

# O Solo na Mitigação e/ou Resolução de Problemas Ambientais

**Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos  
Francisca Gislene Albano Machado  
Edson Dias de Oliveira Neto  
(Organizadores)**

# O Solo na Mitigação e/ou Resolução de Problemas Ambientais

**Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos  
Francisca Gislene Albano Machado  
Edson Dias de Oliveira Neto  
(Organizadores)**

*2020 by Atena Editora*

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
 Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
 Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
 Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
 Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás  
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
 Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
 Profª Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
 Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
 Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

S689 O solo na mitigação e/ou resolução de problemas ambientais [recurso eletrônico] / Organizadores Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Francisca Gislene Albano Machado, Edson Dias de Oliveira Neto. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-86002-59-1

DOI 10.22533/at.ed.591201903

1. Agricultura. 2. Ciências agrárias. 3. Solos. 4. Sustentabilidade.  
I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da. II. Machado, Francisca Gislene Albano. III. Oliveira Neto, Edson Dias de.

CDD 631.4

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422**

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná - Brasil

## APRESENTAÇÃO

Desde o início da agricultura o homem vem explorando a terra de forma extrativista, e principalmente a partir do século XX foi agravado com a primeira Revolução Industrial. E ao longo de aproximadamente 100 anos o homem usou os recursos da natureza de forma desordenada e inconsciente quanto a preservação dos mesmos.

E dentre os recursos atingidos com a degradação ambiental está o solo, sendo este considerado um dos recursos naturais mais complexos do planeta, o solo é um elemento de suma importância para a manutenção e desenvolvimento da vida humana e dos ecossistemas. Com o passar dos anos vem se aumentando o interesse e a preocupação sobre a preservação do solo, esse assunto tem sido discutido haja vista que o solo é um recurso limitado e não renovável.

O solo é considerado um sistema complexo e dinâmico e necessita da adoção de medidas que visam sua preservação a fim de restaurar e manter a fertilidade e a produção agrícola responsável, tais como plantio correto, manejo adequado, sistema de irrigação eficiente, reflorestamento e adubação sustentável, rotação de culturas, curvas de níveis e outras medidas que promovam a preservação e minimizem a sua degradação.

Por fim, torna-se necessário uma maior conscientização social com o manejo e uso do solo, pois um **solo não degradado** é rico em nutrientes essenciais para a produtividade da terra e para o sistema agrícola, além de ser um importante reservatório de água e servir de habitat para inúmeras espécies e micro-organismos.

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Francisca Gislene Albano-Machado

Edson Dias de Oliveira Neto

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO COMO INDICADORES DE CONSERVAÇÃO DAS PASTAGENS NATIVAS DO PANTANAL	
Hellen Elaine Gomes Pelissaro Mayara Santana Zanella Sandra Aparecida Santos Evaldo Luís Cardoso Marivaine Silva Brasil	
<b>DOI 10.22533/at.ed.591201901</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
AVALIAÇÃO DE DIFERENTES ADUBOS VERDES NO DESENVOLVIMENTO DA CHICÓRIA	
Ramon Carvalho de Oliveira Camila Karen Reis Barbosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.591201902</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
<i>Azospirillum brasilense</i> E O ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES EM GRÃOS DE MILHO CULTIVADO NO CERRADO	
Poliana Aparecida Leonel Rosa Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho Fernando Shintate Galindo Rafaela Neris Gaspareto Arshad Jalal Emariane Satin Mortinho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.591201903</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>30</b>
PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO POR <i>Bacillus subtilis</i> NA CULTURA DA SOJA E FEIJÃO CAUPI EM CASA DE VEGETAÇÃO	
Aloisio Freitas Chagas Junior Gaspar Moreira Braga Junior Albert Lennon Lima Martins Flávia Luane Gomes Manuella Costa Souza Thyenny Gleysse Castro Silva Gabriel Soares Nóbrega Luciane de Oliveira Miller Andrea Carla Caldas Bezerra Lillian França Borges Chagas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.591201904</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>47</b>
TEORES DE FÓSFORO NO SOLO DE ÁREAS COM APLICAÇÃO CONTÍNUA DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS NO SUL DO BRASIL	
Vanessa Luana Thomas Eliana Aparecida Cadoná Cledimar Rogério Lourenzi Ramiro Pereira Bisognin Danni Maisa da Silva Julio Cesar Grasel Cezimbra Daniel Erison Fontanive	

Maiara Figueiredo Ramires  
Renan Bianchetto  
Eduardo Lorensi de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.591201905**

<b>SOBRE OS ORGANIZADORES.....</b>	<b>57</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>59</b>

## ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DO SOLO COMO INDICADORES DE CONSERVAÇÃO DAS PASTAGENS NATIVAS DO PANTANAL

*Data de aceite: 16/03/2020*

*Data de submissão: 07/02/2020*

### **Hellen Elaine Gomes Pelissaro**

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS/ Campus do Pantanal, Corumbá/MS. <http://lattes.cnpq.br/7985847722661116>

### **Mayara Santana Zanella**

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS/ Campus do Pantanal, Corumbá/MS. <http://lattes.cnpq.br/7058757087809298>

### **Sandra Aparecida Santos**

Embrapa Pantanal, Corumbá – MS. <http://lattes.cnpq.br/3192797452693362>

### **Evaldo Luís Cardoso**

Embrapa Pantanal, Corumbá – MS. <http://lattes.cnpq.br/1535626528019409>

### **Marivaine Silva Brasil**

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS/ Campus do Pantanal, Corumbá/MS. <http://lattes.cnpq.br/6472871804023251>

**RESUMO:** As pastagens nativas constituem o principal recurso natural do Pantanal e a base alimentar de herbívoros domésticos e silvestres na região. A conservação e qualidade dessas pastagens depende do teor de matéria orgânica mediados pelos microrganismos do solo. O objetivo desse trabalho foi avaliar os atributos

microbiológicos do solo sob pastagens nativas das áreas úmidas em diferentes estados de conservação no Pantanal da Nhecolândia. Foram selecionadas pastagens nativas de áreas úmidas com três diferentes estados de conservação (ótimo, regular e marginal) e coletadas amostras de solos para avaliação da produção de biomassa de plantas e atividade microbiana. Os diferentes estados de conservação das pastagens influenciaram a produção de biomassa e atividade microbiana, e as condições mais favoráveis para a microbiota do solo ocorreram no melhor estado de conservação. Os maiores teores de carbono da biomassa microbiana (Cmic) ocorreram nas pastagens nativas com cobertura vegetal superior a 80% (estado ótimo) e com maior capacidade de aportar resíduos orgânicos aos solos. As atividades enzimáticas ( $\beta$ -glicosidase, fosfatase ácida e arilsulfatase), assim como a diversidade e abundância metabólica da microbiota do solo também foram superiores em solos sob áreas com estado de conservação ótimo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biodindicadores, degradação de pastagens, microbiologia do solo, solos arenosos

## SOIL MICROBIAL ATTRIBUTES AS CONSERVATION INDICATORS OF NATIVES PASTURES FROM PANTANAL

**ABSTRACT:** The native pastures represent the principal natural resource of Pantanal and food base of domestic herbivores and wild in the region. The pastures quality and conservation depend of the organic matter content mediated by soil microorganisms. Three Natives pastures with different conservation status (great, regular and marginal) were choose and collected for evaluation of plant biomass production and microbial activity. The aim of this work was to evaluate the soil microbial attributes under native pastures of humid areas in different conservation status in the Pantanal from Nhecolândia. The different native pasture conservation status influences the biomass and the microbial activity, the better conditions for the soil microbes occurred in the better conservation status. The highest levels of microbial biomass carbon occurred on pastures with vegetal covering higher than 80% and greater capacity to produce and provide organic residues. The enzymatic activity ( $\beta$ -glucosidase, acid phosphatase and arylsulfatase) just as the diversity and metabolic abundance of the soil microbiota was higher in areas with excellent soil conservation state.

**KEYWORDS:** Bioindicators, pastures degradation, soil microbiology, sandy soils

### 1 | INTRODUÇÃO

O Pantanal é constituído por onze sub-regiões conforme a vegetação, pedologia e geomorfologia (SOKOLOWSKI *et al.*, 2012). Dentre as quais, destaca-se a Nhecolândia, caracterizada por heterogeneidade ambiental composta por milhares de lagoas com características variadas, formações florestais de aspectos diversos integrando campos inundáveis, cerrados, cerradões e florestas (SANTOS *et al.*, 2002).

As pastagens nativas são o principal recurso natural do Pantanal, na Nhecolândia as espécies *Axonopus purpusii* (capim mimoso), *Mesosetum chaseae* (grama-do-cerrado), *Steinchisma laxum* (grama-do-carandazal), *Hymenachne amplexicaulis*, *Reimarochloa* sp, são as mais comuns. Essas áreas de pastagens nativas, além da provisão de recursos forrageiros para animais domésticos e silvestres tem outras importantes funções ambientais como proteção do solo e ciclagem de nutrientes (WWF-Brasil e Embrapa Pantanal, 2012).

De acordo com Kaschuk *et al.* (2010), os principais estudos abordando a estimativa da biomassa microbiana do solo em agroecossistemas brasileiros, nos últimos 30 anos, observaram que o Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) varia de acordo com o ambiente e o manejo do solo. Para melhor entendimento das mudanças no CBM é necessário compreender a dinâmica da ciclagem de

nutrientes e da atividade microbiológica no ambiente a ser estudado, sobretudo em ecossistemas sob condições de degradação.

A atividade biológica do solo tem como principais indicadores as enzimas que são sintetizadas pelos micro-organismos, plantas e animais. As enzimas do solo atuam nos processos de formação e degradação da matéria orgânica e na ciclagem dos nutrientes. O potencial das análises de atividade enzimática, especialmente  $\beta$ -glicosidase, arilsulfatase e fosfatase ácida como indicadores de grande sensibilidade de mudanças do solo (MENDES *et al.*, 2003; PEIXOTO *et al.*, 2010).

O objetivo foi avaliar o carbono da biomassa microbiana, a atividade enzimática e a diversidade metabólica microbiana dos solos sob pastagens nativas das áreas úmidas em diferentes estados de conservação no Pantanal da Nhecolândia.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na área experimental da Fazenda Nhumirim da Embrapa Pantanal, localizada na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul-Mato-Grossense (18° 59' 11"S e 56° 37' 19"W; altitude de 97 m). O clima característico da região, segundo classificação de Köppen, é tropical úmido (Aw), com estação chuvosa no verão e seca no inverno, precipitação média anual de 1.850 mm, com temperaturas anuais variando de 13°C a 28°C.

As amostragens foram realizadas em abril de 2014, início do período seco, nas pastagens nativas de áreas úmidas, localizadas nas bordas das lagoas. Foram selecionadas três áreas de pastagem sob diferentes estados de conservação (Figura 1), classificadas em função do percentual de cobertura de forrageiras (CF), com base no indicador de Conservação e Produtividade das Pastagens (ECP), segundo o Protocolo estabelecido de Índice de Conservação e Produtividade das Pastagens (ICPP) para a Fazenda Pantaneira Sustentável (FPS) (SANTOS *et al.* 2014).

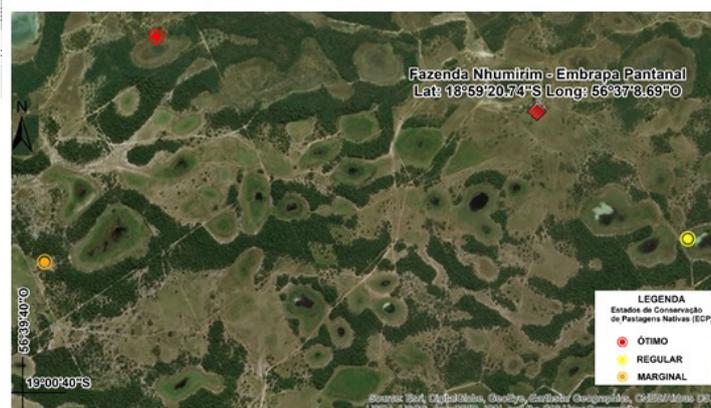


Figura 1. Localização das pastagens nativas em diferentes Estados de Conservação e Produtividade (ECP), sub-região da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul. Classificação: Ótimo - ECP acima de 80% de cobertura de forrageiras (CF); Regular - ECP entre 65 e 80% de CF; Marginal - ECP abaixo de 65% de CF.

As áreas de pastagens foram classificadas como: Ótimo - ECP acima de 80% de CF; Regular - ECP entre 65 e 80% de CF; Marginal – ECP abaixo de 65% de CF. O solo das áreas de estudo é o Neossolo Quartzarênico hidromórfico e sua caracterização físico-química consta na Tabela 1. Em cada área, avaliou-se a massa seca da forrageira (kg/ha) e porcentagem de cobertura do solo por meio de um quadrado metálico de 0,5 m<sup>2</sup> alocado ao acaso ao longo da borda da lagoa. Os cortes foram feitos com tesoura e deixou-se um resíduo de 0,10 m. As amostras da massa forrageira de cada área foram pesadas e retiradas uma sub-amostra que foi previamente pesada e posteriormente levada à estufa com temperatura de 65 °C, até atingir peso constante para mensuração da massa seca. A estimativa da cobertura de solo (%) foi realizada visualmente em cada quadrado metálico, antes do corte da massa seca forrageira, e sendo realizadas dez amostragens por área.

Cada uma das áreas de estudo foi subdividida em três subáreas (repetições) de onde foram coletadas aleatoriamente amostras de solo na profundidade de 0-10 cm, compostas por 20 subamostras. As amostras foram mantidas sobre refrigeração a 4°C e analisadas nos laboratórios da UFMS, Embrapa Pantanal e Embrapa Cerrado. Para análise do carbono da biomassa microbiana do solo foi utilizado o método da fumigação-extração (CFE), (VANCE *et al.*; 1987). O método consiste na oxidação do carbono orgânico pelo K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, em amostras fumigadas e amostras não fumigadas por clorofórmio, sendo o C orgânico de cada amostra extraído por solução de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,5 mol L<sup>-1</sup>). Após a oxidação do carbono presente nas amostras de solo o K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> residual foi quantificado por meio de titulação com Fe (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 6H<sub>2</sub>O, em presença de difenilamina. O C<sub>mic</sub> foi determinado pela diferença entre o carbono orgânico extraído das amostras de solo fumigadas e não fumigadas, usando um fator de correção (K<sub>ec</sub>) igual a 0,35, e expresso em µg C g<sup>-1</sup> de solo.

Foram avaliadas as atividades de enzimas do solo associadas ao ciclo do carbono (β-glicosidase), do fósforo (fosfatase ácida) e do enxofre (arilsulfatase), utilizando-se os métodos descritos por Tabatabai (1994). Esses métodos baseiam na determinação colorimétrica do *p*-nitrofenol (coloração amarela) formado após a adição de substratos incolores específicos para cada enzima avaliada. Para cada amostra de solo, foram efetuadas três repetições analíticas no laboratório. A atividade enzimática do solo foi expressa em µg *p*-nitrofenol liberado por grama de solo seco por hora.

Os padrões de utilização de substratos de C pela população microbiana do solo foram determinados com o uso de microplacas Biolog Ecoplate (Biolog Inc., Hayward, CA, EUA), de acordo com o protocolo sugerido por Bloem *et al.* (2006). Nesse procedimento, 10 g de solo foram adicionados a frascos Erlenmayer com

90 mL de solução salina (NaCl 0,85%) esterilizada. Após agitação à 150 RPM por 30 min a solução foi diluída serialmente (2mL em 18mL) até  $10^{-3}$ . Após 10 minutos de decantação, alíquotas de 120  $\mu$ L da suspensão  $10^{-3}$  foram adicionadas às cavidades das microplacas Biolog Ecoplate. Cada microplaca é composta por três grupos de 31 diferentes substratos de C (ácidos carboxílicos, carboidratos, polímeros, aminoácidos e amidos), além de um controle sem substrato. Para cada amostra coletada no campo, utilizou-se uma microplaca, que foi incubada em estufa na temperatura de 28°C por 48 horas.

O crescimento microbiano nas microplacas Biolog Ecoplate foi avaliado pelo aumento da absorbância, determinado por espectrofotometria a 590 nm, com um leitor de microplacas, utilizando o software de análise de dados Max Pro 6 (Microplate Data Acquisition and Analysis Software, Versão 6.3). A reação foi considerada positiva quando  $W_E > 100$ , calculado através da equação:  $W_E = 100 (W_A - W_0)/W_0$ , onde  $W_E$  é o índice de desenvolvimento da cor,  $W_A$  é a absorbância de cada cavidade, e  $W_0$  é a absorbância do branco. Os possíveis efeitos de diferença de inóculo foram minimizados entre as amostras, para isso os valores de absorbância obtidos para cada cavidade foram normalizados pela sua divisão pela média da absorbância do total da micropalaca (AWCD) (GARLAND e MILLS, 1991).

Os parâmetros de diversidade analisados foram: a riqueza de substratos (S), o índice de diversidade de Shannon (H) e a eqüitabilidade ou índice de similaridade (E). A riqueza de substratos (S) se refere ao número de fontes de carbono utilizado na microplaca. O índice de diversidade de Shannon (H), que compreende tanto a riqueza de substratos como a intensidade com que eles foram usados pela microbiota, foi calculado de acordo com Zak *et al.* (1999), pela equação:  $H = -\sum p_i (\ln p_i)$ , em que H é o índice de diversidade de Shannon, e  $p_i$  é a razão entre utilização de determinado substrato e utilização de todos os substratos. A eqüitabilidade de substratos (E), que mede a uniformidade de utilização de um substrato em relação ao número de substratos utilizados pela microbiota, foi calculada de acordo com a equação:  $E = H/\ln S$

Os dados dos parâmetros bioquímicos foram analisados usando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011), os quais foram submetidos à análise de variância pelo teste F e comparação de médias pelo Teste Tukey com 5 % de significância.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos da região possuem uma característica típica pantaneira com interferências sazonalmente em função das inundações, que são consequência do regime pluviométrico na planície e das águas que escoam dos planaltos

(GRADELLA, 2008). Proporciona com isso um intercâmbio sazonal de sedimentos, nutrientes e organismos e com paisagens que apresentam diferenças de estruturas em diferentes condições ambientais e em diferentes épocas do ano (NUNES DA CUNHA e JUNK, 2009).

Dentre as sub-regiões, destaca-se a Nhecolândia, caracterizada por heterogeneidade ambiental composta por milhares de lagoas com características variadas, inclusive salinas, formações florestais nas áreas mais elevadas do terreno e formações campestres nas porções mais baixas, sazonalmente inundadas. Dentre as formações campestres distinguem-se a savana arborizada, conhecida como campo cerrado e cerrado típico, e a savana gramíneo lenhosa como campo limpo (SANTOS *et al.* 2002).

Todos os estados de conservação apresentaram solos textura areia (Tabela 1) ou seja, que são solos arenosos, porosos e permeáveis. Apresentam deficiência em cálcio, baixo teor de fósforo, pH moderadamente ácido. Demonstrando ser solo de baixa fertilidade. Segundo Santos *et al.*, (2011), apesar do solo do Pantanal ser considerado de baixa fertilidade possui um ecossistema natural onde a cobertura vegetal e os atributos do solo, decorrente de processos essenciais de ciclagem de nutrientes e acumulação e decomposição da matéria orgânica. E variações nos atributos químicos do solo, aliadas ao gradiente topográfico, tendem a influenciar na abundância de espécies na paisagem no Pantanal (CARDOSO *et al.*, 2016).

De acordo com Kaschuk *et al.* (2010), observaram que o ambiente interfere nos teores do Carbono da Biomassa Microbiana (Cmic) e, geralmente, os solos cultivados ou com interferência antrópica apresentam menores teores do que áreas com vegetação nativa. Para melhor entendimento das mudanças no Cmic é necessário compreender a dinâmica da ciclagem de nutrientes e da atividade microbiana no ambiente a ser estudado, sobretudo em ecossistemas sob condições de degradação.

Os resultados apresentados, na tabela 2, evidenciam que a pastagem com estado Ótimo proporcionou uma condição mais favorável a microbiota do solo, expressa por maior Cmic, possivelmente decorrente de uma maior produção de matéria seca e aporte de substrato orgânico ao solo, refletindo em maiores teores de C (Tabela 1). Isso ocorre, pois, o carbono contido na biomassa microbiana funciona como energia armazenada para o processo microbiano, sendo diretamente associado com o teor de argila 16,4% encontrado no presente trabalho (COLODEL *et al.* 2018).

**TABELA 1.** Caracterização química do solo sob diferentes estados de conservação de pastagens nativas (ECP) e áreas de Area Clímax no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul.

EPC	pH	H +Al	P	K	Ca	Mg	Al	SB	CTC	C	V	Areia total	Silte	Argila
			mg/dm <sup>3</sup>		cmolc/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>		(%)	(%)			
Ótimo	4,6b	10,9a	4,92b	198,8b	2,0b	0,6b	0,8a	3,1b	3,9 b	35,5a	84,5c	60,7b	22,9a	16,4a
Regular	5,6a	5,51c	10,7a	246,1a	3,6a	0,8a	0,1c	5,0a	5,1 a	30,4b	98,8a	57,6b	29,1a	13,3b
Marginal	5,6a	5,23c	4,99b	108,3c	2,6b	0,6b	0,2c	3,5b	3,6b	27,6c	92,3b	82,4a	10,9b	6,6c

<sup>1</sup> ECP: estado de conservação das pastagens; H+ AL (meg/100cm<sup>3</sup>), Ca: cálcio; Mg: magnésio, K: potássio; Método cloreto de cálcio, Fósforo- Método de Mehlich, V: saturação por bases. Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A qualidade do solo expressa, por maiores teores de Cmic, pode estar associada ao maior aporte de resíduo orgânico de qualidade depositado na superfície proveniente de matéria orgânica e raízes, consideradas fontes de energia para a microbiota, o que aumenta a concentração da biomassa microbiana do solo nas camadas superficiais (LEITE *et al.*, 2013). Portanto, Cmic mostrou-se um melhor indicador da qualidade dos solos, enquanto CF configura-se como um indicador prático para avaliar o estado momentâneo de conservação das pastagens.

Os resultados da pastagem Ótima foram proporcionais a cobertura de forrageiras com base nos indicadores estabelecidos por SANTOS *et al.* (2014), no Protocolo: Índice de Conservação e Produtividade das Pastagens (ICPP). O sistema radicular abundante presente nas pastagens na cobertura do solo, proporciona maior liberação de exsudatos, com subsequente aumento da população de micro-organismos na rizosfera (CUNHA *et al.*, 2011). O estado Ótimo diferiu significativamente dos outros estados de conservação (Tabela 2). Segundo PEIXOTO *et al.* (2010), a relação de quantidade e qualidade de matéria seca no solo são mais complexos devido ao acúmulo de carbono prontamente mineralizável.

Excretadas por plantas e microrganismos as enzimas do solo influenciam a microbiota do solo afetando a ciclagem de nutrientes e a produtividade de culturas. E a avaliação de suas atividades serve como indicador de qualidade através do desempenho dos processos bioquímicos do solo (REIS JUNIOR e MENDES, 2009).

Encontrada comumente no solo a enzima  $\beta$ -glicosidase exerce um papel importante no processo de decomposição da celulose (MAKOI e NDAKIDEMI, 2008). Devido a influência da cobertura de forrageiras e de outras plantas sobre a atividade dessa enzima, sua atividade foi maior no solo das áreas de estado de conservação Ótimo e Marginal, pois, nessas áreas havia um maior aporte de substratos orgânicos e maiores teores de qualidade do solo (tabela 2).

**TABELA 2** – Carbono microbiano (Cmic), massa seca (MS) de forrageiras, cobertura de forrageiras (CF) e Atividades enzimáticas em áreas de pastagens sob diferentes estados de conservação de pastagens nativas (ECP) e áreas de Area Clímax no Pantanal, sub-região da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul.

EPC <sup>1</sup>	Cmic ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	MS (kg/hectare)	CF (%)	ATIVIDADE ENZIMÁTICA (mg p-Nitrofenol $\text{kg}^{-1}\text{solo h}^{-1}$ )		
				$\beta$ -glicosidase	Fosfatase ácida	Arilsulfatase
ÓTIMO	319.93 A	442.00A	88.33 A	108.90 A	429.69 A	226.82 A
REGULAR	169.01 B	337.00 B	87.67 A	78.00 C	265.76 B	110.60 B
MARGINAL	175.46 B	304.67 C	79.33 A	131.83 A	127.23 C	82.77 C
CV (%)	70,17	32,93	17,40	75,47	72,94	59,64

<sup>1</sup> ECP: estado de conservação das pastagens. Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. NA- não avaliado.

Ao avaliar a influência de diferentes fitofisionomias do Pantanal da Nhecolândia sobre atividade microbiana do solo, Bazzo (2012) encontrou valores de  $120 \mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}\text{solo h}^{-1}$  para  $\beta$ -glicosidase em floresta “mata” com atividades semelhantes entre as fitofisionomias com cerradão, campo limpo, borda de baías e vazantes. E Stott et al., 2010 e Moscatelli *et al.* (2012) observaram a dependência da matéria orgânica com a atividade dessa enzima.

A atividade das enzimas B-glicosidase, fosfatase ácida e arilsulfatase desempenham papéis importantes e estão correlacionados com os teores de carbono e nitrogênio total do solo (WEI *et al.*, 2014). Os resultados estão de acordo com a melhor condição química do solo, principalmente representada por maior teor de Corg., observado nas pastagens em estado Ótimo (Tabela 1) independente das atividades enzimáticas. A atividade das fosfatases esta diretamente relacionada ao ciclo do P, e é dependente das condições de pH (DANTAS, 2016) que o solo apresentou na área do estado de conservação Ótimo (Tabela 2).

A atividade da enzima arilsulfatase também apresentou o comportamento semelhante as demais atividades na área do estado de conservação Ótimo (Tabela 2). Geralmente em áreas com grande quantidade de carbono orgânico a população microbiana faz a função de mediar a conversão da forma orgânica, que esta ligado ao carbono para a forma inorgânica (assimilável) através da produção de enzimas proteolíticas, como arilsulfatase para a maior parte do S encontrado no solo (DANTAS, 2016).

Nogueira e Melo (2003) confirmam a importância da matéria orgânica no incremento de ésteres de sulfato presentes no solo, que são os substratos das enzimas. As arilsulfatases correspondem a 40-70% do enxofre total do solo e pode ser um indicador indireto de biomassa, fornecendo informações sobre a mineralização e a transformação dos compostos de S no solo, essenciais para a nutrição da planta (BAKER; WHITE; PIERZYNSKI, 2011).

A Riqueza de substratos (S) que é o numero de compostos de carbono

metabolizados pela microbiota dentro de um determinado estado de conservação não teve diferença significativa entre os as áreas avaliadas, mas os resultados evidenciam grande riqueza entre esses ambientes (Tabela 3).

**Tabela 3** - Parâmetros de diversidade: Riqueza de substratos, índice de diversidade de Shannon e Equitabilidade em solos em diferentes estados de conservação de pastagens nativas (ECP) e áreas de Área Clímax no Pantanal, na profundidade de 0 a 10 cm, com base na utilização de fontes de C presentes nas microplacas Biolog EcoPlate.

ECP <sup>1</sup>	Riqueza de substratos(S)	Índice de Shannon (H)	Equitabilidade (E)
ÓTIMO	25 A	3.03 A	0.95A
REGULAR	27 A	3.01 A	0.91A
MARGINAL	26 A	3.01 A	0.92 A
CV (%)	11.16	1.19	6.07

<sup>1</sup> ECP: estado de conservação das pastagens. <sup>(1)</sup> Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Estes resultados, provavelmente, refletem o efeito das flutuações sazonais do lençol freático e acúmulo de material orgânico nessas pastagens de áreas úmidas, de modo a condições ambientais que favoreçam a manutenção de populações que garantem a diversidade metabólica dos microrganismos.

A diversidade funcional do solo também pode servir como indicador de mudanças da qualidade do solo (PAPATHEODOROU *et al.*, 2008) ou de alterações nos níveis de degradação em resposta a estresses em função do uso e das práticas de manejo. A diversidade microbiana avaliada pelo índice de diversidade de Shannon (H) foi de H=3 para as áreas cultivadas (Tabela 3). Este índice varia de 0 a 5, onde quanto maior o valor encontrado significa mais diversidade e menor dominância de grupos em relação a outros no sítio de amostragem (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2006).

A equitabilidade ou índice de similaridade (E) variou de 0,95 a 0,91 para as áreas de pastagens para a diversidade funcional da microbiota. No entanto não foram observadas diferenças significativas entre as áreas Ótimo, Regular e Marginal. O índice de equitabilidade (E) é uma medida que serve para calcular o quão uniforme a distribuição das diferentes espécies estão, em uma mesma comunidade. Este índice varia de 0 a 1, com 1 representando uma situação em que todas as espécies são igualmente abundantes no grupo (MARTÍ; GARCÍA-ALVAREZ, 2002). As áreas de pastejo estão mais sujeitas aos estresses e, dessa forma, a microbiota precisa se ajustar a esta condição e assim todas as espécies precisam ser igualmente abundantes. Por essa razão é essencial entender como os microrganismos respondem aos distúrbios ambientais, bem como os fatores envolvidos nessa resposta (ORWIN *et al.*, 2006).

A avaliação da qualidade do solo tem sido objeto de estudo nas últimas

décadas, principalmente quanto aos sistemas de uso e manejo sustentável dos solos e, conseqüentemente, a conservação dos recursos naturais (NEVES *et al.*, 2007). Apesar do crescente interesse e estudos sobre o impacto de sistemas de produção sobre indicadores microbianos da qualidade do solo (SANTOS *et al.*, 2007), ainda existem poucas informações em solos sob pastagens nativas do Pantanal. Como a microbiota do solo é a principal responsável pela decomposição dos compostos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia do solo, a biomassa microbiana e sua atividade têm sido apontadas como as características mais sensíveis às alterações na qualidade do solo, causadas por mudanças de uso e práticas de manejo (TRANNIN *et al.*, 2007). Entretanto, entende-se que ainda é necessário realizar estudos sobre a diversidade solo e planta da região Pantaneira.

Os diferentes estados de conservação das pastagens nativas no Pantanal influenciaram a biomassa e atividade microbiana, e as condições mais favoráveis para a microbiota do solo ocorreram no melhor estado de conservação. Os maiores teores de Cmic ocorreram nas pastagens nativas com cobertura vegetal superior a 80% e com maior capacidade de aportar resíduos orgânicos aos solos. As atividades enzimáticas ( $\beta$ -glicosidase, fosfatase ácida e arilsulfatase) foram superiores em áreas com estado de conservação Ótimo.

## AGRADECIMENTOS

FUNDECT/ CNPq nº 05/2013; UFMS, EMBRAPA CERRADOS (Dr. Fábio Bueno dos Reis Junior e Dr.<sup>a</sup> Ieda de Carvalho Mendes) e EMBRAPA PANTANAL

## REFERÊNCIA

BAKER, L. R.; WHITE, P. M.; PIERZYNSKI, G. M. Changes in microbial properties after manure, lime, and bentonite application to a heavy metal-contaminated mine waste. **Applied Soil Ecology**, v. 48, p. 1-10, 2011.

BAZZO, J.C.; FREITAS, D.A.F.; SILVA, M.L.N.; CARDOSO, E.L. & SANTOS, S.A. Aspectos geofísicos e ambientais do pantanal da Nhecolândia. **Revista de Geografia**, 29, p.141-161, 2012.

BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. **Ecology: From Individuals to Ecosystems**. 4a ed. Malden: Blackwell Pub., 2006.

BLOEM, J.; SCHOUTEN, A.J.; SORENSEN, S.J.; RUTGERS, M.; WERF, A.; BREURE, A.M. Monitoring and evaluating soil quality. In: BLOEM, J.; HOPKINS, D.W.; BENEDETTI, A. (Ed.). **Microbiological methods for assessing soil quality**. Wallingford: CABI, p.23-49, 2006.

CARDOSO, E.L.; SANTOS, S.A.; URBANETZ, C.; CARVALHO FILHO, A.; NAIME, U.J.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N. Relação entre solos e unidades da paisagem no ecossistema Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.9, p.1231-1240, 2016. Número especial.

COLODEL, J. R., PIERANGELI, M. A. P., SOUZA, M. F. P., CARVALHO, M. A. C. de, & DALCHIAVON,

F. C. Atributos físicos e biológicos de Argissolo Vermelho-Amarelo Amazônico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista de Ciências Agrárias**. vol.41, n.2, p.1-10, 2018.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 603-611, 2011.

DANTAS, M. K. L. **Biomassa, atividade microbiana e produtividade de trigo e milho em solo com histórico de aplicação de fontes orgânicas e mineral**. 2016. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, 2016.

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

GARLAND, J.L.; MILLS, A.L. Classification and characterization of heterotrophic microbial communities on the basis of patterns of community level sole carbon source utilization. **Applied and Environmental Microbiology**, v.57, p.2351-2359, 1991.

GRADELLA, F. S. **Aspectos da dinâmica hidroclimática da lagoa salina do meio na fazenda Nhumirim e seu entorno, Pantanal da Nhecolândia, MS - Brasil**. Dissertação (Mestrado). 76 p. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Aquidauana, MS. 2008.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, p. 1-13, 2010.

LEITE, L. F.C, ARRUDA, F.P.; COSTA, C. N.; FERREIRA, J.S.; HOLANDA NETO, M. R. Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúba e pastagem **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.12, p.1257-1263, 2013.

MAKOI, J.H.J.R.; NDAKIDEMI, P.A. Selected soil enzymes: examples of their potential roles in the ecosystem. **African Journal of Biotechnology**, v.7, n.3, p.181- 191, 2008.

MARTÍ, J.J.I.; GARCÍA-ÁLVAREZ, A. Diversidad: biodiversidad edáfica e geodiversidad. **Edafología** 9, p.329-385, 2002.

MENDES, I.C.; SOUZA, L.V.; RESCK, D.V.S. & GOMES, A.C. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 435-443, 2003.

MOSCATELLI M.C., LAGOMARSINO A., GARZILLO A.M.V., PIGNATARO A., GREGO S.  $\beta$ -Glucosidase kinetic parameters as indicators of soil quality under conventional and organic cropping systems applying two analytical approaches. **Ecological Indicators**, v. 13, n. 1, p.322-327, 2012.

NEVES, C.M.N.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; CARDOSO, E.L.; MACEDO, R.L.G.; FERREIRA, M.M. & SOUZA, F.S. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do Estado de Minas Gerais. **Science Forestalis**, v. 74, p. 45-53, 2007.

NOGUEIRA, M. A.; MELO, W. J. Enxofre disponível para a soja e atividade de arilsulfatase em solo tratado com gesso agrícola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, p.655-663, 2003.

ORWIN, K. H.; WARDLE, D. A.; GREENFIELD, L. G. Context-dependent changes in the resistance and resilience of soil microbes to an experimental disturbance for three primary plant chronosequences. **Oikos**, London, v. 112, p. 196 - 208, 2006.

PAPATHEODOROU, E.M.; EFTHIMIADOU, E.; STAMOU, G.P. Functional diversity of soil bacteria as affected by management practices and phenological stage of *Phaseolus vulgaris*. **European Journal**

of **Soil Biology**, v.44, p.429-436, 2008.

PEIXOTO, R. S.; CHAER, G. M.; FRANCO, N.; REIS JUNIOR, F. B. dos; MENDES, I. C.; ROSADO, A. S. A decade of land use contributes to changes in the chemistry, biochemistry and bacterial community structures of soils in the Cerrado. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 98, n. 3, p. 403-413, 2010.

REIS JUNIOR, F.B. e MENDES, I.C. Atividade enzimática e a qualidade dos solos. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2009. (Rede Técnica)

SANTOS, S.A.; COSTA, C.; SOUZA, G.S.E.; MORAES, A.S. & ARRIGONI, M.D.B. Qualidade da dieta selecionada por bovinos na sub-região da Nhecolândia, Pantanal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31: p.663-673, 2002.

SANTOS, S.A.; CRISPIM, S.M.A.; SORIANO, B.M.; GARCIA, J.B.; BERSELLI, C. Protocolo: Índice de Conservação e Produtividade das Pastagens (ICPP) para a Fazenda Pantaneira Sustentável (FPS), Documentos, 130, **Embrapa Pantanal**, p.18, 2014.

SANTOS, T. E. B. et al. Variáveis microbiológicas e produtividade do arroz sob diferentes manejos do solo e água. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 03, p. 355-366, 2007.

SANTOS, S.A.; ABREU, U.G.P, TOMICH, T.R., COMASTRI-FILHO, J.A. Traditional beef cattle ranching and sustainable production in the Pantanal. In: JUNK, W.J.; SILVA, C.J., CUNHA, C.N., WANTZEN, K.M. (Ed.) *The Pantanal: ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland*. Sofia: **Pensoft Publishers**, p. 755-774, 2011.

SOKOLOWSKI, H.G.S; LIMA, S.F. e SAKAMOTO, A.Y. Análise da dinâmica climática das unidades de paisagens na área da Fazenda Firme no Pantanal da Nhecolândia, MS. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 5, n. 6, p. 19-30, 2012.

STOTT, D.E., ANDREWS, S.S., LIEBIG, M.A., WIENHOLD, B.J., KARLEN, D.L., Evaluation of  $\beta$ -glucosidase activity as a soil quality indicator for the soil management assessment framework. **Soil Science Society of America**, v. 74, p. 107–119, 2010.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W.; ANGLE, S. & BOTTOMLEY, P.J., eds. *Methods of soil analysis: Microbiological and biochemical properties*. 2. Madison, **Soil Science Society of America**, p.775-833, 1994.

TRANNIN, I.C.B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Características biológicas do solo indicadoras de qualidade após dois anos de aplicação de biossólido industrial e cultivo de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p.1173-1184, 2007.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

WEI, K. et al. Application of <sup>31</sup>P NMR spectroscopy in determining phosphatase activities and P consumption in soil aggregates influenced by tillage residue management practices. **Soil and Tillage Research**, v. 138, p. 35-43, 2014.

WWF BRASIL; EMBRAPA PANTANAL. Conservando pastagens e paisagens: Pecuária de Corte no Pantanal. 1ª Ed. 2012. 30p. Disponível em: <[http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/conservando\\_pastagens\\_paisagens\\_web.pdf](http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/conservando_pastagens_paisagens_web.pdf)> Acesso em 30 jul. 2016

ZAK, J.C.; WILLIG, M.R.; MOOREHEAD, D.L.; WILDMAN, H.G. Functional diversity of microbial communities: a quantitative approach. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29(2), p. 111-119, 1999.

NUNES DA CUNHA, C.; JUNK, W. J. A preliminary classification of habitats of the Pantanal of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, and its relation to national and international wetland classification

systems. In: JUNK, W. J.; DA SILVA, C. J.; NUNES DA CUNHA, C.; WANTZEN, K. M. (Eds). The Pantanal: Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland. Sofia-Moscow: **Pensoft Publishers**. p. 127-141, 2009.

## AVALIAÇÃO DE DIFERENTES ADUBOS VERDES NO DESENVOLVIMENTO DA CHICÓRIA

Data de aceite: 16/03/2020

Data de submissão: 04/12/2019

**Ramon Carvalho de Oliveira**

Centro Superior de Ensino e Pesquisa de  
Machado

Machado, Minas Gerais

ramonpfgm@outlook.com

**Camila Karen Reis Barbosa**

<http://lattes.cnpq.br/4703781525298438>

**RESUMO:** A adubação verde promove benefícios nas características químicas, físicas e biológicas do solo. Este trabalho avaliou o efeito de diferentes adubos verdes no desenvolvimento da chicória. Para isso, foi utilizado delineamento em blocos ao acaso com quatro tratamentos e sete repetições. Os tratamentos foram compostos por um tratamento sem adubo verde e três tratamentos com diferentes tipos de adubo verdes, para a produção de chicória, sendo: testemunha, mucuna anã, ervilhaca e nabo forrageiro. As mudas de chicória foram plantadas cerca de trinta dias após a incorporação do adubo verde e sua colheita aproximadamente sessenta dias após o transplante das mudas. Foram avaliados parâmetros sobre a altura e diâmetro de cabeça, massa fresca e massa seca da parte aérea.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adubos verdes, Chicória.

### EVALUATION OF DIFFERENT GREEN FERTILIZERS IN THE DEVELOPMENT OF CHICORY

**ABSTRACT:** Green manure promotes benefits in the chemical, physical and biological characteristics of the soil. The work evaluated the effect of different green manures on chicory development. A randomized block design with four treatments and seven repetitions was used. The treatments will consist of absence and three green manures for the production of chicory, namely: Witness, dwarf mucuna, vetch and forage turnip. The chicory seedlings will be planted about thirty days after incorporation of the green manure, and their harvest about sixty days after transplanting the seedlings. The following parameters will be evaluated: head height and diameter, fresh weight and dry weight of the shoot.

**KEYWORDS:** Green manure, Chicory

### 1 | INTRODUÇÃO

A agricultura surgiu há cerca de dez mil anos, em terrenos aluviais de alta fertilidade,

por longos percursos de água, exercida por povos nômades. De acordo com Trivellato e Freitas (2003), a sustentação da atual agricultura convencional surgiu há pelo menos dois séculos com a possibilidade de nutrição de plantas desenvolvidas por Liebig. Logo depois, veio um padrão de agricultura fortemente dependente de energia, no uso intensivo de insumos químicos sintéticos, máquinas, equipamentos mecânicos e sementes melhoradas, denominada agricultura convencional.

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019), a demanda por produtos orgânicos está crescendo muito no Brasil nos últimos anos, no programa de Aquisição de Alimentos (PAA), em 2013, o índice era de 2,2% e aumento, em 2018, atingindo o percentual de 6%.

O cultivo orgânico, apesar de suas dificuldades no controle de pragas e doenças e em sua nutrição, se mostra relevante pelo seu maior custo benefício, tendo em conta a demanda por esses produtos cada vez maior, esses por serem produtos mais saudáveis, sem resíduos ou contaminações por produtos químicos (LIMA, 2005).

No meio de diversas práticas utilizadas por agricultores conservacionistas destaca-se a adubação verde, que se baseia na utilização de plantas em rotação ou em consórcio com as culturas de interesse econômico. Tais plantas podem ser incorporadas ao solo ou roçadas e mantidas na superfície, proporcionando, em geral, uma melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo.

O uso de leguminosas como plantas de cobertura estabelece uma importante fonte de nitrogênio (N) ao solo, pelo fato de se associarem simbioticamente com bactérias capazes de trocar o  $N_2$  atmosférico em  $NH_3$  no processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN; SILVA et al., 2006; AITA, GIACOMINI, 2006). No Brasil, a chicória (*Cichorium endívia* L.) é uma hortaliça cultivada e utilizada em maior proporção nas regiões Sudeste e Sul do país, de preferência nos meses de inverno.

Em razão do exposto, o presente trabalho objetiva avaliar o uso de adubação verde para o desenvolvimento de chicória.

## 2 | REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura da chicória

A espécie *Cichorium endívia*, conhecida popularmente como chicória ou escarola, é uma hortaliça herbácea, com caule diminuto, pertencente à família das asteráceas (mesma da alface e almeirão). Existem dois grupos de cultivares segundo o formato de suas folhas: *Cichorium endívia* var. a chicória crespa, caracterizada por folhas bastantes recortadas; e; *Cichorium endívia* var. *Latifolia* é a variedade lisa que tem no Brasil o maior consumidor e também como valor comercial, pode

ser conhecida como escarola (FILGUEIRA, 2007).

A chicória *Cichorium endívia* L. é uma planta que tem sua origem na Índia Oriental e é conhecida e utilizada como alimento pelos humanos desde o Egito Antigo, na forma cozida ou como saldas (FILGUEIRA, 2000).

Se adapta melhor à temperatura amenas, embora haja cultivares tolerantes às temperaturas mais elevadas. Geralmente, nas condições brasileiras, o plantio ocorre no outono-inverno, mas pode ser também cultivada ao longo do ano em regiões de altitude (FILGUEIRA, 2003).

No Brasil, a chicória é uma hortaliça cultivada e consumida em maior quantidade nas regiões sudeste e sul do país. Pode-se dizer que mais de 80% do volume de produção comercializado no Rio Grande do Sul é produzido no próprio estado (BORNE, 1989). Entretanto, a maioria das sementes utilizadas são oriundas quase que exclusivamente de importação (GUEDES et al., 1988).

São poucas, na literatura, as informações restantes referentes às exigências bioclimáticas da chicória, para seu crescimento e desenvolvimento, bem como sobre a produção e qualidade das sementes.

Possui limites de temperatura entre 15,4° e 18,0 °C, como as temperaturas médias mensais bastante favoráveis para o crescimento e qualidade das plantas, com rendimentos médios entre 740 kg e 980 kg de sementes por hectare, aproximadamente (KNOTT, 1962). Geralmente o comportamento da chicória assemelha-se àquele de alface, que pertence a mesma família botânica e sobre a qual sabe as exigências térmicas, fotoperiodicas e lúminicas.

Comparada com frequência a alface, a chicória é sublime no que se refere a qualidade biológica, rusticidade e conservação, sendo inferior por ser um pouco fibrosa (FRANCISCO NETO, 2002).

A chicória contém nas suas raízes a inulina, substancia também encontrada em outros vegetais. A inulina é um elemento funcional, muito utilizado na indústria alimentícia como suplenete do açúcar ou da gordura, substituindo-os sem oferecer muitas calorías, sendo, logo muito empregado como ingrediente de produtos *light*, *diet*. Ou *low fat* e, agindo no organismo de formar similar as fibras dietéticas (LEITE et al., 2004).

## 2.2 Produção orgânica

A produção de hortaliças em sistema orgânico está crescendo cada vez mais no mundo, em função da necessidade de se preservar a saúde dos produtores e consumidores e o ambiente, entre outros. Esse sistema de produção é adotado, especificamente, por agricultores familiares, por sua acomodação às características de pequenas propriedades, pela variedade de produtos cultivados em sua mesma área, pela menor submissão de modos externos, com maior absorção de mão de

obra familiar e menor imposição do capital. Apesar de ser um setor em expansão, a produção de hortaliças orgânicas está submetida a riscos, além daqueles propósitos de agricultura convencional, tem-se baixa escalada de produtividade e maior uso de mão de obra (LIMA, 2005).

Os sistemas orgânicos obtêm força nos dias atuais, pois existe uma responsabilidade crescente do consumidor que se preocupa com o meio ambiente e demanda produtos “quimicamente limpos”, elevando a seleção pela fonte dos produtos e o regionalismo com as compras locais, preocupado com “pegadas do carbono” em cada produto (SAHOTA, 2010).

Neste sistema de cultivo, é necessário que a fertilidade do solo seja conservada ou melhorada, utilizando-se dos recursos naturais e das atividades biológicas. Devem-se utilizar recursos locais, como subprodutos orgânicos que fornecem nutrientes, de forma extensa e variada, tendo que privilegiar a ciclagem de nutrientes por meio de restos culturais, compostos e resíduos orgânicos e adubações verdes com leguminosas ou planta espontâneas (LIMA et al., 2011). Para isso, há necessidade de realizar análises dos componentes de ciclagem de nutrientes e dos materiais a serem empregados para se definir a composição química de cada um deles e o potencial fertilizante.

A maioria das hortaliças precisam de elevadas quantidades de nutrientes em um tempo relativamente curto, sendo assim, exigente do ponto de vista nutricional (COUTINHO et al., 1993). No entanto, as espécies folhosas e tuberosas deixam, basicamente, pouco resto de cultura no solo, sendo classificadas como excessivamente esgotante. Por isso, é importante ter o conhecimento do balanço de nutrientes em cultivo de hortaliças, para se manejar a adubação ao longo dos anos, designar as culturas a serem utilizadas em rotação e aprimorar o aporte dos insumos.

### 2.3 Adubação verde

O manejo orgânico do solo é uma das maneiras adequadas de buscar um sistema agrícola sustentável (LOSS et al., 2009). Contudo, existem poucos estudos que se referem aos efeitos associados de adubos verdes e adubação.

A utilização de leguminosas como adubos verdes possibilita, através de métodos biológicos, que ocorra a integração de nitrogênio no sistema de produção. Os trabalhos que utilizam as leguminosas como adubos vem comprovando sua competência como fonte de nitrogênio (NUNES et al., 2009); PERIN et al., 2007). Pode-se mencionar que a leguminosa do gênero mucuna, por possuir grande potencial de produção e adaptabilidade às diversas condições do solo, é a que mais se sobressai.

A decomposição destas plantas pode assumir importante papel no manejo da

fertilidade do solo. Trata-se de técnica de cultivo que ajuda na absorção e utilização de nutrientes contidos nos resíduos vegetais, visando o fornecimento às culturas (GAMA-RODRIGUES et al., 2007).

A aplicação combinada de compostos e adubos verdes, pode aumentar a disponibilidade de N, nos teores de N-mineral no solo e na volatilização do N-NH<sub>3</sub> ao longo do tempo. A incorporação de esterco associado à adubação verde pode proporcionar uma mineralização mais sincronizada com a demanda de nutrientes para a batata (SILVA, MENEZES, 2007).

Além dos benefícios químicos, a existência de material orgânico proporcionado pelos adubos verdes contribui com a atividade dos organismos do solo (FILSER, 1995; KIRCHNER et al., 1993), visto que seus resíduos podem ser usados como fonte de energia e nutrientes. Além do mais, a manutenção da cobertura vegetal possibilita que as oscilações térmicas e de umidade sejam reduzidas, criando assim condições que contribuem para que aconteça o desenvolvimento dos organismos do solo.

Por sua vez, a maior atividade biológica do solo aumenta a reciclagem de nutrientes, permitindo que os fertilizantes aplicados ao solo sejam bem aproveitados (PANKHURST e LYNCH, 1994).

No meio dos organismos do solo que são beneficiados pela adubação verde, requerem destaque as bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*. Esses microrganismos promovem a FBN, associando-se às diversas leguminosas num processo simbiótico. O nitrogênio fixado pelas bactérias é passado para as leguminosas sob a forma de aminoácidos, ao passo que os carboidratos produzidos por essas plantas são fornecidos às bactérias e são utilizados como fontes de energia (FREIE, 1992). As trocas descritas acontecem em nódulos que são formados pelas bactérias fixadoras nas raízes das leguminosas.

Além das bactérias fixadoras, o cultivo com leguminosas contribui para que haja aumento na população de fungos micorrízicos nativos presentes no solo. Esses microrganismos associam-se às raízes das plantas cultivadas, fazendo com que a absorção de água e nutrientes se eleve e também possibilitando um melhor aproveitamento dos fertilizantes aplicados ao solo, principalmente os fosfatados (SIEVERDING, 1991).

Como consequência de melhor nutrição, as plantas micorrizadas passam a ter uma maior tolerância às doenças e também à seca. Diferente das bactérias fixadoras de nitrogênio dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, que se associam apenas às leguminosas, os fungos micorrízicos arbusculares estabelecem simbiose com a inoculação desses microrganismos ainda apresentando limites de ordem prática, torna-se indispensável à utilização de práticas de manejo de solo e de plantas que contribuem com a população de fungos nativos do solo. Dentre desse

contexto, a adubação verde merece atenção especial (ESPINDOLA et al., 1998).

Almeida (2008) avaliou o potencial das leguminosas mucuna-cinza (*Mucuna pruriens*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*) como fontes alternativas de N para a produção orgânica de alface (*Lactuca sativa*, cultivar Vera). O autor verificou que as adubações de cobertura contribuíram para o aumento da produtividade da alface, tendo proporcionado ganhos em matéria fresca, matéria seca, diâmetro médio da parte aérea e de número de folhas por planta.

Ainda segundo os autores, os fertilizantes de leguminosas são fontes promissoras de nitrogênio para a produção orgânica de hortaliças, capazes de substituir a adução de cobertura com cama-de-aviário industrial, em dosagem equivalente de nitrogênio total. O fertilizante de gliricídia é mais eficiente do que a cama-de-aviário na provisão de nitrogênio.

### 3 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no sítio Santa Helena, localizado no município de Poço Fundo, na região do Sul de Minas Gerais na latitude 21°44'02" Sul e longitude 45°56'37", em uma altitude de 857 metros acima do nível do mar.

Segundo a classificação de Koeppem, a região possui clima quente e temperado com suas estações bem definidas, com temperaturas média anual de máxima 20,6 °C e mínima de 14,7 °C. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, com 4 tratamentos e 7 repetições, totalizando 28 unidades experimentais. Os tratamentos foram compostos por uma testemunha e três adubos verdes para a produção de chicória, sendo eles: T1 – testemunha; T2 – mucuna anã; T3 – ervilhaca; T4 – nabo forrageiro.

O preparo do solo ocorreu com revolvimento manual utilizando ferramentas, sem adição de adubo ou composto.

Todas as plantas de cobertura foram plantadas no mesmo dia, sendo que com aproximadamente 90 dias após o plantio foram cortadas e incorporadas no solo, em pleno florescimento das plantas.

As mudas de chicória foram obtidas em um viveiro certificado e a cultivar utilizada foi a chicória crespa.

Para o controle das plantas invasoras utilizou-se a capina manual. As plantas de cobertura foram cultivadas, cortadas ao florescimento e incorporadas ao solo. As mudas de chicória foram plantas cerca de 30 dias após a incorporação do adubo verde, e sua colheita aproximadamente 60 dias após o transplante das mudas.

Foi avaliado os seguintes parâmetros: altura e diâmetro de cabeça, massa fresca e massa seca da parte aérea. Para avaliar as características de produção, amostrou 5 plantas de cada área útil de cada parcela.

As avaliações dos parâmetros, ocorreu medição da altura e diâmetro com auxílio de régua graduada, a massa de matéria fresca e seca das plantas foi determinada por pesagem em balança digital de 0,01g de precisão. Os resultados obtidos, foram submetidos à análise de variância e as medias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2007).

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, as adubações de cobertura contribuíram para aumento dos parâmetros produtivos, tendo proporcionado ganhos em altura, matéria fresca, e diâmetro médio da parte aérea superiores à testemunha, conforme tabela 1.

Tratamento	Altura		Diâmetro		Massa Fresca	
<b>Ervilhaca</b>	22,31	A	37,33	A	0,57	A
<b>Mucuna-Anã</b>	20,53	B	31,01	B	0,50	B
<b>Nabo Forrageiro</b>	19,80	B	29,56	B	0,46	C
<b>Testemunha</b>	17,76	C	24,01	C	0,34	D
<b>C.V (%)</b>	4,5		4,93		7,4	
<b>Média</b>	20,10		30,48		0,47	

Tabela 1 – Valores médios para as características físicas de chicórias, sítio Santa Helena, Poço Fundo – Minas Gerais, 2019.

Obs.: Médias seguidas de mesma letra iguais na coluna não diferem entre si sob o teste de Scott-Knott para probabilidade de 5%.

Tais ganhos podem ser explicados pelo aumento da incorporação de nitrogênio pelas leguminosas ao solo, por sua vez o nabo proporciona descompactação do sol, permitindo maior profundidade das raízes e serve como uma cultura forrageira incorporando nutrientes ao solo.

Almeida et al. (2008), observaram efetivamente de que as adubações disponibilizaram formas absorvíveis de N no solo, evidenciado pela concentração maior na parte aérea da alface.

As chicórias produzidas em solo com incorporação de ervilhaca apresentaram os melhores resultados, em todos as variáveis avaliadas, devido à alta relação C/N e maiores liberações de N nos primeiros dias provenientes da ervilhaca incorporada (VIOLA et al., 2013).

A mucuna-anã e o nabo forrageiro apresentaram semelhanças estatísticas na altura e diâmetro, entretanto na massa fresca foram estatisticamente diferentes, sendo que teve melhores resultados pela utilização de mucuna-anã.

Sobreiro et al. (2015), observou em experimento conduzido com a utilização de cama de frango resultados abaixo dos obtidos nesta pesquisa com a utilização de adubação de cobertura.

Oliveira (2010) evidenciou em seu trabalho de que plantas sobre adubação orgânica apresentam melhores resultados do que a adubação mineral, evidenciando que meios alternativos de adubação são válidos e possuem ótimos rendimentos.

Em alface, cultura parecida com chicória, De Oliviera et al. (2008) teve como resultados de que leguminosas apresentaram ótimo rendimento como cultura morta para a produção de alface, tornando claro como nesse experimento conduzido em chicória.

Por sua vez, os tratamentos evidenciam grande ganho de resultados na produção de chicórias resultando em melhores produtos para comercialização da cultura.

## 5 | CONCLUSÃO

A incorporação de plantas de cobertura ao solo trouxe benefícios significantes a cultura da chicória. A ervilhaca apresentou resultados superiores às culturas de mucuna-anã e nabo forrageiro no desenvolvimento da chicória.

## REFERENCIAS

ALMEIDA, M.M.T.B. **Fertilizantes de leguminosas**: tecnologia inovadora de adubação verde para provisão de nitrogênio em sistemas orgânicos de produção. 2008. 83p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

BORNE, H.R. **Situação das olerícolas**. Perspectivas Agrop, Porto Alegre, v. 34, n. 2, p. 2-4, 1989.

CARVALHO JE, ZANELLA F, MOTA JH & LIMA ALS. **Cobertura morta do solo no cultivo de alface cv. Regina 2000**, em Ji-Paraná/RO. Ciência e Agrotecnologia, 29:935-939, 2005.

ESPINDOLA, J.A.A. **Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.3, p.339-347, 1998.

FERREIRA, D. F. SISVAR: **Sistema de análise de variância**. Versão 5.0. Lavras: UFLA/DEX, 2007.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, 2003. 412 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção de hortaliças. 3. ed. ver. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007. 421 p.

FRANCISCO NETO, J. **Manual de horticultura ecológica**: guia de autossuficiência em pequenos espaços. São Paulo: Nobel, 2002. 141 p.

GUEDES, A.C., MENEZES, J.E., MOREIRA, H.M. **Levantamento da produção nacional e importação de sementes de hortaliças no período de 1981 a 1985.** Resumos. Hort Bras, v. 6, n. 1, p. 56, 1988.

LIMA PC, MOURA WM, SEDIYAMA MAN, SANTOS RHS & MOREIRA CL. **Manejo da adubação em sistemas orgânicos.** In: Lima PC, Moura WM,

LEITE, J. T. C.; PARK, K. J.; RAMALHO, J. R. P.; FURLAN, D. M. **Caracterização reológica das diferentes fases de extrato de inulina de raízes de chicória, obtidas por abaixamento de temperatura.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, SP, v.24, n.1, p. 202-210. jan./abr. 2004.

LOSS A; PEREIRA MG; FERREIRA EP; SANTOS LL; BEUTLER SJ; JUNIOR ASLF. **Frações oxidáveis do carbono orgânico em Argissolo Vermelho-Amarelo sob sistema de aléias.** Revista Brasileira de Ciência do Solo 33: 867-874, 2009.

KNOTT, J.E. **Handbook for vegetable growers.** New York: John Wiley and Sons, 1962. 238 p.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems.** Eschborn: Technical Cooperation, Federal Republic of Germany; 371p, 1991.

SILVA, A.A.; SILVA, P.R.; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L. & RAMBO, L. **Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão.** Ci. Rural, 37:928-935, 2007.

SILVEIRA, A.P.D. **Micorrizas.** In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P., eds. Microbiologia do Solo. Campinas: SBCS; p.257-282, 1992.

TRIVELLATO, M. D; FREITAS, B. G. **Panorama da Agricultura Orgânica.** In: STRINGHETA, P.C.; MUNIZ, J. N. Alimentos Orgânicos: Produção, tecnologia e Certificação. Viçosa: UFV; p. 9-35, 2003.

Venzon M, Paula Jr T & Fonseca MCM (Eds.) **Tecnologias para produção orgânica.** Viçosa, Unidade Regional EPAMIG, Zona da Mata: p.69-106, 2011.

VIOLA, Ricardo et al. Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto. **Bragantia**, v. 72, n. 1, p. 90-100, 2013.

## Azospirillum brasilense E O ACÚMULO DE MICRONUTRIENTES EM GRÃOS DE MILHO CULTIVADO NO CERRADO

Data de aceite: 16/03/2020

Data de submissão: 03/12/2019

Engenharia, Ilha Solteira – SP. <http://lattes.cnpq.br/2836278836094147>

### Poliana Aparecida Leonel Rosa

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira – SP. <http://lattes.cnpq.br/3144059157880571>

### Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira – SP. <http://lattes.cnpq.br/5912363889457800>

### Fernando Shintate Galindo

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira – SP. <http://lattes.cnpq.br/6004162493025286>

### Rafaela Neris Gaspareto

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira – SP. <http://lattes.cnpq.br/6281330659945694>

### Arshad Jalal

The University of Agriculture, Peshawar – Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan.

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira – SP. <http://lattes.cnpq.br/5867714181844798>

### Emariane Satin Mortinho

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de

**RESUMO:** A inoculação com microrganismos promotores de crescimento e/ou diazotróficos, podem vir a interferir na absorção e acúmulo de nutrientes em diferentes genótipos de espécies vegetais. Assim, objetivou-se avaliar o acúmulo de micronutrientes nos grãos de dois híbridos de milho inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*. O experimento foi desenvolvido em sistema plantio direto, na safrinha de 2015, em Latossolo Vermelho Distrófico típico, argiloso, do município de Selvíria-MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, e esquema fatorial 2x2 (2 híbridos de milho (DKB 350 VT PRO e DKB 390 VT PRO), com e sem inoculação das sementes por *Azospirillum brasilense*). As parcelas possuíam 20 m de comprimento com seis linhas espaçadas de 0,45 m. Na maturidade fisiológica da cultura, após a colheita, foi determinada a massa seca e a concentração de micronutrientes nos grãos, para posterior cálculo do acúmulo de micronutrientes nos grãos. O acúmulo de micronutrientes nos grãos não difere entre os dois híbridos de milho, exceto para B. O híbrido simples DKB 390 exporta mais B da área pelos

grãos do que o híbrido triplo DKB 350, independente da inoculação. A inoculação de híbridos de milho com *Azospirillum brasilense* (via semente) proporciona menor exportação de B e Cu por meio dos grãos, independente do híbrido.

**PALAVRAS-CHAVE:** exportação de micronutrientes; *Zea mays*; *Azospirillum brasilense*; inoculação.

## *Azospirillum brasilense* AND MICRONUTRIENT ACCUMULATION IN CORN GRAINS GROWN IN THE CERRADO

**ABSTRACT:** The inoculation with growth promoting and / or diazotrophic microorganism might interfere with the absorption and accumulation of nutrients in different genotypes of plant species. The objective was to evaluate micronutrients accumulation in the grains of two corn hybrids with or without inoculation of *Azospirillum brasilense*. The experiment was conducted under no-tillage system in a Rhodic Hapludox soil, the municipality of Selvíria-MS, during the off-season, 2015. The experimental design was a randomized complete block with four replications and 2 x 2 factorial scheme (two corn hybrids (DKB 350 VT PRO and DKB 390 VT PRO), with and without seed inoculation by *Azospirillum brasilense*). The plots were 20 m long with six rows, spaced by 0.45 m. The crop was harvested at physiological maturity, dry mass and micronutrients concentration in the grains were determined for the subsequent accumulation of micronutrients in the grains. There were no significant differences for micronutrients accumulation in the grains of both corn hybrids except boron. The accumulation of micronutrients in the grains do not differ between the two corn hybrids, except for B. The simple corn hybrid (DKB 390) removal more B per area to the grain than that of triple corn hybrid (DKB 350), regardless of inoculation. Inoculation of corn hybrids with *Azospirillum brasilense* (via seed) removal lower amount of B and Cu through grains, regardless of the hybrid.

**KEYWORDS:** micronutrients removal; *Zea mays*; *Azospirillum brasilense*; inoculation.

### 1 | INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) se destaca como uma das culturas de elevada importância econômica e social, devido principalmente à sua diversidade de uso e abrangência de cultivo. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial deste cereal. A produção nacional em 2016/17 foi de 88,4 milhões de toneladas de grãos em uma área de 14,2 milhões de hectares cultivados (CONAB, 2018).

A inoculação de espécies vegetais com determinados microrganismos promotores de crescimento e/ou diazotróficos, tem sido estudada buscando maneiras de aumentar o aproveitamento de fertilizantes pelas plantas (maior volume do sistema radicular devido ao efeito hormonal), a produtividade de grãos e até enriquecimento de grãos em nutrientes.

Araújo (2008), relata que as bactérias do gênero *Azospirillum* apresentam as seguintes vantagens: antagonismo a agentes patogênicos; produção de fitormônios; pouca sensibilidade às variações de temperatura e ocorrência em todos os tipos de solo e clima. Neste sentido torna-se interessante o desenvolvimento de novas pesquisas com tal gênero.

Devido ao intensivo trabalho do melhoramento genético, existe no mercado constante renovação dos híbridos disponíveis aos agricultores (GUTIÉRREZ et al., 2015). Diferentes materiais genéticos acumulam quantidades distintas de nutrientes.

A falta de informações atuais referentes ao acúmulo de nutrientes por híbridos de alto potencial produtivo para as condições de solos brasileiros, principalmente relacionada aos micronutrientes, justifica a realização de pesquisas que englobem esses genótipos, sendo possível descobrir-se as quantidades que devem ser devolvidas ao solo para manter sua fertilidade (GUTIÉRREZ, 2016). Dessa forma, objetivou-se avaliar o acúmulo de micronutrientes nos grãos de dois híbridos de milho inoculados ou não com *Azospirillum brasilense*.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria - MS.

O tipo climático da região é classificado como Aw de Köppen, com precipitação média anual de 1370 mm, temperatura média anual de 23,5 °C e umidade relativa do ar entre 70 e 80% (média anual).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, argiloso, de acordo com critérios estabelecidos pelo SiBCS (EMBRAPA, 2018), com granulometria na profundidade de 0,00-0,20 m de 420, 50 e 530 g kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, respectivamente, o qual foi cultivado por culturas anuais há mais de 28 anos, sendo os últimos 12 anos em sistema plantio direto. A cultura anterior à semeadura do milho foi o trigo.

### 2.2 Tratamentos e amostragens

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois híbridos de milho, com inoculação ou não das sementes por *Azospirillum brasilense*.

As parcelas experimentais apresentavam 20 m de comprimento com seis linhas espaçadas de 0,45 m, considerando como área útil da parcela apenas as

quatro linhas centrais.

Utilizou-se os seguintes híbridos de milho: o híbrido simples DKB 390 VT PRO, de ciclo precoce (870 GD), grão semiduro amarelo-alaranjado, com população média de 60-65 mil plantas ha<sup>-1</sup>; e o híbrido triplo DKB 350 VT PRO, de ciclo precoce (860 GD), grão semiduro alaranjado, com população média de 65-70 mil plantas ha<sup>-1</sup>; ambos transgênicos (resistentes à lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*)), de alta resistência ao acamamento, alto nível de tecnologia e destinados à produção de grãos (CRUZ et al., 2014).

As sementes foram inoculadas no momento da semeadura (maio/2015) utilizando as estirpes AbV5 e AbV6 de *Azospirillum brasilense* (2x10<sup>8</sup> células viáveis mL<sup>-1</sup>) na dose de 200 mL ha<sup>-1</sup>.

Na maturidade fisiológica da cultura, após a colheita (setembro/2015), foi determinada a massa seca e a concentração de micronutrientes nos grãos (B, Cu, Fe, Mn e Zn) de acordo com metodologia proposta por Malavolta et al. (1997), para posterior cálculo do acúmulo destes micronutrientes nos grãos.

### 2.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias dos tratamentos. Foi utilizado o programa computacional SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Fe e o Zn foram os micronutrientes mais acumulados nos grãos dos híbridos de milho, e o Cu e o B os nutrientes menos acumulados, respectivamente (**Tabela 1**).

	B	Cu <sup>#</sup>	Fe	Mn	Zn
	-----g ha <sup>-1</sup> -----				
<b>Híbridos</b>					
DKB 390 VT PRO	38,09 a	22,94 a	168,72 a	37,81 a	152,29 a
DKB 350 VT PRO	27,66 b	41,14 a	180,62 a	43,21 a	171,34 a
D.M.S. (5%)	8,04	19,43	41,15	9,66	30,06
<b>Inoculação</b>					
Com <i>A. brasilense</i>	26,58 b	19,91 b	181,75 a	41,01 a	164,56 a
Sem <i>A. brasilense</i>	39,17 a	44,17 a	167,59 a	40,01 a	159,07 a
D.M.S. (5%)	8,04	19,43	41,15	9,66	30,06
<b>Teste F</b>					
Híbrido (H)	8,60*	4,49 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	1,60 <sup>ns</sup>	2,05 <sup>ns</sup>

Inoculação (I)	12,54**	7,98*	0,61 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
H x I	0,18 <sup>ns</sup>	1,94 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>	1,99 <sup>ns</sup>
Média geral	32,88	32,04	174,67	40,51	161,82
C.V. (%)	21,63	25,35	20,83	21,09	16,42

Tabela 1 - Acúmulos de micronutrientes nos grãos de híbridos de milho inoculados ou não com *A. brasilense*. Selvíria – MS.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\*\*, \* e <sup>ns</sup>: significativas em  $p < 0,01$ ,  $0,01 < p < 0,05$ , e não significativas, respectivamente.

D.M.S.: diferença mínima significativa; C.V.: coeficiente de variação.

#: dados ajustados pela seguinte equação  $(X + 0,5)^{0,5}$ .

Borges (2006) quando avaliou dois híbridos simples de milho precoces (GNZ2004 e P30F33) em Latossolo Vermelho Distroférico (textura argilosa), também observou que os micronutrientes que apareciam em menores quantidades nos grãos era o Cu, entretanto, o Mn era o micronutriente que manifestava-se em maior quantidade.

Avaliando seis híbridos de milho transgênicos no estado de Illinois, EUA, Bender et al. (2013), observaram em média que Zn e Fe são os micronutrientes com maiores quantidades acumuladas nos grãos e, B e Cu são os que possuem menor quantidade acumulada, no mesmo sentido que o presente trabalho, embora sejam duas condições muito distintas.

O acúmulo de B nos grãos de milho diferiu tanto em relação aos híbridos quanto em relação à inoculação. O híbrido DKB 390 acumulou mais B do que o DKB 350, chegando a acumular cerca de 38% à mais deste nutriente nos grãos. Tal fato pode ter se dado devido ao primeiro ser um híbrido simples, de alto nível tecnológico, elevado potencial produtivo, muito mais exigente nutricionalmente do que o DKB 350 (híbrido triplo, de nível tecnológico menor).

A inoculação com *A. brasilense* reduziu significativamente o acúmulo de B e Cu nos grãos dos híbridos de milho, em 32 e 55%, respectivamente. Porém, para o acúmulo de Cu não houve diferença significativa entre os híbridos.

Para os acúmulos de Fe, Mn e Zn nos grãos não houve diferença significativa entre os tratamentos, mas ainda assim, quando inoculados os híbridos apresentaram maior acúmulo de Fe (incremento de 8%) e Zn (incremento de 3%) nos grãos. Tal fato pode ser interessante quando se pensa em biofortificação agrônômica, uma forma de enriquecer nutricionalmente os grãos e agregar valor aos mesmos. Não houve interação significativa dos tratamentos para nenhum dos micronutrientes estudados.

## 4 | CONCLUSÕES

O acúmulo de micronutrientes nos grãos não difere entre os dois híbridos de milho, exceto para B.

O híbrido simples DKB 390 exporta mais B da área pelos grãos do que o híbrido triplo DKB 350, independente da inoculação.

A inoculação de híbridos de milho com *Azospirillum brasilense* (via semente) proporciona menor exportação de B e Cu por meio dos grãos, independente do híbrido.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. C. **Realidade e perspectivas para o uso de *Azospirillum* na cultura do milho**. Revista informações agronômicas, n. 122, p. 4-6, 2008.

BENDER, R. R.; HAEGELE, J. W.; RUFFO, M. L.; BELOW, F. E. **Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids**. Agronomy Journal, v.105, n.1, p. 161-170, 2013.

BORGES, I. D. **Marcha de absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca em milho**. 2006. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2006.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Décimo primeiro levantamento: safra 2017/2018**. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; QUEIROZ, L. R. **Milho: cultivares para 2013/2014**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php>>. Acesso em: 29 ago. 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Brasília, 2018. 530p.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: A Guide for Its Bootstrap Procedures in Multiple Comparisons**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

GUTIÉRREZ, A. M.; PADILHA, F. A.; SILVA, C. G. M.; RESENDE, A. V.; MOREIRA, S. G.; SIMÃO, E. P. **Teor nos grãos e exportação de micronutrientes pelo milho em dois níveis de investimento tecnológico**. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo – CBCS 2015, Natal-RN. 2015. Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015. 4 p.

GUTIÉRREZ, A. M. **Extração e exportação de micronutrientes em milho transgênico sob dois níveis de adubação em plantio direto no cerrado**. 2016. 51f. Dissertação (Mestrado em Ciências agrárias) – Universidade Federal de São João del-Rei, 2016.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

## PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO POR *Bacillus subtilis* NA CULTURA DA SOJA E FEIJÃO CAUPI EM CASA DE VEGETAÇÃO

Data de aceite: 16/03/2020

Data de Submissão: 29/01/2020

**Aloisio Freitas Chagas Junior**  
Universidade Federal do Tocantins UFT,  
Gurupi – TO.  
<http://lattes.cnpq.br/9286795171322846>

**Gaspar Moreira Braga Junior**  
Universidade Federal do Tocantins UFT,  
Gurupi – TO.  
<http://lattes.cnpq.br/6991334376357860>

**Albert Lennon Lima Martins**  
Universidade Federal do Tocantins UFT,  
Gurupi – TO.  
<http://lattes.cnpq.br/6846570980484580>

**Flávia Luane Gomes**  
Universidade Federal do Tocantins UFT,  
Gurupi – TO.  
<http://lattes.cnpq.br/6868051909051202>

**Manuella Costa Souza**  
Universidade Federal do Tocantins UFT,  
Gurupi – TO.  
<http://lattes.cnpq.br/0256046793020150>

**Thyenny Gleysse Castro Silva**  
Universidade Federal do Tocantins UFT,  
Gurupi – TO.  
<http://lattes.cnpq.br/4500573372223696>

**Gabriel Soares Nóbrega**  
Universidade Federal do Tocantins UFT,

Gurupi – TO.

<http://lattes.cnpq.br/0870938234878939>

**Luciane de Oliveira Miller**  
JCO Bioprodutos,  
Barreiras – BA

<http://lattes.cnpq.br/5742279298482995>

**Andrea Carla Caldas Bezerra**  
JCO Bioprodutos,  
Barreiras – BA

<http://lattes.cnpq.br/0890601376113384>

**Lillian França Borges Chagas**  
Universidade Federal do Tocantins UFT,  
Gurupi – TO.  
<http://lattes.cnpq.br/6412767227344500>

**RESUMO:** O trabalho teve como objetivo verificar a resposta da soja e do feijão caupi a inoculação de *Bacillus subtilis*, inoculados em solo adubado com fosfato natural e em solo sem adubação, em condições de casa de vegetação. Sete isolados de *B. subtilis* foram utilizados e um Mix de uma mistura de 3 cepas, oriundos de isolamento de solos do Cerrado tocantinense. Os isolados de *B. subtilis* foram inoculados diretamente na cova sobre as sementes no momento do plantio em uma quantidade de 1 mL vaso<sup>-1</sup> de uma suspensão bacteriana apresentando concentração mínima de 1 x 10<sup>8</sup>

UFC mL<sup>-1</sup>. Os parâmetros avaliados foram massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca total, número de nódulos e massa seca dos nódulos, teor de fósforo na parte aérea e fósforo disponível no solo. Observou-se que na cultura da soja onde recebeu adubação de fosfato natural os isolados UFTBs 04, UFTBs 05, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX promoveram aumento significativo na biomassa. Nos tratamentos sem adubação com fosfato natural os isolados UFTBs 07 e o MIX foram capazes de promover o maior incremento de biomassa. Os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX mostraram maior eficiência na produção de biomassa do feijão caupi com adubação de fosfato natural, onde não houve adubação os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 04, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX foram eficazes na produção de biomassa. Na soja e no feijão caupi a maioria dos isolados testados proporcionaram um maior teor de P disponível no solo e na parte aérea das plantas. A maioria dos isolados mostrou estar envolvidos diretamente na promoção do crescimento destas culturas quando comparado à testemunha não inoculada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rizobactéria, teor de fósforo, biomassa.

#### GROWTH PROMOTION *Bacillus subtilis* IN THE SOYBEAN CROP AND FEJÃO COWPEA IN THE GREENHOUSE

**ABSTRACT:** The study aimed to verify the response of soybean and cowpea inoculation of *Bacillus subtilis* inoculated in soil fertilized with phosphate rock and soil fertilization, under greenhouse conditions. Seven isolates of *B. subtilis* were used and a mixture of three strains, coming isolation tocantinense cerrado soils. The isolates of *B. subtilis* were applied directly inoculated into the pit on the seed at planting in an amount of 1 mL vaso<sup>-1</sup> bacterial suspension having a minimum concentration of 1 x 10<sup>8</sup> UFC mL<sup>-1</sup>. The parameters evaluated were dry mass of the aerial part, dry root mass, total dry mass, number of nodes and dry weight of nodules, phosphorus content in shoots and available phosphorus in the soil. It was observed that in soybeans where he received natural phosphate fertilizer isolated UFTBs 04, UFTBs 05, UFTBs 06, UFTBs 07 and the MIX promoted significant increase in biomass. In treatments without fertilization with rock phosphate isolated UFTBs 07 and MIX were able to promote greater biomass increment. Isolated UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 06, UFTBs 07 and the MIX showed greater efficiency in biomass production of cowpea with natural phosphate fertilizer where no fertilizer isolated UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 04, UFTBs 06, UFTBs 07 and MIX were effective in producing biomass. In soybean and cowpea most of the isolates tested provided a higher P content available in soil and shoots of plants. Most isolates shown to be directly involved in promoting the growth of these crops when compared to the uninoculated control.

**KEYWORDS:** Rizobacteria, phosphorus, biomass.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os microrganismos encontrados nos solos podem ser divididos de acordo com a influência que causam nas plantas, podendo ser: prejudiciais, benéficos e neutros. Dentre esses microrganismos benéficos existe um grupo chamado rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCPs), que são bactérias que habitam o solo e possuem capacidade de promover o crescimento das plantas e controlar microrganismos fitopatogênicos. Os modos de ação dessas bactérias nas plantas estão ligados a produção de antibióticos, produção de sideróforos, indução de resistência sistêmica, produção de hormônios, fixação assimbiótica de nitrogênio e solubilização de fosfato (MELO, 1998). As RPCPs incluem diferentes espécies pertencentes a diversos gêneros como: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azobacter*, *Arthrobacter*, *Clostridium*, *Hydroganophaga*, *Enterobacter*, *Serratia* e *Azospillum* (BENIZRI et al., 2001).

O fósforo (P) é um nutriente de grande importância para o crescimento e desenvolvimento das plantas, pelo seu papel importante em biomoléculas (ácidos nucleicos, fosfolípidios e nucleotídeos) (BARROSO & NAHAS, 2008). O fósforo também é o macronutriente mais limitante para o crescimento de plantas na produção agrícola em condições brasileiras. Porém os solos podem ter grandes reservas de P total, mas as quantidades disponíveis para as plantas geralmente são pequenas (STEVENSON & COLE, 1999). Os solos altamente intemperizados como são os solos tropicais, são caracterizados por ter baixa disponibilidade de fósforo. A reduzida disponibilidade de fósforo nos solos tropicais decorre da reatividade das formas solúveis de P com cálcio (Ca), ferro (Fe), magnésio (Mg) e alumínio (Al), formando compostos de baixa solubilidade (BARROSO & NAHAS, 2005). As plantas somente conseguem absorver P como ânions ortofosfato, predominantemente nas formas solúveis monobásicos ( $H_2PO_4^-$ ) e dibásicos ( $HPO_4^{2-}$ ). Existem processos naturais que são capazes de tornar o fósforo indisponível em forma disponível, entre os quais se encontra a solubilização microbiana de fosfatos inorgânicos insolúveis já existentes ou adicionados no solo como os fosfatos de rocha (BARROSO, 2006).

Essa solubilização é decorrente da produção de ácidos orgânicos como glucônico, cítrico, glutâmico, oxáltico láctico, fumárico, tartárico e succínico, e também de mecanismo que envolve o crescimento microbiano que favorece a secreção de prótons ( $H^+$ ). Segundo Rodrigues e Fraga (1999), estirpes do gênero *Bacillus* esta entre as bactérias mais eficientes na solubilização de P.

O Brasil possui significativa participação na crescente oferta e demanda de produtos agroindustriais oriundos da cultura da soja. O país tem sido um dos maiores produtores mundiais, com cerca de 120,8 milhões de toneladas de grãos de soja produzidas. O Tocantins figura como o maior estado produtor do grão no

norte do país, com 3,1 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

*Vigna unguiculata* (L.) Walp, popularmente conhecido como feijão caupi ou feijão de corda é uma das culturas mais importantes das regiões Norte e Nordeste, o seu cultivo no Brasil chega a aproximadamente um milhão de hectares, sendo essas duas regiões responsáveis por cerca de 90% da área cultivada total, além de ser uma das principais fontes de proteína para as famílias dessas regiões (SANTOS et al., 2017).

Com o propósito de obter aumento do crescimento e rendimento das plantas, e um maior entendimento da capacidade de microrganismo em solubilizar fosfatos, estudos vêm sendo realizado com a bactéria *Bacillus subtilis*. RAASCH et al. (2013) avaliaram a inoculação de *Bacillus subtilis* em miniestacas de eucalipto, onde se observou o aumento no crescimento das mudas, variando entre 20,3 a 37,2%. Araújo e Carvalho (2009), em seu estudo com tomateiro verificou-se que o tratamento com inoculação de *Bacillus subtilis* aumentou a massa fresca da parte aérea e produção de frutos

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de isolados de *Bacillus subtilis* em relação à promoção de crescimento vegetal em soja (*Glycine max* L.) e feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.), em casa de vegetação.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Microbiologia da UFT – Universidade Federal do Tocantins, campus de Gurupi. Localizado a 11°43'45" S e 49°04'07" W a 278 m de altura.

Foram utilizadas sete cepas de *Bacillus subtilis* da coleção do Laboratório de Microbiologia da UFT, provenientes do isolamento de solos de cerrado em áreas de cultivos no Estado do Tocantins. Foram testados os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 04, UFTBs 05, UFTBs 06, UFTBs 07 separadamente, e um mix dos isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03. Os isolados foram mantidos em crescimento e repicados em meio LB (*Luria-Bertani*).

As culturas utilizadas no experimento foram a soja (*Glycine max* L.) cultivar M 9144 RR e feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.) tipo fradinho.

O experimento foi empregado em vasos plásticos preto com volume de 1,7 L, preenchidos com solo coletado em área de cultivo com as seguintes características: Análise de solo: Ca+Mg 2,55 cmol/dm<sup>3</sup>; Ca 1,80 cmol/dm<sup>3</sup>; Mg 0,75 cmol/dm<sup>3</sup>; Al 0,00 cmol/dm<sup>3</sup>; H+Al 5,54 cmol/dm<sup>3</sup>; K 0,21 cmol/dm<sup>3</sup>; CTC (T) 8,31 cmol/dm<sup>3</sup>; SB 2,76 cmol/dm<sup>3</sup>; K 83,54 mg/dm<sup>3</sup> (ppm); P (Mel) 5,85 mg/dm<sup>3</sup> (PP); V 33,27%; M 0,00%; Mat. Org. 2,56 % 25,59 g/dm<sup>3</sup>; pH CaCl<sub>2</sub> 4,80, H<sub>2</sub>O 5,38.

No experimento onde recebeu adubação de P foi suplementado com 0,3 g/

vaso de fosfato natural insolúvel (ligado) na concentração de 100 mg kg<sup>-1</sup> de solo (65 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>). O concentrado fosfático utilizado foi o Angico, obtido na Galvani (Industria de Fertilizantes de Luiz Eduardo Magalhães - BA, com teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total de 32%.

Foram semeadas seis sementes por vaso para ambas as culturas. Para o feijão caupi foi feita a inoculação com o inoculante Nodubeans espécie *Bradyrhizobium* sp. estirpe SEMIA 6442, inoculante tipo líquido com recomendação de 100 mL de calda para 50 kg de semente. Para a soja a inoculação foi feita utilizando-se o produto Nodusoja10T, inoculante sólido turfoso para soja, contendo a espécie *Bradyrhizobio japonico*. A inoculação das sementes foi feita uma hora antes do plantio na concentração de 100 mL 50 kg<sup>-1</sup> de sementes.

Os isolados de *Bacillus subtilis* foram inoculados aplicando diretamente na cova sobre as sementes no momento do plantio em uma quantidade de 1 mL/vaso, de uma suspensão bacteriana de água destilada e 0,5 de NaCl obtida da raspagem de células apresentando concentração mínima de 1 x 10<sup>8</sup> UFC mL<sup>-1</sup> multiplicadas previamente em placas de petri com meio de cultura sólido LB. Foram feitas as inoculações dos setes isolados separadamente, sendo cada isolado um tratamento e o MIX, em solos com adubação de fosfato natural e sem fosfato natural.

A irrigação foi feita manualmente, fornecendo água para as plantas até a capacidade de campo do solo. Sete dias após o plantio foi feito desbaste deixando apenas uma planta por vaso

As avaliações foram aos 45 dias após o plantio. O solo dos vasos e aderidos a raízes foi retirado com cuidado e colocados para secagem para ser feito a análise de fósforo disponível, em seguida, separou-se o sistema radicular da parte aérea das plantas e as raízes foram lavadas em água corrente para remoção do solo aderido. Os nódulos foram retirados das raízes e contados. Em seguida, o material foi colocado para secagem em estufa com aeração forçada a 75°C até obtenção de massa constante, o material foi pesado para obter a massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST) e massa seca dos nódulos (MSN).

A MSPA foi moída em moinho de facas onde foi retirado amostra para avaliação do teor de fósforo na parte aérea (EMBRAPA, 1997). Com as amostras secas do solo foi determinado o fósforo disponível no solo pelo método de Mehlich<sup>1</sup>.

Com os dados de biomassa determinou-se a eficiência relativa de cada tratamento para cada cultura, calculada segundo a fórmula: ER = (MSPA inoculada com os isolados/MSPA sem inoculante) x 100. Com o teor de fósforo na parte aérea foi determinada a eficiência de utilização de P nas plantas de soja e feijão caupi que de acordo com Rodrigues et al. (2003), pode ser calculada pela seguinte fórmula: EFU-P = [(matéria seca)<sup>2</sup>/(Teor do nutriente)].

Os dados foram submetidos à análise de variância com teste F, e as médias dos tratamentos agrupados pelo teste de Scott-Knott a 1 ou 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico Assistat.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Alguns isolados se mostraram promissores na promoção de crescimento e incremento da matéria seca das culturas (Tabelas 1 e 2). Na cultura da soja (Tabela 1), com adubação de fosfato natural para as características avaliadas de massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) os isolados UFTBs 04, UFTBs 05, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX foram superiores aos demais isolados e a testemunha. Para o número de nódulos e massa seca de nódulos (MSN) nenhum tratamento conseguiu diferir estatisticamente da testemunha.

Nos vasos onde o solo não recebeu adubação de fosfato natural, na cultura da soja para MSPA apenas o isolado UFTBs 07 e o MIX foram superiores ( $p < 0,05$ ) aos outros tratamentos e a testemunha (Tabela 1). Para o parâmetro MSR os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 07 e o MIX tiveram um maior incremento na raiz, com destaque para o isolado UFTBs 07 e MIX. Na MST os isolado UFTBs 07 e o MIX foram os melhores ( $p < 0,01$ ) em relação aos outros tratamentos e a testemunha. Para o Número de nódulos e a MSN nenhum tratamento se diferiu estatisticamente da testemunha, mas podemos destacar o tratamento MIX que teve os melhores valores de NN e MSN, tanto em solo sem fosfato como em solo com adubação de fosfato natural.

Tratamentos	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	NN	MSN (mg)
Com FN					
UFTBs 01	0,51 b	0,40 b	0,91 b	5,0 a	5,3 a
UFTBs 02	0,52 b	0,36 b	0,88 b	4,0 a	4,0 a
UFTBs 03	0,68 b	0,44 b	1,12 b	4,0 a	5,7 a
UFTBs 04	0,89 a	0,65 a	1,54 a	6,7 a	9,3 a
UFTBs 05	0,96 a	0,62 a	1,58 a	6,3 a	11,0 a
UFTBs 06	1,14 a	0,67 a	1,81 a	8,0 a	12,7 a
UFTBs 07	0,91 a	0,58 a	1,49 a	4,7 a	10,3 a
MIX	1,04 a	0,69 a	1,73 a	6,7 a	14,3 a
Testemunha	0,54 b	0,42 b	0,96 b	3,0 a	5,3 a
CV (%)	31,9 *	15,5 **	23,5 **	34,1 <sup>ns</sup>	61,5 <sup>ns</sup>
Sem FN					
UFTBs 01	0,60 b	0,43 b	1,03 b	4,3 a	3,7 a
UFTBs 02	0,55 b	0,44 b	0,99 b	3,3 a	3,7 a
UFTBs 03	0,53 b	0,41 b	0,94 b	3,3 a	3,0 a

UFTBs 04	0,57 b	0,36 c	0,93 b	3,7 a	3,0 a
UFTBs 05	0,62 b	0,34 c	0,96 b	5,3 a	4,7 a
UFTBs 06	0,57 b	0,26 c	0,83 b	4,0 a	3,0 a
UFTBs 07	0,76 a	0,52 a	1,28 a	6,3 a	5,7 a
MIX	0,80 a	0,58 a	1,38 a	6,7 a	6,7 a
Testemunha	0,41 b	0,25 c	0,66 b	4,0 a	4,0 a
CV (%)	18,7 *	15,2 *	14,9 **	35,3 <sup>ns</sup>	43,0 <sup>ns</sup>

Tabela 1: Biomassa e nodulação de soja (*Glycine max* L.) inoculada com *Bacillus subtilis* com e sem adubação com fosfato natural.<sup>1</sup>

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 1\*\* e 5\*% de probabilidade.

Na cultura do feijão caupi (Tabela 2), com adubação de fosfato natural para o parâmetro MSPA os melhores resultados ( $p < 0,01$ ) foram obtidos pelos isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 06, UFTBs 07, com destaque para o isolado UFTBs 01. Para MSR apenas os isolados UFTBs 01, UFTBs 02 e UFTBs 03 foram superiores ( $p < 0,01$ ) aos outros tratamentos e a testemunha. O melhor valor para MST foi obtido pelo isolado UFTBs 01, os isolados UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX foram superiores ( $p < 0,01$ ) aos outros tratamentos e a testemunha. Os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03 e UFTBs 04 foram capazes de produzir uma maior quantidade de nódulos ( $p < 0,01$ ). Para a variável MSN não houve diferença estatística, mas pode-se notar que os maiores valores de MSN foram obtidos pelos tratamentos onde recebeu a inoculação com os isolados UFTBs 04, UFTBs 03, UFTBs 01 e UFTBs 02.

Tratamentos	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	NN	MSN (mg)
<b>Com FN</b>					
UFTBs 01	2,53 a	0,91 a	3,44 a	53,0 a	38,3 a
UFTBs 02	1,22 c	0,68 b	1,90 b	39,3 a	31,3 a
UFTBs 03	1,76 b	0,65 b	2,42 b	33,3 a	41,7 a
UFTBs 04	0,51 d	0,33 c	0,84 d	55,6 a	50,7 a
UFTBs 05	0,46 d	0,18 c	0,64 d	13,6 b	16,0 a
UFTBs 06	0,96 c	0,29 c	1,24 c	25,0 b	25,3 a
UFTBs 07	0,86 c	0,37 c	1,22 c	18,7 b	14,0 a
MIX	0,73 d	0,29 c	1,02 c	16,7 b	15,0 a
Testemunha	0,39 d	0,14 c	0,53 d	9,0 b	14,0 a
CV (%)	29,9 **	29,5 **	21,1 **	41,7 **	51,9 <sup>ns</sup>
<b>Sem FN</b>					
UFTBs 01	1,75 a	0,85 a	2,60 a	27,0 a	36,3 a
UFTBs 02	1,49 a	0,62 a	2,11 a	37,7 a	38,0 a
UFTBs 03	1,46 a	0,81 a	2,27 a	38,0 a	37,3 a
UFTBs 04	1,21 a	0,62 a	1,83 a	16,7 b	10,3 b
UFTBs 05	0,90 b	0,51 b	1,41 b	20,0 a	13,0 b

UFTBs 06	1,54 a	0,66 a	2,20 a	39,0 a	17,0 b
UFTBs 07	1,79 a	0,48 b	2,27 a	41,0 a	37,7 a
MIX	1,35 a	0,71 a	2,06 a	28,0 a	24,0 b
Testemunha	0,46 b	0,45 b	0,91 b	11,0 b	8,0 b
CV (%)	28,8 *	11,5 *	24,5 *	34,6 *	45,1 *

Tabela 2: Biomassa e nodulação de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.) inoculada com *Bacillus subtilis* com e sem adubação com fosfato natural.<sup>1</sup>

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 1\*\* e 5\*% de probabilidade.

Nos vasos onde o solo não recebeu adubação com fosfato natural o único tratamento que não foi superior ( $p < 0,05$ ) à testemunha no incremento da MSPA foi o tratamento onde foi inoculado com o isolado UFTBs 05. Apenas os isolados UFTBs 05 e UFTBs 07 não tiveram um maior incremento na MSR estatisticamente ( $p < 0,05$ ) em relação à testemunha. Para MST os tratamentos onde recebeu a inoculação dos isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 04, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX foram superiores ( $p < 0,05$ ) a testemunha. Em relação ao número de nódulos os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 05, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX proporcionaram uma maior nodulação ( $p < 0,05$ ). Para a variável MSN os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03 e UFTBs 07 foram significativamente melhores ( $p < 0,05$ ).

Quanto à eficiência relativa (ER) (Figura 1), que relaciona a biomassa da parte aérea dos tratamentos inoculados com isolados de *B. subtilis* ao tratamento testemunha sem inoculação, para a cultura da soja com adubação de fosfato natural as melhores médias foram encontradas com a inoculação dos isolados UFTBs 06 e UFTBs MIX com aumento da ER de 111% (UFTBs 06) e 93% (UFTBs) em relação à testemunha. Na soja sem adubação de fosfato natural todos os tratamentos tiveram uma ER superior que a testemunha, com destaque para os tratamentos com o isolado UFTBs 07 com aumento de 85% e o Mix com aumento de 95% em relação à testemunha.

Para o feijão caupi adubado com fosfato natural todos os tratamentos tiveram médias superiores à testemunha, sendo as maiores médias obtidas pelos tratamentos com o isolado UFTBs 01 aonde chegou a 549% a mais que a testemunha e o isolado UFTBs 03 com 351% de aumento em relação à testemunha. Sem adubação de fosfato natural no feijão caupi também todos os tratamentos tiveram maiores médias do que a testemunha sendo os UFTBs 01 e UFTBs 07 com maior ER, com 280% e 289% a mais em relação à testemunha, respectivamente.

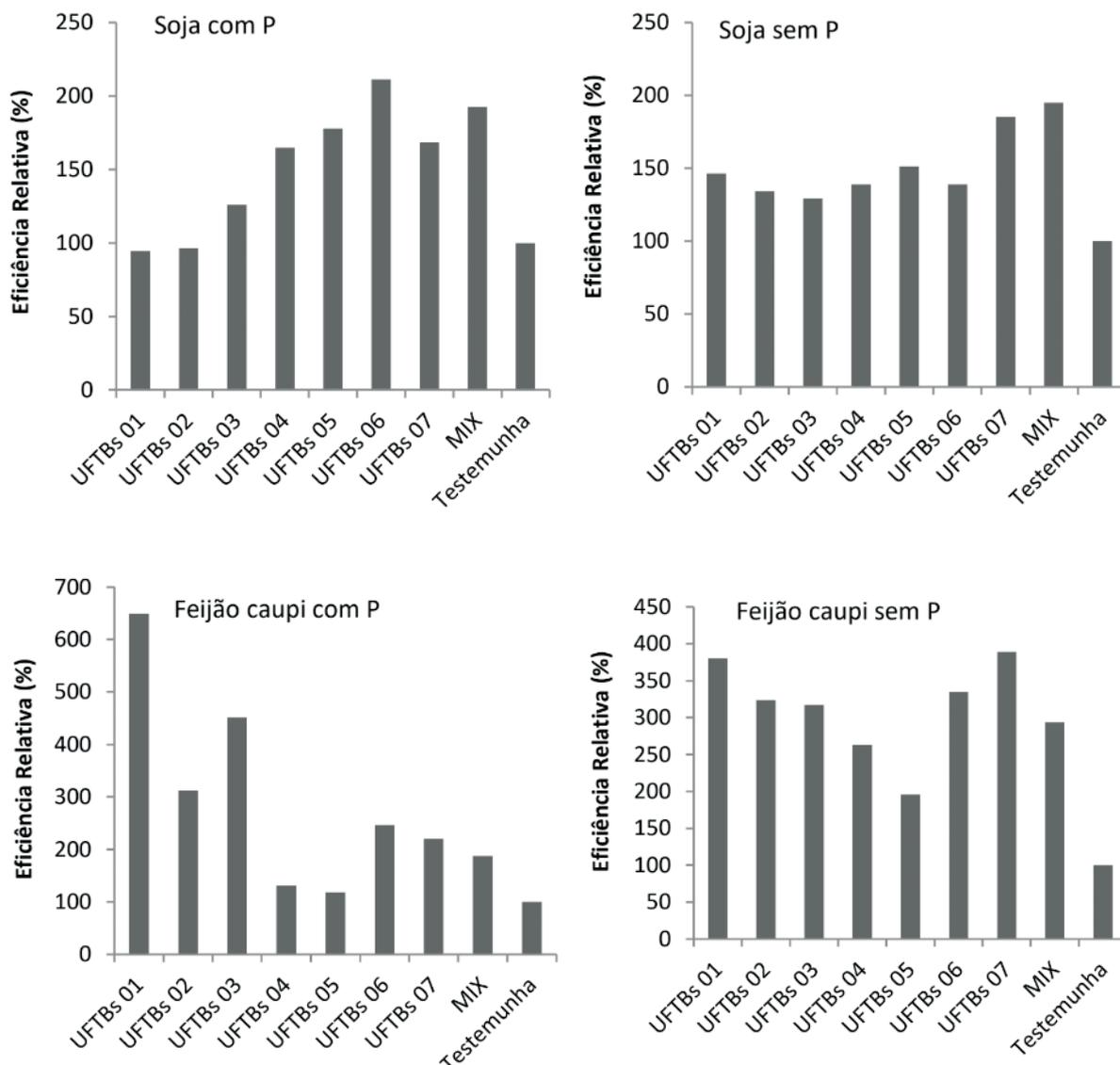


Figura 1: Eficiência relativa da soja e feijão caupi, inoculados com isolados de *Bacillus subtilis* com e sem adubação de fosfato natural em relação à testemunha sem inoculação.

Para o teor de fósforo disponível no solo com a cultura da soja (Tabela 3), em solo sem adubação de fosfato natural os isolados UFTBs 06 e UFTBs 07 foram superiores aos demais ( $p < 0,05$ ), seguido do isolado UFTBs 05 que foi superior à testemunha e aos outros tratamentos. Os isolados UFTBs 06, UFTBs 07 e UFTBs 05 aumentaram o teor de fósforo no solo em relação a testemunha em 43, 38 e 30%, respectivamente. Em solo onde recebeu adubação de fosfato natural na cultura da soja os isolados UFTBs 04, UFTBs 06 e MIX proporcionaram um maior teor de fósforo disponível no solo ( $p < 0,05$ ), seguido dos isolados UFTBs 05, UFTBs 03, UFTBs 02, UFTBs 07 e UFTBs 01 superiores a testemunha sem inoculação de *B. subtilis*. A inoculação com os isolados de *B. subtilis* em solo com adubação de fosfato natural aumentou o teor de fósforo disponível no solo em 57 a 155% em relação à testemunha com adubação de fosfato natural e sem inoculação de *B. subtilis*.

Tratamentos	Sem fosfato natural		Com fosfato natural	
	P (g kg <sup>-1</sup> )	% <sup>2</sup>	P (g kg <sup>-1</sup> )	% <sup>3</sup>
UFTBs 01	4,9 c	104	11,9 b	157
UFTBs 02	4,6 c	98	14,3 b	188
UFTBs 03	4,7 c	100	14,3 b	188
UFTBs 04	5,1 b	109	17,0 a	224
UFTBs 05	6,1 a	130	15,1 a	199
UFTBs 06	6,7 a	143	19,4 a	255
UFTBs 07	6,5 a	138	14,1 b	186
MIX	4,9 c	104	16,5 a	217
Testemunha	4,7 c	100	7,6 c	100
CV (%) <sup>4</sup>	12,2	-	15,3	-

Tabela 3. Valores médios de fósforo no solo cultivado com soja inoculados com *B. subtilis* com e sem adubação com fosfato natural.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Aumento do teor de P nos tratamentos sem adubação com fosfato natural, determinado em relação a testemunha e expresso em porcentagem. <sup>3</sup> Aumento do teor de P nos tratamentos com adubação com fosfato natural, determinado em relação a testemunha e expresso em porcentagem. <sup>4</sup> Coeficiente de variação.

Para o teor de fósforo (P) no solo na cultura do feijão caupi (Tabela 4), onde não recebeu adubação com fosfato natural o isolado UFTBs 05 foi superior aos demais ( $p < 0,05$ ), e junto com os isolados UFTBs 03, UFTBs 06, UFTBs 07 e MIX superiores a testemunha sem inoculação de *B. subtilis*. O aumento no teor de P no solo que os isolados de *B. subtilis* proporcionaram em relação à testemunha variou de 9 a 93%. Em solo onde recebeu adubação de fosfato natural, os tratamentos onde recebeu a inoculação dos isolados UFTBs 05 e MIX obtiveram maiores valores de fósforo disponível no solo em relação aos demais ( $p < 0,05$ ), e junto com os isolados UFTBs 01, UFTBs 03, UFTBs 04 e UFTBs 06 superiores a testemunha. O teor de fósforo disponível no solo aumentou 21 a 287% inoculando isolados de *B. subtilis*, em relação à testemunha onde não recebeu inoculação.

Tratamentos	Sem fosfato natural		Com fosfato natural	
	P (g kg <sup>-1</sup> )	% <sup>2</sup>	P (g kg <sup>-1</sup> )	% <sup>3</sup>
UFTBs 01	5,9 b	111	27,2 c	165
UFTBs 02	5,3 c	100	15,0 d	92
UFTBs 03	6,4 b	121	43,5 b	265
UFTBs 04	5,8 b	109	37,3 b	227
UFTBs 05	10,2 a	193	63,5 a	387
UFTBs 06	7,4 b	140	37,9 b	231
UFTBs 07	6,7 b	126	19,9 d	121
MIX	6,3 b	119	51,0 a	311
Testemunha	5,3 c	100	16,4 d	100

CV (%) <sup>4</sup>	11,1	-	14,3	-
---------------------	------	---	------	---

Tabela 4. Valores médios de fósforo no solo cultivado com feijão caupi inoculados com *B. subtilis* com e sem adubação com fosfato natural.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Aumento do teor de P nos tratamentos sem adubação com fosfato natural, determinado em relação a testemunha e expresso em percentagem. <sup>3</sup> Aumento do teor de P nos tratamentos com adubação com fosfato natural, determinado em relação a testemunha e expresso em percentagem. <sup>4</sup> Coeficiente de variação.

Para a variável teor de fósforo na parte aérea na cultura da soja (tabela 5), sem adubação de fosfato natural o isolado UFTBs 07 proporcionou o maior teor do P ( $p < 0,05$ ) em relação aos outros isolados e a testemunha, aumentando 58 % o teor de fósforo em relação a testemunha. Quanto à eficiência de utilização de fósforo (EFU-P), os maiores valores ( $p < 0,05$ ) foram encontrados pelos tratamentos onde foi inoculado *B. subtilis*, destaque para o Mix. O aumento na percentagem de EFU-P que os isolados testados proporcionaram em relação à testemunha variou de 67 a 256 %. O teor de fósforo na parte aérea para soja, onde o solo foi adubado com fosfato natural, foi maior nos isolados UFTBs 04 e UFTBs 06, seguido do UFTBs 05 e MIX superiores aos outros tratamentos e a testemunha com adubação de fosfato natural e sem inoculação de *B. subtilis*. Os maiores valores de EFU-P encontrado foram pelos UFTBs 07 e MIX. O aumento na percentagem de EFU-P entre os isolados de *B. subtilis* em relação à testemunha variou de 8 a 150%.

Tratamentos	P (g kg <sup>-1</sup> )	% <sup>2</sup>	EFU-P	% <sup>3</sup>
<b>Sem fosfato natural</b>				
UFTBs 01	2,0 b	105	0,18	200
UFTBs 02	1,9 b	100	0,16	178
UFTBs 03	1,9 b	100	0,15	167
UFTBs 04	1,7 b	90	0,19	211
UFTBs 05	2,0 b	105	0,19	211
UFTBs 06	1,9 b	100	0,17	189
UFTBs 07	3,0 a	158	0,19	211
MIX Bs	2,0 b	105	0,32	356
Testemunha	1,9 b	100	0,09	100
CV (%) <sup>4</sup>	8,9	-	-	-
<b>Com fosfato natural</b>				
UFTBs 01	1,6 cd	64	0,16	133
UFTBs 02	2,9 c	116	0,09	75
UFTBs 03	3,7 b	148	0,13	108
UFTBs 04	5,0 a	200	0,16	133
UFTBs 05	4,3 b	172	0,21	175
UFTBs 06	5,6 a	224	0,23	192
UFTBs 07	2,8 c	112	0,30	250
MIX	3,9 b	156	0,28	233

Testemunha	2,5 c	100	0,12	100
CV (%) <sup>4</sup>	9,8	-	-	-

Tabela 5. Valores médios de teor de fósforo na parte aérea (P) e eficiência de utilização de fósforo (EFU-P) em soja inoculados com *B. subtilis* com e sem adubação com fosfato natural.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Aumento do teor de P, determinado em relação a testemunha, calculado como acréscimo no teor de P na parte aérea da soja e expresso em percentagem. <sup>3</sup> Aumento na eficiência de utilização de P (EFU-P), determinado em relação a testemunha, calculado como acréscimo na EFU-P pela soja e expresso em percentagem. <sup>4</sup> Coeficiente de variação.

Para a variável o teor de P na parte aérea do feijão caupi (Tabela 6), em solo sem adubação de fosfato natural, os isolado UFTBs 01 foi superior aos demais ( $p < 0,05$ ), e junto com os isolados UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 04, UFTBs 07 e MIX superiores a testemunha sem inoculação de *B. subtilis*. O aumento no teor de P entre os isolados de *B. subtilis* em relação à testemunha variou de 8 a 75%. Quanto à eficiência de utilização de fósforo (EFU-P), os maiores valores ( $p < 0,05$ ) foram encontrados para os isolados UFTBs 07 e UFTBs 06, seguidos pelos isolados UFTBs 01, UFTBs 03, UFTBs 02, MIX, UFTBs 04 e UFTBs 05, superiores a testemunha. O aumento na percentagem de EFU-P entre os isolados de *B. subtilis* em relação à testemunha sem inoculação variou de 280 a 1240%. O teor de fósforo na parte aérea para feijão caupi, onde o solo foi adubado com fosfato natural, foi maior no isolado UFTBs 07, e junto com UFTBs 02, UFTBs 06 e MIX superiores a testemunha com adubação de fosfato natural e sem inoculação de *B. subtilis*. O aumento no teor de P entre os isolados de *B. subtilis* em relação à testemunha variou de 6 a 92%. Os maiores valores de EFU-P encontrado foram pelos UFTBs 01 e UFTBs 03. O aumento na percentagem de EFU-P entre os isolados de *B. subtilis* em relação à testemunha variou de 67 a 2833%.

Tratamentos	P (g kg <sup>-1</sup> )	% <sup>2</sup>	EFU-P	% <sup>3</sup>
<b>Sem fosfato natural</b>				
UFTBs 01	7,0 a	175	0,44	880
UFTBs 02	5,3 b	133	0,42	840
UFTBs 03	4,9 b	123	0,44	880
UFTBs 04	5,4 b	135	0,27	540
UFTBs 05	4,3 b	108	0,19	380
UFTBs 06	4,3 b	108	0,55	1100
UFTBs 07	4,8 b	120	0,67	1340
MIX Bs	4,8 b	120	0,38	760
Testemunha	4,0 c	100	0,05	100
CV (%) <sup>4</sup>	11,6	-	-	-
<b>Com fosfato natural</b>				
UFTBs 01	7,3 b	155	0,88	2933

UFTBs 02	5,8 c	123	0,26	867
UFTBs 03	5,0 c	106	0,62	2067
UFTBs 04	5,3 c	113	0,05	167
UFTBs 05	4,3 d	92	0,05	167
UFTBs 06	6,1 c	130	0,15	500
UFTBs 07	9,0 a	192	0,08	267
MIX Bs	5,8 c	123	0,09	300
Testemunha	4,7 d	100	0,03	100
CV (%) <sup>4</sup>	12,1	-	-	-

Tabela 6. Valores médios de teor de fósforo na parte aérea (P) e eficiência de utilização de fósforo (EFU-P) em feijão caupi inoculados com *B. subtilis* com e sem adubação com fosfato natural.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Aumento do teor de P, determinado em relação a testemunha, calculado como acréscimo no teor de P na parte aérea do feijão caupi e expresso em percentagem. <sup>3</sup> Aumento na eficiência de utilização de P (EFU-P), determinado em relação a testemunha, calculado como acréscimo na EFU-P pelo feijão caupi e expresso em percentagem. <sup>4</sup> Coeficiente de variação.

Pelos resultados pode-se ver um maior incremento de MSPA, MSR e MST que alguns dos isolados de *B. subtilis* testados proporcionaram tanto para a soja como para o feijão caupi. Esse aumento pode estar ligado aos vários mecanismos pelos qual essa bactéria atua como a produção de ácido cianídrico, fitohormônios, enzimas, na disponibilização de nutrientes (P e N), atuando no controle biológico de fitopatógenos, entre outros. O incremento proporcionado pode ter relação pela capacidade das rizobactérias em produzir reguladores de crescimento de plantas (RCPs), que são substâncias orgânicas que influenciam os processos fisiológicos de plantas em baixas concentrações (MELO, 1998). Cerqueira et al. (2015) em seu trabalho utilizando quatro isolados de *Bacillus* spp. realizou testes *in vitro* onde confirmou a produção de AIA, ARA e ACC-deaminase por esses isolados. Saharan (2011) em seu trabalho observou que espécies de *Bacillus* contribuíram para melhoria de diferentes parâmetros de raiz, tal como o enraizamento, comprimento de raízes e teor de matéria seca, e que a inoculação com isolados produtores de AIA, aumentou a absorção de alguns nutrientes, promovendo o crescimento da bata doce e maior enraizamento de mudas de eucalipto.

Araújo et a. (2005), utilizando isolados de *B. subtilis* constatou que o isolado AP-3 aumentou a produção de pêlos radiculares, enquanto que o isolado PRBS-1 aumentou as raízes laterais na soja.

Um fator pelo qual os isolados testados podem ter atuado para aumento no incremento da biomassa é na disponibilidade e solubilização de nutrientes como o fósforo e o nitrogênio. Além disso, outros mecanismos que estimulam o crescimento das plantas estão também relacionados com o metabolismo microbiano no solo, tais como a produção de enzimas nitrogenase, quitinases e glucanases (CATTELAN et al., 1999).

Araújo et al. (2012) reportaram em seu trabalho utilizando o feijão caupi cultivar BRS Guariba, que a simples inoculação de *B. subtilis* (PRBS-1) proporcionou o maior aumento no crescimento da planta, maior fixação de N e não afetou a nodulação, aos 40 e 55 dias após a semeadura.

Araújo (2008), em seu trabalho utilizando *B. subtilis* (estirpe PRBS-1) formulado com farinha de ostras em casa de vegetação, verificou um aumento na emergência da cultura do algodão e soja, também constatou um maior incremento na matéria seca do milho aos 40 dias após a emergência, maior concentração de fósforo nas folhas de algodão e milho, e maior teor de nitrogênio nas folhas de milho. Lazzareti e Melo (2005) verificaram que a utilizaram *B. subtilis* via semente promoveu um aumento na nodulação, e aumento significativo no peso da matéria seca das raízes (89%) e parte aérea (83%) na cultura do feijoeiro.

Em relação ao NN e MSN para a cultura da soja nenhum tratamento se diferiu estatisticamente tanto em solo com adubação de fosfato natural como sem, porém os melhores valores foram encontrado com a co-inoculação dos isolados de *B. subtilis*. Araújo e Hungria (1999) ao co-inocular *B. subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum* em experimento em campo com a soja, foi constatado no estágio V3, que a co-inoculação de *B. japonicum* com metabólitos formulados de *B. subtilis* aumentou significativamente o número de nódulos, em 59% em relação ao tratamento não inoculado e em 27% em relação à inoculação exclusivamente de *Bradyrhizobium*, resultando ainda em uma maior MSN.

Para o NN e MSN na cultura do feijão caupi em solo com e sem adubação de fosfato natural todos os tratamentos que receberam a co-inoculação com isolados de *B. subtilis* obtiveram maior produção. Araújo et al. (2010) em experimento com feijão caupi avaliando a co-inoculação de *B. subtilis* e *Bradyrhizobium* mostrou que nos tratamentos inoculados, houve um aumento na nodulação do feijão-caupi com a co-inoculação, sugerindo uma influência do *Bacillus subtilis* na promoção de nodulação pela *Bradyrhizobium* inoculado.

Segundo Araújo e Hungria (1999), desde que os metabólitos do *Bacillus* não sejam tóxicos ao rizóbio, a coinoculação de ambos pode influenciar o aumento da nodulação. Ele relata que essa influência pode se dar pela contribuição no aumento de competitividade da bactéria inoculada, pelo aumento dos sítios de infecção e pela ação inibitória do crescimento de fungos patogênicos nas raízes.

A maioria dos isolados de *B. subtilis* testado nesse estudo influenciou no teor de fósforo na parte aérea e na disponibilidade desse nutriente no solo, tanto quando adubado com fosfato natural como também sem adubação. Isso demonstra que nesses tratamentos pode ter ocorrido algum evento no solo como aumento de atividade enzimática (fosfatases) ou maior disponibilização do fosfato natural que proporcionou aumento na disponibilidade do nutriente no solo. Segundo Rodriguez

e Fraga (1999) as estirpes do gênero *Pseudomonas*, *Bacillus* e *Rhizobium* estão entre as bactérias com maior potencial em solubilização de fósforo. Essas bactérias solubilizadoras de fósforo atua sobre o fosfato insolúvel por meio de fosfatases, principalmente fosfatases ácidas, com a produção de ácidos orgânicos e inorgânicos e/ou redução do pH, obtendo-se assim o fosfato disponível para a planta (VASSILEV & VASSILEVA, 2003).

Mesmo sendo o fosfato natural Angico (32% de  $P_2O_5$ ), utilizado no presente estudo, uma fonte pouco solúvel, resultou em uma maior disponibilidade de fosforo no solo comparado ao experimento onde não houve adubação de fosfato natural. Alguns isolados de *B. subtilis* quando comparado os experimentos com fosfato natural e sem fosfato natural proporcionou um maior teor de P na parte area onde foi adubado.

As leguminosas têm uma maior facilidade em absorver P, proveniente de fosfato natural do que outras famílias de plantas, por serem plantas acidófilas, isto é, acidificam a rizosfera, devido a troca de íons em seu sistema radicular, deixando grande concentração de  $H^+$  na área das proximidades da raiz.

Araújo (2008) ao observar a concentração de fósforo, nas folhas de algodão e milho, verificou que quando as sementes foram inoculadas com *B. subtilis* (BSFO) foi significativamente maior quando comparada ao tratamento testemunha sem inoculação. Andrade (2012) em seu trabalho verificou que diferentes espécies de bactérias do gênero *Bacillus*, entre elas *B. subtilis*, apresentaram *in vitro* capacidade de solubilização de fosfato de cálcio insolúvel. Gaing e Gaur (1991) em seu experimento verificou que um isolado de *B. subtilis* foi capaz de promover o aumento de biomassa, produção de grãos e absorção de P e N na cultura do feijão desenvolvido em solo de campo deficiente em P, adubado com fosfato de rocha.

Com isso, pode-se justificar o ganho de biomassa e maior teor de fósforo na cultura da soja e do feijão caupi, quando inoculado com os isolados de *B. subtilis*, pela provável síntese ou estímulo da produção de fitormônios, como também pela solubilização de fosfato, atuando tanto no P indisponível existente no solo como também no suplementado por fosfato natural, como visto no estudo, proporcionando uma maior quantidade de fósforo disponível no solo para a planta. Assim, a maioria dos isolados de *B. subtilis* testados nesse trabalho demonstrou potencialidade para promoção de crescimento de plantas como também na solubilização de fosfato. Estudos futuros devem ser feitos para verificar a real eficácia desses isolados em campo como também em testes *in vitro*.

## 4 | CONCLUSÕES

Na cultura da soja onde recebeu adubação de fosfato natural os isolados UFTBs 04, UFTBs 05, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX promoveram o crescimento da cultura, no experimento onde não foi adubado com fosfato natural os isolados UFTBs 07 e o MIX foram capazes de promover o maior incremento no crescimento da planta.

Os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX mostraram maior eficiência na produção de biomassa do feijão caupi com adubação de fosfato natural, onde não houve adubação os isolados UFTBs 01, UFTBs 02, UFTBs 03, UFTBs 04, UFTBs 06, UFTBs 07 e o MIX foram eficazes na produção de biomassa.

Na soja e no feijão caupi a maioria dos isolados testados proporcionaram um maior teor de P disponível no solo e na parte aérea das plantas, tanto em solo suplementado com fosfato natural como também em solo sem adubação.

## REFERENCIAS

ANDRADE, L. F. **Bactérias endofíticas em bananeira Prata Anã: fixação de nitrogênio, solubilização de fosfato e produção de ácido indol-3-acético.** 2012. 79f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido)-Universidade Estadual de Montes Claros, 2012.

ARAÚJO, F. F.; HUNGRIA, M. **Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum* / *Bradyrhizobium elkanii*.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.34, n.9, p.1633-1643, 1999.

ARAÚJO, F. F. et al. **Phytohormones and antibiotics produced by *Bacillus subtilis* and their effects on seed pathogenic fungi and on soybean root development.** World Journal of Microbiology & Biotechnology, Dordrecht, v.21, p.1639-1645, 2005.

ARAÚJO, F. F. **Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão.** Ciência e Agrotecnologia, v.32, p.456-462, 2008.

ARAÚJO, F. F.; CARVALHO, M. H. M. **Crescimento de tomateiro após tratamento de mudas com *Bacillus subtilis* e Carbofuran.** Bioscience Journal, v.25, n.4, p. 59-64, 2009.

ARAÚJO, A. S. F. D. et al. **Coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucena: efeito sobre a nodulação, a fixação de N<sub>2</sub> e o crescimento das plantas.** Ciência Rural, v.40, n.1, p.182-185, 2010.

ARAÚJO, F. F. et al. **Inoculação do feijão-caupi com rizobactérias promotoras de crescimento e desempenho na produção de biomassa.** Pesquisa Agropecuária Pernambucana, v.17, n.1, p.53-58, 2012.

BARROSO, C. B. **Produção de pellets livres e imobilizados e mecanismo de solubilização de fosfatos inorgânicos por *Aspergillus* Níger.** 2006. 94 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2006.

BARROSO, C. B.; NAHAS, E. **The status of soil phosphate fractions and the ability of fungi to**

- dissolve hardly soluble phosphates.** Applied Soil Ecology, v.29, n.1, p.73-83, 2005.
- BARROSO, C. B.; NAHAS, E. **Solubilização do fosfato de ferro em meio de cultura.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, n.4, p.529-535, 2008.
- BENIZRI, E. et al. **Root colonization by inoculated plant growth-promoting rhizobacteria.** Biocontrol Science and Technology, Oxford, v.11, p.557-574, 2001.
- CATTELAN, A. J. et al. **Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth.** Soil Science Society American Journal, Madison, v.63, p.1670-1680, 1999.
- CERQUEIRA, W. F. et al. **Influência de bactérias do gênero *Bacillus* sobre o crescimento de feijão comum (*phaseolus vulgaris* L.).** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11, n.20, 2015
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** Brasília: Conab, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acessado em 25 de novembro de 2019.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CNPS, 1997. 212 p.
- GAING, S.; GAUR, A. C. **Thermotolerant phosphate solubilizing microorganisms an their interation with mung bean.** Plant and Soil, v.133, p.141-149,1991.
- LAZZARETTI, E; MELO, I. S. **Influência de *Bacillus subtilis* na promoção de crescimento de plantas e nodulação de raízes de feijoeiro.** Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 22f. 2005.
- MELO, I. S. **Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: descrição e potencial de uso na agricultura.** Ecologia Microbiana. EMBRAPA Meio Ambiente, Jaguariuna, p.86-116, 1998.
- RAASCH, L. D. et al. ***Bacillus subtilis*: enraizamento e crescimento de miniestacas de eucalipto em Sinop, norte de Mato Grosso, Brasil.** Bioscience Journal, v.29, p.1446-1457, 2013.
- RODRIGUEZ, H.; FRAGA, R. **Phosphate solubilizing bactéria and their role in plant growth promotion.** Biotechnology Advances, v.17, p.319-339, 1999.
- RODRIGUES, L. A. et al. **Uso de micorrizas e rizóbio em cultivo consorciado de eucalipto e sesbânia. II- Absorção e eficiência de utilização de fósforo e frações fosfatadas.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, n.4, p.593-599, 2003.
- SAHARAN, B. S. **Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review.** Life Sciences and Medicine Research, p. 1-30, 2011.
- SANTOS, L. A. C. et al. **Crescimento de cultivares de feijão-caupi em solo de terra firme e várzea.** Ambiência Guarapuava, v.13, n.1, p.261-270, 2017.
- STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. **Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients.** 2. Ed. New York: Wiley & Sons, 1999.
- VASSILEV, N.; VASSILEVA, M. **Biotechnological solubilization of rock phosphate on media containing agro-industrial wastes.** Applied Microbiology and Biotechnology, Newcastle University, v.61, p.435-440, 2003.

## TEORES DE FÓSFORO NO SOLO DE ÁREAS COM APLICAÇÃO CONTÍNUA DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS NO SUL DO BRASIL

Data de aceite: 16/03/2020

### **Vanessa Luana Thomas**

Instituto Federal Farroupilha, Campus Santa Rosa  
Santa Rosa – Rio Grande do Sul.

### **Eliana Aparecida Cadoná**

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de  
Agronomia Eliseu Maciel, Departamento de Solos  
Pelotas – Rio Grande do Sul

### **Cledimar Rogério Lourenzi**

Universidade Federal de Santa Catarina,  
Centro de Ciências Agrárias, Departamento de  
Engenharia Rural  
Florianópolis – Santa Catarina

### **Ramiro Pereira Bisognin**

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul,  
Regional IV  
Três Passos – Rio Grande do Sul

### **Danni Maisa da Silva**

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul,  
Regional IV  
Três Passos – Rio Grande do Sul

### **Julio Cesar Grasel Cezimbra**

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul,  
Regional IV  
Três Passos – Rio Grande do Sul

### **Daniel Erison Fontanive**

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul,  
Regional IV  
Três Passos – Rio Grande do Sul

### **Maiara Figueiredo Ramires**

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul,  
Regional IV

Três Passos – Rio Grande do Sul

### **Renan Bianchetto**

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul,  
Regional IV

Três Passos – Rio Grande do Sul

### **Eduardo Lorensi de Souza**

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul,  
Regional IV

Três Passos – Rio Grande do Sul

**RESUMO:** A suinocultura ocupa lugar de destaque na economia dos Estados do Sul do Brasil, especialmente para a região noroeste do Rio Grande do Sul, pois é fortemente desenvolvida em propriedades da agricultura familiar. Essa atividade possui grande concentração de suínos por área e, conseqüentemente, elevada geração de dejetos que, na maioria das vezes, são aplicados ao solo como forma de adubação. Neste contexto, no presente trabalho objetivou-se avaliar os teores de fósforo (P) disponíveis no solo, em áreas com uso de dejetos líquido de suínos (DLS). Para isso, foram realizadas coletas de solo, na camada 0-5 cm e 5-10 cm, em três áreas que recebem aplicações contínuas de dejetos, comparadas com área que não recebem. Os

resultados obtidos demonstram que as áreas que recebem aplicação de dejetos em quantidades excessivas, causam acúmulo de P em ambas as camadas de 0-5 e 5-10 cm, dependendo do manejo e época do ano. Esse P pode ser carreado juntamente com o solo em processos pluviométricos, causando desequilíbrio nos corpos hídricos superficiais e subterrâneos. A prática da adubação orgânica com DLS é comum e ocorre com frequência em doses elevadas, aumentando os riscos de poluição de corpos hídricos por P, devido também a pouca profundidade do solo analisado. Logo, conclui-se que a prática, apesar de aparentemente benéfica ao solo, quando mal gerenciada pode acarretar em contaminação dos corpos hídricos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Suinocultura. Dejetos. Fósforo disponível.

## PHOSPHORUS CONTENTS IN THE SOIL OF ÁREAS WITH CONTINUOUS APPLICATION OF SWINE MANURE IN SOUTHERN BRAZIL.

**ABSTRACT:** Pig farming occupies a prominent place in the economy of the southern states of Brazil, especially in the northwest of Rio Grande do Sul, as it is strongly developed in family farms. This activity has a large concentration of pigs per area and, consequently, high generation of manure that, in most cases, is applied to the soil as a form of fertilization. In this context, the present work aimed to evaluate the phosphorus (P) levels available in the soil, in areas with use of swine liquid manure (DLS). For this, soil samples were collected in the 0-5 cm and 5-10 cm layer, in three areas that receive continuous applications of waste, compared to areas that do not receive. The results show that the areas that receive application of waste in excessive amounts, cause accumulation of P in both layers of 0-5 and 5-10 cm, depending on the management and time of year. This P can be carried along with the soil in rainfall processes, causing imbalance in surface and underground water bodies. The practice of organic fertilization with DLS is common and often occurs at high doses, increasing the risks of water body pollution by P, also due to the shallow depth of the analyzed soil. Therefore, it is concluded that the practice, although apparently beneficial to the soil, when poorly managed can lead to contamination of water bodies.

**KEYWORDS:** Pig farming. Pig slurry. Available phosphorus.

## 1 | INTRODUÇÃO

A suinocultura brasileira é uma atividade de extrema importância econômica e na produção de alimentos, ocupando lugar de destaque nos estados do Sul do Brasil, especialmente em Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS), correspondendo a 47% dos abates em território nacional (ABPA, 2016). Esse sistema de produção é desenvolvido geralmente em pequenas propriedades, especialmente na agricultura familiar, ocorrendo de maneira intensiva, o que gera grandes volumes de dejetos

líquidos de suínos (DLS) (PANDOLFO et al., 2008).

Nas unidades produtoras, o manejo mais usual dos DLS é a aplicação em áreas agricultáveis como forma de adubação orgânica e/ou complementação aos fertilizantes minerais, devido o aumento da fertilidade e disponibilidade de nutrientes no solo que a aplicação proporciona. Segundo Lourenzi et al. (2016), os DLS são ricos em macronutrientes como fósforo (P), nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), entre outros, essenciais às plantas, bem como micronutrientes como cobre (Cu) e zinco (Zn). Esta prática também promove o aumento da atividade biológica, levando ao aumento da biomassa microbiana, maior incorporação do carbono e da matéria orgânica do solo (MANDO et al., 2015).

Conforme Audette et al. (2016), os efeitos das alterações de P no solo e sua disponibilidade para as plantas são fatores que influenciam a química do P no solo. Dessa forma, a dinâmica e a interação do P e seus resultados são determinados por fatores variáveis de acordo com características do local e do tipo de solo. No solo, o P dos DLS é adsorvido com alta energia de ligação na fração argilosa, devido às cargas que ela possui, ocorrendo principalmente por meio de liberação e ligação de íons fosfatos ( $H_2PO_4^-$  ou  $HPO_4^{2-}$ ) o que pode variar conforme o pH do solo (GATIBONI et al., 2015). Assim, espera-se que ao longo dos anos, as aplicações contínuas de P na superfície do solo possam ocupar as superfícies de adsorção, reduzindo sua energia de ligação e, conseqüentemente, aumentando sua dessorção e disponibilidade (GATIBONI et al., 2015).

Desta maneira, aplicações sucessivas de DLS, muitas vezes com suprimento de nutrientes acima das necessidades das culturas, podem promover acúmulos excessivos de P no solo, o que potencializa a transferência desse elemento por escoamento superficial e percolação e/ou lixiviação, e, conseqüentemente, pode contaminar mananciais de águas superficiais e subsuperficiais (GIROTTI et al., 2013). Neste contexto, o presente estudo teve por objetivo avaliar os teores de P disponíveis em diferentes posições da paisagem, em áreas agrícolas com histórico de aplicação contínua de DLS em comparação com uma área de preservação permanente.

## 2 | METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido em uma propriedade suinícola (27° 24' 36'' S, 53° 54' 36'' W) no Município de Três Passos/RS. O clima da região é classificado como Cfa, segundo Köppen, e o solo da propriedade utilizada é um Neossolo Litólico (SANTOS et al., 2013). Os dados de precipitação e temperatura média do período de estudo foram obtidos da Estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no município de Santo Augusto, distante 51

km de Três Passos, resultando em 698 mm e 18,4 °C, respectivamente, no período entre julho e dezembro de 2016, conforme Figura 1.

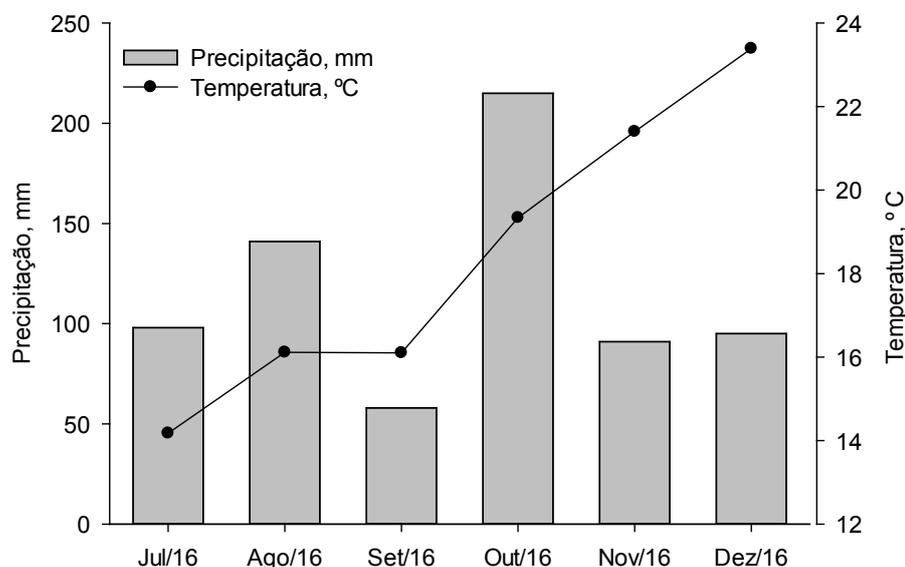


Figura 1. Temperatura e precipitação observada no período de estudo.

Fonte: INMET.

A propriedade de estudo possui 18,5 ha de área, onde é desenvolvida a atividade suinícola associada a atividade leiteira, sendo a primeira desempenhada a, aproximadamente, seis anos. As áreas agrícolas que recebem aplicações de DLS são utilizadas para pastagens perenes, compostas por grama tifton (*Cynodon spp.*) e lavouras de rotação, onde após o término do cultivo do fumo (*Nicotiana tabacum*) iniciava-se o cultivo do milho (*Zea mays* L.).

O sistema de confinamento utilizado na propriedade é do tipo terminação, onde cada lote apresenta 500 suínos, sendo produzidos/terminados 2,5 lotes ano<sup>-1</sup>. Após a capacidade de armazenamento da esterqueira chegar próximo de seu limite, os DLS são aplicados no solo das áreas agrícolas com pastagens anuais e perenes, utilizadas para alimentação do gado leiteiro, bem como nas culturas do milho e fumo.

Foram avaliadas quatro áreas na propriedade, sendo: (i) Pastagem 1 (P1), que durante o período de estudo esteve com desenvolvimento de gramínea anual do tipo tifton; (ii) Pastagem 2 (P2), que esteve com gramínea anual conhecida popularmente como capim colômbio (*Panicum maximum*); (iii) Fumo (*Nicotiana tabacum*) (F), que foi acompanhada durante o período de estudo desde o preparo para o plantio até a colheita e; (iv) Área de Preservação Permanente (APP), que não recebia aplicação de DLS, sendo a área de referência do estudo. As áreas P1 e P2 são utilizadas para

pastejo do gado leiteiro, a área F é utilizada em sistema de rotação com milho. Nas áreas P1, P2 e F a adubação é realizada com DLS faz 7 anos, sendo aplicados mensalmente as doses de 7, 28 e 28 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

O estudo foi desenvolvido no período de julho a dezembro de 2016, sendo realizadas três coletas de solo nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm, nos meses de ago/16, out/16 e dez/16, observando-se o período de desenvolvimento da cultura do fumo e pastagem anual, que recebem aplicações de DLS com maior frequência. Em cada área, foram realizadas coletas em pontos estratégicos, de forma a abranger partes mais altas (montante), porção média e mais baixas do terreno (jusante), em função da declividade do local.

As amostras de solo coletadas nas diferentes camadas foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solos, Águas e Tecidos Vegetais da Universidade Federal de Santa Catarina, onde foram secas ao ar livre e peneiradas na fração 2 mm, que corresponde a Terra Fina Seca ao Ar – TFSA. Nesta mesma fração TFSA foram determinados os valores de pH (Tabela 1), conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995), e Carbono Orgânico Total - COT (Tabela 1), conforme adaptação proposta por Girotto (2007).

Profun., cm	Parâmetro					
	pH do solo			COT (g kg <sup>-1</sup> )		
	Jus <sup>(1)</sup>	Med <sup>(2)</sup>	Mon <sup>(3)</sup>	Jus <sup>(1)</sup>	Med <sup>(2)</sup>	Mon <sup>(3)</sup>
	Pastagem 1					
0-5	5,92	5,71	6,18	11,39	31,53	29,49
5-10	5,68	5,94	6,18	16,68	20,14	20,75
	Pastagem 2					
0-5	6,33	5,98	5,95	14,64	14,85	24,81
5-10	6,15	6,08	6,10	10,98	16,88	17,90
	Fumo					
0-5	5,87	5,48	5,09	5,69	4,68	2,85
5-10	6,05	5,69	5,59	3,25	3,66	5,08
	APP					
0-5	6,10	6,70	5,80	17,90	17,49	15,05
5-10	6,35	6,90	5,90	13,02	10,98	8,95

Tabela 1. Valores médios iniciais de pH e Carbono Orgânico Total em áreas com histórico de aplicação de dejetos líquidos de suínos.

\*: Carbono Orgânico Total, (1): Jusante, (2): Porção Média, (3): Montante.

Juntamente, foram analisados os teores de P disponível no solo, para avaliar os incrementos nos teores desse nutriente em áreas que recebem contínua aplicação de DLS em comparação com a área de preservação que não recebe aplicação.

Os dados relacionados aos teores de P disponíveis no solo foram submetidos

à análise de variância, e comparadas as diferentes posições na paisagem, bem como, os locais de coleta, e, quando observada diferença significativa, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro para testar as interações, utilizando-se os procedimentos disponíveis no pacote estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os teores de P disponíveis nos pontos de análise, observou-se que para a coleta 1, realizada em agosto/2016, as áreas P1, P2 e APP apresentaram teores estatisticamente superiores em relação a área com fumo na camada 0-5 cm e na camada de 5-10 cm, não houve diferenças significativas entre os pontos de coleta (Tabela 2).

Profundidade (cm)	Tratamentos			
	Coleta 1 – P (mg dm <sup>-3</sup> )			
	P1	P2	F	APP
0-5	82,1 aA	106,4 aA	29,5 aB	38,0 bA
5-10	34,3 bA	51,0 bA	36,2 aA	50,8 aA
CV (%)	48,5			
	Coleta 2 - P (mg dm <sup>-3</sup> )			
0-5	96,5 aA	37,5 bB	41,0 aB	38,0 aB
5-10	41,1 bA	71,7 aA	39,6 aA	50,8 aA
CV (%)	54,3			
	Coleta 3 - P (mg dm <sup>-3</sup> )			
0-5	77,9 aA	62,3 aAB	65,5 aAB	38,0 aB
5-10	61,0 aA	39,3 aAB	26,8 bB	50,8 aAB
CV (%)	51,9			

Tabela 2. Teores médios de P disponível nos pontos de coleta durante o período de estudo.

P1 = pastagem perene; P2 = pastagem anual; F = fumo; APP = Área de Preservação Permanente; Coleta 1 = Ago/16; Coleta 2 = Out/16; Coleta3 = Dez/16. Para cada coleta em separado, letras minúsculas diferentes nas colunas entre profundidades diferentes, e letras maiúsculas nas linhas entre tratamentos diferentes dentro de cada profundidade, significam a existência de diferenças estatística significativa pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade erro.

Nesta mesma coleta, apenas no tratamento F não se verificou a ocorrência de diferença estatística significativa entre as camadas. Para a coleta 2, na camada de 0-5 cm, observou-se que P1 apresentou as maiores diferenças nos teores de P, e a área P2 apresentou os menores teores, enquanto que na camada de 5-10 cm não houve diferenças entre as áreas. Para a coleta 3, na camada de 0-5 cm foi verificado diferenças estatísticas entre os tratamentos P1 e APP, apenas. A área P1 apresentou teores mais elevados de P e a área de APP os menores teores de

P. Para a camada de 5-10 cm somente houve diferenças entre o tratamento P1 e o F, com maiores teores de P na área P1. Quando comparados as camadas, apenas a área F apresentou diferenças entre camadas, com maiores teores de P de 0-5 cm. No geral, nos sistemas de lavouras e pastagens a camada de 0-5 cm foi aquela que apresentou os maiores teores de P disponíveis, salvo algumas exceções que podem ter variado em função das épocas de coleta e aplicações de DLS somados às precipitações ocorridas no período. Esses resultados corroboram com os observados por Gatiboni et al. (2008), que ao avaliarem o acúmulo de P em solo submetido a sucessivas aplicações de DLS, os autores relataram que o P se acumula, principalmente, na camada superficial do solo, apresentando potencial contaminante elevado, em decorrência desta camada ser erodida com maior facilidade. Um dos fatores que podem auxiliar no entendimento do maior acúmulo de P na camada 0-5 cm é a aplicação recente de DLS aos pontos de estudo, à aproximadamente 15 dias e a ausência de precipitações nos dias anteriores as coletas.

Para a coleta 2, onde já se observava maior desenvolvimento das culturas, com precipitações e aplicação de DLS em dias anteriores a coleta, observou-se estatisticamente que, para a área P2 pode ter ocorrido transferência de P da camada 0-5 cm para a camada de 5-10 cm, aumentando o potencial contaminante do P, pois em decorrência do solo estudado ser pouco profundo, o manancial hídrico subterrâneo pode ser contaminado. Na coleta 3, quando a cultura do fumo estava sendo colhida, observou-se maior acúmulo na camada 0-5 cm quando comparada a 5-10 cm, com exceção da APP que não recebia aplicação de DLS, sendo justificados os menores teores na segunda camada, devido a ação do sistema radicular e absorção de P pelas plantas.

Analisando as alterações nos teores de P disponível em áreas que recebem DLS, Berwanger et al. (2008) observaram que, a aplicação constante de DLS em sistema de plantio direto aumentou os teores de P disponível até 15 cm de profundidade o que, conseqüentemente, pode favorecer a transferência de P para mananciais hídricos por escoamento superficial, bem como por percolação e ou lixiviação.

Esses resultados demonstram que os teores de P nas camadas do solo estudadas podem ser influenciados por alguns fatores como volume de DLS aplicados, condições climáticas e, especialmente, o manejo de sistemas de rotação de culturas empregado, que por sua vez, tem relação com o sistema de cultivo adotado para implantação das culturas nas áreas agrícolas. Os teores de P encontrados, indicam também que não ocorre necessidade de doses maiores ou complementares de adubação fosfatada devido aos mesmos já estarem classificados como Muito Alto ( $P > 24,0 \text{ mg dm}^{-3}$ ) pelo Manual de Calagem e Adubação dos Estados do Rio Grande

do Sul e Santa Catarina (CQFS – RS/SC, 2016), indicando que as quantidades de DLS aplicados no solo suprem as necessidades das plantas, podendo ocasionar perdas de P nas camadas superficiais do solo por erosão. Além disso, recebendo de maneira direta a aplicação de DLS, o P presente no solo dos pontos de estudo pode afetar a qualidade da água, especialmente pelo escoamento superficial em áreas agrícolas adjacentes e lixiviação de P no perfil do solo.

No entanto, a elevada concentração de P pode provocar a contaminação dos corpos hídricos devido ao carreamento em processos pluviométricos mais intensos, que ocasionam a erosão do solo e, conseqüentemente, problemas como a eutrofização e a degradação da qualidade da água (AGUIAR et al., 2015). De maneira geral, a área P1 apresentou os maiores teores de P na camada de 0-5 cm, indicando que nestas áreas os sítios de adsorção desta camada podem estar saturados, ocorrendo a lixiviação de P no perfil de solo, devido a sobrecarga de DLS aplicados na área, o que está diretamente relacionado ao elevado risco de contaminação dos cursos hídricos próximos.

O P em conjunto com outros tipos de contaminantes podem comprometer a qualidade das águas superficiais e subsuperficiais, podendo originar problemas locais ou regionais, visto que, a degradação das fontes hídricas de abastecimento vem se acentuando nas últimas décadas (MIGUEL et al., 2014). Dessa forma, as atividades agrícolas que desenvolvem a aplicação de DLS e/ou adubos fosfatados no solo podem contribuir para o aumento dos teores de P em ecossistemas aquáticos devido, principalmente, ao escoamento superficial (LOURENZI et al., 2015). Doravante, mananciais hídricos onde a agricultura e o manejo de adubações fosfatadas ocorrem com maior intensidade acabam sofrendo maiores danos, quando comparados a rios de grandes volumes em bacias hidrográficas com grande extensão territorial (GEBLER et al., 2012).

## 4 | CONCLUSÕES

Os teores de P em áreas de contínua aplicação de DLS se concentram na zona mais superficial do solo e sofrem variações de acordo com as culturas utilizadas, as aplicações de DLS e as condições pluviométricas das áreas utilizadas com esse tipo de adubação orgânica.

## REFERÊNCIAS

ABPA, Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual – 2016**. ABPA: 2016, 136 p.

AGUIAR, C.P.O. de; PELEJA, J.R.P.; SOUSA, K.N.S.; GOCH, Y.G. de F.; GUIMARÃES, A. dos

S. **Nível de trofia em microbacias hidrográficas sob diferentes usos de solos, na região amazônica.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.20, n.4, p. 1093-1102, 2015.

AUDETTE, Y.; O'HALLORAN, I.P.; VORONEY, R.P. **Kinetics of phosphorus forms applied as inorganic and organic amendements to a calcareous soil.** *Geoderma* v. 262, p. 119-124, 2016.

BERWANGER, A.L.; CERETTA, C.A.; DOS SANTOS, D.R. **Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suíno.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.6, p. 2525–2532, 2008.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** CQFS – RS/SC, 2016, 376 p.

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

GIROTTO, E. **Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquidos de suínos.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2007.

GIROTTO, E.; CERETTA, C.A.; LOURENZI, C.R.; LORENSINI, F.; TIECHER, T.L.; VIEIRA, R.C.B.; TRENTIN, G.; BASSO, C.J.; MIOTTO, A.; BRUNETTO, G. **Nutrient transfers by leaching in a no-tillage system through soil treated with repeated pig slurry applications.** *Nutrient Cycling Agroecosystems*, v.95, n.1, p.115131, 2013.

GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; RHEINHEMER, D. dos S.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. **Formas de Fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.4, p. 1753-1761, 2008.

GATIBONI, L.C.; SMYTH, T.J.; SCHMITT, D.E.; CASSOL, P.C.; OLIVEIRA, C.M.B. **Soil phosphorus thresholds in evaluating risk of environmental transfer to surface waters in Santa Catarina, Brazil.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.39, n.4, p.1225-1234, 2015.

GEBLER, L.; BERTOL, I.; RAMOS, R.R.; LOUZADA, J.A.S.; MIQUELLUTI, D.J. **Fósforo reativo: arraste superficial sob chuvas simuladas para diferentes coberturas vegetais.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.1, p. 99-107, 2012.

LOURENZI, C.R.; CERETTA, C.A.; TIECHER, T.L.; LORENSINI, F.; CANCIAN, A.; STEFANELLO, L.; GIROTTO, E.; VIEIRA, R.C.B.; FERREIRA, P.A.A.; BRUNETTO, G. **Forms of phosphorus transfer in runoff under no-tillage in a soil treated successive swine effluents applications.** *Environmental Monitoring and Assessment*, v.187, n.209, p. 1-16, 2015.

LOURENZI, C.R.; SCHERER, E.E.; CERETTA, C.A.; TIECHER, T.L.; CANCIAN, A.; FERREIRA, P.A.; BRUNETTO, G. **Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejetos líquidos de suínos.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.51, n.3, p.233-242, 2016.

MANDO, A.; OUTTARA, B.; SÉDOGO, M.; STROOSNIJDERL, L.; OUTTARA, K.; BRUSSAARD, L.; VANLAUWE, B. **Long-term effect of tillage and manure application on soil organic fractions and crop performance under Sudano-Sahelian conditions.** *Soil & Tillage Research*; v.80, n.1-2, p.95-101, 2005.

MIGUEL, P.; DALMOLIN, R.S.D.; PEDRON, F. de A.; MOURA-BUENO, J.M.; TIECHER, T. **Identificação de fontes de produção de sedimentos em uma bacia hidrográfica de encosta.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.38, n.3, p. 585 – 598, 2014.

PANDOLFO, C.M.; CERETTA, C.A.; VEIGA, M. da; MASSIGNAM, A.M. **Análise técnica de fontes de nutrientes associadas a sistema de preparo de solo.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.

SANTOS, H. G. et al. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. 3ª ed. rev. ampl. Rio de Janeiro, 2013, 353 p.

SCHERER, E.E.; NESI, C.N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n.34, n.4, p. 1375-1383, 2010.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Boletim Técnico nº 5, 2ª ed. rev. e amp., Porto Alegre: Departamento de Solo, UFRGS, 1995, 174 p.

VIVAN, M.; KUNZ, A.; STOLBERG, J.; PERDOMO, C.; TECHIO, V. H. **Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.14, n.3, p.320–325, 2010.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS:** Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco – UPE (2009), Mestre em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Piauí – UFPI (2012), com bolsa do CNPq. Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba -UFP (2016), com bolsa da CAPES. Atualmente é professora adjunta do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fitotecnia, fisiologia das plantas cultivadas, propagação vegetal, manejo de culturas, nutrição mineral de plantas, adubação, atuando principalmente com fruticultura e floricultura. E-mail para contato:raissasalustriano@yahoo.com.br; raissa.matos@ufma.br; Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>.

**FRANCISCA GISLENE ALBANO MACHADO:** Graduada em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Piauí – UFPI (2012), Mestre em Agronomia – Fitotecnia/Produção Vegetal pela Universidade Federal do Piauí (2015). Doutora em Agronomia Fitotecnia pela Universidade Federal do Ceará (2019). Tem experiência na área de Agronomia com ênfase em fitotecnia, atuando nas áreas de produção, fisiologia e qualidade de frutos e substratos alternativos para espécies frutíferas, como maracujá, mamão, ateira e pitaia. E-mail para contato: gislene.fga@gmail.com; Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3728012118132276>.

**EDSON DIAS DE OLIVEIRA NETO:** Graduado em agronomia pela Universidade Federal do Maranhão – UFMA (2018) com bolsa PIBIC, atualmente é Mestrando em Agronomia/Agricultura Tropical na Universidade Federal do Piauí – UFPI com bolsa CAPES. Tem experiência em agronomia com ênfase em fertilidade do solo, propagação vegetativa, substratos alternativos e fruticultura. Atua principalmente com irrigação, fertirrigação e polímeros hidrorretentores. E-mail para contato: edson\_netto@live.com; edsonneto318@gmail.com; Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0352200936030311>.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acúmulo de micronutrientes 23, 25, 28  
Adubos verdes 14, 17, 18, 19  
Atributos microbiológicos 1  
*Azospirillum brasilense* 23, 24, 25, 26, 28

### B

*Bacillus subtilis* 30, 31, 33, 34, 36, 37, 38, 43, 45, 46  
Biodindicadores 1  
Biomassa 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 31, 34, 36, 37, 42, 44, 45, 49

### C

Casa de vegetação 30, 33, 43  
Cerrado 2, 4, 6, 11, 12, 23, 24, 28, 30, 31, 33  
Chicória 14, 15, 16, 19, 21, 22

### D

Degradação de pastagens 1  
Dejeto líquido 47, 55  
Dejetos 47, 48, 51, 55, 56

### E

Exportação de micronutrientes 24, 28

### F

Feijão caupi 30, 31, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45  
Fósforo disponível 31, 34, 38, 39, 44, 48

### G

Grãos 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 32, 44, 46

### I

Indicadores de conservação 1  
Inoculação 18, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

### M

Microbiologia do solo 1, 22  
Milho 11, 12, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 43, 44, 45, 50, 51

## P

Pantanal 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 13

Pastagens nativas 1, 2, 3, 10

## R

Rizobactéria 31

## S

Soja 11, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Solo 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57

Solos arenosos 1, 6

Suinocultura 47, 48

## T

Teor de fósforo 31, 34, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 55

Teores de fósforo 47

## Z

*Zea mays* 24, 50

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**