de kg de solo para g de solo;

1,8295: Densidade do CO₂ a 22 °C;

PA: Massa da amostra (g de solo seco); e

4: Fator de conversão para transformação de 4 para 1 h.

2.6 Quociente metabólico (qCO₂)

O quociente metabólico foi calculado pela razão entre a respiração basal e o carbono da biomassa microbiana (ANDERSON E DOMSCH, 1978).

2.7 Análise estatística

As médias dos parâmetros biológicos dos solos entre os tratamentos foram avaliados através de ANOVA, aplicando-se testes *post-hoc* a fim de verificar a significância das diferenças par a par. Antes da análise, a presença de heterocedasticidade foi verificada pelo teste de Levene, aceitando H₀ quando p > 0,05. Também foi averiguada a normalidade da distribuição desses dados por meio do teste de Shapiro-Wilk. Complementarmente, os dados foram avaliados graficamente, de modo a atestar a obediência a estas premissas, que quando não cumpridas, foram corrigidas por meio de transformação dos dados (logarítmica, raiz quadrada, raiz cúbica e inversa) (QUINN; KEOUGH, 2002).

Inicialmente, as médias foram testadas, desconsiderando os efeitos da dependência espacial. Posteriormente, MEMs (Moran Eigenvector Maps) foram incorporados aos modelos para isolar o efeito da dependência espacial que costuma inflar o erro tipo I (DINIZ-FILHO et al., 2003; PERES-NETO et al., 2006; PERES-NETO; LEGENDRE, 2010;). Os MEMs foram gerados através de autovetores extraídos a partir de matriz binária de conectividades entre os pontos amostrais, a qual deriva de uma triangulação Delaunay, na qual somente os vizinhos mais próximos são considerados conectados (DRAY et al., 2006). Para obtenção dos MEMs foram utilizados os pacotes *tripack*, *spdep* (BIVAND et al., 2013; BIVAND; PIRAS, 2015) e *spacemakeR* (DRAY et al., 2006) no R (R CORE TEAM, 2012). Os MEMs foram escolhidos através de seleção automática, conforme proposto por Blanchet et al. (2008) utilizando o script publicado em Eisenlohr (2014).

A partição da variância foi conduzida através do argumento *varpart* do pacote *Vegan R* (OKSANEN et al., 2015), objetivando segregar a fração da variância explicada pelos elementos individuais do modelo (tratamento e espaço), a fração partilhada entre estes dois elementos, assim como aquela fração que, em geral, permanece inexplicada na forma de resíduos (PERES-NETO et al., 2006). A variação exclusivamente atribuída ao tratamento foi significativa, a ANOVA foi aplicada tendo os MEMs como co-variáveis a fim de atestar o efeito do tratamento independente do efeito do espaço.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Respiração Microbiana (RM) do solo

Com respeito à respiração microbiana (RM) do solo, a partir da Análise de Covariância (ANCOVA) aplicada aos dados, provou haver diferenças significativas

entre os tratamentos. Com a aplicação dos testes post-hoc indicou que as médias da Respiração Microbiana foram inferiores nos solos com agricultura convencional (0,28 mg.Kg⁻¹) e maiores na área com plantio de banana orgânica (1,55 mg.Kg⁻¹), sendo intermediárias nas áreas com pastagem e plantio de eucaliptos (0,85 mg.Kg⁻¹ e 1,08 mg.Kg⁻¹, respectivamente), conforme apresentado na Tabela 1.

Tratamento	Média de RM (em mg.Kg ⁻¹)/ tratamento	Grupos
Agricultura	0,28	A
Pastagem	0,85	B
Eucalipto	1,08	B
Banana orgânica	1,55	C

Tabela 1 – Resultados da aplicação do teste *post-hoc* (HSD) sobre os dados de média da Respiração Microbiana, (RM em mg.Kg⁻¹) a fim de verificar o efeito dos tratamentos (áreas plantadas com eucalipto, banana orgânica, agricultura e pastagem).

A alta atividade biológica na área de cultivo de banana orgânica deve-se à aplicação constante de compostos orgânicos e palhada, que proporciona a presença de matéria orgânica com grandes quantidades de carbono prontamente disponível. A alta atividade microbiana é uma característica desejável, uma vez que pode significar rápida transformação de resíduos orgânicos em nutrientes para as plantas (TU et al., 2006).

Sampaio et al. (2008) quando avaliou a qualidade biológica de solos sob cultivo convencional e orgânico de frutas localizado no município de Parnaíba, norte do estado do Piauí, observou que solos com cultivo orgânico apresentaram maior respiração basal (liberação de CO₂) que os demais solos, indicando maior atividade da biomassa microbiana nesse sistema.

Também foi observado na área de banana orgânica um grande número de plantas invasoras, já que essa área deixou de ser manejada, indicando uma maior diversidade de espécies vegetais na área de estudo. Partindo do princípio que a BMS é regulada pela disponibilidade de substrato orgânico, o solo cultivado com banana tem um maior aporte de material quando comparados com os outros usos. Apesar de valores elevados de RMS poderem apontar para uma situação de estresse, indicando maior consumo de energia, o resultado da alta atividade de respiração basal pode estar indicando o fornecimento contínuo de materiais orgânicos com diferentes graus de suscetibilidade à decomposição, que pode ser o caso da área em questão.

De acordo com Dias et al. (2010), os valores da respiração basal do solo em monocultivos são menores do que em cultivos com mistura de várias espécies, sendo assim a riqueza de espécies afeta a Respiração Microbiana do solo por meio de mudanças na biomassa, que é maior nos sistemas de maior diversidade de espécies.

Apesar das áreas de eucalipto e pastagem não se diferirem estatisticamente, o valor superior de respiração microbiana do solo na área de eucalipto pode ser explicado pelo tipo e falta de diversidade do material orgânico encontrado na área. Tendo em vista que plantios florestais homogêneos apresentam substrato mais lignificado e

menos diversificado, exigindo um maior consumo de energia para decompor o material orgânico.

3.2 Biomassa Microbiana do Solo (BMS)

Os resultados analíticos da comparação de médias da Biomassa Microbiana no Solo (BMS) pela análise de covariância, indicaram haver diferenças significativas entre os tratamentos. Com a aplicação dos testes post-hoc indicou que BMS (Tabela 2) foi significativamente maior na área de cultivo de banana orgânica e pastagem plantada (237,35 mg.Kg⁻¹ e 237,29 mg.Kg⁻¹, respectivamente). A menor média de BMS foi verificada na área de agricultura (65,21 mg.Kg⁻¹), mas esta não diferiu da média verificada para área com cultivo de eucaliptos (181,19 mg.Kg⁻¹) que, por sua vez, também não apresentou diferenças significativas das médias do grupo formado pelas áreas de pastagem e banana orgânica.

Tratamento	Média de RMS (em mg.Kg ⁻¹)/ tratamento	Grupos
Agricultura	65,21	A
Eucalipto	181,19	AB
Pastagem	237,29	B
Banana orgânica	237,35	B

Tabela 2 – Resultados da aplicação do teste *post-hoc* (HSD) sobre os dados de média da Biomassa Microbiana do solo, (BMS), em mg.Kg⁻¹ a fim de verificar o efeito dos tratamentos (áreas plantadas com eucalipto, banana orgânica, agricultura e pastagem).

Os elevados valores de BMS das áreas de cultivo de banana orgânica e pastagem plantada, possivelmente estão ligados a uma maior quantidade de resíduos orgânicos no solo. Portanto o resultado, praticamente idêntico encontrado nas áreas de pasto e banana podem ser justificados pelo maior aporte de matéria orgânica nesses sistemas, seja pela adubação orgânica aplicada como fonte de nutrientes no cultivo da banana, seja pelo esterco dos animais no período em que estão pastando na área de pastagem. Segundo Matsuoka et al. (2003) e Perez et al. (2004), a decomposição de resíduos orgânicos, a grande quantidade de raízes e o acúmulo de serrapilheira estimulam a manutenção da microbiota do solo por apresentar menor variação e níveis mais adequados de temperatura e umidade.

Xavier et al. (2006) que realizou estudos sobre a BMS sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na chapada da Ibiapaba – CE, observou que os teores de carbono microbiano obtidos nas áreas de cultivo orgânico não diferiram dos teores obtidos na área sob vegetação nativa, isso geralmente ocorre se o sistema de cultivo estiver bem equilibrado.

Resultados semelhantes foram encontrados para área de pastagem, onde Araújo et al. (2007) que avaliou a qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo, observou que o C da biomassa microbiana (Cmic) de uma área de pastagem plantada e área sob cerrado nativo, não diferiram estatisticamente, isso se deve pôr as áreas

de pastagem com gramíneas forrageiras, apresentarem um intenso desenvolvimento radicular na camada superior do solo, favorecendo a atividade biológica.

Apesar do solo sob plantio florestal não diferir estatisticamente das áreas de banana e pastagem, os resultados inferiores da BMS na área de eucalipto, apesar do mesmo apresentar uma camada significativa de serapilheira, pode ser explicado pela presença de substâncias com atividade antimicrobiana encontradas na serapilheira que dificultam a sobrevivência e o crescimento dos diferentes grupos de microrganismos do solo (Alvarenga et al., 1999).

Silva et al. (2010) também obtiveram baixos valores de CBM em plantios de *Eucalyptus*, que apesar de ausência de manejo do solo após o plantio do eucalipto, fato que se assemelha ao presente estudo, ainda apresentou CBM significativamente inferior a uma área de Cerrado.

Segundo Gama-Rodrigues et al. (2008); Silva et al. (2009) as reduções no CBM, possivelmente, refletem alterações associadas à quantidade e à qualidade dos resíduos vegetais disponíveis à microbiota, pois a baixa qualidade nutricional da matéria orgânica faz com que a microbiota seja incapaz de utilizar totalmente o C orgânico.

A área com agricultura convencional foi o tratamento que apresentou os menores valores de Biomassa Microbiana no solo, fato esse que pode ser explicado por Reganold et al. (2000), afirmando que o plantio convencional, devido ao manejo dado ao solo, reduz o CBM, por envolver processos de baixa manutenção de cobertura vegetal, maior aplicação de agroquímicos e maior revolvimento do solo; resultado que se assemelham ao presente estudo.

No caso dos sistemas convencionais, o revolvimento sistemático do solo contribui para provocar perturbações promotoras de estresse na população microbiana e, uma vez que as adições de carbono nesses sistemas são menores, os microrganismos terminam por consumir o carbono orgânico do solo, causando sua redução. (D'ANDRÉA et al., 2002).

3.3 Quociente metabólico (qCO₂)

O Quociente Metabólico (qCO₂) que, a exemplo dos demais, provou haver diferenças significativas entre os tratamentos. Com a aplicação do teste *post-hoc* (HSD) sobre os dados de média do Quociente Metabólico, o menor valor de qCO₂ foi verificada nos solos de pastagem (0,0028), que não diferiu estatisticamente dos solos com uso agrícola (0,0050), mas foi estatisticamente diverso das áreas com plantio de eucaliptos (0,0062) e banana orgânica (0,0065). Estes três últimos tratamentos não atingiram valores médios diferentes entre si. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tratamento	Média da QM/tratamento	Grupos
Eucalipto	0,0062	A
Banana orgânica	0,0065	A
Agricultura	0,0050	AB
Pastagem	0,0028	B

Tabela 3 – Resultados da aplicação do teste *post-hoc* (HSD) sobre os dados de média do Quociente Metabólico a fim de verificar o efeito dos tratamentos (áreas plantadas com eucalipto, banana orgânica, agricultura e pastagem).

Alguns autores (SILVA et al., 2010; GOMIDE et al., 2011; MELLONI et al., 2013), relatam que a ocorrência de altos valores de qCO_2 é um indicativo que os microrganismos estão em condições de estresse, fazendo com que os mesmos consumam uma grande quantidade de substrato, ocasionando maiores gastos de energia para a manutenção da comunidade de microrganismos.

Sousa (2014), relata que quanto maior a frequência e diversificação do material disponível para a decomposição pelos microrganismos, menores qCO_2 serão apresentados nestes ambientes e mais estáveis serão suas comunidades, pois não serão submetidas a períodos de estresse.

A área de pastagem apresentou os menores valores de qCO_2 , demonstrando que a comunidade microbiológica presente nesse solo possui alta eficiência, deixando de perder carbono para a atmosfera pela emissão dióxido de carbono na Respiração Basal do solo, possibilitando que uma quantidade maior de carbono seja incorporado a biomassa, como fica evidenciado na tabela 2, mostrando altos valores de BMS para essa área.

A área de agricultura convencional também apresentou valores baixos para o qCO_2 o que indica que a comunidade microbiológica desse solo é considerada eficiente na conversão de C- CO_2 evoluído por unidade de C microbiano. Porém vale ressaltar, que a área de Agricultura apresentou os menores valores tanto para Respiração quanto para Biomassa Microbiana quando comparadas as demais áreas (Figura 1 e 2 respectivamente). Isso indica que apesar do solo não estar em uma condição de estresse, também não possui grande quantidade de matéria orgânica no solo para elevar a sua atividade microbiana.

As áreas de eucalipto e cultivo de banana orgânica apresentaram os maiores valores de qCO_2 (0,0062 e 0,0065 respectivamente), não diferindo estatisticamente. Os valores mais altos do qCO_2 na área de Banana, apesar da mesma apresentar os maiores valores tanto para Respiração como para Biomassa Microbiana (Tabela 1 e 2 respectivamente), pode ser explicada pelo grande aporte de matéria orgânica na área aumentando a atividade e gasto de energia dos microrganismos para decomposição, liberando mais CO_2 na atmosfera, representado pela alta RMS. Porém em contrapartida também é o solo que possui a maior massa de microrganismos vivos no solo, representada pela BMS.

Apesar dos diferentes sistemas de cultivo e uso apresentarem diferença

estatística entre os tratamentos (Agricultura convencional, eucalipto, banana orgânica e pastagem) os valores encontrados para o qCO_2 ainda são considerados muito baixos para se considerar que os resultados encontrados no presente trabalho estão causando um estresse na microbiota do solo. Pois segundo Anderson (2003), de maneira geral, podem ser considerados valores críticos de qCO_2 quando o mesmo se apresentar em torno de 2,0 que indica estresse da comunidade microbiana.

4 | CONCLUSÕES

Os usos do solo demonstraram alterar os atributos biológicos testados, demonstrando diferença estatística significativa entre as áreas avaliadas. A adoção do sistema orgânico aumentou a atividade microbiana e o conteúdo de carbono orgânico do solo, mostrando benefícios para esse sistema agrícola.

De modo geral solos manejados com sistemas que conferem maior aporte de material orgânico apresentam maiores taxas de respiração microbiana e biomassa microbiana no solo, quando comparados com outros sistemas produtivos de menor fornecimento de matéria orgânico.

A entrada de grande quantidade de resíduos lignificados e de baixa diversidade no sistema tende a gerar algum tipo de estresse à comunidade microbiana.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, M.; SIQUEIRA, J.; DAVIDE, A. **Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de Cerrado com diferentes usos**. Ciênc. agrotec., Lavras, v.23, n.3, p.617-625, 1999.
- ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. **A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils**. Soil Biology & Biochemistry, v.10, p. 215-221, 1978.
- ANDERSON, T.H. **Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality**. Agriculture, Ecosystems and Environment. Cambridge, v.98, p.285–293, 2003.
- ANTONIOLLI, Z. I., et al. **Indicadores Microbiológicos de Solo em Pastagem com Aplicação Sucessiva de Dejetos De Suínos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, vol.39 n.6, 2015.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M.P.C. **Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.1099-1108, 2007.
- ASSIS, P. C. R. et al. **Fungos micorrízicos arbusculares em campos de murundus após a conversão para sistemas agrícolas no cerrado**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol.38 n.6 Viçosa, 2014.
- BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; MATOS, M. A. **Soil microbial biomass under different tillage and levels of applied pig slurry**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 5, p. 487-495, 2012.
- BIVAND, R., HAUKE, J., KOSSOWSKI, T. **Computing the Jacobian in Gaussian Spatial**

- Autoregressive Models: An Illustrated Comparison of Available Methods.** Geogr. Anal. V.45, p.150–179, 2013.
- BIVAND, R.; PIRAS, G. **Comparing Implementations of Estimation Methods for Spatial Econometrics.** J. Stat. Softw.v.63, p.1–36, 2015.
- D'ANDRÉA, A. F. et al. **Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, p.913-923, 2002.
- DIAS, A. T. C.; VAN R. J.; BERENDSE, F. **Plant species richness regulates soil respiration through changes in productivity.** Oecologia, v. 163, n. 3, p. 805-813, 2010.
- DINIZ-FILHO, J.A.F., BINI, L.M., HAWKINS, B.A. **Spatial autocorrelation and red herrings in geographical ecology.** Glob. Ecol. Biogeogr, v.12, p.53–64, 2003.
- DIONÍSIO, J.A. et al. **Guia Prático de Biologia do solo.** Curitiba: SBCS/NEPAR, 2016. 152 p.
- DRAY, S., LEGENDRE, P., PERES-NETO, P.R. **Spatial modelling: a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbour matrices (PCNM).** Ecol. Modell. v.196, p. 483–493, 2006.
- EISENLOHR, P. V. **Persisting challenges in multiple models: a note on commonly unnoticed issues regarding collinearity and spatial structure of ecological data.** Brazilian J. Bot. V.37, p. 365–371, 2014.
- GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; VIANA, A.P.; SANTOS, G.A. **Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região Sudeste do Brasil.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 1489-1499, 2008.
- GOMIDE, P.H.O.; SILVA, M.L.N.; SOARES, C.R.F.S. **Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras - MG.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, p. 567-577, 2011.
- MATSUOKA, M.; MENDES, L.C. & LOUREIRO, M.F. **Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT).** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.7, p.425-433, 2003.
- MELLONI, R. et al. **Métodos de controle de plantas daninhas e seus impactos na qualidade microbiana de solo sob cafeeiro.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol.37, n.1, p.66-75, 2013.
- MOREIRA, F.M.S. **Microbiologia e bioquímica do solo.** Ufla, 2006.
- OKSANEN, J., et al. **Vegan: Community Ecology Package.** R package version 2.2-1. 2015.
- PAULUCIO, V. O. et al. **Reforestation of a degraded area with eucalyptus and sesbania: microbial activity and chemical soil properties.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 41, 2017.
- REGANOLD, J. P.; GLOVER, J.D.; ANDREWS, P.K. **Systematic method for rating soil quality of conventional, organic and integrated apple orchards in Washington State.** Agricultural Ecosystem e Environmental, v. 80, p. 29-45, 2000.
- PEREZ, K.S.; RAMOS, M.L.G.; McMANUS, C. **Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados.** Pesq. Agropec. Bras., v. 39, p. 567-573, 2004.

Peres-Neto, P.R., Legendre, P. **Estimating and controlling for spatial structure in the study of ecological communities**. Glob. Ecol. Biogeogr. V.19, p. 174–184, 2010.

Peres-Neto, P.R., Legendre, P., Dray, S., Borcard, D. **Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparisons of fractions**. Ecology. v.87, p.2614, 2006.

Quinn, G.P., Keough, M.J. **Experimental Design and Data Analysis for Biologists**. Press, Cambridge University, Cambridge.2002.

R TEAM, DEVELOPMENT CORE. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. 2012.

SAMPAIO, D. B. et al. **Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas**. Ciênc. agrotec. vol.32, n.2, Lavras, 2008.

SILVA, L.G.; MENDES, I.C.; REIS JÚNIOR, F.; FERNANDES, M.F.; MELO, J.T.; KATO, E. **Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de Cerrado em plantio de espécies florestais**. Pesq. Agropec. Bras., v.44, p. 613-620, 2009.

SILVA, R. R. et al. **Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes – MG**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, p. 1585-1592, 2010

SOUSA, H. M. **Atributos microbiológicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária no ecótono Cerrado-Amazônia**. Dissertação (Pós-Graduação em Agricultura Tropical) - Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT, 2014.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P.C.F. & MARTINS, A.P. **Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, p.79-88, 2010.

TU, C.; RISTAINO, J. B.; HU, S. **Soil microbial biomass and activity in organic tomato farming systems: effects of organic inputs and straw mulching**. Soil Biology & Biochemistry, Elmsford, v. 38, p. 247-255, 2006.

XAVIER, F. A. S., et al. **Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na chapada da Ibiapaba – CE**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol.30, p.247-258, 2006.

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO COMUM SOB INFLUÊNCIA DO USO DE BORO

Rodrigo Ribeiro Fidelis

Departamento de Fitotecnia. Universidade Federal do Tocantins. Gurupi - Tocantins

Karen Cristina Leite Silva

Universidade Federal do Tocantins. Gurupi - Tocantins

Ricardo de Oliveira Rocha

Universidade Federal do Tocantins. Gurupi - Tocantins

Lucas Xaubet Burin

Universidade Federal do Tocantins. Gurupi - Tocantins

Jânio Milhomens Pimentel Júnior

Universidade Federal do Tocantins. Gurupi - Tocantins

Patricia Sumara Fernandes

Universidade Federal do Tocantins. Gurupi - Tocantins

Pedro Lucca Reis Souza

Universidade Federal do Tocantins. Gurupi - Tocantins

Danilo Alves Veloso

Universidade Federal do Tocantins. Gurupi - Tocantins

RESUMO: O boro é um micronutriente indispensável para a cultura do feijão comum, necessitando de estudos criteriosos em relação à necessidade e época de aplicação, pois apresenta faixa estreita entre deficiência e toxidez. Sendo assim, objetivou-se avaliar o

efeito da aplicação de boro em diferentes épocas na cultura do feijão comum. Foi conduzido um experimento em Gurupi-Tocantins, com quatro repetições em esquema fatorial 7 x 4, sendo sete cultivares (Aporé, Diplomata, IPR-Corujinha, IPR-Chopim, IPR-Gralha, CNFC 10467 e Safira) e quatro épocas de aplicação (T1- ausência de aplicação de boro, T2- aplicação de boro aos 15 DAE -dias após emergência-, T3- aplicação de boro aos 25 DAE, T4- Aplicação de boro aos 35 DAE). Observou-se interação significativa entre a época de aplicação do boro e genótipos para as características massa de cem grãos e produtividade de grãos. Há diferença entre os genótipos quanto à eficiência e utilização de boro. As épocas mais adequadas à aplicação de boro, levando-se em conta a produtividade, são aos 15 DAE, para os cultivares CNFC 10467 e Diplomata, e 25 DAE para Aporé e IPR-Chopim. Não recomenda-se a adubação com boro aos 35 DAE, vista a não responsividade da cultura. **PALAVRAS-CHAVE:** época de aplicação, micronutriente, *Phaseolus vulgaris*, produtividade.

ABSTRACT: Boron is an indispensable micronutrient for common bean culture, requiring careful studies in relation to the need and time of application, since it presents a narrow range between deficiency and toxicity. The objective of this study was to evaluate the effect of boron

application at different times in common bean culture. An experiment was carried out in Gurupi-Tocantins, with four replicates in a factorial scheme 7 x 4, with seven cultivars (Aporé, Diplomata, IPR-Corujinha, IPR-Chopim, IPR-Gralha, CNFC 10467 and Sapphire) and four application times (T1- absence of boron application, T2- application of boron at 15 DAE -days after emergence-, T3- application of boron at 25 DAE, T4- Application of boron at 35 DAE). There was a significant interaction between the time of application of boron and genotypes for the characteristics of one hundred grains and grain yield. There is a difference between genotypes regarding the efficiency and use of boron. The most appropriate times for boron application, taking into account productivity, are 15 DAE for cultivars CNFC 10467 and Diplomata, and 25 DAE for Aporé and IPR-Chopim. Boron fertilization at 35 DAE is not recommended due to the non-responsiveness of the crop.

KEYWORDS: time of application, micronutrient, *Phaseolus vulgaris*, productivity.

1 | INTRODUÇÃO

Os micronutrientes são elementos químicos essenciais para o crescimento das plantas, exigidos em quantidades reduzidas (BRUNES et al., 2016). O boro é um micronutriente importante na translocação de açúcares e na formação da parede celular (SILVA et al., 2012), e seu adequado suprimento influencia a quantidade de material assimilado pelas folhas e o tamanho do aparelho fotossintetizante (CAPONE et al., 2016). No processo de reprodução das plantas, o boro possui a importante função de estimular a germinação do grão de pólen e o crescimento do tubo polínico (LEMISKA et al., 2014). Tais funções permitem afirmar que o correto fornecimento do micronutriente é capaz de elevar o potencial produtivo das culturas.

O boro apresenta baixa mobilidade no floema e, concomitante a isso, sua deficiência se expressa nos órgãos mais jovens da planta. Oliveira et al. (1996) afirmam que plantas de feijão deficientes em boro produzem poucas flores e vagens, podendo até morrer antes mesmo da floração em casos extremos de deficiência. Sua toxicidade se revela como clorose nas folhas mais velhas e, posteriormente, nas folhas novas, evoluindo para necrose, podendo em algumas culturas provocar a queima completa das folhas e a queda das mesmas (BRUNES et al., 2016).

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) ocupa lugar de destaque na agricultura brasileira, sendo caracterizado como forte produto no mercado interno, com grãos que representam importante fonte de proteínas, vitaminas, minerais e carboidratos na dieta da população, além de possuir notória importância socioeconômica (CARVALHO et al., 2014).

A estimativa nacional de produção de feijão (safras 1, 2 e 3) para o ano agrícola 2017/2018 é de 3,2 milhões de toneladas, com produtividade média de 999 kg ha⁻¹, numa área de 3,2 milhões de hectares (CONAB, 2018). Embora as estimativas nacionais de produtividade sejam baixas, há produtores que já ultrapassam a marca

de 3.000 kg ha⁻¹, valores estes que também têm sido encontrados em trabalhos de pesquisa (SORATTO et al., 2015; SALGADO et al., 2011).

Segundo Binotti et al. (2007) o feijão é considerado uma das culturas mais exigentes em nutrientes. O equilíbrio nutricional é, muitas vezes, o fator mais importante e crítico na determinação da sua produtividade. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da aplicação de boro em diferentes épocas na cultura do feijão comum.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi (11°43'45" S, 49°04'07" W, 280 m de altitude), na safra 2014/2015. O resultado da análise química e física do solo na camada 0-20 cm antes da instalação do experimento foi: pH em CaCl₂ = 5,3; M.O.(%) = 1,7; P(Mel) = 10,4 mg dm⁻³; K = 71 mg dm⁻³; Ca+Mg = 2,8 cmol dm⁻³; H+Al = 2,2 cmol dm⁻³; Al = 0,0 cmol dm⁻³; SB = 2,98 cmol dm⁻³; V = 58%; 715,0 g kg⁻¹ de areia; 50,0 g kg⁻¹ de silte e 235,0 g kg⁻¹ de argila.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional. Cada parcela experimental foi constituída por quatro linhas de 4,0 m de comprimento, espaçadas de 0,45 m. A semeadura foi realizada visando obter estande final de 12 plantas por metro linear. As duas linhas centrais foram utilizadas como área útil, desprezando-se 0,5 m de cada extremidade.

A adubação de semeadura teve a dose de 400 kg ha⁻¹ do formulado 5-25-15. A adubação de cobertura de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de uréia, foi parcelada em duas aplicações, sendo a primeira aos 20 DAE (dias após emergência) e a segunda aos 30 DAE.

As sementes receberam tratamento químico de fungicida e inseticida. O controle de plantas daninhas foi realizado uma vez com herbicida seletivo específico para a cultura do feijão. Foram realizadas três aplicações de inseticidas com ação fisiológica e de contato. Uma dessecação foi realizada antes da colheita, de modo a uniformizar a maturação.

O experimento foi instalado em esquema fatorial 7 x 4, com sete cultivares e quatro épocas de aplicação do boro, este na dose de 2,0 kg ha⁻¹, na forma de ácido bórico, formando os seguintes tratamentos: T1 - ausência de aplicação de boro (testemunha); T2 - aplicação de boro aos 15 DAE; T3 - aplicação de boro aos 25 dias DAE; T4 - aplicação de boro aos 35 DAE. O delineamento empregado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições.

As características avaliadas foram número de vagens por planta, massa de 100 grãos, com valores expressos em gramas, e produtividade de grãos, determinada pelo peso de grãos da área útil em quilogramas, corrigido para 13% de umidade, e transformando os dados para kg ha⁻¹. Os dados experimentais foram submetidos à

análise de variância, com aplicação do teste F. Para as comparações entre as médias de tratamentos foi utilizado o teste Tukey a 5% de probabilidade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se diferença significativa ($P < 0.05$) no número de vagens por planta em função do cultivar de feijão comum. Entretanto, não se detectou diferença significativa ($P > 0.05$) em função da época de aplicação de boro e da interação cultivar versus época de aplicação deste nutriente. O cultivar IPR-Gralha obteve maior média quando não houve aplicação de boro e quando se aplicou aos 15 DAE e 25 DAE (Figuras 1A, 1B e 1C), enquanto que as menores médias foram obtidas por Aporé, Corujinha e Diplomata aos 0, 15 e 25 DAE, respectivamente.

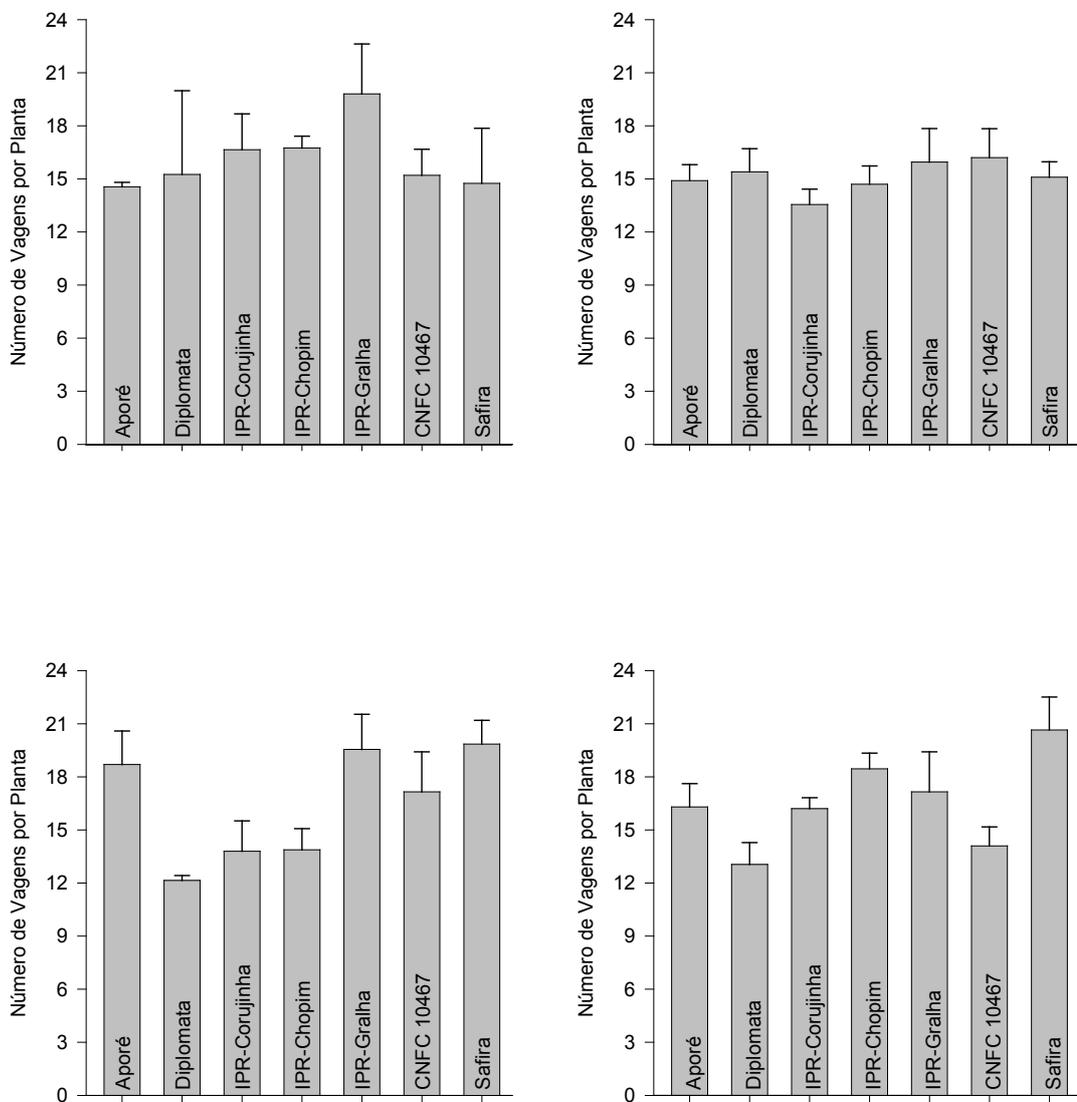


Figura 1. Número de vagens por planta de sete cultivares de feijão comum, cultivados sob diferentes épocas de aplicação de boro. Ausência de aplicação de boro (A), aplicação de boro 15 DAE (B), aplicação de boro 25 DAE (C), aplicação de boro 35 DAE (D).

Quando a aplicação de boro ocorreu aos 35 DAE, o cultivar Safira alcançou maior média (Figura 1D), enquanto que Diplomata obteve menor média sob as mesmas condições.

Apesar de não ter ocorrido interação entre época de aplicação e cultivares para a característica número de vagens por planta, é possível notar que houve aumento, em relação à testemunha, para alguns cultivares. Reis et al. (2008), testando diferentes doses de boro em aplicação foliar e em cobertura, também não notaram efeito do boro sobre a característica número de vagens por planta. Também não ocorreu influência significativa das doses de B aplicadas via foliar sobre a característica número de vagens por planta, em trabalho realizado por Oliani et al. (2011).

Foram detectadas diferenças significativas ($P < 0.05$) na massa de 100 grãos do feijão comum em função do cultivar, época de aplicação de boro e da interação cultivar versus época de aplicação. Quando não houve aplicação de boro, o cultivar que apresentou maior massa de 100 grãos foi IPR-Corujinha, apesar de não diferir significativamente dos cultivares Aporé, IPR-Gralha e CNFC 10467 (Tabela 1).

Genótipo	Épocas				Média
	0 DAE	15 DAE	25 DAE	35 DAE	
Aporé	22,77 ± 0,98 ABa	25,57 ± 0,57 Aa	22,53 ± 0,75 BCa	22,84 ± 0,52 BCDA	23,43
Diplomata	19,82 ± 1,75 BCc	23,59 ± 0,35 ABCb	29,09 ± 0,68 Aa	27,22 ± 1,11 Aa	24,93
IPR-Corujinha	24,49 ± 1,52 Aab	23,30 ± 0,50 ABCab	21,36 ± 1,27 BCb	25,09 ± 1,48 ABa	23,56
IPR-Chopim	16,93 ± 0,31 Cc	23,95 ± 0,49 ABb	21,19 ± 0,93 BCab	18,83 ± 1,99 Dbc	20,22
IPR-Gralha	22,03 ± 0,74 ABab	20,99 ± 0,57 BCb	24,64 ± 1,23 Ba	23,07 ± 0,67 BCab	22,68
CNFC 10467	21,58 ± 0,28 ABa	19,62 ± 0,67 Ca	22,26 ± 0,54 BCa	20,20 ± 1,39 CDa	20,91
Safira	18,80 ± 0,42 BCa	20,25 ± 0,80 BCa	19,16 ± 0,27 Ca	21,13 ± 0,45 BCDA	19,83
Média	20,92	22,47	22,89	22,62	

Tabela 1. Massa de 100 grãos (g) de sete cultivares de feijão comum, cultivados sob diferentes épocas de aplicação de boro

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando houve a aplicação de boro aos 15 DAE, destacou-se com maior massa de 100 grãos o cultivar Aporé, apesar de não diferir dos cultivares IPR-Chopim, Diplomata e IPR-Corujinha (Tabela 2). Aos 25 DAE, Diplomata e IPR-Gralha mostraram-se superiores. Com aplicação aos 35 DAE a maior massa foi obtida pelo cultivar Diplomata, que por sua vez, não diferiu de IPR-Corujinha.

Ainda de acordo com a tabela 2, pode-se afirmar que o uso do boro resulta em aumento na massa de grãos dos cultivares Diplomata e IPR-Chopim. Os cultivares Aporé, IPR-Corujinha, IPR-Gralha, CNFC 10467 e Safira não tiveram suas massas de grãos aumentadas com a aplicação do boro.

Reis et al. (2008) não encontraram efeito significativo do boro sobre a característica massa de 100 grãos, diferindo do presente trabalho. O adequado suprimento de nutrientes fornece melhores condições para a planta fotoassimilar e translocar os

açúcares produzidos, resultando em grãos bem formados e elevando a massa dos mesmos.

A época de aplicação refletiu em maiores médias para a característica massa de 100 grãos quando ocorreu aos 15 DAE. Na solução do solo, o boro é encontrado na fração solúvel como ácido bórico (H_3BO_3), chegando até as raízes via fluxo de massa (MATTIELLO et al., 2009). Tal fato explica as maiores médias alcançadas, pois a fonte de boro utilizada é a mesma de absorção pelas plantas, resultando em melhor suprimento do micronutriente.

Foram detectadas diferenças significativas na produtividade de grãos do feijão comum em função do cultivar ($P < 0.05$), época de aplicação de boro ($P < 0.01$), e da interação cultivar versus época de aplicação ($P < 0.05$). Quando não houve aplicação de boro o cultivar que apresentou maior produtividade de grãos foi IPR-Corujinha (Tabela 3). Quando houve aplicação aos 15 DAE, destacou-se o genótipo CNFC 10467. Já para a época de aplicação 25 DAE Aporé apresentou maior produtividade de grãos, enquanto que CNFC 10467 mostrou-se superior quando da aplicação aos 35 DAE.

Genótipo	Épocas				Média
	0 DAE	15 DAE	25 DAE	35 DAE	
Aporé	1.720,39 ± 88,01 BCc	2.440,61 ± 167,04 BCDB	3.150,35 ± 83,63 Aa	2.302,93 ± 361,21 BCb	2.403,57
Diplomata	617,27 ± 59,08 Dc	2.850,61 ± 113,25 ABa	1.989,98 ± 122,48 Db	1.970,37 ± 437,51 Cb	1.857,06
IPR-Corujinha	3.246,33 ± 596,23 Aa	2.716,34 ± 63,93 BCb	2.285,78 ± 304,29 CDc	1.843,97 ± 202,45 Cd	2.523,10
IPR-Chopim	1.581,70 ± 249,11 BCc	2.378,54 ± 141,23 CDb	2.998,39 ± 620,59 ABa	2.466,70 ± 164,66 Bb	2.356,10
IPR-Gralha	1.793,97 ± 211,93 Bb	2.533,20 ± 182,91 BCDA	2.592,48 ± 303,31 BCa	2.096,12 ± 154,18 BCb	2.253,54
CNFC 10467	1.259,38 ± 123,37 Cc	3.285,25 ± 268,46 Aa	2.503,32 ± 210,46 Cb	2.979,24 ± 288,15 Aa	2.506,80
Safira	1.947,32 ± 373,85 Bb	2.118,09 ± 128,66 Db	2.683,15 ± 220,08 BCa	2.087,19 ± 104,75 BCb	2.208,94
Média	1.738,05	2.617,52	2.600,19	2.249,50	

Tabela 2. Produtividade de grãos ($kg\ ha^{-1}$) de sete cultivares de feijão comum, cultivados sob diferentes épocas de aplicação de boro

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se que as médias de produtividade de grãos do feijão comum foram maiores para a maioria dos cultivares quando a adubação com boro foi realizada, o que evidencia a importância do micronutriente nesta característica.

As médias de produtividade de grãos mostraram-se superiores, independente da época de aplicação, quando comparadas à testemunha. Apesar de não ter ocorrido aumento no número de vagens por planta, a produtividade ainda foi superior devido aos fatos expostos acima.

As cultivares apresentaram diferenças quanto à eficiência de utilização do micronutriente. Aquelas que apresentam maior facilidade para absorção e transporte de nutrientes e água dentro da planta apresentam maior eficiência, sendo influenciadas pelo ambiente. O ambiente influencia a manifestação fenotípica através da interação genótipo x ambiente, favorecendo ou não a expressão de características positivas

(TORRES FILHO et al., 2017), o que explica o fato de genótipos distintos apresentarem respostas diferentes para as características avaliadas em relação à época de aplicação do micronutriente.

O fato de o boro ter influenciado características agronômicas (massa de cem grãos e produtividade de grãos) da cultura do feijão demonstra a importância deste micronutriente para a cultura e está relacionado a processos fisiológicos, principalmente ligados à reprodução da planta. O boro é capaz de influenciar na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, aumenta o pegamento de flores e a granação, causa menor esterilidade masculina e menor chochamento de grãos (MALAVOLTA et al., 1997).

4 | CONCLUSÕES

O Boro resultou em maiores produtividades independente da época de aplicação; Houve diferença entre os genótipos quanto à eficiência e utilização de Boro, sendo que os cultivares Aporé, IPR-Corujinha e IPR-Gralha mostraram-se mais eficientes;

As maiores produtividades do feijão comum foram alcançadas com adubação boratada realizada aos 15 e 25 dias após a emergência.

REFERÊNCIAS

BINOTTI, F.F.S.; ARF, O.; ROMANINI JUNIOR, A.; FERNANDES, F.A.; SÁ, M.E.; BUZZETTI, S. **Manejo do solo e da adubação nitrogenada na cultura do feijão de inverno irrigado**. *Bragantia*, v.66, n.1, p.121-129, 2007.

BRUNES, A.P.; MENDONÇA, A.O.; OLIVEIRA, S.; LEMES, E.S.; LEITZKE, I.D.; VILLELA, F.A. **Produção, qualidade e expressão isoenzimática de semente de trigo produzidas sob diferentes doses de boro**. *Revista Brasileira de Biociências*, v.14, n.3, p. 137-144, 2016.

CAPONE, A.; DARIO, A.S.; MENEGON, M.Z.; FIDELIS, R.R.; BARROS, H.B. **Resposta de cultivares de girassol a doses crescentes de boro na entressafra do Cerrado Tocantinense**. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, n.1, p. 43-48, 2016.

CARVALHO, J.J.; SAAD, J.C.C.; BASTOS, A.V.S.; NAVES, S.S.; SOARES, F.A.L.; VIDAL, V.M. **Teor e acúmulo de nutrientes em grãos de feijão comum em semeadura direta, sob déficit hídrico**. *Irriga*, edição especial 01, p. 104-117, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2017/18, décimo primeiro levantamento**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/21709_4d6f8550138ed03890d0bba9f9db1675>. Acesso em: 14 ago 2018.

LEMISKA, A.; PAULETTI, V.; CUQUEL, F.L.; ZAWADNEAK, M.A.C. **Produção e qualidade da fruta do morangueiro sob influência da aplicação do boro**. *Ciência Rural*, v.44, n.4, p. 622-628, 2014.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.

MATIELLO, E.M.; RUIZ, H.A.; SILVA, I.R.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; BEHLING, M. **Transporte de boro no solo e sua absorção por eucalipto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, n.5, p. 1281-1290, 2009.

OLIANI, D.; TEIXEIRA, C.M.; BONILHA, M.A.F.M.; CASSIA, M.T. **Adubação foliar com boro e manganês na cultura do feijão**. FAZU em Revista, n.8, p. 9-14, 2011.

OLIVEIRA, I.P.; ARAUJO, R.S.; DUTRA, L.G.; **Nutrição Mineral e Fixação Biológica de Nitrogênio**. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (Coord). Cultura do Feijoeiro Comum no Brasil. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 169-221.

REIS, C.J.; SORATTO, R.P.; BÍSCARO, G.A.; KULCZYNSKI, S.M.; FENANDES, D.S. **Doses e modos de aplicação de boro na produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão em solo de cerrado**. Ceres, v.55, n.4, p. 258-264, 2008.

SALGADO, F.H.M.; FIDELIS, R.R.; CARVALHO, G.L.; SANTOS, G.R.; CANCELLIER, E.L.; SILVA, G.F. **Comportamento de genótipos de feijão, no período da entressafra, no sul do estado de Tocantins**. Bioscience Journal, v.27, n.1, p. 52-58, 2011.

SILVA, K.S.; SANTOS, E.C.M.; BENETT, C.G.S.; LARANJEIRA, L.T.; EBERHARDT NETO, E.; COSTA, E. **Produtividade e desenvolvimento de cultivares de repolho em função de doses de boro**. Horticultura Brasileira, v.30, n.3, p. 520-525, 2012.

SORATTO, R.P.; SOUZA-SCHLICK, G.D.; FERNANDES, A.M.; OLIVEIRA, L.F.F.A. **Crescimento e produtividade de duas cultivares de feijão em função de doses de ácido 2,3,5-triodobenzoico**. Ciência Rural, v.45, n.12, p. 2181-2186, 2015.

TORRES FILHO, J.; OLIVEIRA, C.N.G.S.; SILVEIRA, L.M.; NUNES, G.H.S.; SILVA, A.J.R.; SILVA, M.F.N. **Genotype by environment interaction in Green cowpea analyzed via mixed models**. Revista Caatinga, Mossoró, v.30, n.3, p. 687-697, 2017.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO EM PLANTAÇÃO DE PALMA DE ÓLEO NA PRESENÇA DE DIFERENTES DOSES DE FERTILIZANTE MAGNESIANO

Shirlene Souza Oliveira

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
(UNIOESTE)

Centro de Ciências Agrárias, *Campus* Marechal
Cândido Rondon - Paraná

Eduardo Cezar de Medeiros Saldanha

Yara Brasil Fertilizantes (YARA)
Departamento Técnico Da Yara Brasil
Fertilizantes, Recife-Pernambuco

Marluce Reis Souza Santa Brígida

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
Departamento de Agronomia, *Campus* Capitão
Poço - Pará

Henrique Gusmão Alves Rocha

Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC)
Centro Acadêmico do Curso de Agronomia,
Campus Toledo- Paraná

Gabriela Mourão de Almeida

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Filho (UNESP)
Departamento de Ciências do Solo, *Campus*
Jaboticabal - São Paulo

Jose Leandro Silva de Araújo

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal
Rural da Amazônia (UFRA)
Campus de Capitão Poço, Pará

Ana Carolina Pinguelli Ristau

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
(UNIOESTE)
Centro de Ciências Agrárias, *Campus* Marechal
Cândido Rondon – Paraná

Noéle Khristinne Cordeiro

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
(UNIOESTE)

Centro de Ciências Agrárias, *Campus* Marechal
Cândido Rondon – Paraná

Bruna Penha Costa

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
(UNIOESTE)

Centro de Ciências Agrárias, *Campus* Marechal
Cândido Rondon – Paraná

Whesley Thiago dos Santos Lobato

Acadêmico do Curso de Agronomia Universidade
Federal Rural da Amazônia (UFRA), *Campus* de
Capitão Poço, Pará

RESUMO: A palma de óleo (*Elaeis guineenses* Jacq.), é considerada uma das culturas de maior importância econômica para o Brasil. Dessa forma o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de sulfato de magnésio nos atributos químicos do solo em área cultivada com palma de óleo, no município de Garrafão do Norte- PA. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, constituído de quatro doses de sulfato de magnésio (500, 1000, 1500 e 2000 g planta⁻¹) mais o tratamento controle, com três repetições, totalizando quinze parcelas experimentais. Foram realizadas análise de solo para avaliação do da fertilidade e atributos químicos na área experimental aos

6 e 12 meses após a aplicação superficial de $MgSO_4$. Foi possível observar que houve um aumento momentâneo dos teores de Mg no solo após 6 meses de aplicação de $MgSO_4$ com destaque para a dose de 2000 planta⁻¹. Os níveis de fósforo, cálcio e potássio no solo não aumentaram após 12 meses da aplicação da fonte magnésiana. Assim sendo, pôde-se concluir que, as doses crescentes de $MgSO_4$ favoreceram alguns atributos químicos do solo, como o magnésio, cálcio, pH, saturação por bases e CTC após 6 meses de aplicação do fertilizante, além de diminuir a concentração de alumínio trocável no solo. Aos 12 meses após a aplicação de $MgSO_4$ o pH e a saturação por bases foram reduzidas com o aumento da aplicação da referida fonte magnésiana, sugerindo que a aplicação do fertilizante favoreceu os atributos químicos do solo.

PALAVRAS-CHAVE: *Elaeis guineenses* Jacq; fertilidade do solo; atributos químicos.

ABSTRACT: The oil palm (*Elaeis Guineans* Jacq.) are considered one of the most economically important crops for Brazil. Thus, the purpose of this work was to evaluate the effect of magnesium sulphate doses on soil chemical attributes in an area cultivated with oil palm, in the municipality of Garrafão do Norte-PA. The experimental design was randomized blocks composed by four doses of magnesium sulphate (500, 1000, 1500 and 2000 g plant⁻¹), plus the control treatment, with three replicates, totaling fifteen experimental plots. Soil analysis was performed to evaluate fertility and chemical attributes in the experimental area at 6 and 12 months after surface application of $MgSO_4$. It was possible to observe that there was a momentary increase of Mg levels in the soil after 6 months of the $MgSO_4$ application, with emphasis on the 2000 plant⁻¹ dose. The levels of phosphorus, calcium and potassium in the soil didn't increase after 12 months of application of the magnesian source. Thus, it was possible to conclude that increasing doses of $MgSO_4$ favored some soil chemical attributes such as magnesium, calcium, pH, base saturation and CTC after 6 months of fertilizer application, as well as reducing the exchangeable aluminum concentration. At 12 months after application of $MgSO_4$ the pH and base saturation were reduced with increasing application of said magnesian source, suggesting that fertilizer application favored soil chemical attributes.

KEYWORDS: *Elaeis guineenses* Jacq; soil fertility; chemical attributes.

1 | INTRODUÇÃO

A palma de óleo (*Elaeis guineenses* Jacq.), tem como seu centro de origem a costa oriental da África (LEBDI; HENKES, 2015). É considerada uma das culturas de maior importância econômica para o Brasil, tendo o estado do Para como grande responsável pela maior parte da produção nacional. A produção brasileira no ano de 2016 foi de 340 mil toneladas de óleo de palma (USDA, 2016). Seu principal produto é o óleo de palma, retirado da polpa ou mesocarpo e o óleo de palmiste obtido da amêndoa ou endosperma, ambos de grande potencial de mercado do futuro (SILVA et al., 2016).

No Brasil o cultivo da palma é realizado em solos pertencente a classe dos Latossolos e Argissolos, geralmente distrófico e/ou álicos, que representam mais 45 % dos solos brasileiros. Esses solos apresentam alto grau de intemperismo, tendo sua fração argila composta principalmente por caulinita, óxidos de ferro e de alumínio, essa acidez é comum em regiões de elevada precipitação pluviométrica, ocasionando lixiviação das bases trocáveis das camadas superficiais dos solos como cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e fósforo disponível (CHEPOTE et al., 1988; CRISTANCHO et al., 2011; FRANZINI et al., 2012).

Outro fator que contribui para aumento da acidez nesses solos é a remoção de Ca, Mg, e K pela colheita, e também por meio da aplicação de fertilizantes nitrogenados, amoniacais, como o sulfato de amônio, principalmente quando aplicados de modo concentrado próximo a coroa foliar das plantas, ocasionando com isso baixa produtividade dos cachos (MEDEIROS et al., 2008; FRANZINI et al., 2012).

Dentre os macronutrientes o magnésio e o enxofre são considerados como o quarto e sexto nutrientes, respectivamente mais requeridos pela cultura da palma de óleo, sendo fundamentais para a fotossíntese, respiração, síntese de nucleotídeos e de carboidratos essenciais ao crescimento da planta, para a formação de frutos e síntese de óleo (MARSCHNER, 1995; MARTINS, 2016).

A forma mais comum de fornecimento de Mg para as plantas é feita por intermédio da calagem (carbonato de Ca e Mg). A carência de magnésio pode ser também corrigida através da aplicação de Sulfato de magnésio (RAIJ, 2011). Uma vez que a calagem no dendezeiro não é realizada em plantios comerciais devido o mesmo ser considerada uma cultura tolerante a reação acida do solo (FRANZINI et al., 2012).

Além disso, as quantidades de Mg aplicadas na maioria dos fertilizantes são baixas em comparação com as perdas por lixiviação e são agravadas em culturas que recebem adubações potássicas elevadas como é o caso da palma de óleo. No entanto, acredita-se que o problema pode ser resolvido utilizando fertilizantes contendo magnésio (MARTINS, 2016).

Nesse sentido, com a necessidade do uso de fertilizantes de forma racional, visando melhorias no sistema produtivo, principalmente nos programas de nutrição com magnésio e enxofre se fazem necessários estudos que esclareçam a importância desses nutrientes na palma de óleo. Dessa forma o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de sulfato de magnésio nos atributos químicos do solo na cultura da palma de óleo, no município de Garrafão do Norte- PA.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Garrafão do Norte, pertencente à Mesorregião do Nordeste Paraense, entre as coordenadas de latitude 1° 55' 59" S e longitude 47° 2' 59" W estando a uma altitude de 56 metros (IBGE, 2016). Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Ami (tropical de altitude), o

solo local característico de um Latossolos Amarelo Álico (EMBRAPA, 2013). O local escolhido para implantação do experimento foi em uma área de plantio comercial pertencente a Empresa Marborges (01° 57' 42" S e 47°00'53" W) com plantas já em idade produtiva (3 anos de idade) de cultivar BRS C 2501, tipo Tenera.

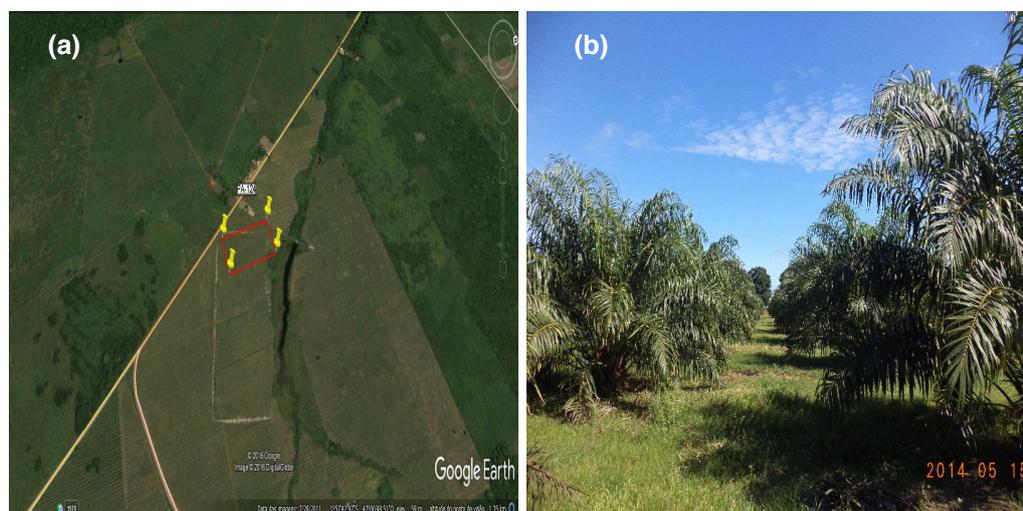


Figura 1- (a) Vista aérea-Perfil da área.(b).Vista da área experimental.

Fonte: (a) - Google Earth, 2016. (b)– Autores.

O fertilizante utilizado no experimento foi Sulfato de Magnésio (Kieserita granulada) com formulação química ($MgSO_4 \cdot H_2O$) originada nas jazidas de sal da Alemanha. De acordo com Carvalho et al. (2011) a Kieserita granulada, é um excelente produto com 25 % de Mg e 20 % de S solúveis em água, com excelentes propriedades de espalhamento devido sua característica de forma e dureza dos grânulos, possui elevado potencial de uso agrícola, sobretudo em culturas exigentes nesses nutrientes para a síntese de óleo a exemplo a cultura da palma de óleo, cultivado em solos Amazônicos, de fertilidade natural baixa.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com 3 repetições e 15 parcelas experimentais, contendo 25 plantas por parcela, totalizando 375 plantas. A área de cultivo tinha aproximadamente $2,6 \text{ ha}^{-1}$. As plantas estavam espaçadas entre linhas por 7,8 m e entre plantas por 9 m, em forma de triângulo equilátero, e densidade de plantio de $143 \text{ plantas/ha}^{-1}$.

Os tratamentos foram compostos pelo controle (sem aplicação de $MgSO_4$), e 4 doses de Sulfato de Magnésio via solo, descritas na Tabela 1.

Tratamento	MgSO ₄ (g planta ⁻¹)	Mg (g planta ⁻¹)	S (g planta ⁻¹)
1	0	0	0
2	500	125	100
3	1000	250	200
4	1500	325	300
5	2000	500	400

Tabela 1- Descrição dos tratamentos empregados na área experimental da palma de óleo.

*Sulfato de magnésio (MgSO₄, H₂O – 25% Mg e 20% S).

Fonte: Autores.

Os tratamentos foram aplicados parceladamente sendo a primeira aplicação em 22 de junho e a segunda em 22 de julho de 2014. As aplicações foram realizadas de forma a lanço manual, distribuindo-se uniformemente o fertilizante sob a projeção da copa da palma de óleo.

Trinta dias antes da instalação do experimento, foi feita amostragem de solo para análise nas camadas de 0,0-20 e 20-40 cm para a determinação dos atributos químicos e físicos (Tabela 2). Sendo estas coletas realizadas aleatoriamente na linha do plantio (projeção da copa) e no meio das entrelinhas.

As amostras de solo foram coletadas com um trado inox de rosca tipo Holandês, após isso foram postas para secar naturalmente, sendo posteriormente acondicionadas em sacos plásticos de 1 Kg, devidamente identificadas, e enviadas para o Laboratório Terra: Análises para Agropecuária LTDA, localizado em Goiânia, GO. A Tabela 2, demonstra os resultados obtidos para a análise granulométrica e atributos químicos do solo na área experimental.

Camada	pH	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H + Al	CTC	v	M
Cm	CaCl ₂	mg/dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³		%		
Projeção da copa¹										
00 -20	3,7	1	0,2	0,1	0,07	0,6	3,4	3,8	10	62
20 -40	3,8	1	0,2	0,1	0,05	0,4	3,8	4,2	8	53
Entrelinha²										
00 -20	3,8	2	0,2	0,1	0,07	0,3	3,4	3,8	10	45
20 -40	3,9	1	0,2	0,1	0,07	0,5	3,8	4,2	9	57

Tabela 2 - Características químicas de amostras de solos (Latossolo Amarelo Distrófico) nas profundidades 0-20 e 20-40 cm antes da instalação do experimento.

Projeção da copa: Coleta realizada no meio da area de projeção da copa; ²Entrelinha: Coleta realizada no meio da entrelinha das culturas.

Fonte Dados de pesquisa.

Aos seis e dozes meses após a aplicação das doses de sulfato de magnésio foram realizadas amostras de solo, coletadas na projeção da copa, somente nas profundidades de 0-20 cm, na área do experimento, de modo a monitorar o

comportamento do Magnésio no solo.



Figura 2- (a) Amostras de solo de 00-20 e 20-40 cm na projeção da copa e entrelinha de plantio. (b).Coleta de solo antes da aplicação de $MgSO_4$ no solo.

Fonte: Autores.



Figura 3- (a) Aplicação de $MgSO_4$ na projeção da copa da palma de óleo (b) Coleta de solo após a aplicação de $MgSO_4$.

Fonte: Autores.

Os procedimentos para a retirada das amostras de solo foram realizados de acordo com Cravo et al. (2010) sendo as amostras enviadas para o Laboratório para posterior análise.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão ao nível de 5 % de probabilidade de erro utilizando-se o programa estatístico Assistat (SILVA, 2009).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação para os atributos químicos do solo conforme a análise, antes de aplicação de $MgSO_4$, tendo como base os padrões de interpretação de resultados propostos por Carvalho et al. (2010) utilizados no Estado do Pará, demonstraram que em geral o solo onde estava implantado o experimento apresentara reação ácida, caracterizados por valores de pH abaixo de 5,0, ou seja, solos com elevada acidez em ambas as profundidades avaliadas, além de apresentarem teores nutricionais de Nitrogenio, Fósforo, Potássio e principalmente Magnésio muito abaixo do ideal na fase trocável do solo ($<0,2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^{-3}$).

Outra característica de suma importância na nutrição de plantas é a saturação por bases (v) que deve estar na faixa de 45% para a cultura da palma de óleo e a capacidade de troca catiônica do solo (CTC), que para a área do experimento estiveram muito abaixo dos desejados para a cultura. A textura arenosa provavelmente é uma das causas dos baixos valores de CTC observados na área cultivada com a palma de óleo.

Com a aplicação superficial de $MgSO_4$ foi possível observar uma redução do pH do solo para todas as doses aos 12 meses após a aplicação do fertilizante. Os níveis de fósforo no solo não aumentaram com a aplicação do $MgSO_4$ aos 6 e 12 meses. Com relação aos níveis de cálcio houve uma redução desse nutriente aos 12 meses após a aplicação do fertilizante. Não foram observados aumento nos teores de Magnésio no solo aos 6 meses, sendo que aos doze meses essa redução foi ainda maior. Conforme evidenciado por Neis et al. (2010) o ânion SO_4^{2-} , em determinadas condições promove a movimentação descendentes de cátions básicos como o Mg^{2+} no perfil em virtude da associação iônica na solução do solo, com a neutralização momentânea de cargas. Dessa forma, ocorre o carreamento de cátions para camadas mais profundas do solo (Tabela 3).

Dose (g/planta)	p H CaCl ₂	P Mg/dm ⁻³	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H + Al	CTC	v	m
			cmol _c dm ⁻³						%	
Análise de solo realizada 6 meses após a aplicação de $MgSO_4$										
0	4,5	5	0,5	0,1	0,11	0,3	2,2	2,9	25	30
500	4,5	4	0,4	0,2	0,07	0,4	2,0	2,7	25	37
1000	4,8	5	0,6	0,3	0,06	0,2	1,4	2,4	40	17
1500	4,3	5	0,3	0,1	0,14	0,3	2,0	2,5	22	36
2000	4,7	4	0,7	0,3	0,06	0,2	1,8	2,9	37	16
Análise de solo realizada 12 meses após a aplicação de $MgSO_4$										
0	4,1	1	0,6	0,2	0,12	0,3	2,9	3,8	24	25
500	4,1	2	0,5	0,2	0,02	0,4	3,2	4,1	22	36
1000	4,0	2	0,3	0,1	0,06	0,5	3,4	3,8	12	57
1500	3,9	1	0,4	0,1	0,05	0,4	3,4	3,9	14	42
2000	4,0	1	0,3	0,1	0,06	0,4	3,8	4,2	11	52

Tabela 3- Características químicas de amostras de solo (Latosolo Amarelo Distrófico) nas profundidades 0-20, projeção da copa no período de 6 e 12 meses após a aplicação superficial

É importante ressaltar que a lixiviação de cátions (K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺) é resultado da formação de complexos iônicos (KSO₄⁻, CaSO₄⁰ e MgSO₄⁰) como consequência da dissociação do sulfato (RAMOS et al., 2013). Em estudos realizados por Rampim et al. (2011) foi observado resultado semelhante para os teores de cálcio com a aplicação de sulfato de cálcio. Segundo Serafim et al. (2012) a lixiviação, de cátions pelo sulfato pode ocorrer de forma rápida, e em profundidades maiores que 0,50 cm. O que explica, os baixos valores de Mg encontrados na área experimental na profundidade de 0-20 cm durante os 6 e 12 meses após a aplicação de Mg. Observou-se também, com as doses crescentes de MgSO₄, os teores de K no solo, foram menores em relação ao controle aos 6 meses, exceto para a dosagem de 1500 g planta⁻¹, que mantiveram valores mais altos que o controle, esse resultado pode ser explicado pelos baixos teores de Mg encontrados para o mesmo tratamento avaliado. De acordo Marschner (2012) o aumento das concentrações de K, induzem a deficiência de Mg nas plantas. Nesse sentido, sendo a exigência pela cultura da palma de óleo bastante elevada para o K, é frequente a observação de sintomas de deficiência de Mg em áreas cultivadas com a palma de óleo. Segundo Prado (2008) a absorção preferencial do íon K⁺ ocorre por este ser monovalente e de menor grau de hidratação quando comparado aos íons divalentes, no caso o Mg²⁺. Aos 12 meses após a aplicação dos tratamentos, observou-se, como consequência da aplicação superficial de MgSO₄, lixiviação mais intensa de K para as camadas mais profundas do solo. Segundo Caires et al. (2011) o uso de altas doses de fontes que contenham sulfato pode intensificar o processo de lixiviação de cátions e podem causar desequilíbrio nutricional nas camadas superficiais, no entanto, a mobilidade de S-SO₄ pode ser variável dependendo da capacidade de troca catiônica e aniônica do solo, que determinam a quantidade de sulfato na solução do solo. Houve um aumento para acidez trocável, do solo para o período de 6 e 12 meses, como também aumento da acidez potencial representada por hidrogênio mais alumínio. Houve redução da CTC do solo e saturação por bases, resultado semelhante foi obtido com estudo realizado por Martins (2016), utilizando sulfato de magnésio na cultura do café, onde foi observado redução da CTC do solo.

A saturação por alumínio aumentou para todas as doses aplicadas de MgSO₄ em relação a testemunha. De acordo com Leite et al. (2012) a utilização de fertilizantes com fontes sulfatas proporcionam um leve aumento de acidez, embora seja considerado uma fonte que apresenta reação neutra no solo pois, não forma nem libera H⁺ ou OH⁻. Com relação aos valores de H⁺ Al e o Al³⁺ apresentaram redução para a reação ácida do solo, isso pode ter ocorrido em virtude do aumento do teor de magnésio no solo, aos 6 meses, o que possibilitou o deslocamento de Al³⁺ na solução do solo provocando o deslocamento do Al³⁺ das cargas negativas e também pelo aumento da concentração de eletrólitos.

4 | CONCLUSÃO

As doses crescentes de $MgSO_4$ favoreceram alguns atributos químicos do solo, como o magnésio, cálcio, pH, saturação por bases e CTC após 6 meses de aplicação do fertilizante, além de diminuir a concentração de alumínio trocável no solo. A dose que mais se destacou nesse período foi a de 2000 g planta⁻¹.

Aos 12 meses após a aplicação de $MgSO_4$ o pH e a saturação por bases foram reduzidas com o aumento da aplicação da referida fonte magnésiana. Sugerindo que a aplicação do fertilizante favoreceu os atributos químicos do solo.

REFERÊNCIAS

- CAIRES, E. F., GARBUIO, F.J., CHURKA, G.S., JORIS, H.A.W. Use of gypsum for crop grain production under a subtropical no-till cropping system. **Agronomy Journal**, Madison, v. 103, n. 6, p. 1804-1814, 2011.
- CARVALHO, M. da C. S., WIENDEL, T.A., FERREIRA, A.C.de B., SANTOS, F.C. dos. Uso da ESTA Kieserita granulada na cultura do algodão. **XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo** Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/60939_1/uso-esta.pdf>. Acesso em: 10-01-2017.
- CHEPOTE, R.E.; VALLE, R.R.; SANTANA, C.J.L. de. Resposta do dendezeiro à adubação mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.12, p.257-262, 1988.
- CRAVO, M. da S; VIÉGAS, I. de J. M; BRASIL, E. C. **Recomendação de adução e calagem para o estado do Pará**. Belém: Embrapa, 2010.
- CRISTANCHO, J. A. R., HANAFAI, M.M., OMAR, S.R.S., RAFITI, M.Y. Alleviation of aluminum in acidic soils and its effect on growth of hybrid and clonal oil palm seedlings. **Journal of Plant Nutrition**, v. 34, n. 3, p. 387-401, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- FRANZINI, V.I.; SILVA, A.R. B. **Adubação fosfatada para palma de óleo**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012. 45 p. (Documentos 388).
- FRANZINI, V.I.; SILVA, A.R. B.; GOMES JUNIOR.R.A. **Acidez do solo e sua correção em palma de óleo**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012. 37 p. (Documentos 386).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 27 dez. 2016.
- LEBID, T.; HENKES, J.A. Óleo de dendê na produção de biodiesel: um estudo de caso das vantagens e desvantagens econômica, ecológica e social da cultura desta oleaginosa para a produção de biodiesel. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 392- 415, abr./set.2015.
- LEITE, M. H., SANTOS, SANTOS, R. V. dos., GOMES, A.D.V., VITAL, A. de F. M. Aplicação de corretivos e crescimento de oleaginosas em solos salinizados do semiárido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 87-95, 2012.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. London: Academic Press, 1995. 675p.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3ª ed. Australia. Elsevier, 2012. 651p.

MARTINS, P.O. **Eficiência de fontes, dinâmica do magnésio no solo sob a cultura do café no Brasil e comparação da análise de K, Ca e Mg em solos do Arkansas-EUA seco em estufa e úmido de campo**. 2016. 64f. Tese (Doutorado Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2016.

MEDEIROS, J.C., ALBUQUERQUE, J.A., MAFRA, A.L., ROSA, J.D., GATIBONI, L.C. Relação cálcio: magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um cambissolo **húmico álico**. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 799-806, out./dez. 2008.

NEIS, L., PAULINO, H.B., SOUZA, E.D. de., REIS, E. F. dos., PINTO, F.A. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região no sudoeste agrícola. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 409-416, 2010.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Unesp, 2008. 407 p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

RAMOS, B.Z., TOLEDO, J.P.V. F., LIMA, J.M. de., SERAFIM, M.E., BASTOS, A.R.R., GUIMARÃES, P.T.G., COSCIONE, A.R. Doses de gesso em cafeeiro: influência dos teores de cálcio, magnésio, potássio e pH na solução de um Latossolo vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 37, p 1018-1026, 2013.

RAMPIM, L., LANA, M. do C., FRANDOLOSO, J.F., FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2011.

SERAFIM, M.E., LIMA, J.M. de., LIMA, V.M.P., ZEVIANI, W.M., PESSONI, P.T. Alterações físico-químicas e movimentação de íons em Latossolo gibbsítico sob doses de gesso. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p.75-81, 2012.

SILVA, C.M.S. VASCONCELOS, S.S., MOURÃO JÚNIOR, M., RISPO, C.J.C., KATO, O.R., SILVA JÚNIOR, A.C. da., CASTELLANI, D.C. Variação temporal do efluxo de CO₂ do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia Oriental. **Revista Acta Amazônica**, v. 46, n.1, p. 1 - 12 ,2016.

SILVA, F. de A.S., Azevedo, C.A.V. de. **Principal Components Analysis in the Spftware Assisat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

UNITED STATES. Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **Oilseeds: world market and trade**. 2016. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>>. Acesso em: 21 dez. 2016.

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO COMPOSTO ORGÂNICO ORIUNDO DE BORRA DE CAFÉ

Jamerson Fábio Silva Filho

Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí - Goiás,
Brasil

Dalcimar Regina Batista Wangen

Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí - Goiás,
Brasil

Alessandra Vieira da Silva

Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí - Goiás,
Brasil

Kerly Cristina Pereira

Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí - Goiás,
Brasil

Jaberson Basílio de Melo

Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí - Goiás,
Brasil

Ivaniele Nahas Duarte

Analista ambiental, Secretaria do meio ambiente
de Catalão, Catalão – Goiás, Brasil.

2005, foram geradas, mundialmente, 6 milhões de toneladas desse resíduo (TOKIMOTO et al., 2005).

A borra de café é gerada na proporção de 1,5 kg (25% de umidade) para cada quilograma de café solúvel produzido (FRANCA; OLIVEIRA, 2009). Estima-se que sejam produzidas, anualmente, seis milhões de toneladas desse resíduo em todo o mundo (TOKIMOTO et al., 2005).

Normalmente, a borra de café produzida é depositada em aterros ou queimada como combustível em caldeiras da própria indústria de café solúvel (FRANCA; OLIVEIRA, 2009). No entanto, esse resíduo é altamente poluente, devido a altos teores de substâncias orgânicas, as quais demandam grandes quantidades de oxigênio para serem decompostas (SILVA et al., 1998). Outro problema relacionado ao descarte da borra de café no meio ambiente está ligado ao fato desse material poder ser usado para adulteração de cafés torrado e moído, sendo praticamente impossível sua detecção como um adulterante (FRANCA; OLIVEIRA, 2009).

Uma alternativa de aproveitamento desse resíduo seria por meio de seu emprego na agricultura (FAN; SOCCOL, 2005), na forma “in natura” ou como composto orgânico. No entanto, devido à presença de substâncias

INTRODUÇÃO

O preparo de bebidas de café e a produção de café solúvel geram quantidades significativas de resíduos (VILELA et al., 2016), dentre os quais se destaca a borra, que correspondente ao café torrado e moído depois de esgotadas as substâncias solúveis em água. Estima-se que 48% da quantidade de matéria-prima utilizada na produção de bebidas de café são convertidas nesse resíduo. Estima-se que somente em

tóxicas e de sua alta relação C/N, a borra de café “in natura”, dependendo da dose, pode prejudicar o desenvolvimento de plantas, conforme constatado em estudos (DANTAS, 2011; TORRES et al., 2012; WANGEN et al., 2015).

O composto orgânico é obtido por meio de um processo complexo denominado compostagem, que consiste na biooxidação aeróbia exotérmica de um substrato orgânico heterogêneo, no estado sólido, caracterizado pela produção de CO_2 , água, liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável. Na prática, isto significa que a partir de resíduos orgânicos com características desagradáveis, o processo transforma estes resíduos em composto, que é um insumo agrícola (FERNANDES; SILVA, 1999). O processo de compostagem pode ser simplificado representado pelo esquema mostrado na Figura 1.

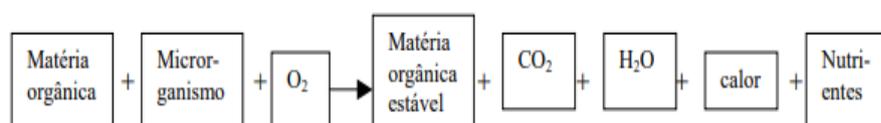


Figura 1.1 Esquema simplificado do processo de compostagem

Fonte: Fernandes e Silva (1999).

Logo, o objetivo dessa pesquisa foi caracterizar quimicamente um composto orgânico produzido a partir da compostagem de borra de café, comparando-o com a borra “in natura”, a fim de apresentar alternativas para o aproveitamento desse resíduo na agricultura.

MATERIAIS E METODOS

A compostagem da borra de café foi conduzida em uma leira na área experimental do Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, GO (latitude, 17° 29' 16" S, longitude 48° 12' 38" W Gr. e altitude de 800m), conforme metodologia descrita por Wangen et al. (2010). Empregou-se borra de café obtida após o preparo da bebida de café, coada em filtro de papel, coletada diariamente nas cantinas da referida instituição.

Uma vez estabilizado o composto orgânico (Figura 2), tomou-se uma amostra de cerca de 0,5kg do mesmo, a qual foi submetida a caracterização química, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).



Figura 2. Composto de borra de café estabilizado. Urutaí, GO, 2017.

Fonte: Arquivo próprio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme se constatou, o composto orgânico de borra de café apresentou os parâmetros umidade: 46,3% (a 65° C), matéria orgânica total: 44,05%, N total: 2,24%, relação C/N: 11, $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)}$: 6,20 (Tabela 1), dentro do limites mínimo estabelecido pela legislação brasileira (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2009), para ser comercializado para fins agrícolas. Por outro lado, os valores desses mesmos parâmetros na borra de café foram, respectivamente, 39,33%, 0,37%, C/N:148 e $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)}$: 5,10.

De acordo com Conforme Santos e Gamargo, *apud* SELLE (2007), quando resíduos orgânicos com relação C/N superior a 30 são incorporados ao solo, os microrganismos decompositores terão que buscar fontes de nitrogênio (N) para satisfazer sua demanda em relação a esse nutriente, consumindo, assim, formas de N presentes no solo, as quais poderiam estar disponíveis às plantas, resultando, daí, em imobilização líquida de N por parte destes organismos, podendo causar deficiência temporária desse nutriente às plantas. Se, por outro lado, a relação C/N do material orgânico for menor que 20, haverá um excesso de N no resíduo, que será mineralizado pelos microrganismos, permanecendo disponíveis para as plantas, já num primeiro momento. Logo relação C/N da borra de café decresceu de 148 para 11, o que favorece a disponibilização de N para as plantas.

Em adição, com exceção do K, os teores de macronutrientes (expressos em %)

e micronutrientes (expressos em mg kg⁻¹) no composto foram de 54% até 613% mais elevados, em relação aos da borra (Composto - N: 2,24; P: 0,66; K: 0,74; Ca: 0,62; Mg: 0,20; S: 0,65, B: 10, Cu: 85, Fe: 3.727, Mn: 277 e Zn: 107, Borra - N: 0,37; P: 0,31; K: 0,75; Ca: 0,21; Mg: 0,13; S: 0,34, B: 6, Cu: 29, Fe: 1.618, Mn: 43 e Zn: 15), indicando maior potencial do mesmo para fornecer nutrientes às plantas a curto prazo, quando comparado a borra de café.

Parâmetro	Borra de café*	Composto de borra de café
pH (CaCl ₂)	5,1	6,2
Umidade (%)	43,94	49,43
Matéria orgânica total (g kg ⁻¹)	98,42	44,05
Carbono orgânico total (g kg ⁻¹)	54,68	24,47
Nitrogênio total (g kg ⁻¹)	0,37	2,24
Relação C/N	148/1	11/1
Fósforo (P ₂ O ₅) (g kg ⁻¹)	0,31	0,66
Potássio K ₂ O (g kg ⁻¹)	0,75	0,74
Cálcio (Ca) (g kg ⁻¹)	0,21	0,62
Magnésio (Mg) (g kg ⁻¹)	0,13	0,20
Enxofre (S) (g kg ⁻¹)	0,34	0,65
Boro (B) (mg kg ⁻¹)	6,0	10,0
Cobre (Cu) (mg kg ⁻¹)	29,0	85,0
Ferro (Fe) (mg kg ⁻¹)	1618,0	3727,0
Mn (mg kg ⁻¹)	43,0	275,0
Zinco (Zn) (mg kg ⁻¹)	15,0	107,0

Tabela 1. Características químicas da borra de café (*Coffea arabica* L.) e do composto orgânico produzido a partir da mesma. Urutaí, GO, 2017.

*Base seca a 110° C.

CONCLUSÃO

O composto orgânico produzido a partir de borra de café apresentou parâmetros dentro dos limites mínimos exigidos pela legislação brasileira para comercialização, além de teores totais de nutrientes, em sua maioria, expressivamente mais altos, em relação à borra de café, constituindo-se, portanto, em um insumo próprio para uso agrícola.

REFERÊNCIAS

FAN, L., SOCCOL, C. **Coffee Residues**. Mushroom Grower's Handbook, 2, p. 2-94, 2005.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **Manual Prático para Compostagem de Biossólidos**. Edição FINEP – PROSAB, Rio de Janeiro 92p, 1999.

FRANCA A. S.; OLIVEIRA, L. S.; OLIVEIRA, R. C. S.; MANCHA AGRESTI, P. C.; AUGUSTI, R. A preliminary evaluation of the effect of processing temperature on coffee roasting degree assessment.

Journal of Food Engineering, v. 92, p. 345-352, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO - MAPA. **Instrução Normativa SDA no 25, de 23 de julho de 2009. Anexos I e III.** Disponível em: <[http:// file:///C:/Users/dbwan/Downloads/IN%2025%20de%2023-7-2009%20fertilizantes%20organicos.pdf](http://file:///C:/Users/dbwan/Downloads/IN%2025%20de%2023-7-2009%20fertilizantes%20organicos.pdf)>. Acesso em 16 de agosto de 2018.

SELLE, G. L. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais.** Bioscience Journal, Uberlândia, v. 23, p. 29-39, Oct./Dec. 2007.

SILVA, M. A., Nebra, S. A., Machado Silva, M. J. and Sanchez, C. G. (1998) **The use of biomass residues in the Brazilian soluble coffee industry, Biomass and Bioenergy**, 14, 457-467.

TEDESCO, M. J.; BOHNEM, H.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TOKIMOTO, T.; KAWASAKI, N.; NAKAMURA, T.; AKUTAGAWA, J.; TANADA, S. **Removal of lead ions in drinking water by coffee grounds as vegetable biomass** Journal of Colloid and Interface Science, 281 (2005), pp. 56-61

TORRES, A. J.; BREGAGNOLI, M.; MONTEIRO, J. M. C.; CARVALHO, C. A. M. Emergência de plântulas de cafeeiro em substratos de borra de café. **Revista Agrogeoambiental**, v. 4, n. 3, p. 1-7, 2012.

VILELA, W. F.; LEÃO, D. P.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Effect of Peroxide Treatment on Functional and Technological Properties of Fiber-Rich Powders Based on Spent Coffee Grounds. **International Journal of Food Engineering**, v. 2, n. 1, June 2016, p. 42-47.

WANGEN, D. R. B.; CARDOSO, M. T. R.; FREITAS, R. O.; FENANDES, E. F.; DUARTE, G. M.; PINTO, A. F. de J. Borra de café na produção de mudas de alface, *lactuca sativa* L. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 11, n.22 ; p. 518 a 524, 2015.

WANGEN, D. R. B.; FREITAS, I. C. V. Compostagem doméstica: alternativa de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, p. 81-88, 2010.

COMPOSTO DE BORRA DE CAFÉ NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.)

Alessandra Vieira da Silva

Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, Urutaí (GO), Brasil

Dalcimar Regina Batista Wangen

Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, Urutaí (GO), Brasil

Jamerson Fábio Silva Filho

Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, Urutaí (GO), Brasil

Kerly Cristina Pereira

Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, Urutaí (GO), Brasil

Lara Gonçalves de Souza

Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, Urutaí (GO), Brasil

Ivaniele Nahas Duarte

Analista ambiental, Secretaria do meio ambiente de Catalão, Catalão (GO), Brasil

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito de doses de composto orgânico produzido a partir de borra de café, em mistura a um substrato comercial, na produção de mudas de alface. O delineamento experimental foi em blocos casualizado, com quatro tratamentos (0, 25, 50 e 75% de borra de café em mistura ao substrato comercial), com cinco repetições. A unidade experimental consistiu de dez células de bandeja de isopor, com uma muda de alface cada. Foram determinados a porcentagem de emergência de

plântulas, comprimento das raízes e da parte aérea, massa fresca e massa seca das raízes e da parte aérea das mudas. Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando do teste F significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Aplicou-se análise de regressão polinomial para o efeito das doses do composto orgânico, também a 0,05 de significância. Constatou-se que a porcentagem de emergência, o comprimento da parte aérea, a massa fresca e a massa seca das raízes e da parte aérea das mudas de alface aumentaram linearmente com incremento nas doses do composto orgânico, enquanto o comprimento das raízes decresceu linearmente. Portanto, conclui-se que a porcentagem de emergência das plântulas, o comprimento da parte aérea e as massas frescas e secas das raízes e da parte aérea das mudas de alface tiveram incremento linear crescente, enquanto o comprimento das raízes decresceu linearmente, com o emprego de 25 a 75% de composto orgânico de borra em mistura ao substrato comercial.

PALAVRAS - CHAVES: resíduos orgânicos, *Coffea arabica* L., compostagem, *Lactuca sativa* L.,

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the effect of organic compost produced from coffee ground waste as a component

of substrate on the production of lettuce seedlings. The experimental design was a randomized block with four treatments: (25, 50 and 75% organic compost of coffee ground waste added to a commercial substrate), and a control, with five replications. The experimental unit consisted of ten cells of styrofoam tray, with a seedling of lettuce. Seedlings emergence percentage, root and shoot length, fresh mass and dry mass of the root and aerial part of the seedlings were determined. The results were submitted to analysis of variance and, when the F test was significant, the means of the treatments were compared to each other by the Tukey test. Polynomial regression analysis was applied to the effect of the organic compound doses. It was verified that the germination percentage, shoot length, fresh and dry root and shoot mass of lettuce seedlings increased linearly with the increment of the organic compound doses, while root length showed a linear reduction. Therefore, it could be concluded that seedling emergence percentage, shoot length, fresh and dry masses of roots and shoots of lettuce seedlings increased linearly, while the root length decreased linearly, with the use of 25 to 75% of organic compost of coffee ground waste added to a commercial substrate.

KEYWORDS: organic waste, *Coffea arabica* L., composto, *Lactuca sativa* L.

INTRODUÇÃO

O café (*Coffea* sp.) é uma das matérias-primas da agroindústria de maior importância e valor comercial em todo o mundo e, também, uma das bebidas mais consumidas (Ximenes, 2010). Contudo, a grande produção e consumo de café originam uma enorme quantidade de resíduos, entre os quais, a borra, proveniente dos grãos de café torrados e moídos, após a extração das substâncias solúveis em água quente e/ou pressão, durante o preparo da bebida de café ou de café solúvel.

A borra de café é gerada na proporção de 1,5 kg para cada quilograma de café solúvel produzido (FRANCA E OLIVEIRA, 2009), gerando, anualmente, cerca de seis milhões de toneladas desse resíduo em todo o mundo (TOKIMOTO et al., 2005), predominantemente nas cidades ([HARDGROVE, 2015](#)).

Normalmente, a borra de café é depositada em aterros ou queimada como combustível em caldeiras da própria indústria de café solúvel (FRANCA E OLIVEIRA, 2009). Assim este resíduo constitui-se numa importante fonte de contaminação dos recursos naturais, nos países produtores, devido à presença de grande quantidade de material orgânico e teores consideráveis de compostos tóxicos e antinutricionais, como cafeína, taninos e polifenóis (MUSSATTO et al., 2011)

Outro problema relacionado ao descarte da borra de café no meio ambiente está ligado ao fato desse material poder ser usado para adulteração de cafés torrado e moído, sendo praticamente impossível sua detecção como um adulterante (FRANCA E OLIVEIRA, 2009).

Por outro lado, a presença de grandes quantidades de substâncias orgânicas

(ácidos graxos, lignina, celulose, hemicelulose e outros polissacarídeos) na borra de café justifica a sua valorização e, portanto, seu aproveitamento (MOURA et al., 2016). Algumas pesquisas mostram que o uso de resíduos orgânicos proporciona melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, favorecendo um ambiente propício ao estabelecimento microbiano (GULLO, 2007).

Uma forma de aproveitamento da borra de café seria como insumo agrícola (adubo orgânico). Porém, estudos têm demonstrado que esse resíduo, na forma “in natura”, pode prejudicar o desenvolvimento de plantas (DANTAS, 2011 e TORRES et al., 2012; WANGEN et al., 2015), devido, sobretudo, a seu baixo pH 4,2 (NOGUEIRA; FLORES, 1988, *apud* VEGRO; CARVALHO, 2006) e à presença de compostos secundários, tais como cafeína, taninos e polifenóis, os quais podem exercer efeitos alopatóxicos sobre diversas espécies vegetais (FAN et al., 2001; LIMA et al., 2007).

No entanto, por meio da compostagem, a borra de café pode ser transformada em adubo orgânico estabilizado, denominado composto orgânico (SOUZA et al., 2001). Assim, a compostagem vem de encontro aos interesses em se dar uma destinação correta aos resíduos de diversas fontes geradoras, uma vez que permite a obtenção de um produto capaz de fornecer nutrientes a plantas, reduzindo gastos com adubos, além de contribuir para a melhoria da qualidade do solo e dos produtos agrícolas, bem como para a redução da carga orgânica no meio ambiente.

A alface, *Lactuca sativa* L., é a principal hortaliça folhosa consumida pela população brasileira, cultivada em todas as regiões do país (RESENDE et al., 2007) e, também, uma das mais comuns em hortas domésticas (HENZ e SUINAGA, 2009). Logo, o emprego de compostos orgânicos no cultivo dessa hortaliça pode contribuir para a otimização da produção da mesma em hortas domésticas ou comerciais, além de promover o aproveitamento de resíduo, reduzindo, com isso, os riscos de impactos ambientais decorrentes de sua disposição no ambiente. Neste contexto, esta pesquisa teve por objetivo avaliar doses de composto orgânico de borra de café, em mistura a um substrato comercial, na produção de mudas de alface.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, em Urutaí, GO, situado entre as coordenadas geográficas: latitude, 17° 29' 16" S, longitude 48° 12' 38" W Gr. e altitude de 800 m, no laboratório de Fertilidade e Nutrição de Plantas.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram de porcentagens (volume/volume) de composto orgânico produzido a partir de borra de café (0, 25, 50 e 75%) em mistura a um substrato comercial padrão para hortaliças (Plantimax).

A unidade experimental consistiu de dez células de bandeja de poliestireno

expandido (isopor), com três sementes por célula, deixando-se somente uma planta por célula, após o desbaste feito quinze dias após a semeadura.

Parâmetro	Borra de café*	Composto de borra de café
pH (CaCl ₂)	5,1	6,2
Umidade (%)	43,94	49,43
Matéria orgânica total (g kg ⁻¹)	98,42	44,05
Carbono orgânico total (g kg ⁻¹)	54,68	24,47
Nitrogênio total (g kg ⁻¹)	0,37	2,24
Relação C/N	148/1	11/1
Fósforo (P ₂ O ₅) (g kg ⁻¹)	0,31	0,66
Potássio K ₂ O (g kg ⁻¹)	0,75	0,74
Cálcio (Ca) (g kg ⁻¹)	0,21	0,62
Magnésio (Mg) (g kg ⁻¹)	0,13	0,20
Enxofre (S) (g kg ⁻¹)	0,34	0,65
Boro (B) (mg kg ⁻¹)	6,0	10,0
Cobre (Cu) (mg kg ⁻¹)	29,0	85,0
Ferro (Fe) (mg kg ⁻¹)	1618,0	3727,0
Mn (mg kg ⁻¹)	43,0	275,0
Zinco (Zn) (mg kg ⁻¹)	15,0	107,0

Tabela 1. Características químicas da borra de café (*Coffea arabica* L.) e do composto orgânico produzido a partir da mesma. Urutaí, GO, 2017.

*Base seca a 110° C.

Para determinação da porcentagem de emergência, contou-se, diariamente, o número de plântulas emergidas, a partir da semeadura até estabilização, quando não ocorreu mais emergência de plântulas.

Aos trinta dias após a semeadura, as mudas de alface foram retiradas das bandejas, lavadas em água corrente, para remoção do substrato aderido as raízes, e submetidas a determinação dos seguintes parâmetros: comprimento das raízes e da parte aérea, massa fresca e massa seca das raízes e da parte aérea.

Para determinação do comprimento da parte aérea e das raízes empregou-se uma régua de plástico graduada (30 cm). Após separação de parte aérea e raiz, com o auxílio de uma tesoura, seccionando-se as mudas a altura do colo, ambas as partes foram pesadas, separadamente, para obtenção da massa fresca. Em seguida, estas foram secas em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C, até estabilização do peso e, finalmente, pesadas, para obtenção da massa seca.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando do teste F significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey e as doses do composto submetidas à análise de regressão, ambos 0,05 de significância. Para tanto, empregou-se o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de emergência das plântulas de alface aumentou linearmente com o incremento nas doses do composto orgânico de borra de café (Figura 1). Este resultado contrasta com aquele observado por Wangen et al. (2015), em que o emprego de 15 e 25% de borra de café *in natura*, em mistura a substrato comercial, causou redução de 33,3 e 45% na porcentagem de emergência de plântulas de alface.

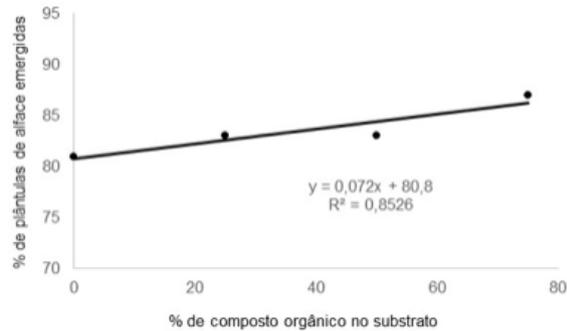


Figura 1. Porcentagem de plântulas de alface emergidas, em substratos com diferentes proporções de composto orgânico de borra de café. Urutaí, GO, 2017.

Torres et al. (2012), por sua vez, constataram queda na velocidade e na taxa de germinação de sementes de café quando da adição de borra de café a um substrato padrão para produção de mudas. Tal resultado foi atribuído ao fato de a borra não ter sido previamente compostada, corroborando a afirmação de Kiehl (2010), de que tal material, *in natura*, pode ser impróprio para uso agrícola.

A equação linear foi a que melhor se ajustou a todas as variáveis analisadas. Apenas o comprimento da raiz decresceu com incrementos nas doses do composto orgânico (Figura 2a). Isso se deve, possivelmente, a propriedades físicas do mesmo, como pequeno diâmetro de partículas, capazes de obstruir poros presentes no substrato e, por conseguinte, limitar o crescimento das raízes. Conforme constatado na literatura (Globo Rural, 1993), um dos fatores responsáveis por inviabilizar o uso agrícola de borra de café, *in natura*, se deve ao seu potencial de impermeabilizar o substrato, devido à presença de partes da película que reveste os grãos de café que originam a borra. No entanto, o menor crescimento das raízes foi compensado por maior volume das mesmas, o que pode ser constatado pelo incremento de suas massas frescas e secas, com reflexo positivas sobre as massas fresca e seca da parte aérea (Figuras 3a, 3b, 4a e 4b).

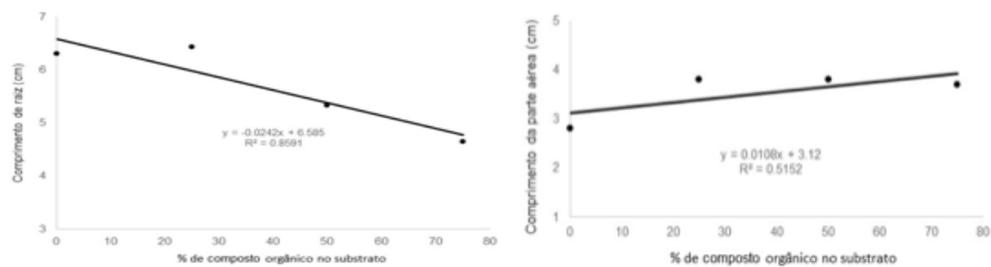


Figura 2. Figura 2. Comprimento da raiz (a) e da parte aérea (b) de muda de alface, aos 30 dias após a semeadura em substratos com diferentes proporções de composto orgânico de borra de café. Urutaí, GO, 2017.

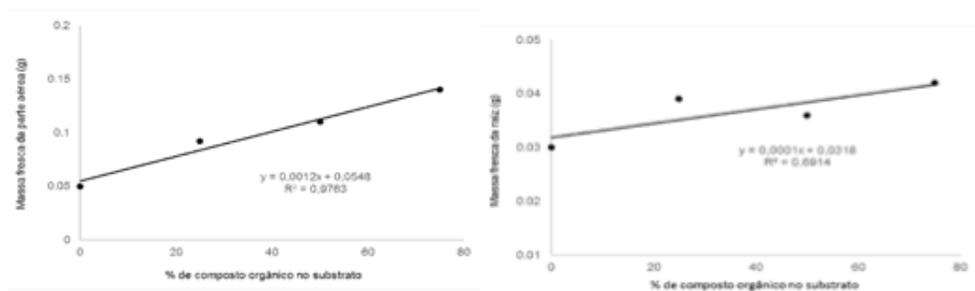


Figura 3. Massa fresca da parte aérea raiz (a) e da raiz(b) de muda de alface, aos 30 dias após a semeadura em substratos com diferentes proporções de composto orgânico de borra de café. Urutaí, GO, 2017.

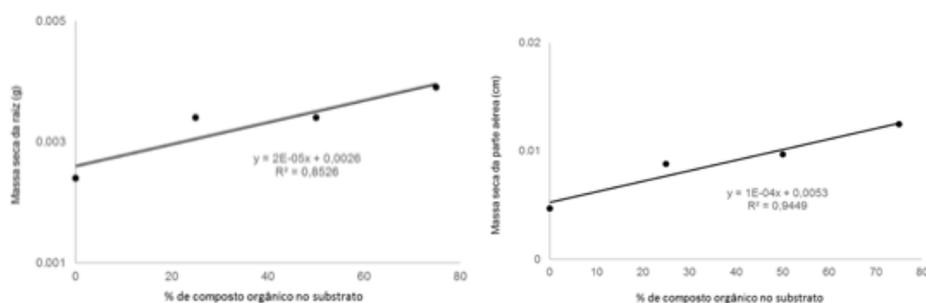


Figura 4. Massa seca da raiz (a) e da parte aérea (b) de mudas de alface, aos 30 dias após a semeadura em substrato contendo doses variadas de composto orgânico produzido a partir de borra de café. Urutaí - GO, 2017.

O aumento linear das massas frescas e secas da parte aérea e da raiz se deve, entre outros fatores, à presença, substâncias húmicas capazes de contribuir para a melhoria de propriedades físicas, físico-químicas e biológicas do substrato, além de nutrientes (Tabela 1), comuns em compostos maduros. Entre as propriedades favorecidas pode-se citar o aumento da capacidade de armazenamento de água pelo substrato (Silva e MENDONÇA, 2007).

Por outro lado, segundo Wangen et al. (2005), quando empregada na forma *in natura*, a borra de café, em mistura a substrato comercial teve efeito detrimental sobre a altura de mudas de alface. Dantas (2011) também constatou redução na altura e

na massa fresca de plantas de alface, com incrementos na dose de borra de café não compostada. De acordo com este mesmo autor, a lenta mineralização desse resíduo pode ter contribuído para a não disponibilização de nutrientes em tempo hábil para o crescimento e acúmulo de massa fresca pelas plantas.

Hardgrove(2015) pesquisou, em campo e em casa de vegetação, o emprego de proporções entre 2,5 e 20% (volume) de borra de café no cultivo de brócolis e rabanete, tendo constatado efeito adverso desse resíduo sobre o crescimento das plantas. A mais provável explicação para tal resultado, segundo esse mesmo autor, está no efeito tóxico de substâncias como cafeína, taninos, fenóis, presentes na borra de café, além da imobilização do nitrogênio.

Conforme Santos e Gamargo, *apud* SELLE (2007), o equilíbrio entre as taxas de mineralização e imobilização do nitrogênio (N) presente nos resíduos orgânicos depende da quantidade de carbono (C) no mesmo e da relação entre C e N, fósforo (P) e enxofre (S), sendo a relação C/N a mais empregada em estudos. Assim, resíduos com relação C/N entre 20 e 30, fornecerão N necessário à reprodução microbiana, não havendo imobilização nem mineralização significativa no início do processo. Se a relação C/N for maior que 30, os microrganismos terão que buscar outras fontes de N para satisfazer sua demanda, consumindo formas de N no solo, que estariam disponíveis às plantas, resultando em imobilização líquida de N por parte destes organismos, podendo causar deficiência temporária desse nutriente às plantas. Se, por outro lado, a relação C/N do material orgânico for menor que 20, haverá um excesso de N no resíduo, que será mineralizado pelos microrganismos, permanecendo disponíveis para as plantas, já num primeiro momento.

Conforme se observou (Tabela 1), o composto de borra de café apresenta relação C/N 11, portanto, favorável à disponibilização de N para as plantas, em contraste com a borra *in natura* que o cuja relação C/N é 148/1, favorável à imobilização de N.

Conforme Albuquerque et al., (2006), a compostagem contribui, também, para a redução dos teores de compostos fenólicos nos resíduos, levando, assim, à desintoxicação dos resíduos orgânicos ricos em tais substâncias, quando de sua transformação em composto maduro. Investigações realizadas a dois dos componentes do café, o ácido caféico e a cafeína, indicaram uma elevada atividade antioxidante do ácido caféico, mas nenhuma ação antioxidante da cafeína. No entanto, empregando uma fonte oxidante mais reativa, ambos os componentes mostraram uma notável atividade de eliminação de radicais hidroxilo (BREZOVÁ et al., 2009).

De modo semelhante, é possível que a compostagem da borra de café possa ter contribuído, também, para eliminar possíveis substâncias tóxicas presentes na mesma, reduzindo, com isso, seu efeito adverso sobre o desenvolvimento das mudas de alface.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a porcentagem de emergência das plântulas, o comprimento da parte aérea e as massas frescas e secas das raízes e da parte aérea das mudas de alface tiveram incremento linear crescente, enquanto o comprimento das raízes decresceu linearmente, com o emprego de 25 a 75% de composto orgânico de borra em mistura ao substrato comercial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica, a qual possibilitou a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A.; GONZALEZ, J.; GARCIA, D.; CEGARRA, J. **Measuring detoxification and maturity in compost made from Alperujo the solid by-product of extracting olive oil by the two phases centrifugation system**. *Chemosphere*, v.64, p.470-477, 2006.

BREZOVÁ, V., SLEBODOVÁ, A., STASKO, A. (2009) – **Coffee as a source of a oxidant: an EPR study**. *FoodChem*, 114: 859-868.

DANTAS, A. M. **Materiais orgânicos e produção de alface americana**. (2010a). 38f. Monografia (Graduação em Agronomia – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

DONKOH, A., ATUAHENE, C. C.; KESE, A. G. et al. The nutritional value of dried coffee pulp (DCP) in broiler chicken's diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.22, p.139-146, 1988.

FAN, L.; SOCCOL, C. R.; PANDEY, A.; SOCCOL, C. R. **Production of *Flammulina velutipes* on Coffee Husk and Coffee Spent-ground**. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. V. 44, N. 2, p. 205-212, jun. 2001.

FRANCA, A.S; OLIVEIRA, L.S. **Coffee processing solid wastes: current uses and future perspectives**. In: Ashworth, G. S; Azevedo, P. (Eds.). *Agricultural Wastes*. New York, U. S. A.: Nova Science Publishers, Inc.: Hauppauge, p.155-189, (2009 a, b, c).

FERREIRA, D. F. **Análise estatística por meio do Sisvar**. (Sistema para análise de variância) para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45. São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.

GULLO, M. J. M. **Uso de condicionador de solo a base de ácido húmico na cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2007.

GLOBO RURAL. Borra de café vira vapor. (1993), São Paulo, v.8, n.93, p.97.

HARDGROVE, S. Using coffee ground in the garden. Disponível em: <<http://www.sgaonline.org.au/using-coffee-grounds-in-the-garden/>>. Acesso em 19 de abril de 2017.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. Tipos de Alface Cultivados no Brasil. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. 7p. (Comunicado Técnico, 75).

LIMA, J. D.; MORAES, W. S.; MENDONÇA, J. C.; NOMURA, E. S. **Resíduos da agroindústria de chá preto como substrato para produção de mudas de hortaliças**. Ciência Rural, v. 37, p. 1609-1613, 2007.

MOURA, C. L. a; MOREIRA, I. C.; LIMA, L. F.; SAKANAKA, L. S. Extração e caracterização da composição lipídica da borra de café robusta e arábica. In: **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 25. Gramado, RS. Anais... São Carlos: SBCTA Regional, 2016.

Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/xxvcbcta/anais>>. Acesso em: 31 de agosto de 2017.

OLIVEIRA, P. P.; COSTA, A. C.; LIMA, W. L. Utilização da Borra de Café na Produção de Mudanças de Chicória. Cadernos de Agroecologia, v.9, p.22-36-7934, 2014

PIGATIN, L. B. F. **Compostos orgânicos de origem agroindustrial e urbanos aplicados à produção vegetal e fertilidade do solo**. 2011. 94f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – USP, São Carlos, 2011.

RESENDE et al. **Cultivo de alface em sistema orgânico de produção**. Brasília: Embrapa Hortaliça, 2007. 16 p. (Circular Técnica, 56).

SELLE, G. L. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais**. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 23, p. 29-39, Oct./Dec. 2007.

SILVA, I. R., MENDONÇA, E. R. **Matéria orgânica do solo**. In: NOVAIS et al. Fertilidade do Solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 276-374.

SILVA, M. A., Nebra, S. A., Machado Silva, M. J. and Sanchez, C. G. (1998) **The use of biomass residues in the Brazilian soluble coffee industry, Biomass and Bioenergy**, 14, 457-467.

SOUZA, F.A. de; AQUINO, A.M. de; RICCI, M. dos S.F.; FEIDEN, A. *Compostagem*. Seropédica: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Agrobiologia**, 11 p., 2001 (Boletim Técnico, nº 50).

TOKIMOTO, T.; KAWASAKI, N.; NAKAMURA, T.; AKUTAGAWA, J.; TANADA S. **Removal of lead ions in drinking water by coffee grounds as vegetable biomass**. Journal Colloid Interface Science, 281, p. 56-61, 2005.

TORRES, A. J. a; BREGAGNOLI, M.; MONTEIRO, J. M. C.; CARVALHO, C. A. M. **Emergência de plântulas de cafeeiro em substratos de borra de café**. Revista Agrogeoambiental, v. 4, n. 3, p. 1-7, 2012.

XIMENES, M. A. **A tecnologia Pós-Colheita e Qualidade Física Organoléptica do Café Arábica de Timor**. 2010. 121f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 121p. 2010.

WANGEN, D. R. B.; CARDOSO, M. T. R.; FREITAS, R. O.; FENANDES, E. F.; DUARTE, G. M.; PINTO, A. F. de J. **borra de café na produção de mudas de alface, lactuca sativa L.** Enciclopedia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 11, n.22 ; p. 518 a 524, 2015.

KIELH, E. J. **Novos Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Agronomia Ceres, 2010. 248 p.

CONTRIBUIÇÃO DA FRAÇÃO GALHOS FINOS NA SERAPILHEIRA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA ATLÂNTICA, EM MACAÍBA, RN

Luan Henrique Barbosa de Araújo

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife – Pernambuco

José Augusto da Silva Santana

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Macaíba – Rio Grande do Norte

Wanctuy da Silva Barreto

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Macaíba – Rio Grande do Norte

Camila Costa da Nóbrega

Universidade Federal da Paraíba
Areia – Paraíba

Juliana Lorensi do Canto

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Macaíba – Rio Grande do Norte

César Henrique Alves Borges

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife – Pernambuco

RESUMO: Objetivou-se avaliar a contribuição temporal da fração galhos finos na serapilheira em um fragmento de Floresta Atlântica de 6,5 ha, localizado na posição limítrofedentro da província Atlântica, em Macaíba-RN. O trabalho foi desenvolvido entre abril/2013 a março/2014, em que, para a obtenção dos dados de produção de serapilheira foram instalados dez coletores circulares, com área média de 0,1281 m². Mensalmente, a fração galhos

finos (diâmetro <2 cm) era separada, seca em estufa e pesada. Através da quantidade média da fração encontrada nos coletores foi estimada a biomassa devolvida mensal e anualmente, em kg ha⁻¹ ano⁻¹ para o piso florestal. A produção de galhos finos foi de 396,10 kg ha⁻¹ ano⁻¹, o que correspondeu a 7,86% da serapilheira total, apresentando dois picos de produção, sendo o primeiro no período de março-junho, coincidindo com o período chuvoso na região, e o segundo entre outubro-novembro, no auge da estação seca, demonstrando o caráter sazonal da floresta. A fração galhos finos apresentou baixa representatividade em relação à serapilheira total. Apesar das diferenças na quantidade de material aportado de galhos entre os períodos de seca e de chuva, a correlação com a pluviosidade não foi significativa.

PALAVRAS-CHAVE: ciclagem de nutrientes, deposição, Floresta Atlântica

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the temporal contribution of the fine branch fraction in the litter in a 6.5 ha Atlantic Forest fragment, located in the bordering position within the Atlantic province, in Macaíba-RN. The work was developed between April/2013 and March/2014, in which, to obtain the data of litter production, ten circular collectors were installed, with a mean area of 0.1281 m². Monthly, the fine twigs fraction (diameter <2 cm) was separated,

oven dried and weighed. Through the average amount of the fraction found in the collectors, the biomass returned monthly and annually, in $\text{kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ for the forest floor was estimated. The production of fine twigs was $396.10 \text{ kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$, which corresponded to 7.86% of the total litter, presenting two production peaks, the first one in the period of March-June, coinciding with the period rainy season in the region, and the second between October and November, at the height of the dry season, demonstrating the seasonal character of the forest. The fine twigs fraction presented low representativity in relation to the total litter. Despite the differences in the amount of material contributed by branches between periods of drought and rain, the correlation with rainfall was not significant.

KEYWORDS: nutrient cycling, deposition, AtlanticForest

1 | INTRODUÇÃO

A serapilheira pode ser definida como a biomassa que é depositada sob os solos florestais, corresponde a camada superficial, sendo composta por folhas, galhos, órgãos reprodutivos e miscelânea, em vários estágios de decomposição e apresentando diversas funções para o ecossistema. A serapilheira é muito importante no armazenamento de material vegetal e/ou animal, e atua diretamente na decomposição e incorporação desse material ao solo, fornecendo nutrientes (SOUZA et al., 2016).

A deposição e decomposição de serapilheira em florestas tropicais é muito importante, visto que a nutrição dos vegetais nesses ecossistemas depende da ciclagem dos nutrientes contidos na biomassa vegetal (ANDRADE et al., 2008; MOURA et al., 2016). Segundo Diniz et al. (2015), o maior aporte de serapilheira, pode estar associado ao estágio sucessional avançado no qual a área se encontra. O tempo de sucessão influencia na acumulação de biomassa e nos estoques de serapilheira.

Machado et al. (2015), ressalva que o maior estoque de serapilheira em florestas com estágios avançados, pode ser reflexo de uma maior complexidade estrutural da vegetação, conforme avança no processo de sucessão ecológica.

Objetivou-se com este trabalho, avaliar a contribuição temporal da fração galhos finos na serapilheira de um fragmento de Floresta Atlântica, localizado no município de Macaíba, RN.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em um fragmento de Floresta Atlântica secundária, sob coordenadas centrais $5^{\circ}53'30'' \text{ S}$ e $35^{\circ}21'30'' \text{ W}$, altitude média de 40 m, localizado na posição limítrofe dentro da província Atlântica, no município de Macaíba, RN, Brasil. O fragmento apresenta área total 6,5 ha, apresentando relevo suavemente ondulado. O solo predominante na área do fragmento é o Latossolo Vermelho Amarelo distrófico.

O clima da região é classificado como As' segundo a classificação de Köppen-

Geiger, com estação chuvosa predominante entre os meses de março a julho e precipitação média anual de 1.070,70 mm. A temperatura média anual está em torno de 27,1°C, com máxima de 32°C e mínima de 21°C (IDEMA, 2008).

Para determinação da deposição de serapilheira foram instalados dez coletores confeccionados com tela de náilon (malha de 1 mm de abertura), armação de arame rígido e canos de PVC de um metro de altura, apresentavam formato cônico e área de 0,1281 m². o material depositado foi coletado mensalmente no período de abril de 2013 a março de 2014.

O material foi coletado sempre durante a primeira semana de cada mês e conduzido para o Laboratório de Ecologia Florestal, da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. No Laboratório, o referido material foi seco ao ar livre por 48 h, posteriormente, realizou-se a triagem do material, separando as frações galhos finos (diâmetro ≤1 cm), folhas, estruturas reprodutivas e miscelânea, em seguida, o material foi levado à estufa por 72 h a 65°C para secagem e determinação da massa seca, com auxílio de balança analítica.

A produção de serapilheira total e de galhos finos, mensal e anual, em kg ha⁻¹ foi estimada por meio das seguintes equações:

$$PMS = \frac{\sum PS * 10.000}{AC * n}$$

$$PTS = \sum PMS$$

Em que,

PMS = produção mensal de serapilheira, em kg ha⁻¹;

PS = produção de serapilheira de cada coletor, em kg;

AC = área do coletor, em m²;

n = número de coletores utilizados na amostra, e;

PTS = produção total de serapilheira, em kg ha⁻¹ano.

Para examinar a correlação entre o aporte da serapilheira total e da fração galhos finos e a precipitação pluviométrica, aplicou-se o coeficiente de correlação de Pearson (r). Por fim, foram elaborados histogramas para facilitar a compreensão dos resultados com auxílio do software Microsoft Excel 2010.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção anual de serapilheira para o fragmento estudado foi estimada em 5.038,72 kg ha⁻¹ ano⁻¹, em que a fração galhos finos foi responsável por 396,10 kg ha⁻¹ ano⁻¹, o equivalente a 7,86% da serapilheira total. Observou-se variações na quantidade de serapilheira entre os meses avaliados (Tabela 1).

Meses	Serapilheira total	Fração galhos finos
-----kg ha ⁻¹ -----		
Abr./2013	328,57	45,67
Mai./2013	224,36	37,24
Jun./2013	344,03	49,49
Jul./2013	95,24	12,49
Ago./2013	492,43	14,75
Set./2013	716,63	29,82
Out./2013	638,64	63,00
Nov./2013	560,50	96,10
Dez./2013	411,24	1,56
Jan./2014	498,75	1,80
Fev./2014	443,17	5,85
Mar./2014	285,17	38,33
Total	5.038,72	396,10

Tabela 1. Produção anual de serapilheira total e da fração galhos finos, em um fragmento de um fragmento de Floresta Atlântica secundária, Macaíba, RN, Brasil.

A estimativa do aporte anual de serapilheira da fração galhos encontrada nesse trabalho foi abaixo do que observado por Sloboda et al. (2017), em uma área de Floresta Atlântica, onde a fração representou 12% do total, ainda assim, considerado uma baixa proporção em relação a fração folhas, que representa a maior parte da serapilheira na maioria dos estudos (KÖNIG et al., 2002; FIGUEIREDO FILHO et al., 2003; LIMA et al., 2010; CUNHA NETO et al., 2013; BIANCHIN et al., 2016; SLOBODA et al., 2017). Figueiredo Filho et al. (2003), afirmam que, normalmente as folhas são responsáveis por mais de 50% da serapilheira produzida em uma floresta.

Lopes et al. (2009) e Silva et al. (2009), também observaram que o aporte de serapilheira da fração galhos foi baixo, evidenciando, mais uma vez, que a fração galhos apresenta pouca contribuição na conformação da serapilheira total. No entanto, apesar da baixa proporção de galhos na serapilheira, essa fração é responsável em partes pela reposição dos nutrientes ao solo, sendo uma importante via de transferência, contribuindo com a ciclagem. Alguns autores verificaram que os galhos são responsáveis pela contribuição da devolução de vários nutrientes ao solo, como N, P, K, Ca e Mg (LIMA et al., 2010; HOLANDA et al., 2017), C e Na (SLOBODA et al., 2017).

A maior produção de galhos aconteceu no período compreendido nos meses de outubro e novembro, tendo pico no mês de novembro (Figura 1). Andrade et al. (2008) e Schumacher et al. (2018), também observaram que o mês de novembro foi o que apresentou maior quantidade de galhos na serapilheira em relação aos outros meses, corroborando com os dados do estudo. Andrade et al. (2008), explicam que devido a baixa pluviosidade no mês de novembro, em que as árvores apresentam-se na maioria sem folhas, o vento facilita para maximizar a queda de galhos.

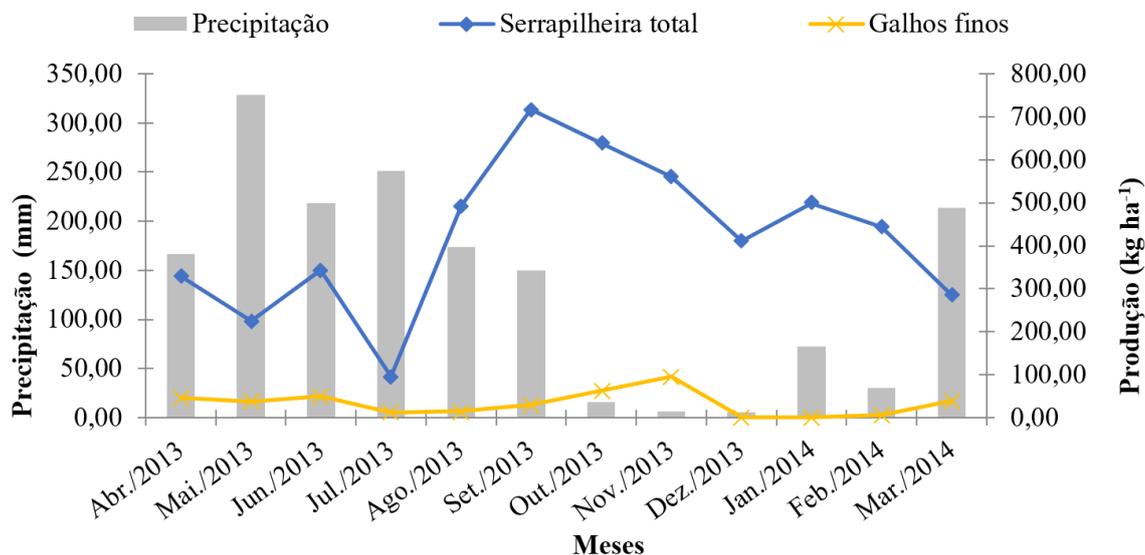


Figura 1. Deposição serapilheira total e da fração galhos finos em relação a precipitação pluviométrica em um fragmento de Floresta Atlântica secundária, Macaíba, RN, Brasil.

Apesar das irregularidades no padrão de distribuição da fração galhos ao longo dos meses, não se pode afirmar que a precipitação tenha influência direta em sua distribuição. Tal afirmação pode ser confirmada pelo baixo valor do coeficiente de correlação de Pearson ($r = -0,09$) o que indica uma correlação insignificante (Tabela 2).

Variáveis	Precipitação	Interpretação
Serapilheira total	-0,66	Correlação moderada
Galhos finos	-0,09	Correlação insignificante

Tabela 2. Correlação de Pearson entre o aporte de serapilheira total e na fração galhos finos com a precipitação pluviométrica em um fragmento de Floresta Atlântica secundária, Macaíba, RN, Brasil.

A deposição de galhos é maior durante o período seco da região, no entanto, de acordo com o índice de Correlação de Pearson não se pode fazer inferência com a pluviosidade. König et al. (2002), também observaram correlação não significativa entre a precipitação e a deposição da fração galhos. Ao contrário do que foi observado por Brunet et al. (2016), em que houve correlação positiva direta dos galhos finos com a precipitação. Ainda de acordo com os mesmos autores, fatores genéticos podem apresentar influência marcante na deposição, quando relaciona-se o grau de adaptação das espécies às condições meteorológicas locais.

Conforme dados apresentados na tabela 3, pode-se observar que, no geral, o aporte de serapilheira total apresentou correlação negativa moderada com a precipitação, ou seja, quando uma variável aumenta a outra diminui, e vice e versa.

Bianchini et al. (2016), observaram que as maiores deposições de serapilheira ocorreram nos períodos de maior radiação, precipitação e temperatura, justificando os autores que esse parece ser um padrão para a Floresta Atlântica. Porém, no fragmento de Floresta Atlântica estudado nessa pesquisa, isso não ocorreu, muito provavelmente devido posição limítrofe do fragmento dentro da província Atlântica, apresentando

condições edafoclimáticas um tanto particulares.

4 | CONCLUSÃO

A fração galhos finos apresentou baixa representatividade em relação à serapilheira total. Apesar das diferenças na quantidade de material aportado de galhos entre os períodos de seca e de chuva, a correlação com a pluviosidade não foi significativa.

Sugere-se, para trabalhos futuros, estudar a relação do estoque de nutrientes contidos nos galhos, visando estimar o potencial de retorno dos nutrientes ao solo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R.L.; SOUTO, J.S.; SOUTO, P.C.; BEZERRA, D.M. **Deposição de serrapilheira em área de Caatinga na RPPN “Fazenda Tamanduá”, Santa Terezinha - PB.** Caatinga, Mossoró, v.21, n.2, p.223-230, 2008.

BIANCHIN, J.E.; MARQUES, R.; BRITZ, R.M.; CAPRETZ, R.L. **Deposição de Fitomassa em Formações Secundárias na Floresta Atlântica do Paraná.** Floresta e Ambiente, Seropédica, v.23, n.4, p. 524-533, 2016.

BRUN, E.J.; SCHUMACHER, M.V.; VACCARO, S.; SPATHELF, P. **Relação entre a produção de serapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.9, n.2, p.277-285, 2001.

CUNHA NETO, F.V.; LELES, P.S.S.; PEREIRA, M.G.; BELLUMATH, V.G.H.; ALONSO, J.M. **Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais.** Ciência Florestal, Santa Maria, v.23, n.3, p.379-387, 2013.

DINIZ, A.R.; MACHADO, D.L.; PEREIRA, M.G.; BALIEIRO, F.C.; MENEZES, C.E.G. **Biomassa, estoques de carbono e de nutrientes em estádios sucessionais da Floresta Atlântica, RJ.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v.10, n.3, p.443-451, 2015.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MORAES, G.F.; SCHAAF, L.B.; FIGUEIREDO, D.J. **Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do estado do Paraná.** Ciência Florestal, Santa Maria, v.13, n.1, p.11-18, 2003.

HOLANDA, A.C.; FELICIANO, A.L.P.; FREIRE, F.J.; SOUSA, F.Q.; FREIRE, S.R.O.; ALVES, A.R. **Aporte de serapilheira e nutrientes em uma área de Caatinga.** Ciência Florestal, Santa Maria, v.27, n.2, p.621-633, 2017.

IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. **Perfil do seu município: Macaíba.** Natal: SEMARH, v.10, p.1-23, 2008.

KÖNIG, F.G.; SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; SELING, I. **Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria-RS.** Revista Árvore, Viçosa, v.26, n.4, p.429-435, 2002.

LIMA, S.S.; LEITE, L.F.C.; AQUINO, A.M.; OLIVEIRA, F.C.; CASTRO, A.A.J.F. **Serapilheira e teores de nutrientes em Argissolosob diferentes manejos no norte do Piauí.** Revista Árvore, Viçosa,

v.34, n.1, p.75-84, 2010.

LOPES, J.F.B.; ANDRADE, E.M.; LOBATO, F.A.O.; PALÁCIO, H.A.Q.; ARRAES, F.D.D. **Deposição e decomposição de serapilheira em área da Caatinga.**Revista Agro@mbiente On-line, Boa Vista, v.3, n.2, p.72-79, 2009.

MACHADO, D.L.; PEREIRA, M.G.; CORREIA, M.E.F.; DINIZ, A.R.; SANTOS, L.L.; MENEZES, C.E.G. **Ciclagem de nutrientes em diferentes estágios sucessionais da Floresta Atlântica na Bacia do Rio Paraíba do Sul, RJ.**BioscienceJournal, Uberlândia, v.31, n.4, p.1222-1237, 2015.

MOURA, M.M.S.; COSTA, G.B.R.; PALÁCIO, H.A.Q.; ARAÚJO NETO, J.R.; BRASIL, J.B. **Produção de serapilheira e suas frações em área da Caatinga no Semiárido Tropical.**Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, João Pessoa, v.3, n.5, p.199-208, 2016.

SCHUMACHER, M.V.; SZYMCZAK, D.A.; TRÜBY, P.; LONDERO, E.K.; MARAFIGA, J. **Aporte de serapilheira e nutrientes em uma Floresta Estacional Decidual na região central do Rio Grande do Sul.**Ciência Florestal, Santa Maria, v.28, n.2, p.532-541, 2018.

SLOBODA, B.; MARQUES, R.; BIANCHIN, J.; BLUM, H.; DONHA, C.; SILVEIRA, F.; CAPRETZ, R. **Litterfall and nutrient dynamics in a Mature Atlantic Rainforest in Brazil.** Floresta e Ambiente, Seropédica, v.24, e20160339, 2017.

SILVA, C.J.; LOBO, F.A.; BLEICH, M.E.; SANCHES, L. **Contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso.**Acta Amazônica, Manaus, v.39, n.3, p.591-600, 2009.

SOUZA, B.V.; SOUTO, J.S.; SOUTO, P.C.; SALES, F.C.V.; GUERRINI, I.A. **Avaliação da sazonalidade da deposição de serapilheira em área de preservação da Caatinga na Paraíba, Brasil.** Agropecuária Científica no Semiárido, Patos, v.12, n.3, p.325-331, 2016.

CORRELAÇÃO E VARIABILIDADE ESPACIAL DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE NEOSSOLOS, SOB CULTIVO DE SOJA EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

Guilherme Guerin Munareto

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Agronomia
Santiago – RS

Claiton Ruviano

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Agronomia
Santiago – RS

RESUMO: O conhecimento da variabilidade das propriedades físicas do solo permite aumentar a precisão do manejo, a fim de oferecer as culturas um ideal ambiente edáfico para expressar seu máximo potencial produtivo. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a resistência mecânica do solo à penetração (R_p) e sua relação com outras propriedades físicas do solo, sob o cultivo de soja em sistema de plantio direto (SPD). O trabalho foi realizado na fazenda escola da URI Campus Santiago, RS. Para a realização do estudo foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0,00-0,20 m em 23 pontos na área, em grid com malha de 14x14 m, nas quais avaliou-se a resistência do solo a penetração, umidade volumétrica, matéria orgânica do solo e o teor de argila após a inserção do cultivo da soja. Os teores de U_v apresentaram dependência espacial fraca, a R_p demonstrou dependência espacial moderada, a MOS e o teor argila apresentaram dependência espacial

forte utilizando-se técnicas de geoestatística. A elaboração dos mapas de isolinhas por krigagem permitem a visualização das zonas de manejo das propriedades físicas onde é capaz de fazer intervenção dirigidas no manejo de acordo com a variabilidade dos atributos físicos do solo. Os valores da U_v em relação a R_p foram inversamente proporcionais, com altos valores de U_v , bem como baixos níveis de compactação, beneficiando o desenvolvimento das plantas.

PALAVRAS-CHAVE: Física do solo, agricultura de precisão, dependência espacial.

ABSTRACT: Knowledge of the variability of the physical properties of the soil allows to increase the precision of the management, in order to offer crops as an ideal environment to project their own productive potential. The objective of this study was to evaluate soil mechanical resistance to penetration (R_p) and its relationship with other soil physical characteristics under soybean cultivation under no-tillage system (SPD). The work was carried out at the farm of URI Campus Santiago, RS. In order to perform the test, soil samples were collected at a depth of 0.00-0.20 m at 23 points in the 14x14 m mesh area, in which the soil resistance at penetration, volumetric moisture, organic matter soil and clay content after a soybean plantation. The light contents of a

sudden space weakness, an R_p demonstrated spatially moderate, a MOS and one linking to the strong fort, using geostatistics techniques. The elaboration of image maps by kriging allows the visualization of the physical property zones of a directed driving mode, without agreement according to the variability of the physical attributes of the soil. The values of U_v relative to R_p were inversely proportional, with high U_v values, as well as compaction levels, beneficiaries of the development of plants.

KEYWORDS: Soil Physics, Precision Agriculture, Spatial Dependence.

1 | INTRODUÇÃO

O monitoramento da qualidade do solo pelos atributos físicos é de suma importância para a manutenção e avaliação da sustentabilidade dos sistemas agrícolas, tendo potencial de modificação com o manejo após alguns anos.

A resistência mecânica do solo à penetração (R_p) é um dos principais indicativos da dinâmica de crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas, sendo um importante preditor do estado de compactação do solo. Porém, a R_p é influenciada pela umidade, matéria orgânica do solo (MOS) e argila do solo.

A compactação do solo causa restrição ao crescimento radicular, este aspecto está relacionado com a descontinuidade dos poros reduzindo a permeabilidade da água ao solo, afetando os artifícios de aeração, condutividade ao ar e trocas gasosas, além dos processos químicos e biológicos, resultante da decomposição das raízes, liberação de exsudatos radiculares, atividade biológica do solo mais efetiva, propiciando maior estabilidade dos agregados (TISDALL & OADES, 1979; 1882).

Em consequência disso, a erosão do solo está gradativamente sendo um fator problemático, na qual é ocasionado pelo uso intensivo de implementos agrícolas durante o sistema de preparo convencional, além de ser um fator físico limitante ao crescimento das plantas (Beutler et al., 2003) e responsável por mudanças na distribuição do sistema radicular em profundidade (Beutler et al., 2004).

A adoção de sistemas de manejo conservacionistas e a sucessão de culturas com adubos verdes são práticas que visam preservar a qualidade do solo e do ambiente, sem prescindir da obtenção de elevadas produtividades das culturas de interesse econômico (Carvalho et al., 2004). Uma das características do sistema plantio direto é o acúmulo de resíduos culturais na superfície do solo (Escosteguy et al., 2005), a qualidade do solo é definida como a capacidade do solo em manter produtividade sustentável (Doran & Parkin ;1994).

A variabilidade espacial tem se evidenciado uma ferramenta fundamental na interpretação de resultados dos atributos do solo. Desta forma, demonstrando que é possível obter mapas de atributos do solo para identificar a degradação, como também recomendar manejos para recuperar as áreas degradadas (Grego et al., 2012), usando zonas de manejo com a finalidade de homogeneizar a distribuição das propriedades físicas dentro de uma determinada área.

O presente trabalho baseou-se em avaliar a resistência mecânica do solo à penetração (R_p) e sua relação com outras propriedades físicas do solo, sob o cultivo de soja em sistema de plantio direto (SPD).

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na região agroecológica do Vale do Jaguari – RS, na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago, com coordenadas centrais UTM 705.589 E 6.769.112 S (SIRGAS 2000, ZONA 21 S).

Conforme a classificação de Köppen, o clima dominante é o Cfa, subtropical úmido com precipitação excessiva em todos os meses do ano, totalizando uma precipitação anual de 1.919 mm, com temperatura média anual de 17,9 °C (MORENO, 1961). O relevo por sua vez, exibe formas suave ondulado, com altitudes que alcançam cerca de 394 metros (m).

A área em estudo é formada por polipedons de NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Distróficos e NEOSSOLOS LITOLICOS Distróficos, em Sistema de Plantio Direto (SPD), a mais de dezessete anos, o procedimento amostral contou com 23 pontos de prospecção coletados após o cultivo da soja, na profundidade de 0,0 - 0,20 m, numa área de 0,15 ha, com malha regular de 14m.

Para alocação dos pontos foi empregado um receptor GNSS (Global navigation Satellite System) Leica, modelo Viva GS15, com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de Real Time Kinematic (RTK).

Nos pontos de prospecções foram coletadas amostras deformadas e indeformadas para a resolução das propriedades físicas do solo. O ensaio de resistência mecânica do solo à penetração foi realizado com o penetrômetro digital modelo Falker PLG 1020.

A determinação da argila, umidade volumétrica (U_v) e da textura do solo se deu em conformidade com Donagema (2011). O teor de matéria orgânica do solo foi apontado pelo método colorimétrico, descrito por Raij et al (2001).

A variabilidade das propriedades em estudo foi avaliada pela análise estatística descritiva, com normalidade dos dados testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância, e após realizada a análise de correlação (Pearson).

O Coeficiente de Variação (CV) foi classificado conforme Warrick e Nielsen (1980), considerando variabilidade baixa ($CV < 12\%$); média ($12\% < CV < 60\%$); e alta ($CV > 60\%$).

A análise da dependência espacial foi realizada por meio da geoestatística no software do Sistema de Informações Geográficas ArcGIS® 10.5.1 (ArcToolbox → Geostatistical Analyst → Assistente de geoestatística → Geoestatistical Methods → Kriging → Kriging type → Ordinary). Foram constituídos semivariogramas, partindo das pressuposições de estacionalidade da hipótese intrínseca e do cálculo da função semivariância e dos ajustes dos modelos teóricos. Com o interpolador de krigagem

ordinária, foram testados os seguintes modelos teóricos de semivariogramas: circular, esférico, exponencial e gaussiano.

Do ajuste de um modelo matemático aos dados, foram determinados os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance. Posteriormente, o grau de dependência espacial (GDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), em que são considerados de dependência espacial forte os semivariogramas que têm um efeito pepita $\leq 25\%$ do patamar, de dependência espacial moderada, quando o efeito pepita está entre 25 e 75%, e de dependência fraca, quando o efeito pepita é $> 75\%$.

Em seguida, os mapas foram gerados com a aplicação do interpolador de krigagem ordinária, seguindo a rotina: ArcToolbox → Spatial Analyst → Interpolação → Krigagem → Ordinária, assim permitindo o maior detalhamento espacial dos fenômenos estudados, sendo de suma importância para a agricultura de precisão.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise variáveis para as propriedades estudadas aderem distribuição normal, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância.

A Rp apresentou valores entre 0,239 a 1,054 MPa, com média de 0,676 MPa, de acordo com Silva et al.,(1994); Betz et al., (1998); Reinert et al., (2001) usam como modelo de valor crítico de Rp considerado limitante às raízes de (2 Mpa), assim demonstrando que os valores encontrados de Rp no presente trabalho não interfere o desenvolvimento das culturas, os valores da umidade volumétrica (Uv) variaram de 0,326 a 0,506 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, perfazendo a média de 0,424 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, indicando boa capacidade de armazenamento de água no solo (Tabela 1). Já os valores de MOS variaram de 3,3 a 4,82%, com valor intermediário de 3,95% classificado como médio (CQFS-RS/SC, 2016), para o teor de argila os valores variaram entre 320 a 379 g kg^{-1} , com média de 351,17 g kg^{-1} com textura franco-argilosa adaptado por (Lemos; Santos., 1996).

Prop.	Casos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV (%)	K-S	Sig
Rp	23	0,239	1,054	0,676	215,531	31,8	,558	,914
Uv	23	0,326	0,506	0,424	4,210	9,9	,563	,909
MOS	23	3,30	4,82	3,95	0,402	10,1	,854	,459
Argila	23	320,00	379,00	351,17	18,946	5,39	,501	,363

Tabela 1- Análises estatísticas descritivas e teste de normalidade das propriedades físicas em NEOSSOLOS.

Prop: Propriedade. Rp: Resistência do solo a penetração Uv: Umidade Volumétrica. MOS: Matéria Orgânica do solo. CV: Coeficiente de Variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. Sig: Significância.

O coeficiente de variação (CV), para a Rp de 31,8%, foi de média variabilidade, já

para a Uv (9,9%), a MOS (10,1%), argila (5,39%) foram de baixa dispersão (Tabela 1), adotando o critério de classificação para o CV proposto por Warrick e Nielsen (1980),

A RP apresentou valor médio de 0,676 MPa (Tabela 1), de acordo com Klein e Câmara (2007), os valores observados são classificados como baixos, levando em consideração a maioria das culturas, que em condições de até 3 MPa não sofrem limitações para o desenvolvimento radicular. Petter (1990) descreveu que os valores acima de 2,8 MPa foram limitantes ao crescimento radicular na cultura do soja, com alto rendimento. Para a cultura do feijão Carvalho et al. (2006), descreve que valores de RP variando entre 1,3 e 2,9 MPa não possuem limitação a produção de grãos. Portanto, esses autores ratificam que os valores de RP descritos (Tabela 1) e ilustrados (Figura 1) não são restritivos ao crescimento radicular.

Com o cruzamento dos diferentes planos digitais (mapas) observou-se a relação entre as diferentes propriedades no espaço (Figura 1).

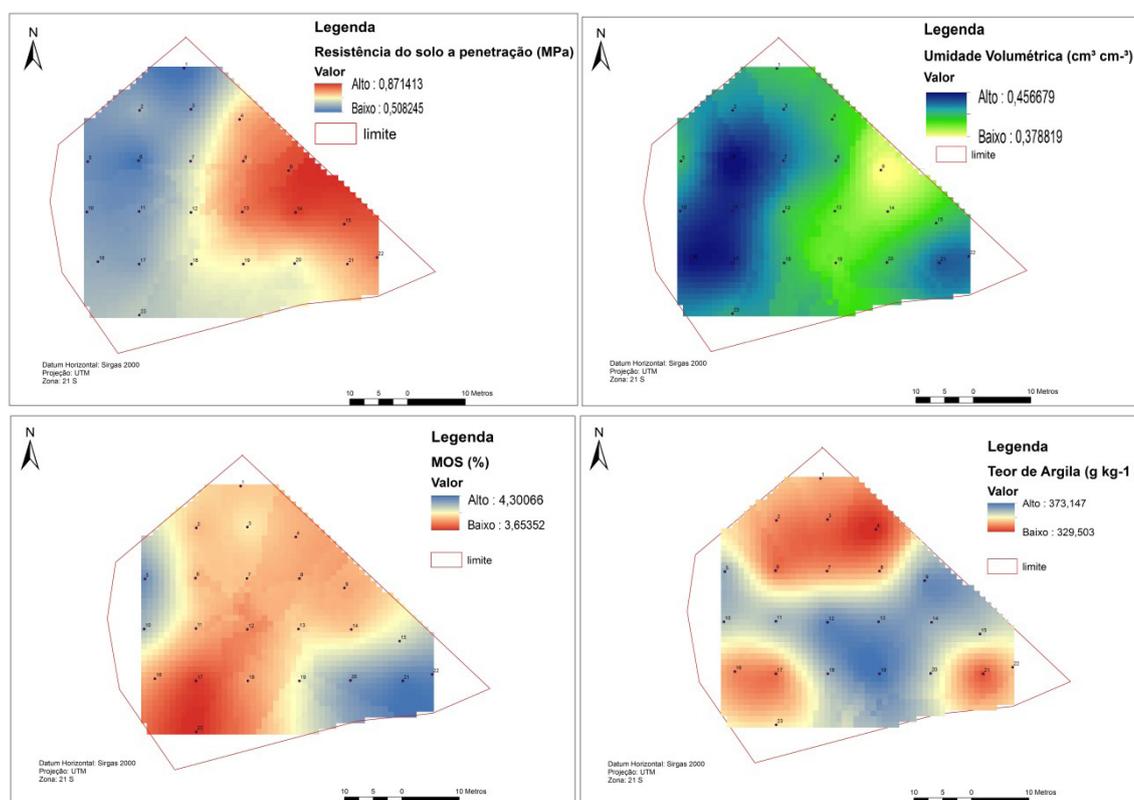


Figura 1- Mapas da variabilidade espacial de diferentes variáveis analisadas em NEOSSOLOS, em Sistema de Plantio Direto (SPD).

Os valores encontrados de Uv (Tabela 1) são semelhantes aos apresentados por Junior et al., (2017) e maiores que os de Garzella (2004). No entanto, menores que os de Teixeira et al. (2005) na determinação da umidade do solo em perfis mais profundos (0,7 m), encontrando resultados de $0,47 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, assim, um solo com maior Uv retêm mais água no solo e, conseqüentemente, causa decréscimo na resistência à penetração do solo (Figura 1).

A mensuração da MOS e sua variabilidade no espaço (Figura 1) nos possibilita

avaliarmos a sustentabilidade do sistema agrário, onde a área de estudo esta inserida. O presente trabalho apresentou valores de MOS próximos a 4 % (Tabela 1), devido a adoção do SPD a quase duas décadas sem pastoreio, onde o solo é minimamente revolvido e o aporte de resíduos na superfície é contínuo, induzindo o aumento da matéria orgânica, a qual associada a raízes em decomposição, proporciona recuperação da estrutura do solo e maior distribuição e continuidade dos poros (Bayer & Mielniczuk, 1997).

Foram observados baixos teores de argila (Tabela 1) e a sua distribuição espacial (Figura 1), este resultado vai de encontro às observações de Hillel (1998). Este autor relatou que são esperados baixos teores de argila para os solos com pequeno desenvolvimento pedogenético “Neossolos”, especialmente quando desenvolvidos a partir da alteração de rochas cristalinas.

O modelo de semivariograma que melhor se ajustou *para as propriedades* Rp, a MOS e o teor de argila foi o modelo Esférico, já para a Uv ao modelo Gaussiano (Tabela 2). O grau de dependência espacial foi considerado moderado para a Rp, no entanto a dependência espacial da Uv é fraca, e forte para as variáveis MOS e para o teor de argila, conforme critérios estabelecidos por Cambardella (1994), e, com efeito, pepita das propriedades analisadas variando de 0 a 0,53. Quanto maior a dependência espacial da variável, melhor estrutura espacial e maior precisão podem ser obtidas na estimativa em locais não amostrados, por intermédio das técnicas geoestatísticas (KRAVCHENKO et al., 2006; LIMA et al., 2010).

Prop	Modelo	Alcance	Patamar	Pepita	M	RMS	MS	RMSS	ASE	Dependência	GDE (%)
Rp	Esférico	14,79	0,69	0,23	0,07	193,4	0,00	0,99	193,1	Moderado	33,65
Uv	Gaussiano	15,05	0,60	0,53	0,25	4,04	0,05	0,97	4,13	Fraco	88,49
MOS	Esférico	16,53	1,0	0,00	-,005	0,37	-0,01	1,00	0,36	Forte	0,00
Argila	Esférico	17,85	1,29	0,00	-,445	17,4	-0,02	0,93	18,7	Forte	0,00

Tabela 2- Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para a variabilidade das variáveis físicas estudadas em NEOSSOLOS, após o cultivo da soja.

Prop: Propriedade. Rp: Resistência do solo a penetração Uv: Umidade Volumétrica. MOS: Matéria Orgânica do solo. M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada Média Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão. IDE: Índice de Dependência Espacial.

Com o ajuste do semivariograma determinou-se o alcance e o patamar para as variáveis, a Rp apresentou alcance de 14,79 m e patamar de 0,69, a MOS com alcance de 16,53 m e patamar de 1,0, o teor de argila com alcance de 17,85 m e patamar de 1,29, e por fim, Uv com alcance de 15,05 m e patamar de 0,60 (Tabela 2).

Os dados apresentaram correlação negativa (Pearson), para as propriedades Rp e Uv, corroborando com Imhoff et al., (2000) tendo valores inversamente proporcionais entre Uv com Rp resultando em -0,4 (fraca). Já a MOS não apresentou correlação, com as demais variáveis (Tabela 3).

Propriedades	Casos	Rp	Uv	MOS	Argila
Rp	23	---	-0,433*	-0,122	0,223
Uv	23	-0,433*	---	-0,042	-0,664**
MOS	23	-0,122	-0,042	---	0,165
Argila	23	0,223	-0,664**	0,165	---

Tabela 3- Coeficientes de correlação de Pearson das propriedades físicas, após o cultivo da soja.

*Correlação a 5% de significância, ** Correlação a 1% de significância.

Nos estudos de Imhoff et al. (2000), numa Terra Roxa Estruturada, e de Genro Junior et al. (2004), num Latossolo Vermelho, foi observada relação entre menor umidade e maior resistência do solo à penetração do mesmo modo que o observado no presente trabalho (Figura 1), embora seja em Neossolos. Assim, demonstrando que esta associação ocorre em diversos tipos de solos, sendo mais estreita a relação na faixa de menor umidade, o parâmetro umidade do solo está diretamente ligada ao volume armazenado de água, bem como a disponibilidade afetando os níveis de compactação (Tabela 3).

A elaboração dos mapas de isolinhas por krigagem permitem a visualização das zonas de manejo das propriedades físicas, onde é capaz de fazer intervenções dirigidas no manejo, de acordo com a variabilidade dos atributos físicos do solo.

4 | CONCLUSÕES

Os valores da Umidade volumétrica em relação à Resistência do solo a penetração foram inversamente proporcionais, com altos valores de Umidade volumétrica, bem como baixos níveis de compactação, beneficiando o desenvolvimento das plantas.

REFERÊNCIAS

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de culturas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.21, p.105-112, 1997.

BETZ, C.L.; ALLMARAS, R.R. & COPELAND, S.M. **Leastlimiting water range: traffic and long-term tillage influences in a Webster soil**. Soil Sci. Soc. Am. J., 63:1384-1393, 1998.

BEULTER, A.N.; CENTURION, J.F. **Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.39, n.6, p.581-588, 2004.

_____. **Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.38, p.849-856, 2003.

Cambardella, C. A.; Moorman, T. B.; Novak, J. M.; Parkin, T. B.; Karlen, D. L.; Turco, R. F. et al. **Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils**. Soil Science Society of America Journal, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CARVALHO, G. J. et al. **Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração**

do solo sob plantio direto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, p.765- 771, 2006.

CARVALHO, M.A.C. de; ATHAYDE, M.L.F.; SORATTO, R.P.; ALVES, M.C.; SÁ, M.E. de. **Adubação verde e sistemas de manejo do solo na produtividade do algodoeiro.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, p.1205-1211, 2004.

CQFS-RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016. 376p.

DONAGEMA, G.K. et al. **Manual de métodos de análise de solos.** 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. **Defining and assessing soil quality.** In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.3-21 (SSSA Special Publication, 35).

ESCOSTEGUY, P. A. V.; HENKIN, D.; CALDEIRA, M. H. **Resíduos culturais e resultado da análise de solo coletado com diferentes amostradores no sistema de plantio direto.** Ciência Rural, Santa Maria, v.35, n.1, p.69-75, 2005.

GARZELLA, T.C.; MOLIN, J.P. 2004. **Avaliação em campo de um TDR para determinação de umidade.** In: 12º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP, Resumos, Piracicaba.

GENRO JUNIOR, S.A.; REINERT, D.J. & REICHERT. **Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas.** R. Bras. Ci. Solo, 28:477-484, 2004.

GREGO, C. R.; RODRIGUES, C. A. G.; NOGUEIRA, S. F.; GIMENES, F. M. A.; OLIVEIRA, A.; ALMEIDA, C. G. F.; FURTADO, A. L. S.; DEMARCHI, J. J. A. **Variabilidade espacial do solo e da biomassa epígea de pastagem, identificada por meio de geoestatística.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 47, n.9, p. 1404-1412, 2012.

HILLEL, D. **Environmental soil physics.** San Diego, Academic Press, 1998. 771p.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P. & TORMENA, C.A. **Aplicação da curva de resistência no controle da qualidade física de solo sob pastagem.** Pesq. Agropec. Bras., 35:11450, 2000.

JUNIOR, Izael Mattins Fattori; E. H. F. M; Gonçalves, A. O & Marin, F. R. **Umidade volumétrica do solo medida e estimada pelo modelo DSSAT/CROPGRO em cultivo de soja.** Journal of Environmental Analysis and Progress, v. 2, n. 3, p. 294-301, 2017.

KLEIN, V. A; CAMARA, R. K.. **Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em LATOSSOLO VERMELHO sob plantio direto escarificado.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, p. 221-227, 2007.

Köppen, W. 1948. **Climatologia.** México, Buenos Aires, Ed. Fundo de Cultura Econômica.

KRAVCHENKO, A. N. et al. **Using information about spatial variability to improve estimates of total soil carbon.** Agronomy Journal, v.98, p.823-829, 2006.

LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** In: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 3ª ed, Campinas, 84p. 1996.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; SILVA, S. A. **Amostragem e variabilidade espacial de atributos**

químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração. Revista Árvore, v.34, p.127-136, 2010.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 73 p.

PETTER, R. L. **Desenvolvimento radicular da soja em função da compactação do solo, conteúdo de água e fertilidade em Latossolo.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Santa Maria - RS. Universidade Federal de Santa Maria UFSM, 144 p, 1990.

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

REINERT, D.J.; WOLKOWSKI, R.P.; LOWERY, B. & ARRIAGA, F.J. **Compaction effects on plants water use.** In: PROCEEDINGS OF THE 2001 WISCONSIN FERTILIZER & PEST MANAGEMENT CONFERENCE, Madison, 2001. Anais. Madison, University of Wisconsin, 2001. p.222-232.

SILVA, A.P.; KAY, B.D. & PERFECT, E. **Characterization of least limiting ranges of soils.** Soil Sci. Soc. Am. J., 58:1775-1781, 1994.

TEIXEIRA, C.F.A.; MORAES, S.O.; SIMONETE, M.A. 2005. **Desempenho do tensiômetro, TDR e sonda de nêutrons na determinação da umidade e condutividade hidráulica do solo.** Revista Brasileira de Ciência.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. **Organic matter and water stable aggregates in soil.** Journal of Soil Science, v.33, p.141-163, 1982.

_____. **Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass.** Australian Journal of Soil Research, v.17, n.3, p.429-441, 1979.

WARRICK, A.W. e NIELSEN D.R. **Spatial variability of soil physical properties in the field.** In: HILLEL, D., ed. Applications of soil physics. New York, Academic Press, 1980. p.319-344.

CULTIVO DE RABANETE EM SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS ADICIONADOS DE CINZA DE JATOBÁ (*Hymenaea courbaril* L.)

Liliane Pereira Campos

Professor (a); Universidade Estadual do Piauí/
UESPI; Corrente, Piauí

Gasparino Batista de Sousa

Professor (a); Universidade Estadual do Piauí/
UESPI; Corrente, Piauí

Alexandra Vieira Dourado

Estudante (s) de Agronomia; UESPI, Corrente,
Piauí.

Tamires Soares da Silva

Estudante (s) de Agronomia; UESPI, Corrente,
Piauí.

Mireia Ferreira Alves

Estudante (s) de Agronomia; UESPI, Corrente,
Piauí.

Barbemile de Araújo de Oliveira

Professor (a); Universidade Estadual do Piauí/
UESPI; Corrente, Piauí

RESUMO: objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de doses crescentes de cinza de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) no desenvolvimento de mudas de rabanete cultivadas em solos de diferentes texturas no sul do Piauí. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos: nível em porcentagem de cinza de jatobá (N): 0, 3, 6 e 9, com cinco repetições, submetidos a dois Latossolos Amarelos (L): L1 com 52% de argila e saturação por bases de

49%; e L2 com 14% de argila e saturação por bases de 76%, totalizando 40 parcelas. Cada parcela foi composta de um copo plástico de 180 mL de volume, sendo ambos os solos (30 g cada) adicionados de esterco bovino (20 g) + palha de arroz crua (10 g) e os tratamentos. Foi cultivada uma semente de rabanete Crimson gigante (Feltrin) por recipiente em Outubro/16, sendo feitas regas diárias com água destilada e todas as parcelas mantidas em sombrite (50%). Aos 15 dias após a semeadura avaliou-se o número de folhas (NF), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e massa fresca total (MFT). Os dados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. A cinza de jatobá contribui positivamente para o desenvolvimento de mudas de rabanete, independente da textura do solo. Foi observada resposta linear à massa fresca total do rabanete devido ao efeito positivo da aplicação de doses crescentes de cinza vegetal de jatobá no desenvolvimento das raízes em solo distrófico de textura argilosa.

PALAVRAS-CHAVE: Crimson gigante, cinza vegetal, desenvolvimento de raízes.

ABSTRACT: (*Hymenaea courbaril* L.) on the development of radish seedlings cultivated in soils of different textures in southern Piauí. The experimental design was a completely randomized (DIC) with four treatments: level

in percentage of jatobá ash (N): 0, 3, 6 and 9, with five replicates, submitted to two Yellow Latosols (L): L1 with 52 % clay and base saturation of 49%; and L2 with 14% of clay and saturation by bases of 76%, totalizing 40 plots. Each plot was composed of a plastic cup of 180 ml volume, both soils (30 g each) added with bovine manure (20 g) + raw rice straw (10 g) and treatments. A giant Crimson radish (Feltrin) seed per container was cultivated in October / 16, daily watering with distilled water and all plots kept in sombrite (50%). At 15 days after sowing, leaf number (NF), shoot length (CPA), root length (CR) and total fresh mass (MFT) were evaluated. The data were submitted to the Tukey test at 5% probability. The ash of jatobá contributes positively to the development of radish seedlings, independent of soil texture. A linear response to the total fresh radish mass was observed due to the positive effect of the application of increasing doses of jatobá plant ash on the development of the roots in dystrophic soils of clay texture.

KEYWORDS: Giant Crimson, plant ash, root development

INTRODUÇÃO

As cinzas oriundas da queima de biomassa possuem propriedades alcalinas e por conter elementos como cálcio, magnésio, fósforo e potássio estão sendo utilizadas pelo agricultor brasileiro como corretivo de baixo custo, além de servir como fonte de nutrientes à diversos tipos de culturas (BONFIM-SILVA et al., 2013; ARRUDA et al., 2016). No entanto, para a utilização específica e benéfica das cinzas como regulador do solo à resposta das culturas ao efeito solo-planta, são necessários estudos locais para análises das quantidades e formas adequadas de aplicação (RIBEIRO et al., 2015).

Cinzas vegetais produzidas durante a combustão de diferentes tipos de biomassas contém elementos minerais variados, inclusive metais em diferentes concentrações, cujo uso indiscriminado pode afetar negativamente as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (RAM e MASTO, 2014; THOMAZ, 2018), causando prejuízos tanto ao desenvolvimento vegetal (FERREIRA et al. 2009) como a contaminação dos cursos d'água por lixiviação (KOMONWEERAKET et al. 2015).

De acordo BONFIM-SILVA et al. (2015) qualquer cinza vegetal pode ser utilizada como corretivo e/ou fertilizante no cultivo de plantas totalmente comestíveis (exemplo hortaliças), porém quando aplicada em excesso ocasiona aumento do pH do solo e promove desbalanceamento entre os cátions, podendo provocar distúrbios fisiológicos nas plantas. O desequilíbrio dos cátions em solos brasileiros sob a aplicação de cinzas vegetais está condicionado à composição e solubilidade de cada tipo de cinza e ao poder tampão de cada solo, podendo variar conforme a dose aplicada e a textura do solo (CAMPOS, 2014).

No Piauí, cinzas vegetais oriundas da combustão de madeira de uso doméstico estão sendo utilizadas de forma desconhecida por agricultores familiares como

corretivo ou fertilizante no cultivo de hortaliças. Conhecer o efeito dessas cinzas em culturas pode proporcionar destino correto do resíduo sólido, além de contribuir para preservação ambiental e a otimização de diversos cultivos. Neste sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da aplicação de doses crescentes de cinza de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) no desenvolvimento de mudas de rabanete cultivadas em solos de diferentes texturas no sul do Piauí.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Corrente-PI, na área experimental da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), localizada a 10°26' de latitude sul e 45°09' de longitude oeste, à uma altitude de 438 m. O clima do município de acordo com KÖPPEN (1936) é o tropical chuvoso (Aw'), com temperatura média anual de 25 ° C e precipitação média anual de 1035 mm. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos: nível em porcentagem de cinza de jatobá (N): 0, 3, 6 e 9, com cinco repetições cada, submetidos a dois Latossolos Amarelos (L): L1 com 52% de argila e saturação por bases de 49%; e L2 com 14% de argila e saturação por bases de 76% (Tabela 1, respectivamente), totalizando 40 parcelas.

	L1*	L2*
Areia (g kg ⁻¹)	330	830
Silte (g kg ⁻¹)	150	25
Argila (g kg ⁻¹)	520	145
pH (CaCl ₂)	5,6	6,5
C orgânico (g dm ⁻³)	16,6	5,6
P (mg dm ⁻³)	44,7	27,7
K (cmol _c dm ⁻³)	0,65	0,59
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,10	2,80
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,10	0,50
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	2,9	1,2
Saturação por bases (%)	49,3	76,1

Tabela 1. Caracterização físico-química dos Latossolos antes da instalação do experimento

*L1: Latossolo Amarelo distrófico; L2: Latossolo Amarelo eutrófico

Cada parcela foi composta de um copo plástico de 180 mL de volume, sendo ambos os solos (30 g cada) adicionados de esterco bovino (20 g) + palha de arroz crua (10 g) e os tratamentos. Foi cultivada uma semente de rabanete Crimison gigante (Feltrin) por recipiente em Outubro/16, sendo feitas duas regas diárias com água destilada e todas as parcelas mantidas em sombrite com 50% de sombreamento. Aos 15 dias após a semeadura avaliou-se o número de folhas (NF), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e massa fresca total (MFT). Os dados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os Latossolos e doses de cinza de jatobá exerceu efeito significativo somente para os valores de CR e MFT (Tabela 2). Os resultados corroboram com os encontrados por BONFIM-SILVA et al. (2015) os quais atribuem principalmente ao elemento fósforo presente em cinzas vegetais, imprescindível para o desenvolvimento do sistema radicular do rabanete.

Latossolos (L) ⁽²⁾	NF	CPA	CR	MFT
	Unid	----- cm -----		Kg
L1	3,4	3,8	7,0	0,2 b
L2	3,3	3,8	7,0	0,3 a
F	0,3 n.s.	0,1 n.s.	0,1 n.s.	8,0**
Nível (N) de cinza (%)				
0	3,5	3,8	5,9 b	0,2 b
3	3,2	4,1	6,9 ab	0,2 b
6	3,4	3,6	7,3 a	0,3 a
9	3,4	3,6	7,1 a	0,3 a
F	0,2 n.s.	1,5 n.s.	5,0 **	3,7*
L x N				
F	1,7 n.s.	0,7 n.s.	4,2 *	4,0*
CV (%)⁽³⁾	26,0	21,5	16,4	29

Tabela 2. Resultados da análise de variância (Teste F) dos parâmetros avaliados durante o desenvolvimento de mudas de rabanete em solos de diferentes texturas adicionados de cinza de jatobá ⁽¹⁾.

⁽¹⁾n.s.: não significativo ($P > 0,05$); *: significativo ($P < 0,05$); **: significativo ($P < 0,01$): médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade ⁽²⁾
L1 - Latossolo Amarelo distrófico argiloso; L2 – Latossolo Amarelo eutrófico arenoso; NF – número e folhas; CPA – comprimento da parte aérea; CR – Comprimento da raiz; MFT – massa fresca total; ⁽³⁾CV – Coeficiente de variação.

Foi observado o maior incremento (100%) de MFT do rabanete cultivado no L1 argiloso distrófico a partir da adição de 6% de cinza, entretanto, a MFT do rabanete manteve-se superior no L2 arenoso eutrófico independente da adição da cinza (Figura 1).

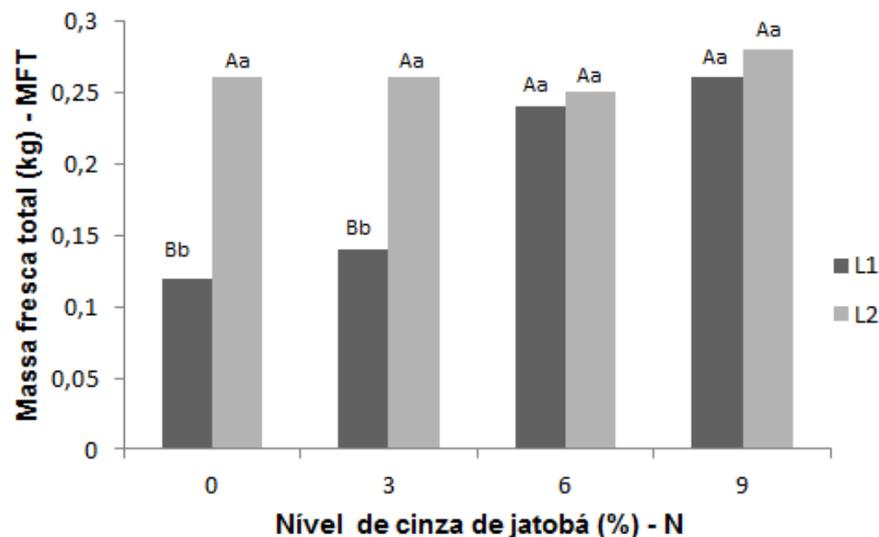


Figura 1. Valores de massa fresca total (MFT) de rabanete cultivado em solos de diferentes texturas adicionados de níveis de cinza de jatobá. Médias na coluna de interação: letra maiúscula = nível de cinza x solo; letra minúscula = solo x nível de cinza

Tal fato pode está associado às substâncias alcalinas possivelmente presentes na cinza de jatobá, e que com o aumento da dose, podem ter contribuído para elevar o pH e aumentar a disponibilidade de nutrientes na solução do solo distrófico com maior teor de argila. CAMPOS (2014) enfatiza que solos argilosos possuem uma maior quantidade de cargas negativas dependentes de pH dos colóides orgânicos também em maior quantidade, os quais poderão se associar aos cátions presentes em cinzas vegetais, quando aplicados ao solo.

CONCLUSÕES

A cinza de jatobá contribui positivamente para o desenvolvimento de mudas de rabanete, independente da textura do solo. Foi observada resposta linear à massa fresca total do rabanete devido ao efeito positivo da aplicação de doses crescentes de cinza vegetal de jatobá no desenvolvimento das raízes, em solo distrófico de textura argilosa.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, J. A.; AZEVEDO, T. A. O.; FREIRE, J. L. O.; BANDEIRA, L. B.; ESTRELA, J. W. M.; SANTOS, S. J. A. **Uso da cinza de biomassa na agricultura: efeitos sobre atributos do solo e resposta das culturas**. Revista Principia, n. 30, p. 1-13, 2016.
- BONFIM-SILVA, E. M.; CABRAL, C. E. A.; SILVA, T. J. A.; MOREIRA, J. C. F.; CARVALHO, J. C. S. **Cinza vegetal: características produtivas e teor de clorofila do capim-marandu**. Bioscience Journal, v. 29, n. 5, p. 1215-1225, 2013.
- BONFIM-SILVA, E. M.; CLÁUDIO, A. A.; REGO, V. M.; SILVÉRIO, A. T. **Características produtiva do rabanete submetido a doses de cinza vegetal**. Enciclopédia Biosfera, v.11, n. 2, p. 421-432, 2015.

CAMPOS, L. P. **Aplicação de cinza de bagaço de cana-de-açúcar nos atributos químicos e biológicos do solo**. 2014. 109 p. Tese (Doutorado Agronomia-Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2014.

FERREIRA, R. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P.; NEVES, R. V.; SALGADO, A. L. **Desenvolvimento de mudas de *Annona crassiflora* Mart. (araticum) em substratos com cinza de bagaço de cana**. Revista Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 39, n. 1, p. 18-24, 2009.

KÖPPEN, W. **Das geographischa system der klimате**. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936. p. 1-44.

KOMONWEERAKET, K.; CETIN, B.; AYDILEK, A. H.; BENSON, C. H.; EDIL, T. B. **Effects of pH on the leaching mechanisms of elements from fly ash mixed soils**. Fuel, v. 140, p. 788-802, 2015.

RAM, L. C.; MASTO, R. E. **Fly ash for soil amelioration: A review on the influence of ash blending with inorganic and organic amendments**. Earth-Science Reviews, v. 128, p. 52-74, 2014.

RIBEIRO, R. M.; AMENDOLA, E. C.; ANDRADE, V. H. F.; MIRANDA, B. P. **Utilização da cinza vegetal para calagem e correção de solos – um estudo de caso para a região metropolitana de Curitiba (RMC)**. Agrarian Academy, v.2, n. 3, p. 114-124, 2015.

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT: Versão 7.7 beta. DEAG-CTRN-UFCG – Atualizado em 24 de agosto de 2016**. Disponível em <<http://www.assistat.com/>>. Acessado em: 01 de julho de 2017.

THOMAZ, E. L. **Interaction between ash and soil microaggregates reduces runoff and soil loss**. Science of the total Environment, v. 625, p. 1257-1263, 2018.

DEPOSIÇÃO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO DA SERAPILHEIRA EM ÁREAS DE MINERAÇÃO SUBMETIDAS A MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PA

Thaise Cristina Dos Santos Padilha

Estudante de graduação; Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA; Paragominas, PA

Walmer Bruno Rocha Martins

Estudante de pós graduação; Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA; Belém, PA

Gracialda Costa Ferreira

Professora; Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA; Belém, PA

Ellen Gabriele Pinto Ribeiro

Estudante de pós graduação; Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA; Belém, PA

Richard Pinheiro Rodrigues

Estudante de pós graduação; Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA; Belém, PA.

RESUMO: A mineração de bauxita tem se destacado no Estado do Pará, por gerar inúmeros empregos. Porém, ocasiona uma série de impactos ambientais, para a floresta destas áreas. A pesquisa foi desenvolvida na mineração Paragominas S/A, município de Paragominas, teve como objetivo avaliar a deposição anual de Ca e Mg da serapilheira para o solo em diferentes métodos de restauração florestal, Plantio por mudas (PM), Regeneração Natural (RN) e Fragmento Florestal (FF). Foram instalados 30 coletores de 25 cm² em cada ambiente, sendo que, mensalmente a serapilheira foi coletada de AGO/2014 a SET/2015. Após a coleta,

a serapilheira foi seca em estufa, pesada e moída, para análise química. A deposição anual de Ca e Mg para o solo foi calculado pela multiplicação da concentração de cada elemento pela quantidade de serapilheira depositada anualmente. Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade e homocedasticidade de variância, com as médias comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de erro. A deposição anual de Ca para o solo foi 7,49, 9,63 e 10,05 Kg ha⁻¹ ano⁻¹ para as áreas respectivamente, não ocorrendo diferença estatística entre os ambientes (p -valor=0,3110). Para o elemento Mg, a deposição anual foi de 1,45, 2,00, 2,13 Kg ha⁻¹ ano⁻¹ para o PM, RN e FF respectivamente, também não ocorrendo diferença estatística entre os valores nos diferentes ambientes (p -valor=0,0960). Esses resultados demonstraram que, apesar de maiores deposições anuais de Ca e Mg no ecossistema FF, os valores foram semelhantes.

PALAVRAS-CHAVE: recuperação ambiental, indicadores de restauração, ciclagem de nutrientes.

ABSTRACT: Bauxite mining has been outstanding in the State of Pará, for generating countless jobs. However, it causes a series of environmental impacts for the forest in these areas. The research was developed in the Paragominas S / A mining, Paragominas

municipality, to evaluate the annual deposition of Ca and Mg from the litter to the soil in different methods of forest restoration, Planting by seedlings (PM), Natural Regeneration (RN) and Forest Fragment (FF). A total of 30 collectors of 25 cm² were installed in each environment, and the litter was collected monthly from AUG / 2014 to SET / 2015. After the collection, the litter was dried in a greenhouse, heavy and ground, for chemical analysis. The annual deposition of Ca and Mg to the soil was calculated by multiplying the concentration of each element by the amount of litter deposited annually. The results were submitted to normality test and homoscedasticity of variance, with the means compared by the Tukey test, at the 5% error level. The annual deposition of Ca to the soil was 7.49, 9.63 and 10.05 kg ha⁻¹ year⁻¹ for the areas respectively, with no statistical difference between the environments (p-value = 0,3110). For the Mg element, the annual deposition was 1.45, 2.00, 2.13 Kg ha⁻¹ year⁻¹ for the PM, RN and FF respectively, also not occurring statistical difference between the values in the different environments (p -value = 0.0960). These results demonstrated that, despite higher annual Ca and Mg depositions in the FF ecosystem, the values were similar.

KEY WORDS: environmental recovery, restoration indicators, nutrient cycling.

1 | INTRODUÇÃO

A mineração contribui significativamente para economia brasileira, gerando aproximadamente 2,2 milhões de empregos diretos (LIMA; NEVES, 2014). Neste cenário, o estado do Pará destaca-se por ser o principal produtor de bauxita do país, com cerca de 90% da produção nacional (LIMA; NEVES, 2014). Porém, a atividade minerária causa sérios impactos ambientais, principalmente pela retirada da vegetação e das camadas superficiais e subsuperficiais do solo, modificando a paisagem como um todo do ecossistema (JESUS *et al.*, 2016).

O plantio de mudas de diversas espécies nativas tem sido um dos métodos mais utilizados no processo de restauração de áreas degradadas pela mineração (SALOMÃO, 2007). Porém, esse método é considerado oneroso e não garante o sucesso do projeto. A indução da regeneração natural por meio da devolução do solo superficial (*topsoil*) retirado após a sua supressão da vegetação também tem sido utilizada para restaurar áreas degradadas, pois de acordo com Guimarães *et al.* (2014) e Figueiredo *et al.* (2014) o banco de sementes de ecossistemas florestais é constituído por uma grande densidade e riqueza de espécies que auxiliam no reestabelecimento da vegetação local.

No processo de restauração florestal, independentemente do método utilizado, plantio ou indução da regeneração natural, torna-se necessário a execução de monitoramentos periódicos para avaliação de indicadores ou variáveis que demonstrem o desenvolvimento da restauração, sendo possível com esses resultados avaliar se a evolução do processo de restauração está seguindo uma trajetória planejada ou se é preciso readequá-lo de acordo com a necessidade (MARTINS, 2013).

A serapilheira, formada pela deposição e decomposição de folhas, galhos, material reprodutivo e carcaças de animais encontrada superficialmente no solo da floresta é um desses indicadores. Ela é a principal fonte de entrada e saída de nutrientes (MARTINS, 2013), contribuindo para a formação e manutenção da fertilidade dos solos através do processo de decomposição, sobretudo nas florestas amazônicas que são consideradas pouco férteis naturalmente (SELLE, 2007).

Ultimamente, alguns estudos foram desenvolvidos com serapilheira em áreas em processo de restauração florestal (GOMES *et al.*, 2011; WANG'ONDU *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2016), mostrando que o aumento da deposição de serapilheira e nutrientes contribuem positivamente para acelerar o desenvolvimento do ecossistema (MACHADO *et al.*, 2016). A ciclagem de nutrientes por meio da decomposição da serapilheira varia em função de vários fatores bióticos e abióticos, destacando-se as características das espécies de absorver e redistribuir os nutrientes, da temperatura e do índice pluviométrico (VITOUSEK, 1982), podendo variar também de acordo com o desenvolvimento da floresta em processo de restauração.

O conhecimento da concentração e conteúdo dos nutrientes advindos da serapilheira são importantes, pois a baixa qualidade nutricional do material vegetal influencia de maneira negativa e a longo prazo a fertilidade do solo, prejudicando a restauração (PAUDEL *et al.*, 2015). Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a deposição dos nutrientes Ca e Mg da serapilheira em áreas de mineração de bauxita sob diferentes métodos de restauração florestal, no município de Paragominas, no estado do Pará.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na empresa Mineração Paragominas S.A., do grupo Hydro, localizada no nordeste do estado do Pará, no Platô Miltônia 3 (3°15'38"S e 47°43'28"W) a uma altitude de 150 m, distante 70 Km da sede municipal de Paragominas. O clima da região é do tipo "Awi", segundo a classificação de Köppen, caracterizado como quente e úmido com estações de chuva e de seca bem definidos, com temperatura média entorno de 26,7 °C. O índice pluviométrico anual da região varia de 857,8 a 2.787 mm, com o período mais chuvoso de janeiro e maio (Figura 1).

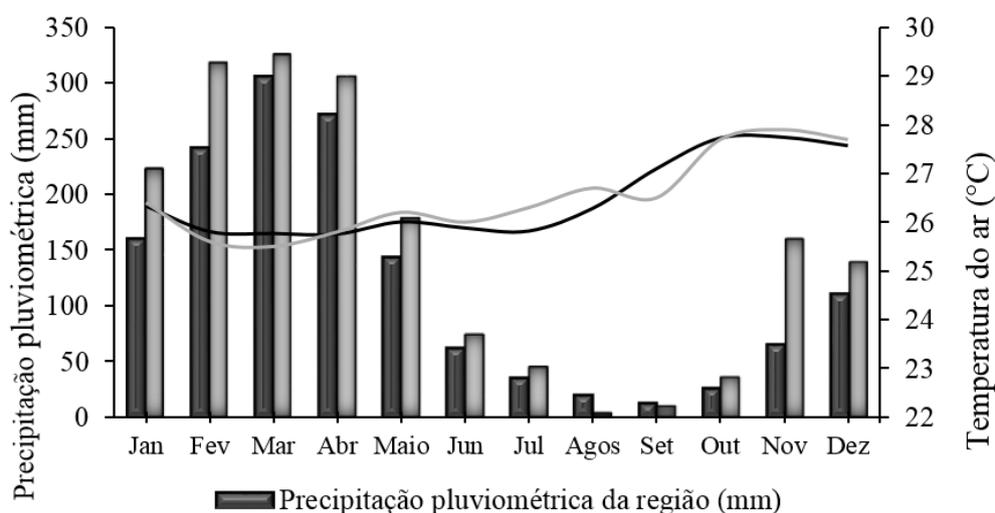


Figura 1. Média mensal da precipitação pluviométrica e temperatura média do ar do município de Paragominas dos últimos sete anos (2008-2014) e da área de mineração do período experimental (setembro de 2014 a outubro de 2015).

Figure 1. Monthly average rainfall and average air temperature of the municipality of Paragominas of the last seven years (2008-2014) and the mining area of the experimental period (September 2014 to October 2015).

Fonte: coleta de dados de sete anos (INMET, 2015).

Source: seven-year data collection (INMET, 2015).

Fonte: dados do período experimental (Hydro, 2015).

Source: data from the trial period (Hydro, 2015).

Os solos predominantes do município, são classificados como Latossolos Amarelos, Argissolos Amarelos, Plintossolos, Gleissolos e Neossolos, considerados de baixa fertilidade natural, com baixas concentrações de cálcio, magnésio, potássio, fósforo e nitrogênio, além da alta saturação por alumínio (RODRIGUES *et al.*, 2003).

2.2 Caracterização dos ecossistemas de estudo

Foram selecionadas três áreas para coleta da serapilheira, duas em processo de restauração florestal (A1 - plantio de mudas arbóreas nativas, A2 - indução da regeneração natural, e uma área de referência A3 - fragmento florestal, localizado próximo as duas áreas (300 m de distância). Nas áreas selecionadas para restauração, após a reconformação topográfica, espalhou-se o *topsoil*, o qual foi retirado a 20 cm de profundidade após a supressão da vegetação florestal e ficou armazenado em leiras durante aproximadamente um ano.

A1 - Plantio de mudas arbóreas nativas (PM)

O plantio foi realizado em uma área de 20 ha, com a realização da subsolagem e aplicação de fosfato natural reativo (33% P_2O_5 total e 10% P_2O_5 solúvel em ácido cítrico 2%) no fundo do sulco. Além disso, foram aplicados 800 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico em área total e 200 g por cova de adubo NPK (06 30 06) mais micronutrientes (0,5%

B, 0,5% Cu, 0,5% Zn) e 2,5 Kg de composto orgânico por cova, constituído de terra vegetal, caroço de açaí carbonizado, palha de arroz carbonizado, cama de frango curtido e triturado e esterco de ovino curtido e triturado, na proporção de 20% de cada componente. O plantio das mudas foi realizado em maio de 2009 em covas de 0,30 x 0,30 x 0,30 m, espaçadas cerca de 3 x 3 m. Foi utilizado inicialmente 105 espécies de diferentes grupos ecológicos. Para a manutenção inicial do plantio, realizou-se o controle de formigas cortadeiras com isca formicida granulada e duas capinas manuais em área total durante o primeiro ano.

A área de plantio tem 7 anos de idade, com altura média do estrato superior de aproximadamente 5,0 m, e espécies distribuídas em 23 famílias. As dez espécies com os maiores Índice de Valor de Importância – IVIs (%) são: *Chloroleucon acacioides* (Ducke) Barneby & J.W. Grimes (12,02), *Libidibia ferrea* (Mart.) L.P. Queiroz (11,07), *Inga alba* (Sw.) Willd. (11,00), *Mimosa schomburgkii* Benth. (10,99), *Ceiba pentandra* (L) Graertn. (10,99), *Genipa americana* L. (10,05), *Inga fagifolia* (L.) Willd. ex Benth. (9,92), *Croton matourensis* Aubl. (8,69), *Swietenia macrophylla* King (7,88) e *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth (7,29).

A2 - Indução da Regeneração Natural (RN)

Os procedimentos realizados no ecossistema de indução da regeneração natural consistiam apenas na reconformação do terreno e no espalhamento do *topsoil* em área total, com posterior isolamento da área. O ecossistema tem uma área de 20 ha, 7 anos de idade e possui 26 espécies com altura média do estrato superior de 3,5 m, distribuídas em 12 famílias com hábito predominantemente arbóreo. As espécies predominantes com maior IVI (%) são: *Croton matourensis* Aubl. (55,94), *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy (43,98), *Cecropia* sp. (42,24), *Byrsonima crisper* A. Juss. (16,32), *Solanum* sp. (15,83), *Casearia grandiflora* Cambess. (10,20), *Cheiloclinium* sp. (9,95), *Guatteria poeppigiana* Mart. (9,57), *Croton ascendens* Secco & N.A. Rosa (9,30) e *Casearia arborea* (Rich.) Urb. (8,03).

A3 - Fragmento Florestal (FF)

Foi selecionada uma área de aproximadamente 20 ha de um fragmento florestal classificado como floresta primária de terra firme alterada, com último registro de exploração madeireira convencional em 2003, apresentando atualmente 11 anos pós exploração. Esse ecossistema possui 51 espécies com altura média do estrato superior de 7,5 m, distribuídas em 27 famílias, com espécies de hábito arbóreas, destacando-se com maior IVI (%): *Croton matourensis* Aubl. (24,35), *Tapirira guianensis* Aubl. (23,39), *Inga alba* (Sw) Willd. (22,61), *Chrysophyllum prieurii* A.DC. (21,25), *Inga thibaudiana* DC. (16,87), *Guatteria poeppigiana* Mart. (16,51), *Cordia scabrifolia* A.DC. (15,07), *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy (12,78), *Eschweillera coriacea* (DC.) S.A. Mori (12,78) e *Myrcia fallax* (Rich.) DC. (9,93).

3 | COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Para coleta de serapilheira, foram instalados coletores confeccionados de madeira e sombrite, com área de coleta de 0,25 m² (0,5 m x 0,5 m) e altura de 0,1 m, alocados 0,2 m acima da superfície do solo, para reduzir o contato com o solo. Foram instalados 90 coletores em agosto de 2014, distribuídos de maneira sistemática, sendo 30 coletores em cada ecossistema de pesquisa, distantes 30 m entre si. As coletas foram realizadas mensalmente durante os meses de agosto de 2014 a setembro de 2015. Após a retirada da serapilheira o material foi transportado em sacos plástico para laboratório da Universidade Federal Rural da Amazônia, onde foi colocado para secagem em estufa a 70 °C por 72 horas. Posteriormente o material foi pesado em balança analítica de precisão de 0,01 g e triturada em um moinho de lâminas do tipo Willey com peneira de 0,85 mm de abertura. As amostras coletadas mensalmente foram homogeneizadas para obtenção de três amostras compostas de cada área de estudo.

A concentração dos macronutrientes, Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), foram analisados no Laboratório do Museu Emílio Goeldi, seguindo o método descrito por Malavolta *et al.* (1997). A transferência de nutrientes, que se refere à quantidade total de cada elemento que retornará para o solo, foi estimada por meio da multiplicação da concentração de cada nutriente pela produção total de serapilheira (VITOUSEK, 1982).

Os resultados dos conteúdos de cada nutriente foram submetidos ao teste de normalidade de D' Agostino e homocedasticidade de variância de Bartlett, posteriormente foi realizado a análise de variância através do programa ESTATISTICA 9.0, havendo diferenças significativas entre os dados, as médias foram comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro. Para confecção das figuras foi utilizado o programa SigmaPlot 10.0.

4 | RESULTADOS

4.1 Deposição de serapilheira

A deposição de serapilheira foi de 6,61±0,53, 10,75±0,86 e 11,83±1,00 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para o PM, RN e FF respectivamente, diferindo estatisticamente entre si (*p*-valor=0,0025). Os maiores valores mensais foram registrados em agosto, setembro e julho com 3,77, 3,59 e 3,51 Mg ha⁻¹ nesta ordem (Figura 2).

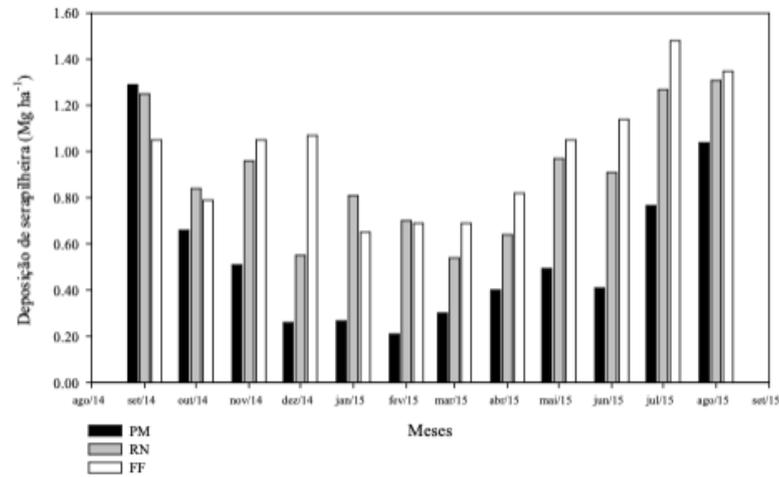
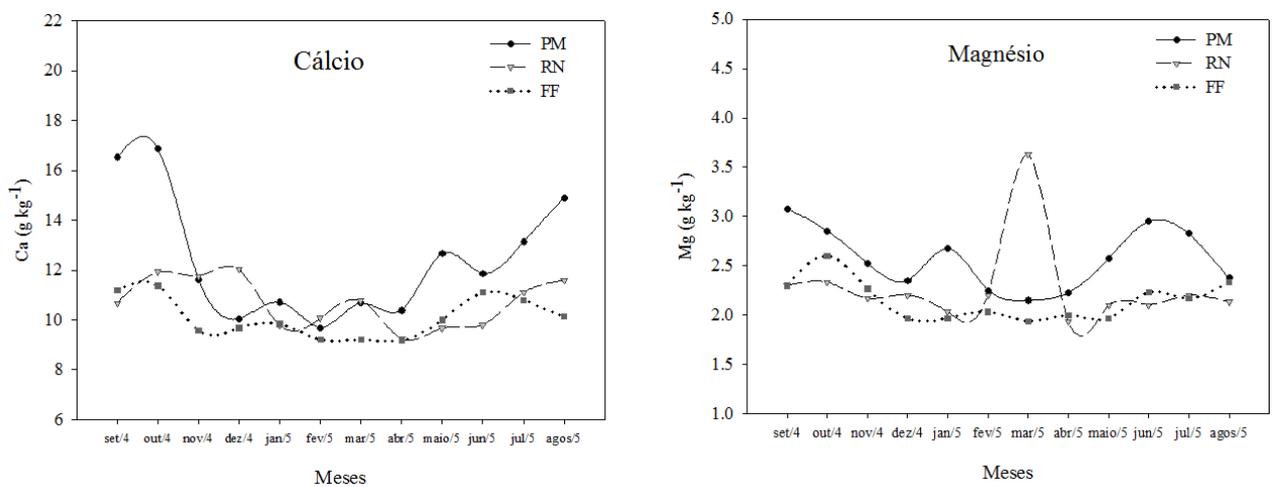


Figura 2. Deposição mensal de serapilheira em área de restauração florestal com método de plantio de mudas (PM), regeneração natural (RN) e um fragmento florestal utilizado como testemunha (FF).

Figure 2. Monthly litter Deposition in forest restoration area with seedlings planting method (PS), natural regeneration (NR) and a forest fragment used as control (FF).

4.2 Concentrações de nutrientes da serapilheira

A concentração de Ca e Mg foi superior na área de PM na maioria dos meses de avaliação (Figura 3).



4.3 Conteúdo de nutrientes da serapilheira

Apesar de não ter sido constatado diferença significativa ($p > 0,05$), o P, Ca, Mg e S foram superiores numericamente no FF, seguido de RN (Tabela 1).

Nutrientes	Transferência ($\text{Kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$)			<i>p</i> -valor	
	PM	RN	FF		
Total	28,866	51,259	41,441		
Ca	Média mensal	7,495 ($\pm 1,72$)	9,629 ($\pm 0,93$)	10,046 ($\pm 0,90$)	0,3110
	Total	89,941	115,543	120,552	

	Média mensal	1,466 (\pm 0,29)	2,004 (\pm 0,16)	2,131 (\pm 0,19)	
Mg	Total	17,593	24,047	25,577	0,0960
	Total	0,158	0,290	0,189	

Tabela 1. Transferência de nutrientes da serapilheira em área de restauração florestal com método de plantio de mudas (PM), regeneração natural (RN) e um fragmento florestal utilizado como testemunha (FF).

Table 1. Litter nutrient transfer in forest restoration area with seedlings planting method (PS), natural regeneration (NR) and a forest fragment used as control (FF).

Médias seguidas de seus respectivos erros padrões com letras iguais na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

5 | DISCUSSÃO

5.1 Deposição de serapilheira

Os resultados anuais da deposição de serapilheira ficaram próximos aos encontrados em outros estudos realizados na Amazônia em florestas de terra firme (BARLOW *et al.*, 2007; ALMEIDA *et al.*, 2015). Nos meses de maior deposição foi constatado elevadas temperaturas e baixa precipitação pluviométrica, o que ocasionou a abscisão foliar, uma estratégia das plantas no controle de perda de água por transpiração (SANCHES *et al.*, 2008; MACHADO *et al.*, 2015). No entanto, Kim *et al.* (2012) mencionam que a maior produção de serapilheira em períodos mais quentes na Amazônia está associada a renovação foliar das árvores para melhorar o aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa, mesmo diante de pouco recurso hídrico disponível no solo.

As maiores médias de serapilheira observadas nas áreas de RN e FF estão possivelmente relacionadas ao domínio de espécies pioneiras de rápido crescimento como *Croton matourensis*, *Vismia guianensis*, *Tapirira guianensis* e *Inga alba*. Essas espécies desenvolvem-se rapidamente em áreas antropizadas e, de acordo com Guariguata e Ostertag (2001), investem mais energia em produção de folhas do que em madeira, em decorrência da competição por recursos, principalmente luz.

5.2 Concentrações de nutrientes da serapilheira

A maior concentração Ca entre os meses de julho a novembro são explicados em decorrência do período considerado menos chuvoso na área de estudo, com precipitação média de 51 mm mês⁻¹, segundo dados da estação meteorológica do Mineração Paragominas (MPSA).

A adubação inicial na área de PM, pode ter sido o principal fator que contribuiu para as maiores concentrações mensais dos macronutrientes Ca e Mg no ecossistema PM, resultados que demonstram a eficiência da aplicação de fertilizantes pré-plantio, dentre elas, a calagem, adubação NPK e a fosfatagem natural durante a subsolagem.

O Ca é um dos principais componentes da estrutura celular vegetal, sendo um

dos últimos elementos a ser liberado para o solo pelo processo de decomposição (GODINHO *et al.*, 2014). O retorno do Ca para o solo é importante como regulador do pH da superfície do próprio solo, proporcionando condições adequadas para o crescimento inicial das plantas, principalmente em áreas fortemente antropizadas, como é o caso da mineração.

5.3 Conteúdo de nutrientes da serapilheira

Pinto *et al.* (2009), também não constataram diferenças entre ecossistemas nos conteúdos de Ca e Mg, corroborando com este estudo. O Ca e Mg são elementos contidos abundantemente nas estruturas lenhosas das espécies florestais, por isso, ficam imobilizados nas cascas e nos trocos, e conseqüentemente apresentam uma renovação lenta (VITOUSEK, 1982; ATTIWILL; ADMS, 1993), por esta razão o Ca foi considerado o segundo elemento com maior concentração e conteúdo na serapilheira (Figura 2 e Tabela 1, respectivamente).

6 | CONCLUSÕES

- A dinâmica de serapilheira e concentrações de nutrientes variaram no tempo e entre os métodos de restauração florestal.
- A serapilheira e nutrientes são bons indicadores de monitoramento de restauração de áreas degradadas, demonstrando a situação bioquímica dos ecossistemas em desenvolvimento.
- A transferência anual de Ca e Mg da serapilheira para o solo em áreas com diferentes métodos de restauração não apresentou diferença, demonstrando que os métodos de restauração seguem uma trajetória coerente com a floresta de referência.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. J.; LUIZÃO, F.; RODRIGUES, D. J. Produção de serrapilheira em florestas intactas e exploradas seletivamente no sul da Amazônia em função da área basal da vegetação e da densidade de plantas. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 45, n. 2, p. 157-166, 2015.

ATTIWILL, P. A.; ADMS, M. A. Nutrient cycling in forests. **New Phytologist**, Hoboken, v. 124, n. 4, p. 561-582, 1993.

BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; FERREIRA, L. V.; PERES, C. A. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 247, n. 1, p. 91-97, 2007.

FIGUEIREDO, P. H. A.; MIRANDA, C. C.; ARAUJO, F. M.; VALCARCEL, R. Germinação *ex-situ* do banco de sementes do solo de capoeira em restauração florestal espontânea a partir do manejo do sombreamento. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 69-80, 2014.

GODINHO, T. O.; CALDEIRA, M. V. W.; ROCHA, J. H. T.; CALIMAN, J. P.; TRAZZI P. A. Quantificação de biomassa e nutrientes da serapilheira acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 11-20, 2014.

GOMES, A. C. S.; LUIZÃO, F. J. Leaf and soil nutrients in a chronosequence of second-growth forest in central Amazonia: Implications for restoration of abandoned lands. **Restoration Ecology**, Washington, v. 20, n. 3, p. 339-345, 2011.

GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 148, p. 185-206, 2001.

GUIMARÃES, S.; MARTINS, S. V.; NERI, A. V.; GLERIANI, J. M.; SILVA, K. A. Banco de sementes de áreas em restauração florestal em Aimorés, MG. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 80, p. 357-368, 2014.

JESUS, E. M.; SANTOS, T. S.; RIBEIRO, G. T.; ORGE, M. D. R.; AMORIM, V. O.; BATISTA, R. C. R. C. Regeneração natural de espécies vegetais em jazidas revegetadas. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 23, n. 2, p. 191-200, 2016.

KIM, Y.; KNOX, R. G.; LONGO, M.; MEDVIGY, D.; HUTYRA, L. R.; PYLE, E. H.; WOFSEY, S. C.; BRAS, R. L.; MOORCROFT, P. R. Seasonal carbon dynamics and water fluxes in an Amazon rainforest. **Global change biology**, Urbana-Champaign v. 18, n. 4, p. 01-11, 2012.

MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; DINIZ, A. R.; SANTOS, L. L.; MENEZES, C. E. G. Ciclagem de nutrientes em diferentes estágios sucessionais da mata atlântica na bacia do Rio Paraíba do Sul, RJ. **Bioscience journal**, Uberlândia, v. 31, n. 4, p. 1222-1237, 2015.

MACHADO, M. R.; SAMPAIO, P. T. B.; FERRAZ, J.; CAMARA, R.; PEREIRA, M. G.; Nutrient retranslocation in forest species in the Brazilian Amazon. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 38, n. 1, p. 93-101, 2016.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de Áreas Degradadas: como recuperar áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e áreas de mineração**. 3. ed. Viçosa: Aprenda Fácil/Centro de Produções Técnicas, 2013. 270 p.

PAUDEL, E.; DOSSA, G. G. O.; XU, J.; HARRISON, R. D. Litterfall and nutrient return along a disturbance gradient in a tropical montane forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 353, n. 1, p. 97-106, 2015.

PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta estacional semidecidual na reserva florestal mata do paraíso em Viçosa, MG, Brasil. **Revista árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 653-663, 2009.

RODRIGUES, T. E.; SILVA, R. C.; SILVA, J. M. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; GAMA, J. R. N. F.; VALENTE, M. A. **Caracterização e classificação dos solos do município de Paragominas, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 49 p. (Documentos n. 162).

SALOMÃO, R. P.; ROSA, N. A.; MORAIS, K. A. C. Dinâmica da regeneração natural de árvores em áreas mineradas na Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, Belém, v. 2, n. 2, p. 85-139, 2007.

SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; PINTO JÚNIOR, O. B.; NOGUEIRA, J. S.; VOURLITIS, G. L.; BIUDES, M. S.; SILVA, C. J.; BAMBI, P.; LOBO, F. A. Seasonal and interannual litter dynamics

of a tropical semideciduous forest of the southern Amazon Basin, Brazil. **Journal of geophysical research**, Washington, v. 113, n. 4, p. 1-9, 2008.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience journal**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 29-39, 2007.

SOUZA, M. C. R.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M.; CASAGRANDE, J. C.; SILVA, S. F.; SCORIZA, R. N. Funcionalidade ecológica de sistemas agroflorestais biodiversos: uso da serapilheira como indicador da recuperação de áreas de preservação permanente. **Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 1, p. 75-82, 2016.

VITOUSEK P. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **The American Naturalist**, Chicago Press, v. 119, n. 4, p. 553-572, 1982.

WANG'ONDU, V. W.; BOSIRE, J. O.; KAIRO, J. G.; KINYAMARIO, J. I.; DAHDOUH-GUEBAS, F.; KOEDAM, N. Litter fall dynamics of restored mangroves (*Rhizophora mucronata* Lamk. and *Sonneratia alba* Sm.) in Kenya. **Restoration Ecology**, Washington, v. 22, n. 6, p. 824-831, 2014.

DEPOSIÇÃO DE MICRONUTRIENTES DA SERAPILHEIRA EM ÁREAS DE MINERAÇÃO SUBMETIDAS A MÉTODOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, PARAGOMINAS, PA

Thaise Cristina Dos Santos Padilha

Estudante de graduação; Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA; Paragominas, PA

Walmer Bruno Rocha Martins

Estudante de pós graduação; Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA; Belém, PA

Gracialda Costa Ferreira

Professora; Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA; Belém, PA

Ellen Gabriele Pinto Ribeiro

Estudante de pós graduação; Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA; Belém, PA

Richard Pinheiro Rodrigues

Estudante de pós graduação; Universidade Federal Rural da Amazônia/UFRA; Belém, PA

RESUMO: A mineração de bauxita tem se destacado no Estado do Pará, no entanto essa atividade ocasiona impactos negativos ao meio ambiente. Diante disso, torna-se necessário o monitoramento desses ambientes para verificar se há necessidade de reajustes no plano de recuperação de áreas degradadas – PRAD. Para recuperação dessas áreas, tem sido utilizado o método de plantio direto de mudas arbóreas nativas (PM) e a indução da regeneração natural (RN) por meio da devolução do solo superficial (*topsoil*), além de um fragmento florestal localizado nas proximidades (FF). Para esse estudo foram instalados 30 coletores de 0,25 cm²

para coleta de serapilheira em cada ambiente. Todo material foi seco, pesado e moído para análise dos elementos Cu, Fe, Mn e Zn. Para o cálculo da deposição total de micronutrientes para o solo, multiplicou-se os valores do teor de cada elemento pela quantidade anual de serapilheira. Os resultados dos valores foram submetidos ao teste de normalidade e análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Não houve diferença na deposição de Cu e Zn entre os ambientes estudados. No entanto, os valores de Fe foram superiores na RN (16,35 Kg ha⁻¹ ano⁻¹) não diferindo do PM (12,69 Kg ha⁻¹ ano⁻¹). O Mn apresentou os valores mais altos para todas as áreas, sendo constatada diferença significativa (p -valor=0,0002), onde o maior valor foi registrados no RN. O Fe apresentou maior transferência para o solo, juntamente com o Mn apresentou os maiores conteúdos na área de RN.

PALAVRAS-CHAVE: elementos-traço, solos da Amazônia, análise de componentes principais.

ABSTRACT: Bauxite mining has been prominent in the State of Pará, however. Faced with this, it becomes the recovery plan for degraded areas – PRAD. (PM) and the natural regeneration (RN), than the superficial soil soil, in addition to one forest fragment located on the (FF). For this set, 30 0.25 cm² collectors

were installed to collect litter in each environment. All the material was dried, weighed and ground to analyze Cu, Fe, Mn and Zn elements. For the calculation of the total deposition of micronutrients to the soil, the values of the content of each component of the annual protein of the litter are multiplied. The levels of value were submitted to the normality test and analysis of variance, being Tukey's test comparison method the 5% probability of error. It was not a difference in the deposition of Cu and Zn between the studied environments. However, Fe values were higher in the RN (16.35 Kg ha⁻¹ year⁻¹) than in the PM (12.69 Kg ha⁻¹ year⁻¹). The Mn read more values for higher areas, being verified significant difference (p-value = 0,0002), where the highest value was registered in the RN. Fe that major transferred to the solo, With the Mn published the largest ones in the RN area.

KEY WORDS: trace elements, Amazonian soils, principal components analysis.

1 | INTRODUÇÃO

A mineração contribui significativamente para economia brasileira, gerando aproximadamente 2,2 milhões de empregos diretos (LIMA; NEVES, 2014). Neste cenário, o estado do Pará destaca-se por ser o principal produtor de bauxita do país, com cerca de 90% da produção nacional (LIMA; NEVES, 2014). Porém, a atividade minerária causa sérios impactos ambientais, principalmente pela retirada da vegetação e das camadas superficiais e subsuperficiais do solo, modificando a paisagem como um todo do ecossistema (JESUS *et al.*, 2016).

No processo de restauração florestal, independentemente do método utilizado, plantio ou indução da regeneração natural, torna-se necessário a execução de monitoramentos periódicos para avaliação de indicadores ou variáveis que demonstrem o desenvolvimento da restauração, sendo possível com esses resultados avaliar se a evolução do processo de restauração está seguindo uma trajetória planejada ou se é preciso readequá-lo de acordo com a necessidade (MARTINS, 2013).

O plantio de mudas de diversas espécies nativas tem sido um dos métodos mais utilizados no processo de restauração de áreas degradadas pela mineração (SALOMÃO, 2007). Porém, esse método é considerado oneroso e não garante o sucesso do projeto. A indução da regeneração natural por meio da devolução do solo superficial (*topsoil*) retirado após a sua supressão da vegetação também tem sido utilizada para restaurar áreas degradadas, pois de acordo com Guimarães *et al.* (2014) e Figueiredo *et al.* (2014) o banco de sementes de ecossistemas florestais é constituído por uma grande densidade e riqueza de espécies que auxiliam no reestabelecimento da vegetação local.

A serapilheira, formada pela deposição e decomposição de folhas, galhos, material reprodutivo e carcaças de animais encontrada superficialmente no solo da floresta é um desses indicadores. Ela é a principal fonte de entrada e saída de nutrientes (MARTINS, 2013), contribuindo para a formação e manutenção da fertilidade dos

solos através do processo de decomposição, sobretudo nas florestas amazônicas que são consideradas pouco férteis naturalmente (SELLE, 2007).

Ultimamente, alguns estudos foram desenvolvidos com serapilheira em áreas em processo de restauração florestal (GOMES *et al.*, 2011; WANG'ONDU *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2016), mostrando que o aumento da deposição de serapilheira e nutrientes contribuem positivamente para acelerar o desenvolvimento do ecossistema (MACHADO *et al.*, 2015). A ciclagem de nutrientes por meio da decomposição da serapilheira varia em função de vários fatores bióticos e abióticos, destacando-se as características das espécies de absorver e redistribuir os nutrientes, da temperatura e do índice pluviométrico (VITOUSEK, 1982), podendo variar também de acordo com o desenvolvimento da floresta em processo de restauração.

O conhecimento da concentração e conteúdo dos nutrientes advindos da serapilheira são importantes, pois a baixa qualidade nutricional do material vegetal influencia de maneira negativa e a longo prazo a fertilidade do solo, prejudicando a restauração (PAUDEL *et al.*, 2015). Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a deposição dos nutrientes Ca e Mg da serapilheira em áreas de mineração de bauxita sob diferentes métodos de restauração florestal, no município de Paragominas, no estado do Pará.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na empresa Mineração Paragominas S.A., do grupo Hydro, localizada no nordeste do estado do Pará, no Platô Miltônia 3 (3°15'38"S e 47°43'28"W) a uma altitude de 150 m, distante 70 Km da sede municipal de Paragominas. O clima da região é do tipo "Awi", segundo a classificação de Köppen, caracterizado como quente e úmido com estações de chuva e de seca bem definidos, com temperatura média entorno de 26,7 °C. O índice pluviométrico anual da região varia de 857,8 a 2.787 mm, com o período mais chuvoso de janeiro e maio (Figura 1).

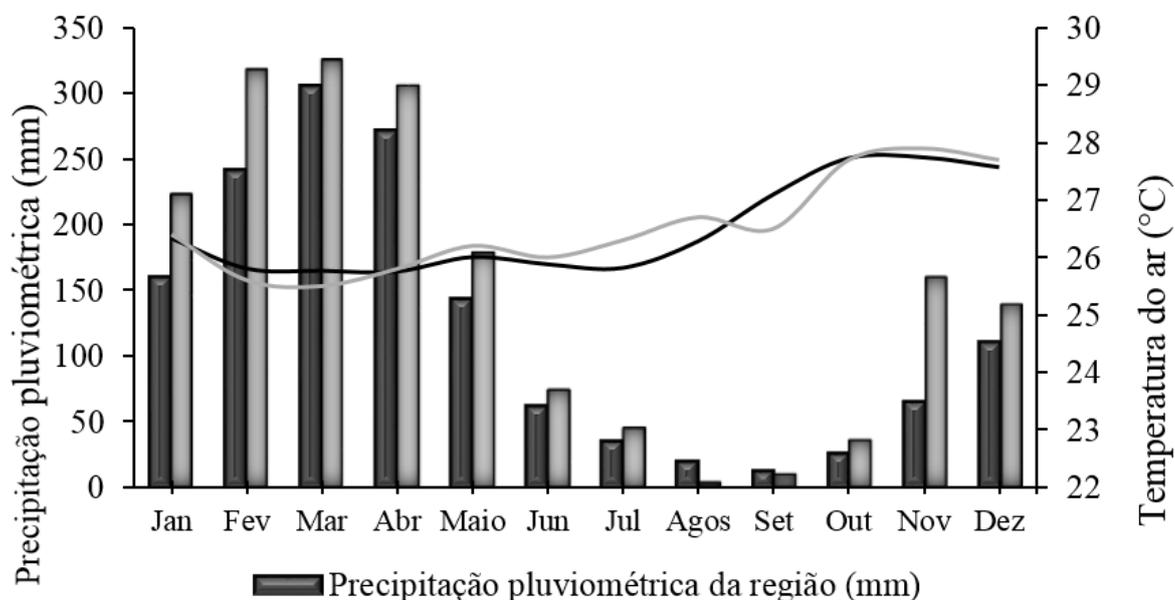


Figura 1. Média mensal da precipitação pluviométrica e temperatura média do ar do município de Paragominas dos últimos sete anos (2008-2014) e da área de mineração do período experimental (setembro de 2014 a outubro de 2015).

Figure 1. Monthly average rainfall and average air temperature of the municipality of Paragominas of the last seven years (2008-2014) and the mining area of the experimental period (September 2014 to October 2015).

Fonte: coleta de dados de sete anos (INMET, 2015).

Source: seven-year data collection (INMET, 2015).

Fonte: dados do período experimental (Hydro, 2015).

Source: data from the trial period (Hydro, 2015).

Os solos predominantes do município, são classificados como Latossolos Amarelos, Argissolos Amarelos, Plintossolos, Gleissolos e Neossolos, considerados de baixa fertilidade natural, com baixas concentrações de cálcio, magnésio, potássio, fósforo e nitrogênio, além da alta saturação por alumínio (RODRIGUES *et al.*, 2003).

2.2 Caracterização dos ecossistemas de estudo

Foram selecionadas três áreas para coleta da serapilheira, duas em processo de restauração florestal (A1 - plantio de mudas arbóreas nativas, A2 - indução da regeneração natural, e uma área de referência A3 - fragmento florestal, localizado próximo as duas áreas (300 m de distância). Nas áreas selecionadas para restauração, após a reconformação topográfica, espalhou-se o *topsoil*, o qual foi retirado a 20 cm de profundidade após a supressão da vegetação florestal e ficou armazenado em leiras durante aproximadamente um ano.

A1 - Plantio de mudas arbóreas nativas (PM)

O plantio foi realizado em uma área de 20 ha, com a realização da subsolagem e aplicação de fosfato natural reativo (33% P_2O_5 total e 10% P_2O_5 solúvel em ácido cítrico 2%) no fundo do sulco. Além disso, foram aplicados 800 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico em área total e 200 g por cova de adubo NPK (06 30 06) mais micronutrientes (0,5%

B, 0,5% Cu, 0,5% Zn) e 2,5 Kg de composto orgânico por cova, constituído de terra vegetal, caroço de açaí carbonizado, palha de arroz carbonizado, cama de frango curtido e triturado e esterco de ovino curtido e triturado, na proporção de 20% de cada componente. O plantio das mudas foi realizado em maio de 2009 em covas de 0,30 x 0,30 x 0,30 m, espaçadas cerca de 3 x 3 m. Foi utilizado inicialmente 105 espécies de diferentes grupos ecológicos. Para a manutenção inicial do plantio, realizou-se o controle de formigas cortadeiras com isca formicida granulada e duas capinas manuais em área total durante o primeiro ano.

A área de plantio tem 7 anos de idade, com altura média do estrato superior de aproximadamente 5,0 m, e espécies distribuídas em 23 famílias. As dez espécies com os maiores Índice de Valor de Importância – IVIs (%) são: *Chloroleucon acacioides* (Ducke) Barneby & J.W. Grimes (12,02), *Libidibia ferrea* (Mart.) L.P. Queiroz (11,07), *Inga alba* (Sw.) Willd. (11,00), *Mimosa schomburgkii* Benth. (10,99), *Ceiba pentandra* (L) Graertn. (10,99), *Genipa americana* L. (10,05), *Inga fagifolia* (L.) Willd. ex Benth. (9,92), *Croton matourensis* Aubl. (8,69), *Swietenia macrophylla* King (7,88) e *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth (7,29).

A2 - Indução da Regeneração Natural (RN)

Os procedimentos realizados no ecossistema de indução da regeneração natural consistiam apenas na reconformação do terreno e no espalhamento do *topsoil* em área total, com posterior isolamento da área. O ecossistema tem uma área de 20 ha, 7 anos de idade e possui 26 espécies com altura média do estrato superior de 3,5 m, distribuídas em 12 famílias com hábito predominantemente arbóreo. As espécies predominantes com maior IVI (%) são: *Croton matourensis* Aubl. (55,94), *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy (43,98), *Cecropia* sp. (42,24), *Byrsonima crisper* A. Juss. (16,32), *Solanum* sp. (15,83), *Casearia grandiflora* Cambess. (10,20), *Cheiloclinium* sp. (9,95), *Guatteria poeppigiana* Mart. (9,57), *Croton ascendens* Secco & N.A. Rosa (9,30) e *Casearia arborea* (Rich.) Urb. (8,03).

A3 - Fragmento Florestal (FF)

Foi selecionada uma área de aproximadamente 20 ha de um fragmento florestal classificado como floresta primária de terra firme alterada, com último registro de exploração madeireira convencional em 2003, apresentando atualmente 11 anos pós exploração. Esse ecossistema possui 51 espécies com altura média do estrato superior de 7,5 m, distribuídas em 27 famílias, com espécies de hábito arbóreas, destacando-se com maior IVI (%): *Croton matourensis* Aubl. (24,35), *Tapirira guianensis* Aubl. (23,39), *Inga alba* (Sw) Willd. (22,61), *Chrysophyllum prieurii* A.DC. (21,25), *Inga thibaudiana* DC. (16,87), *Guatteria poeppigiana* Mart. (16,51), *Cordia scabrifolia* A.DC. (15,07), *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy (12,78), *Eschweillera coriacea* (DC.) S.A. Mori (12,78) e *Myrcia fallax* (Rich.) DC. (9,93).

3 | COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Para coleta de serapilheira, foram instalados coletores confeccionados de madeira e sombrite, com área de coleta de 0,25 m² (0,5 m x 0,5 m) e altura de 0,1 m, alocados 0,2 m acima da superfície do solo, para reduzir o contato com o solo. Foram instalados 90 coletores em agosto de 2014, distribuídos de maneira sistemática, sendo 30 coletores em cada ecossistema de pesquisa, distantes 30 m entre si. As coletas foram realizadas mensalmente durante os meses de agosto de 2014 a setembro de 2015. Após a retirada da serapilheira o material foi transportado em sacos plástico para laboratório da Universidade Federal Rural da Amazônia, onde foi colocado para secagem em estufa a 70 °C por 72 horas. Posteriormente o material foi pesado em balança analítica de precisão de 0,01 g e triturada em um moinho de lâminas do tipo Willey com peneira de 0,85 mm de abertura. As amostras coletadas mensalmente foram homogeneizadas para obtenção de três amostras compostas de cada área de estudo.

A concentração dos macronutrientes, Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), foram analisados no Laboratório do Museu Emílio Goeldi, seguindo o método descrito por Malavolta *et al.* (1997). A transferência de nutrientes, que se refere à quantidade total de cada elemento que retornará para o solo, foi estimada por meio da multiplicação da concentração de cada nutriente pela produção total de serapilheira (VITOUSEK, 1982).

Os resultados dos conteúdos de cada nutriente foram submetidos ao teste de normalidade de D' Agostino e homocedasticidade de variância de Bartlett, posteriormente foi realizado a análise de variância através do programa ESTATISTICA 9.0, havendo diferenças significativas entre os dados, as médias foram comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro. Para confecção das figuras foi utilizado o programa SigmaPlot 10.0.

4 | RESULTADOS

4.1 Deposição de serapilheira

A deposição de serapilheira foi de 6,61±0,53, 10,75±0,86 e 11,83±1,00 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para o PM, RN e FF respectivamente, diferindo estatisticamente entre si (*p*-valor=0,0025). Os maiores valores mensais foram registrados em agosto, setembro e julho com 3,77, 3,59 e 3,51 Mg ha⁻¹ nesta ordem (Figura 2).

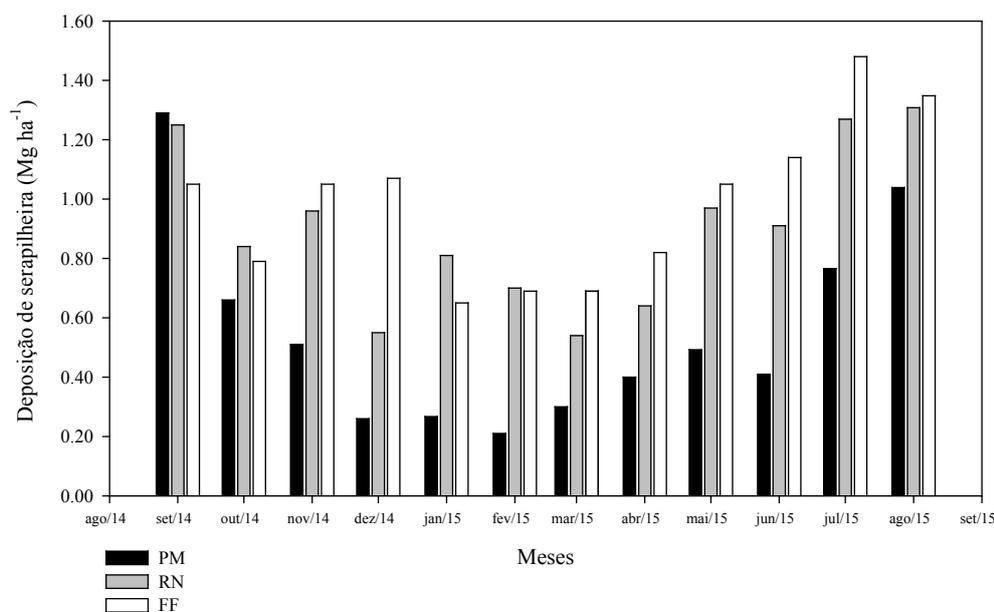


Figura 2. Deposição mensal de serapilheira em área de restauração florestal com método de plantio de mudas (PM), regeneração natural (RN) e um fragmento florestal utilizado como testemunha (FF).

Figure 2. Monthly litter Deposition in forest restoration area with seedlings planting method (PS), natural regeneration (NR) and a forest fragment used as control (FF).

4.2 Concentrações de nutrientes da serapilheira

No que se refere aos micronutrientes o Cu, Fe e Zn e Mn foram menores no FF, com baixa variação ao longo dos meses (Figura 4). O Mn foi o elemento que apresentou maiores concentrações no ecossistema RN durante os doze meses. Quando analisado o aumento desses elementos durante um ano no PM e RN, observou-se que ocorreu picos de crescimento em fevereiro e março para o Zn e de dezembro a fevereiro para o Cu (Figura 4 A e D).

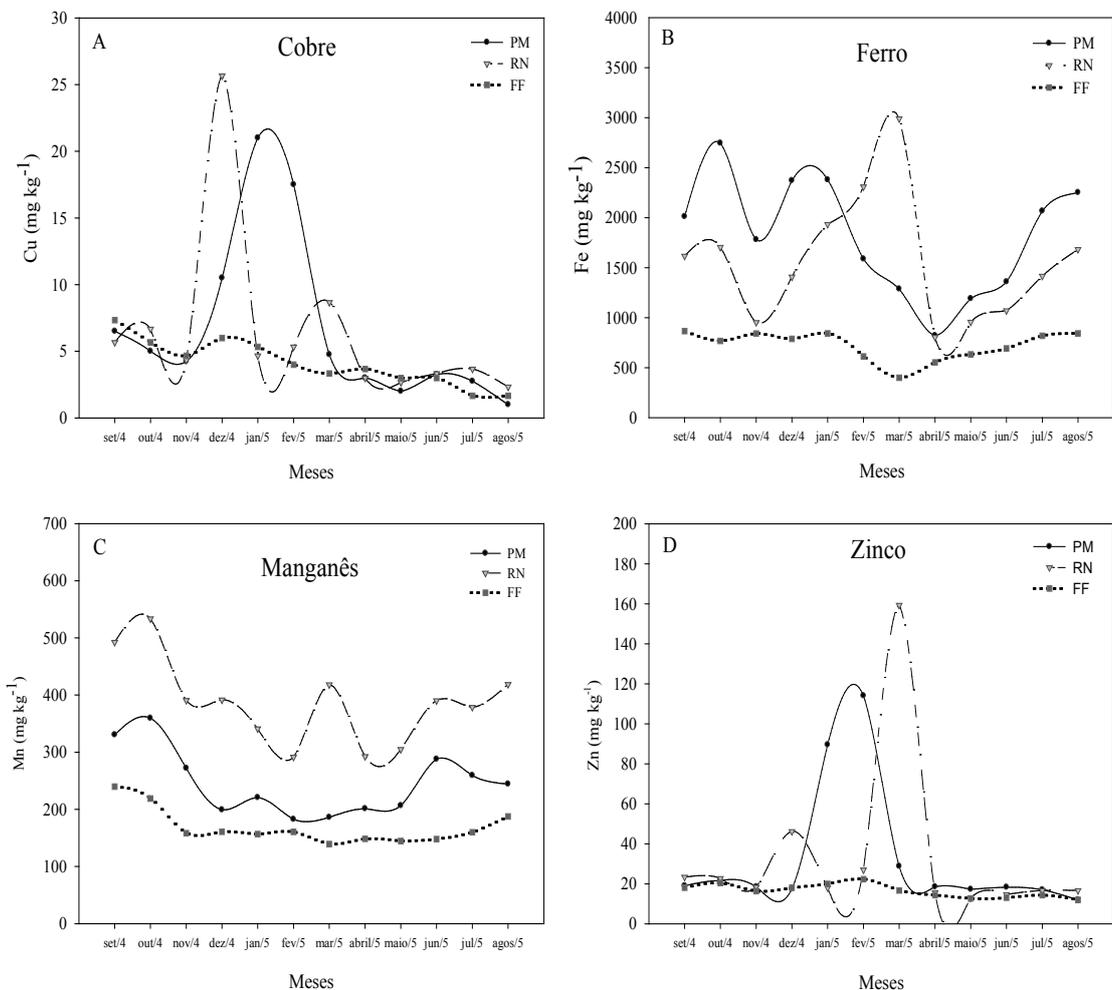


Figura 3. Fluxo da concentração média de micronutrientes da serapilheira em área de restauração florestal com método de plantio de mudas (PM), regeneração natural (RN) e um fragmento florestal utilizado como testemunha (FF). A - Cobre; B - Ferro; C - Manganês; D - Zinco.

Figure 3. Flow average concentration of litter micronutrients in forest restoration area with seedlings planting method (PS), natural regeneration (NR) and a forest fragment used as control (FF). A - Copper; B - Iron; C - Manganese; D - Zinc.

4.3 Conteúdo de nutrientes da serapilheira

Nutrientes	Transferência (Kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)			<i>p</i> -valor	
	PM	RN	FF		
Cu	Média mensal	0,003 (± 0,00)	0,005 (± 0,00)	0,004 (± 0,00)	0,0959
	Total	0,034	0,058	0,046	
Fe	Média mensal	1,057 (± 0,23) ab	1,363 (± 0,15) a	0,729 (± 0,08) b	0,0320
	Total	12,689	16,354	8,745	
Mn	Média mensal	0,147 (± 0,03) b	0,352 (± 0,04) a	0,167 (± 0,02) b	0,0002
	Total	1,761	4,228	2,004	
Zn	Média mensal	0,013 (± 0,00)	0,024 (± 0,01)	0,016 (± 0,00)	0,0894
	Total	0,158	0,290	0,189	

Tabela 1. Transferência de nutrientes da serapilheira em área de restauração florestal com método de plantio de mudas (PM), regeneração natural (RN) e um fragmento florestal utilizado como testemunha (FF).

Table 1. Litter nutrient transfer in forest restoration area with seedlings planting method (PS),

natural regeneration (NR) and a forest fragment used as control (FF).

Médias seguidas de seus respectivos erros padrões com letras iguais na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Quanto aos micronutrientes, o Fe e o Mn diferiram estatisticamente entre as áreas de estudo, sendo que, o Fe apresentou as maiores médias no PM e RN, não havendo diferença entre si. O Mn foi superior na RN com diferença altamente significativa em relação aos demais ecossistemas (Tabela 1).

5 | DISCUSSÃO

5.1 Deposição de serapilheira

Os resultados anuais da deposição de serapilheira ficaram próximos aos encontrados em outros estudos realizados na Amazônia em florestas de terra firme (BARLOW *et al.*, 2007; ALMEIDA *et al.*, 2015). Nos meses de maior deposição foi constatado elevadas temperaturas e baixa precipitação pluviométrica, o que ocasionou a abscisão foliar, uma estratégia das plantas no controle de perda de água por transpiração (SANCHES *et al.*, 2008; MACHADO *et al.*, 2015). No entanto, Kim *et al.* (2012) mencionam que a maior produção de serapilheira em períodos mais quentes na Amazônia está associada a renovação foliar das árvores para melhorar o aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa, mesmo diante de pouco recurso hídrico disponível no solo.

As maiores médias de serapilheira observadas nas áreas de RN e FF estão possivelmente relacionadas ao domínio de espécies pioneiras de rápido crescimento como *Croton matourensis*, *Vismia guianensis*, *Tapirira guianensis* e *Inga alba*. Essas espécies desenvolvem-se rapidamente em áreas antropizadas e, de acordo com Guariguata e Ostertag (2001), investem mais energia em produção de folhas do que em madeira, em decorrência da competição por recursos, principalmente luz.

5.2 Concentrações de nutrientes da serapilheira

A adubação inicial na área de PM, pode ter sido o principal fator que contribuiu para as maiores concentrações mensais dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg no ecossistema PM, resultados que demonstram a eficiência da aplicação de fertilizantes pré-plantio, dentre elas, a calagem, adubação NPK e a fosfatagem natural durante a subsolagem.

Amazonas *et al.* (2011) comparando florestas em processo de restauração de 21 e 52 anos com uma floresta natural de referência, verificaram que a concentração de nitrogênio aumentava à medida que as florestas envelheciam, resultados que não foram observados neste trabalho, o que pode estar associado ao pouco tempo de restauração florestal, com apenas 7 anos de idade. Além disso, Machado *et al.*

(2016) relatam que espécies do grupo ecológico das pioneiras apresentam maiores concentrações de N em relação as espécies não pioneiras. Neste sentido, nas áreas de RN e FF houve um predomínio *Croton matourensis*, uma espécie pioneira de rápido crescimento e que pode ter contribuído possivelmente para maior concentração de N.

A pequena contribuição da concentração dos micronutrientes da serapilheira, além da ocorrência de possíveis contaminações, foram os principais fatores responsáveis pela indiferença dos elementos Cu e Zn durante os meses entre as áreas de avaliação. Já os maiores valores mensais de Fe e Mn nas áreas de RN e PM em relação ao FF podem estar relacionados as modificações edáficas recentes e as misturas de horizontes no momento da recomposição topográfica para o início da restauração florestal.

5.3 Conteúdo de nutrientes da serapilheira

Pinto et al. (2009), também não constataram diferenças entre ecossistemas nos conteúdos de Ca e Mg, corroborando com este estudo. O Ca e Mg são elementos contidos abundantemente nas estruturas lenhosas das espécies florestais, por isso, ficam imobilizados nas cascas e nos trocos, e conseqüentemente apresentam uma renovação lenta (VITOUSEK, 1982; ATTIWILL; ADMS, 1993), por esta razão o Ca foi considerado o segundo elemento com maior concentração e conteúdo na serapilheira (Figura 2 e Tabela 1, respectivamente).

O K é um elemento móvel, de liberação rápida da serapilheira para o solo, mas muito susceptível ao processo de lixiviação (ATTIWILL; ADMS, 1993), neste sentido, o menor conteúdo de K no PM em relação a RN e FF, está relacionado a morte natural de alguns indivíduos plantados que ocasionou a exposição do solo e conseqüentemente a intensa lixiviação, sobretudo pela água da chuva.

O Fe e o Mn são os micronutrientes mais abundantes na serapilheira, pois segundo Malavolta et al. (1997) assim como o Ca, esses dois elementos estão ligados a estrutura das plantas, sendo que, variam consideravelmente entre os órgãos vegetais e entre as espécies, assim como durante o período vegetativo.

6 | CONCLUSÕES

- O Fe foi o elemento com maior transferência para o solo, onde juntamente com o Mn apresentou os maiores conteúdos na área de indução da regeneração natural.
- A dinâmica de serapilheira e concentrações de nutrientes variaram no tempo e entre os métodos de restauração florestal.
- A serapilheira e nutrientes são bons indicadores de monitoramento de restauração de áreas degradadas, demonstrando a situação bioquímica dos ecossistemas em desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. J.; LUIZÃO, F.; RODRIGUES, D. J. Produção de serrapilheira em florestas intactas e exploradas seletivamente no sul da Amazônia em função da área basal da vegetação e da densidade de plantas. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 45, n. 2, p. 157-166, 2015.
- ATTIWILL, P. A.; ADMS, M. A. Nutrient cycling in forests. **New Phytologist**, Hoboken, v. 124, n. 4, p. 561-582, 1993.
- AMAZONAS, N. T.; MARTINELLI, L. A.; PICCOLO, M. C.; RODRIGUES, R. R. Nitrogen dynamics during ecosystem development in tropical forest restoration. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 262, n. 8, p. 1551-1557, 2011.
- BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; FERREIRA, L. V.; PERES, C. A. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 247, n. 1, p. 91-97, 2007.
- FIGUEIREDO, P. H. A.; MIRANDA, C. C.; ARAUJO, F. M.; VALCARCEL, R. Germinação *ex-situ* do banco de sementes do solo de capoeira em restauração florestal espontânea a partir do manejo do sombreamento. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 69-80, 2014.
- GOMES, A. C. S.; LUIZÃO, F. J. Leaf and soil nutrients in a chronosequence of second-growth forest in central Amazonia: Implications for restoration of abandoned lands. **Restoration Ecology**, Washington, v. 20, n. 3, p. 339-345, 2011.
- GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 148, p. 185-206, 2001.
- GUIMARÃES, S.; MARTINS, S. V.; NERI, A. V.; GLERIANI, J. M.; SILVA, K. A. Banco de sementes de áreas em restauração florestal em Aimorés, MG. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 80, p. 357-368, 2014.
- KIM, Y.; KNOX, R. G.; LONGO, M.; MEDVIGY, D.; HUTYRA, L. R.; PYLE, E. H.; WOFESY, S. C.; BRAS, R. L.; MOORCROFT, P. R. Seasonal carbon dynamics and water fluxes in an Amazon rainforest. **Global change biology**, Urbana-Champaign v. 18, n. 4, p. 01-11, 2012.
- LIMA, T. M.; NEVES, C. A. R. Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral. Brasília: DNPM, 2014. 152 p.
- MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; DINIZ, A. R.; SANTOS, L. L.; MENEZES, C. E. G. Ciclagem de nutrientes em diferentes estágios sucessionais da mata atlântica na bacia do Rio Paraíba do Sul, RJ. **Bioscience journal**, Uberlândia, v. 31, n. 4, p. 1222-1237, 2015.
- MACHADO, M. R.; SAMPAIO, P. T. B.; FERRAZ, J.; CAMARA, R.; PEREIRA, M. G.; Nutrient retranslocation in forest species in the Brazilian Amazon. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 38, n. 1, p. 93-101, 2016.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de Áreas Degradadas: como recuperar áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e áreas de mineração**. 3. ed. Viçosa: Aprenda Fácil/Centro de Produções Técnicas, 2013. 270 p.
- PAUDEL, E.; DOSSA, G. G. O.; XU, J.; HARRISON, R. D. Litterfall and nutrient return along a disturbance gradient in a tropical montane forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.

353, n. 1, p. 97-106, 2015.

RODRIGUES, T. E.; SILVA, R. C.; SILVA, J. M. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; GAMA, J. R. N. F.; VALENTE, M. A. **Caracterização e classificação dos solos do município de Paragominas, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 49 p. (Documentos n. 162).

SALOMÃO, R. P.; ROSA, N. A.; MORAIS, K. A. C. Dinâmica da regeneração natural de árvores em áreas mineradas na Amazônia. **Boletim do Museu Paranaense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, Belém, v. 2, n. 2, p. 85-139, 2007.

SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; PINTO JÚNIOR, O. B.; NOGUEIRA, J. S.; VOURLITIS, G. L.; BIUDES, M. S.; SILVA, C. J.; BAMBI, P.; LOBO, F. A. Seasonal and interannual litter dynamics of a tropical semideciduous forest of the southern Amazon Basin, Brazil. **Journal of geophysical research**, Washington, v. 113, n. 4, p. 1-9, 2008.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience journal**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 29-39, 2007.

SOUZA, M. C. R.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M.; CASAGRANDE, J. C.; SILVA, S. F.; SCORIZA, R. N. Funcionalidade ecológica de sistemas agroflorestais biodiversos: uso da serapilheira como indicador da recuperação de áreas de preservação permanente. **Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 1, p. 75-82, 2016.

VITOUSEK P. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **The American Naturalist**, Chicago Press, v. 119, n. 4, p. 553-572, 1982.

WANG'ONDU, V. W.; BOSIRE, J. O.; KAIRO, J. G.; KINYAMARIO, J. I.; DAHDOUH-GUEBAS, F.; KOEDAM, N. Litter fall dynamics of restored mangroves (*Rhizophora mucronata* Lamk. and *Sonneratia alba* Sm.) in Kenya. **Restoration Ecology**, Washington, v. 22, n. 6, p. 824-831, 2014.

SOBRE OS ORGANIZADORES

ALAN MARIO ZUFFO Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

JORGE GONZÁLEZ AGUILERA Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-008-7



9 788572 470087