

Elementos da Natureza e Propriedades do Solo 4

Alan Mario Zuffo
Fábio Steiner
(Organizadores)

 Editora
Atena

Ano 2018

Alan Mario Zuffo
Fábio Steiner
(Organizadores)

Elementos da Natureza e Propriedades do Solo 4

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Edição de Arte e Capa: Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

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

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

E38 Elementos da natureza e propriedades do solo – Vol. 4 [recurso eletrônico] / Organizadores Alan Mario Zuffo, Fábio Steiner. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.
7.638 kbytes – (Elementos da Natureza; v.4)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-03-1

DOI 10.22533/at.ed.031182507

1. Agricultura. 2. Ciências agrárias. 3. Solos. 4. Sustentabilidade.
I. Zuffo, Alan Mario. II. Steiner, Fábio. III. Título. IV. Série.

CDD 631.44

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

2018

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

www.atenaeditora.com.br

E-mail: contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Elementos da Natureza e Propriedades do Solo” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu volume IV, apresenta, em seus 21 capítulos, os novos conhecimentos tecnológicos para Ciências do solo nas áreas de biologia do solo, física do solo, química do solo, morfologia e classificação do solo.

O solo é um recurso natural abundante na superfície terrestre, sendo composto por propriedades biológicas, físicas e químicas. Por outro lado, a água também é essencial os organismos vivos e, para a agricultura. Nas plantas, a água é responsável por todo o sistema fisiológico. Ambos os elementos, juntamente com os nutrientes são imprescindíveis para os cultivos agrícolas, portanto, os avanços tecnológicos na área das Ciências do solo são necessários para assegurar a sustentabilidade da agricultura, por meio do manejo, conservação e da gestão do solo, da água e dos nutrientes.

Apesar da agricultura ser uma ciência milenar diversas técnicas de manejo são criadas constantemente. No tocante, ao manejo e conservação da água e do solo, uma das maiores descobertas foi o sistema de plantio direto (SPD), criado na década de 80. Esse sistema é baseado em três princípios fundamentais: o não revolvimento do solo, a rotação de culturas e a formação de palhada por meio do uso de plantas de cobertura. Tais conhecimentos, juntamente com a descoberta da correção do solo (calagem) propiciaram o avanço da agricultura para áreas no Bioma Cerrado, que na sua maior parte é formado por Latossolo, que são solos caracterizados por apresentar o pH ácido, baixa teor de matéria orgânica e de fertilidade natural. Portanto, as tecnologias das Ciências do solo têm gerado melhorias para a agricultura.

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

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para as áreas de biologia do solo, física do solo, química do solo, morfologia e classificação do solo e, assim, garantir incremento quantitativos e qualitativos na produção de alimentos para as futuras gerações de forma sustentável.

Alan Mario Zuffo

Fábio Steiner

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO DO MILHO (<i>Zea mays</i> L.) EM SISTEMAS DE CULTIVO COM UTILIZAÇÃO DE ADUBAÇÃO BIOLÓGICA E BIOESTIMULANTE	
<i>Elston Kraft</i>	
<i>Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta</i>	
<i>Leandro do Prado Wildner</i>	
<i>André Junior Ogliari</i>	
<i>Patrícia Nogueira</i>	
<i>Matheus Santin Padilha</i>	
CAPÍTULO 2	19
BIODIVERSIDADE DE RIZOBACTÉRIAS PRESENTES NO EXOESQUELETO DE FORMIGAS CORTADEIRAS DO GÊNERO ATTA SPP	
<i>Guilherme Peixoto de Freitas</i>	
<i>Lucas Mateus Hass</i>	
<i>Luana Patrícia Pinto</i>	
<i>Alexandre Daniel Schneider</i>	
<i>Marco Antônio Bacellar Barreiros</i>	
<i>Luciana Grange</i>	
CAPÍTULO 3	30
BIOMASSA MICROBIANA EM SOLOS DE DIFERENTES ESTADOS DE CONSERVAÇÃO NA SUB-REGIÃO DO PARAGUAI, PANTANAL SUL MATO-GROSSENSE	
<i>Mayara Santana Zanella</i>	
<i>Romário Crisóstomo de Oliveira</i>	
<i>Sebastião Ferreira de Lima</i>	
<i>Marivaine da Silva Brasil</i>	
<i>Hellen Elaine Gomes Pelissaro</i>	
CAPÍTULO 4	37
COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (GLOMEROMYCOTINA) EM ÁREAS DE CERRADO SOB DIFERENTES ESTÁGIOS DE REGENERAÇÃO	
<i>Bruna Iohanna Santos Oliveira</i>	
<i>Khadija Jobim</i>	
<i>Florisvalda da Silva Santos</i>	
<i>Bruno Tomio Goto</i>	
CAPÍTULO 5	52
DENSIDADE E DIVERSIDADE DE RIZOBACTÉRIAS SOB APLICAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE	
<i>Luana Patrícia Pinto</i>	
<i>Diego Silva dos Santos</i>	
<i>Jhonatan Rafael Wendling</i>	
<i>Elisandro Pires Frigo</i>	
<i>Marco Antônio Barcelar Barreiros</i>	
<i>Luciana Grange</i>	
CAPÍTULO 6	61
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE MILHO UTILIZANDO <i>Trichoderma</i> sp. ASSOCIADO OU NÃO A UM REGULADOR DE CRESCIMENTO VEGETAL COMO PROMOTORES DE CRESCIMENTO	
<i>Sônia Cristina Jacomini Dias</i>	
<i>Rafael Fernandes de Oliveira</i>	
<i>Warley Batista da Silva</i>	

CAPÍTULO 7 74

ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO SOB O CULTIVO DE CITRUS

Amanda Silva Barcelos
Athos Alves Vieira
Kleber Ramon Rodrigues
Leopoldo Concepción Loreto Charmelo
Alessandro Saraiva Loreto
João Luiz Lani

CAPÍTULO 8 79

CARACTERIZAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO EM DIFERENTES TEMPOS DE ADOÇÃO DO SISTEMA PLANTIO DIRETO

Matheus de Sousa
Helton Aparecido Rosa
Silene Tais Brondani
Leonardo Saviatto
Guilherme Mascarello

CAPÍTULO 9 89

CARACTERIZAÇÃO MICROMORFOLÓGICA E SUA RELAÇÃO COM ATRIBUTOS FÍSICOS EM CAMBISSOLOS DA ILHA DA TRINDADE – SUBSÍDIOS A RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

Eliane de Paula Clemente
Fábio Soares de Oliveira
Mariana de Resende Machado

CAPÍTULO 10 104

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS, ESPECTROSCÓPICAS E TÉRMICAS DE SOLO DA BACIA DO RIO CATORZE

Elisete Guimarães
Leila Salmória
Julio Caetano Tomazoni
Nathalia Toller Marcon

CAPÍTULO 11 115

EVALUATION OF CROP MANAGEMENT THROUGH SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES UNDERSUGARCANE ON SYSTEMS: NO-TILLAGE AND CONVENTIONAL TILLAGE

Oswaldo Julio Vischi Filho
Ingrid Nehmi de Oliveira
Camila Viana Vieira Farhate
Lenon Henrique Lovera
Zigomar Menezes de Souza

CAPÍTULO 12 120

QUALIDADE FÍSICA DO SOLO EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

Carlos Levi Anastacio dos Santos
Antonio Mauricélio Duarte da Rocha
Raimundo Nonato de Assis Júnior
Jaedson Cláudio Anunciato Mota

CAPÍTULO 13 129

AMOSTRA INFINITAMENTE ESPESSE DE SOLO E DE PLANTA PARA ANÁLISE POR ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

Elton Eduardo Novais Alves
Pablo de Azevedo Rocha
Mariana Gonçalves dos Reis
Liovando Marciano da Costa

CAPÍTULO 14..... 140

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM USO DE PLANTAS DE COBERTURA

Bruna Bandeira Do Nascimento
Everton Martins Arruda
Leonardo Santos Collier
Rilner Alves Flores
Leonardo Rodrigues Barros
Vanderli Luciano Silva

CAPÍTULO 15..... 149

AValiação DA FERTILIDADE DO SOLO PARA A CULTURA DO COQUEIRO NO VALE DO JURUÁ, ACRE

Rita de Kássia do Nascimento Costa
Edson Alves de Araújo
Maria Antônia da Cruz Félix
Sílvia Maria Silva da Costa
Hugo Ferreira Motta Leite
Genilson Rodrigues Maia

CAPÍTULO 16..... 166

CAPACIDADE MÁXIMA DE ADSORÇÃO DE FÓSFORO EM SOLOS DO TERRITÓRIO SERTÃO PRODUTIVO

Symone Costa de Castro
Elcivan Pereira Oliveira
Priscila Alves de Lima
Felizarda Viana Bebé

CAPÍTULO 17 178

DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES EM LATOSSOLO VERMELHO APÓS O USO DE SORGO E CROTALÁRIA NA ADUBAÇÃO VERDE

Cláudia Fabiana Alves Rezende
Thiago Rodrigues Ramos Faria
Simone Janaina da Silva Moraes
Luciana Francisca Crispim
Kamilla Menezes Gomides
Karla Cristina Silva

CAPÍTULO 18..... 190

EFEITO DO BIOSSÓLIDO SOBRE A FERTILIDADE DO SOLO DE PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA - RJ

Nágila Maria Guimarães de Lima Santos
Oclizio Medeiros das Chagas Silva
Ernandes Silva Barbosa
Fernando Ramos de Souza
Gean Correa Teles
Lucas Santos Santana

CAPÍTULO 19..... 199

RENEWAL OF THE ADSORPTIVE POWER OF PHOSPHORUS IN OXISOL

Gustavo Franco de Castro
Jader Alves Ferreira
Denise Eulálio
Allan Robledo Fialho e Moraes
Jairo Tronto
Roberto Ferreira Novais

CAPÍTULO 20 215

ANÁLISE DE SOLOS EM TOPOSSEQUÊNCIA NA FAZENDA EXPERIMENTAL DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE CARATINGA-MG

Athos Alves Vieira

Kleber Ramon Rodrigues

Leopoldo Concepción Loreto Charmelo

Alessandro Saraiva Loreto

João Luiz Lani

CAPÍTULO 21 224

ENSAIOS DE CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA E DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE SOLOS EM ÁREA DEGRADADA POR EROÇÃO LINEAR

Alyson Bueno Francisco

SOBRE OS ORGANIZADORES 233

SOBRE OS AUTORES 234

AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO DO MILHO (ZEA MAYS L.) EM SISTEMAS DE CULTIVO COM UTILIZAÇÃO DE ADUBAÇÃO BIOLÓGICA E BIOESTIMULANTE

Elston Kraft

Universidade do Estado de Santa Catarina –
Centro de Ciências Agroveterinária (UDESC/CAV)
Lages – Santa Catarina

Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta

Universidade Comunitária da Região de Chapecó
(UNOCHAPECÓ)
Chapecó – Santa Catarina

Leandro do Prado Wildner

Pesquisador da Empresa de Pesquisa
Agropecuária e Extensão Rural de Santa
Catarina (EPAGRI/CEPAF/CHAPECÓ).
Chapecó – Santa Catarina

André Junior Ogliari

Universidade Comunitária da Região de Chapecó
(UNOCHAPECÓ)
Chapecó – Santa Catarina

Patrícia Nogueira

Universidade de Passo Fundo (UPF)
Passo Fundo – Rio Grande do Sul

Matheus Santin Padilha

Universidade do Estado de Santa Catarina –
Centro de Ciências Agroveterinárias (UDESC/
CAV)
Lages - Santa Catarina

RESUMO: O trabalho objetivou avaliar parâmetros fitotécnicos e de rendimento do milho em sistemas de cultivo com utilização de adubação biológica e bioestimulante. O estudo foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados

em parcelas subdivididas, em esquema fatorial 3x4. Os tratamentos foram constituídos pela interação do fator 1 (sistemas de cultivo – parcela principal) sendo eles escarificação em dois anos consecutivos (ESC), escarificação e posterior retorno ao sistema plantio direto a dois anos (ESC+PD) e sistema plantio direto com mais de dez anos (PD), e fator 2 (adubação biológica – sub parcela) constituído pela testemunha (TEST); Bacsol® 200g ha⁻¹ (BAC); Orgasol® 200ml ha⁻¹ (ORG); Bacsol® 200g ha⁻¹+Orgasol® 200ml ha⁻¹ (BAC+ORG). Foram analisados: diâmetro de colmo (DC), altura de inserção de espiga (AIE), estatura de planta (EP), fileira de grãos por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NG), massa seca de 1000 grãos (MS1000G) e rendimento por hectare (REND). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e correlação de Pearson. Não houve diferença em relação aos adubos BAC, ORG e BAC+ORG; entretanto, houve efeito dos sistemas de cultivo sobre as respostas da utilização dos produtos testados. O tratamento ESC apresentou os piores resultados em 50% das variáveis avaliadas; sendo que o PD apresentou-se 9% superior em relação aos demais sistemas para REND. Obteve-se correlação positiva entre as variáveis de rendimento NFG, NGF, NG e MS1000G e matéria orgânica do solo (MO), potássio (K), densidade do solo (Ds) e porosidade total (Pt).

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, promotores

de crescimento, sistema de cultivo mínimo, sistema plantio direto.

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the phytotechnical and yield parameters of maize in cultivation systems with the use of biological fertilizer and biostimulant. The study was conducted in a randomized complete block design in subdivided plots, in a 3x4 factorial scheme. The treatments were constituted by the interaction of factor 1 (cultivation systems - main plot), being scarification in two consecutive years (ESC), scarification and subsequent return to the no-tillage system (ESC + PD) and no-tillage system with more than ten years (PD), and factor 2 (biological fertilization - subplot) constituted by the control (TEST); Bacsol® 200g ha⁻¹ (BAC); Orgasol® 200ml ha⁻¹ (ORG); Bacsol® 200g ha⁻¹ + Orgasol® 200ml ha⁻¹ (BAC + ORG). Were analyzed: stem diameter (DC), ear insertion height (EIA), plant height (EP), row of grain per spike (NFE), number of grains per row (NGF), number of grains per spike (NG), dry mass of 1000 grains (MS1000G) and yield per hectare (REND). Data were submitted to analysis of variance and Pearson correlation. Was not found difference in relation to the BAC, ORG and BAC + ORG fertilizers; however, was an effect of the cultivation systems on the responses of the use of the tested products. The ESC treatment presented the worst results in 50% of the evaluated variables; with PD being 9% higher than the other REND systems. NFG, NGF, NG and MS1000G and soil organic matter (OM), potassium (K), soil density (Ds) and total porosity (Pt).

KEYWORDS: Sustainability, growth promoters, minimum cropping system, no-till system

1 | INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*) é um dos cereais de maior importância e de maior produção em todo o mundo, sendo que na safra 2016/2017 a produção mundial do grão foi estimada em 1.075,4 milhões de toneladas (USDA, 2018). O Brasil na safra 2016/2017 obteve uma produção de 97,7 milhões de toneladas, sendo essa 46,9% superior à safra passada. A média nacional de produtividade da cultura é de 5.554 Kg ha⁻¹, e nesse cenário o estado de Santa Catarina possui uma média de produtividade de 8.150 Kg ha⁻¹ sendo acima da média nacional (CONAB, 2017).

Para se alcançar aumentos da produtividade da cultura do milho, além de boas condições climáticas e um manejo adequado da lavoura, são necessárias boas condições de solo que permitam um ambiente benéfico para o crescimento radicular da cultura, o que favorece a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Desta maneira, o manejo da cultura deverá favorecer aspectos físicos, químicos e biológicos do solo, proporcionando às plantas maior resistência ao ataque de pragas e doenças e, conseqüentemente, promover o aumento de sua produtividade de maneira mais sustentável (DORAN; PARKIN, 1994).

Nesse contexto, a utilização de sistemas de cultivo conservacionistas como o cultivo mínimo e o plantio direto são alternativas para melhorar os solos sendo que ambos aumentam a capacidade de retenção de água, diminuem as perdas por evaporação, reduzem perdas de solo e nutrientes por erosão, melhoram a estrutura do solo, aumentam

os teores de matéria orgânica e a fertilidade, além de proporcionarem um ambiente favorável para o crescimento e diversidade microbiana do solo, promovendo o aumentando da produtividade das culturas (JUNIOR; CAMARGO; WENDLING, 2011; SARTORI et al., 2016).

Concomitantemente, novas tecnologias tais como produtos à base de componentes biológicos e complexos de nutrientes têm atuado na melhoria da qualidade do solo e no crescimento e desenvolvimentos das culturas, sendo uma alternativa de complemento às práticas de manejo tradicionais (CONCEIÇÃO et al., 2008; BENTO et al., 2016; RIBEIRO et al., 2017).

Dentre as tecnologias empregadas incluem-se adubos biológicos composto de bactérias e outros microrganismos e bioestimulantes a base de complexos de aminoácidos; produtos comerciais que podem ser utilizados em culturas de grande importância, entre elas o milho. De acordo com Figueiredo et al. (2010) o uso desse tipo de tecnologia será uma das táticas mais importantes do futuro, já que existe a necessidade de buscar estratégias para desenvolver uma agricultura sustentável, que possibilite a diminuição do uso de agroquímicos e, conseqüentemente, o impacto ambiental causado por eles, e que resulte em maior lucratividade.

O uso desses produtos nos agroecossistemas tem como finalidade promover o equilíbrio hormonal nas plantas (SANTOS et al., 2013), exercendo efeitos benéficos ao crescimento vegetal, assim como propiciar o aumento da disponibilidade de nutrientes para absorção pelas raízes (CONCEIÇÃO et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2015), oportunizando melhores condições para obtenção do máximo potencial produtivo da cultura.

No entanto, ainda são necessários estudos que mensurem a utilização de tais tecnologias na cultura no milho, associados aos efeitos proporcionados pelos sistemas de cultivo mínimo e plantio direto. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os parâmetros fitotécnicos e de rendimento do milho em sistemas de cultivo com utilização de adubação biológica e bioestimulante.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Município de Seara - SC, latitude 27°9'67" S e longitude 52°18'37" O, com uma altitude de aproximadamente 517 m. O clima da região é do tipo subtropical úmido (Cfa) segundo classificação de Köppen, com chuvas bem distribuídas no verão e geadas frequentes no inverno (ALVARES et al., 2014). A precipitação média da série histórica de 1969 a 2015 é de 2.067mm, segundo dados coletados na Estação Meteorológica da Epagri/Cepaf de Chapecó (Dados não publicados).

Os dados climáticos de precipitação e temperatura (máxima, mínima e média) registrados durante o período de condução do experimento estão apresentados na figura 1 abaixo.

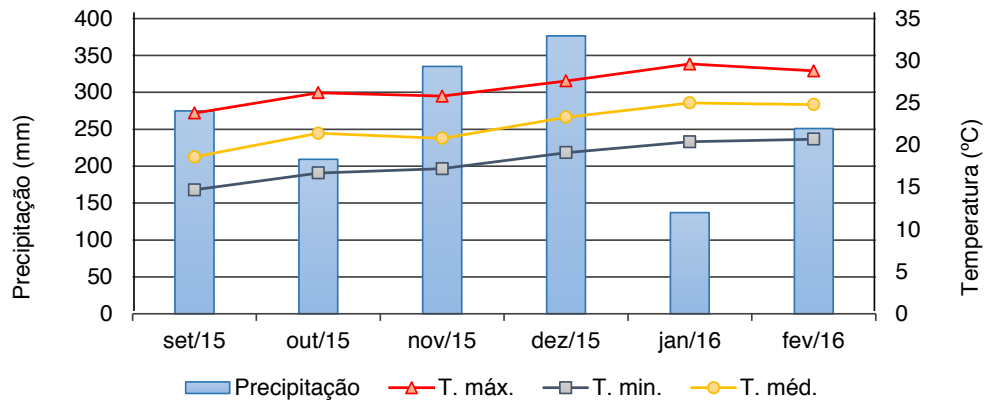


Figura 1 – Dados de precipitação (mm), variação da temperatura máxima, mínima e média (°C), durante o período de condução do experimento (setembro de 2015 a fevereiro de 2016). Fonte: Kraft, 2018 a partir de dados fornecidos pela Estação Meteorológica da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI/CEPAF/CHAPECÓ.

A área experimental foi cultivada com milho durante o período de verão nos últimos 10 anos, sobre sistema plantio direto (SPD), com parte da área (20 ha) cultivada com a espécie sobre sistema de cultivo mínimo na safra de verão de 2014/2015. Durante o período de inverno nas safras de 2013/2014 e 2014/2015 a mesma foi cultivada com consórcio de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) com nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) para cobertura de solo.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados em parcelas subdivididas, em esquema fatorial 3x4. Sendo os tratamentos constituídos pela interação do fator 1 (sistemas de cultivo – parcela principal) e fator 2 (adubação biológica – sub parcela), totalizando 12 tratamentos em 60 unidades experimentais (parcelas). Cada parcela possuía uma área total de 24 m² (4x6m), sendo apenas utilizada como área útil para fins de avaliação a parte central de cada parcela, totalizando 12m² (2,4 x 5m).

Os sistemas de cultivo avaliados foram: realização da escarificação da área à dois anos consecutivos (ESC), escarificação da área e posteriormente retorno ao sistema plantio direto no segundo ano (ESC + PD) e sistema plantio direto com mais de dez anos de implantação (PD). A adubação biológica consistiu na utilização de fertilizante orgânico 100% natural, composto de microrganismos benéficos ao solo e a planta (Bacsol® Indústria de Insumos Agropecuários Ltda), bioestimulante - composto complexado de nutrientes/ aminoácidos (Orgasol® Indústria de Insumos Agropecuários Ltda.) e a combinação de ambos os produtos. O Bacsol® é um composto que contém uma gama de microrganismos como bactérias do gênero *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* (MONTEIRO; WINAGRASK; AUER, 2014), além de fungos como *Saccharomyces cerevisiae* (SPANIOL et al., 2014). Conforme MONTEIRO e AUER (2012), o produto é um formulado constituído, em sua maioria, por células bacterianas. O Orgasol®, por sua vez, consiste de um complexo organo-mineral à base de aminoácidos essenciais, considerado bioestimulante precursor de hormônios e enzimas, e apresenta em sua composição micronutrientes essenciais como boro (B), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn), além do enxofre (S) (RSA

INDÚSTRIA DE INSUMOS AGRÍCOLA LTDA, 2014).

Os produtos foram utilizados no tratamento de sementes no período que antecedeu a semeadura, tendo as doses tomadas como princípio nas recomendação da representação técnica comercial: Bacsol® 200g ha⁻¹ (T1); Orgasol® 200ml ha⁻¹ (T2); Bacsol 200g ha⁻¹ + Orgasol 200ml ha⁻¹ (T3). O tratamento testemunha foi caracterizado pela não utilização dos produtos (T0).

O solo da área experimental é classificado como Cambissolo Háplico (EMBRAPA, 2013) e as características químicas registradas nas análises realizadas no período que antecedeu a o plantio pode ser visualizada na tabela 1 abaixo.

	Argila	M.O	pH	Índice	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	Al	V%
	(%)	m/v	H ₂ O	SMP	-mg/dm ³ -					ph7.0		
			(1:1)							cmolc/dm ³		
PD	41	3,1	5,8	6,1	10,5	220	6,3	1,9	3,71	12,52	0	70,37
ESC	47	3,1	5,6	6,2	9,5	228	6,3	1,8	3,67	12,37	0	70,31
ESC+PD	47	3,1	5,6	6,2	9,5	228	6,3	1,8	3,67	12,37	0	70,31

Tabela 1 – Características química do solo.

Fonte: Kraft, 2018.

O manejo da cobertura de solo, foi efetuada através do controle químico, sendo realizado duas aplicações nos dias 05 e 24 de agosto de 2015, utilizando Glyphosate (sal de potássio 1.176g p.a ha⁻¹), em cada aplicação.

No dia 05 de setembro, foi efetuada a escarificação a uma profundidade de 15 cm com distância entre as hastes de 40 cm, e em seguida realizada a deposição do fertilizante com semeadora tratorizada a uma profundidade de 10 cm de profundidade, utilizando-se 45 kg ha⁻¹ de N, 165 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, correspondendo a 500 kg ha⁻¹ da fórmula 09-33-12, para uma expectativa de rendimento de 12 ton ha⁻¹ do grão, com base na recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (CQFS-RS/SC, 2004).

Posteriormente, realizou-se a semeadura manual, com a utilização de Saraquá utilizando o híbrido AS1656 PRO2 (Agroeste Sementes), depositando três sementes por cova a uma distância de 0,8m entre linhas e de 0,2m entre cova. O desbaste das plantas ocorreu 11 dias após a emergência (DAE) permanecendo apenas uma planta por cova, totalizando 62.500 plantas ha⁻¹.

A aplicação N em cobertura foi dividida em duas épocas de aplicação sendo a primeira, realizada no dia 07 de novembro, quando as plantas encontravam-se em estágio vegetativo V4, utilizando-se 67,5 kg ha⁻¹ de N. Neste mesmo momento realizou-se a complementação da adubação potássica com aplicação 22 kg ha⁻¹ de K₂O, representado 187 kg ha⁻¹ da fórmula 36 - 00 - 12. A segunda aplicação ocorreu 15 dias após a primeira, em estágio vegetativo V7 à V8, com aplicação de 67,5 kg ha⁻¹ de N, representando 150 kg ha⁻¹ da fórmula 45-00-00, suplementando assim a necessidade de nitrogênio e potássio para

expectativa de 12 ton ha⁻¹ do grão. Os demais tratos culturais foram realizados de acordo com a necessidade e recomendação para a cultura.

Quando a cultura atingiu a maturidade fisiológica foram avaliadas variáveis fitotécnicas e os componentes do rendimento, utilizando 18 plantas por unidade experimental. Foram avaliados: 1. Estatura de planta (EP): medida do comprimento do colmo (da superfície do solo até a inserção da inflorescência masculina) com auxílio de régua de madeira graduada em cm; 2. Altura de inserção de espiga (AIE): obtida pela distância (cm) entre a superfície do solo e o ponto de inserção da espiga principal; 3. Diâmetro de colmo (DC): considerou-se para esta avaliação o diâmetro (cm) do segundo internódio, a partir da base da planta, com auxílio de um paquímetro digital; 4. Número médio de fileiras de grãos da espiga (NFE): determinado pela contagem do número de fileiras de cada uma das 18 espigas de cada unidade experimental, após a colheita e antes da trilha dos grãos. 5. Número médio de grãos por fileiras da espiga (NGF): determinado pela contagem do número de grãos das fileiras de cada uma das espigas das unidades experimentais. 6. Número de grãos por espiga (NG): obtido pela multiplicação do número de fileiras por espiga pelo número de grãos por espiga. 7. Massa seca de 1000 grãos (MS1000G): utilizando-se a parte central de cada uma das espigas da unidade experimental utilizando balança de precisão (0,01g), e para o cálculo final foi realizada a correção de umidade para 13%. 8. Rendimento de grãos (REND): obtido a partir da debulha e pesagem dos grãos oriundos das espigas colhidas na área útil de cada parcela. A pesagem dos grãos foi realizada em balança analítica de precisão (0,0001g); a determinação de umidade de grãos foi realizada utilizando o equipamento Automatic Moisture Meter (Modelo 999*ES), para posterior correção de umidade dos grãos a 13%. Foram ainda descontados os grãos ardidos presentes nas amostras.

A população final das plantas foi utilizada para estimar a produção final por hectare e foi obtida através da contagem do número total de plantas dentro de cada área útil.

Ao final foram realizadas amostragem de solo na camada de 0-10cm de profundidade, para determinações das características físico-químicas utilizadas como variáveis para a análise de correlação realizada com os parâmetros de rendimento. As amostras de solo foram coletadas com o auxílio de um trado holandês e encaminhadas ao Laboratório de Solos da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI/CEPAF/CHAPECÓ) (Tabela 2). Para avaliação dos parâmetros físicos foi realizada a coleta de amostras indeformadas e, posteriormente, encaminhadas ao Laboratório de Solos da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ) para determinação da densidade do solo (Ds), densidade de partícula (Dp) e porosidade total (PT). Foram determinados à campo a resistência do solo à penetração (Rp) com o auxílio de um Medidor Eletrônico de Compactação do Solo - PenetroLOG® PLG1020, e a umidade volumétrica (Uv) utilizando-se um Medidor Eletrônico de Umidade do Solo modelo HIDROFARM® ambos da marca FALKER (Tabela 2).

	Arg	M.O	pH H ₂ O	P	K	Ca	Mg	Al	Ds	Pt	Ug	Rp
	(%)		(1:1)	- mg/dm ³ -		- cmolc/dm ³ -			g cm ⁻³³ -	cm ³ cm ⁻³ %		MPa
PDT0	27,40	3,74	6,16	66,92	167,20	6,44	2,36	0,00	1,57	0,40	25,84	1,96
PDT1	29,00	4,48	6,18	118,63	308,00	7,43	2,75	0,00	1,56	0,42	27,53	1,03
PDT2	27,75	4,83	6,15	114,50	161,00	7,95	2,03	0,00	1,53	0,41	26,78	1,96
PDT3	29,20	3,84	6,24	39,76	198,40	6,16	2,76	0,00	1,58	0,41	25,02	1,47
ESCT0	28,00	4,08	6,36	95,34	219,20	7,24	2,54	0,00	1,53	0,40	15,12	1,66
ESCT1	28,00	4,08	6,36	95,34	219,20	7,24	2,54	0,00	1,54	0,40	15,92	1,59
ESCT2	26,80	3,98	6,38	69,38	193,60	6,76	2,52	0,00	1,51	0,43	15,36	1,20
ESCT3	28,60	3,76	6,42	73,84	164,80	6,90	2,74	0,00	1,62	0,39	15,14	1,49
ESC+PDT0	31,20	4,54	5,10	38,46	230,40	3,18	1,82	2,54	1,61	0,38	22,44	1,76
ESC+PDT1	35,00	5,16	5,24	32,16	296,00	3,62	1,90	1,80	1,61	0,41	21,70	1,16
ESC+PDT2	42,60	3,78	4,82	16,86	219,20	1,48	0,98	3,26	1,56	0,41	24,10	2,26
ESC+PDT3	34,40	3,90	5,22	24,38	184,00	3,24	1,80	2,06	1,66	0,37	23,26	2,43

Tabela 2 – Características físico-químicas do solo utilizadas na análise de correlação com as variáveis de rendimento. Média de 5 repetições. Seara – SC, 2016.

Fonte: Kraft, 2018.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando-se o programa estatístico SAS, versão 6.12 (SAS, 1990), e as médias comparadas pelo teste LSD ($P < 0,05$). Adicionalmente realizou-se análise de correlação de Pearson ($P < 0,05$) utilizando o programa estatístico PAST 3.0.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliações dos parâmetros vegetativos

As variáveis altura de inserção de espiga (AIE) e estatura de planta (EP) diferiram estatisticamente ($P < 0,05$) entre os produtos testados (Bacsol – BAC, Orgasol – ORG, mistura BAC + ORG) e sistemas de cultivo avaliados (Plantio direto – PD, escarificação – ESC e escarificação com retorno ao plantio direto – ESC+PD) (Tabela 3). A variável diâmetro de colmo (DC) diferiu estatisticamente entre os sistemas avaliados, porém, não diferiu entre os produtos testados e nem obteve resposta da interação (Tabela 3).

Para o DC os maiores valores encontrados foram no tratamento ESC+PD, seguido pelo PD e ESC. O tratamento ESC+PD apresentou-se superior em 12% em relação ao ESC, ao contrário do que se esperava, onde os melhores resultados para DC não foram obtidos pelo sistema PD como encontrados por Ferreira (2012), que obteve os melhores resultados para esta variável em sistema de plantio direto quando comparado ao sistema convencional.

Bertolini et al. (2008), avaliando a adubação antecipada em sistema de plantio direto

e cultivo mínimo em diferentes cultivares de milho, encontraram resultados semelhantes ao presente estudo para o DC. Contudo, resultados obtidos por Bertolini, Gamero e Benez (2006) avaliando o desempenho da cultura do milho em diferentes manejos de solo sob cobertura de nabiça, não constataram diferença significativa pela utilização de diferentes preparos de solo para o DC; assim como os resultados encontrados por Andrade Junior et al. (2014), ao avaliarem espaçamentos tradicional e reduzido entre linhas nos sistemas de plantio direto, mínimo e convencional.

SISTEMAS	TEST	BAC	ORG	BAC + ORG	MÉDIAS
DC (cm)					
PD	25,24	25,65	25,07	25,01	25,24 B
ESC	23,96	23,59	23,99	23,85	23,85 C
ESC+PD	26,42	26,05	26,23	26,03	26,19 A
MÉDIAS	25,21 ^{ns}	25,09	25,09	24,97	
C.V. (%)	3,14	1,59	3,48	2,60	
AIE (m)					
PD	1,45 abA	1,46 abA	1,48 aA	1,43 bA	1,46 ^{ns}
ESC	1,43 aA	1,44 aA	1,45 aAB	1,46 aA	1,45
ESC+PD	1,43 aA	1,45 aA	1,44 aB	1,41 aA	1,43
MÉDIAS	1,44 ^{ns}	1,45	1,46	1,44	
C.V. (%)	2,89	3,96	1,90	2,75	
EP (m)					
PD	2,55 bA	2,58 abA	2,61 aA	2,56 bA	2,57 A
ESC	2,58 aA	2,56 aAB	2,56 aAB	2,56 aA	2,56 A
ESC+PD	2,55 aA	2,51 aB	2,52 aB	2,56 aA	2,53 B
MÉDIAS	2,56 ^{ns}	2,55	2,56	2,56	
C.V. (%)	1,15	1,59	1,31	2,49	

Tabela 3 – Diâmetro de colmo (DC), altura de inserção de espiga (AIE) e estatura de planta (EP) do milho (*Zea mays* L.), submetido à utilização de Bacsol® e Orgasol® nos sistemas de cultivo: plantio direto (PD), escarificação (ESC) e escarificação com retorno ao plantio direto (ESC+PD). Média de 5 repetições. Seara – SC, 2016

TEST - tratamento que não recebeu os produtos; BAC: adubação biológica na dose de 200g ha⁻¹; ORG: bioestimulante na dose de 200ml ha⁻¹; BAC + ORG: adubação biológica + bioestimulante. PD: sistema de plantio diretos; ESC: sistema de plantio com escarificação; ESC + PD: escarificação com retorno ao plantio direto. Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste LSD (P < 0,05).

Quanto à utilização da adubação biológica e bioestimulante, os resultados obtidos por esta pesquisa corroboram com os encontrados por Krenchinski et al. (2014), que demonstraram a ineficiência da utilização de bioestimulantes para a cultura do milho para as variáveis DC, corroborando também com os dados obtidos por Bento et al. (2016), avaliando diferentes doses de P₂O₅ na presença e ausência dos produtos Bacsol®+Orgasol® em sistema de cultivo convencional.

Para a AIE os produtos testados apenas influenciaram esta variável dentro do sistema plantio direto, tendo o ORG como melhor resposta, diferenciando-se do tratamento com a mistura dos dois produtos, porém não diferindo da testemunha e da adubação biológica (BAC) (Tabela 3). Não houve diferença estatística entre os manejos adotados para a AIE

em relação aos produtos testados, com exceção para o tratamento bioestimulante (ORG), onde o sistema PD apresentou a melhor resposta em relação ao ESC+PD, não diferindo do sistema escarificado (Tabela 3).

De acordo com Farinelli, Penariol e Fornasieri Filho (2012), esta variável está diretamente ligada aos fatores genéticos da planta, não sendo alterada pelos diferentes manejos adotados. Corroborando com os dados desta pesquisa Bertolini, Gamero e Benez (2006), avaliando três híbridos de milho em plantio direto e cultivo mínimo, não encontraram diferença estatística para esta variável.

Semelhantemente, Oliveira et al. (2012) não verificaram efeito significativo da utilização de rizobactérias promotoras do crescimento de plantas via tratamento de sementes do milho, em diferentes doses de adubação de base em sistema de plantio direto, para as variáveis AIE e EP.

Ressalta-se que, atualmente, busca-se cada vez mais lançar híbridos com menor altura de inserção de espiga, uma vez que as espigas proporcionam menor acamamento das plantas por apresentar menor deslocamento do centro de gravidade permanecendo mais próximo à base da planta (SANGOI et al., 2011; FERREIRA, 2012).

Para a EP houve diferença estatística para os tratamentos utilizando BAC e ORG nos diferentes sistemas de cultivo, onde o PD apresentou-se superior em relação ao ESC+PD, mas não diferiu em relação ao ESC (Tabela 3). Apenas o PD promoveu diferença entre os produtos testados, sendo os maiores valores encontrados nos tratamentos utilizando o bioestimulante (ORG), que não diferiu estatisticamente em relação à adubação biológica (BAC), mas diferiu em relação aos demais tratamentos (TEST e BAC+ORG) (Tabela 3).

Em estudo realizado por Veiga, Reinert e Pandolfo (2006), avaliando sistemas de cultivos (preparo convencional, preparo reduzido e plantio direto) e a utilização de diferentes fontes de nutrientes, os autores não obtiveram diferença estatística para EP; corroborando com os dados anteriormente obtidos por Krenchinski et al. (2014).

3.2 Avaliação dos componentes do rendimento

Houve efeito da interação entre os produtos testados (Bacsol – BAC, Orgasol – ORG, mistura BAC + ORG) e dos sistemas de cultivo avaliados (Plantio direto – PD, escarificação – ESC e, escarificação com retorno ao plantio direto – ESC+PD) para o número de grãos por fileira (NGF) ($P < 0,05$). O número de grãos por espiga (NG) diferiu estatisticamente ($P < 0,05$) para os sistemas de cultivo avaliados e, embora o fator produto testado tenha apresentado significância, não houve diferença entre os mesmos; enquanto, o número de fileiras de grãos por espiga (NFE) apresentou efeito apenas para os sistemas de cultivo avaliados (Tabela 4).

SISTEMAS	TEST	BAC	ORG	BAC + ORG	MÉDIAS
NFE					
PD	17,17	17,14	17,22	17,27	17,20 A
ESC	16,80	17,11	16,69	17,18	16,95 AB
ESC + PD	16,80	16,84	17,18	16,80	16,91 B
MÉDIAS	16,92 ^{ns}	17,03	17,03	17,08	
C.V. (%)	2,28	2,30	1,75	3,19	
NGF					
PD	34,11 aB	33,94 aAB	34,68 aA	35,05 aA	34,46 B
ESC	34,84 aAB	33,62 bB	34,84 aA	34,46 abA	34,44 B
ESC + PD	35,37 aA	35,27 aA	34,88 aA	35,33 aA	35,21 A
MÉDIAS	34,77 ^{ns}	34,28	34,80	34,95	
C.V. (%)	1,94	3,26	2,53	3,11	
NG					
PD	584,78	580,82	596,91	604,53	591,66 AB
ESC	583,65	575,13	580,86	590,42	582,52 B
ESC + PD	593,93	593,14	598,69	592,80	594,64 A
MÉDIAS	587,45a	583,03a	592,02a	595,92a	
C.V. (%)	3,55	3,05	2,37	3,55	

Tabela 4 – Fileiras de grãos por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF) e número de grãos por espiga (NG) do milho (*Zea mays* L.), submetido à utilização de Bacsol® e Orgasol® nos sistemas de cultivo: plantio direto (PD), escarificação (ESC) e escarificação com retorno ao plantio direto (ESC+PD). Média de 5 repetições. Seara – SC, 2016

TEST - tratamento que não recebeu os produtos; BAC: adubação biológica na dose de 200g ha⁻¹; ORG: bioestimulante na dose de 200ml ha⁻¹; BAC + ORG: adubação biológica + bioestimulante. PD: sistema de plantio diretos; ESC: sistema de plantio com escarificação; ESC + PD: escarificação com retorno ao plantio direto. Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste LSD (P < 0,05).

A variável NFE não apresentou diferença estatística para a utilização da adubação biológica e o bioestimulante ou a mistura de ambos; apenas houve diferença estatística quanto ao sistema de cultivo. As médias para os sistemas de cultivo mostraram diferença significativa, com os melhores resultados para o sistema plantio direto seguido pelo cultivo mínimo que não diferiu dos demais. O sistema de escarificação com retorno ao plantio direto apresentou a menor resposta diferenciando-se do sistema plantio direto (Tabela 4).

De acordo com Ritchie, Hanway e Benson (1993), esta variável tem seu potencial determinado até o estágio V12, sendo que até este estágio ocorre a definição do número de fileiras de grãos por espiga. Dessa forma pode-se dizer que o uso da adubação biológica e bioestimulante não exerceram ou exerceram baixa influência nos estádios iniciais de crescimento da planta; o oposto pode ser observado quando se analisa os sistemas de cultivo. De acordo com Narimatsu et al. (2014), o sistema de cultivo adotado afeta o crescimento do sistema radicular bem como a distribuição das raízes no perfil do solo, o que influencia diretamente na capacidade de absorção de água e nutrientes.

Para a variável NGF foi observada diferença estatística para a utilização dos produtos apenas no sistema cultivo mínimo (ESC), situação em que o uso da adubação biológica (BAC) proporcionou o pior resultado diferindo da testemunha e do tratamento contendo

o bioestimulante (ORG) que não diferiram entre si (Tabela 4). Acredita-se que o uso da adubação biológica possa ter proporcionado um efeito antagônico dentro deste sistema (ESC) proporcionado pelo revolvimento do solo, uma vez que todas as parcelas com o mesmo tratamento apresentaram a mesma respostas.

Dentro dos sistemas de cultivo apenas os tratamentos TEST e BAC apresentaram diferença estatística para o NGF. Na testemunha os maiores valores encontrados foram no PD+ESC, que não diferiu de ESC, mas diferiu do PD. De modo semelhante, em BAC os maiores valores encontrados no PD+ESC que não diferiram do PD, mas diferiram de ESC (Tabela 4).

Krenchinski et al. (2014) não obtiveram diferença significativa para as variáveis NFE e NGF quanto ao uso de bioestimulantes no milho. Segundo os autores Ritchie, Hanway e Benson (1993), estas variáveis tem sua definição no período de pré-florescimento a florescimento. De acordo com o pressuposto o sistema ESC+PD proporcionou condições favoráveis para a expressão fenotípica da planta durante esse período, diferindo das médias dos demais sistemas.

Para NG não houve diferença estatística entre as adubações testadas, com os maiores valores observados em PD e ESC+PD que não diferiram entre si. O sistema de cultivo ESC promoveu os menores valores de NG, porém não diferindo do PD (Tabela 4). Ao observar as médias por sistema de cultivo das variáveis apresentadas na Tabela 4, percebe-se que o maior número de grãos na fileira tendem a proporcionar também maiores quantidade de grãos por espiga, mesmo quando obtidos menores números de fileiras de grãos

Kolling et al. (2016) ao avaliarem a utilização do bioestimulante Stimulate® sob a variabilidade de plantas de milho em sistema plantio direto, não constataram diferença significativa para o NG, corroborando com os dados desta pesquisa. Já Bertolini, Gamero e Benez (2006) e Bertolini et al. (2008), não encontraram diferença estatística para esta variável em relação aos sistemas de cultivo utilizados.

Apesar do sistema de cultivo ESC+PD ter apresentado o maior número de grãos por espiga, isto não se traduziu em maior rendimento da cultura, como verificado para os valores de massa de 1000 grãos (MS1000G) e rendimento por hectare (REND), apresentados na tabela 5. Não houve efeito das adubações testadas e nem da interação entre estas e os sistemas de cultivo para a MS1000G e REND, havendo diferença significativa ($P < 0,05$) para estas variáveis apenas quanto ao sistema de cultivo avaliado (Tabela 5).

Ao contrário dos resultados obtidos no presente estudo, a utilização da adubação biológica e bioestimulante em pesquisas realizadas por Oliveira et al. (2012), Dourado Neto et al. (2014), Krenchinski et al. (2014) e Kolling et al. (2016), promoveram diferenças para a MS1000G, apesar destes valores não refletirem no rendimento final da cultura. Dados obtidos por Kraft (2015) demonstraram a influência dos produtos Bacsol® e Orgasol® sobre esta variável quando avaliados individualmente ou de forma conjunta, demonstrando valores até 19% superior à testemunha, em condições de casa de vegetação.

SISTEMAS	TEST	BAC	ORG	BAC + ORG	MÉDIAS
MS1000G (g)					
PD	342,38	351,11	342,34	340,11	343,99 A
ESC	341,40	335,73	346,20	341,94	341,32 A
ESC + PD	331,10	307,84	324,13	324,04	321,77 B
MÉDIAS	338,30 ^{ns}	331,56	337,56	335,36	
C.V. (%)	7,94	9,22	7,43	2,65	
REND (Kg)					
PD	11113,9	11768,3	11665,9	11611,9	11540,0 A
ESC	10856,9	10205,4	11194,3	10812,7	10767,3 B
ESC + PD	11082,2	10361,6	10245,2	10724,4	10603,3 B
MÉDIAS	11017,07 ^{ns}	10778,4	11035,1	11049,7	
C.V. (%)	9,70	5,96	10,27	8,06	

Tabela 5 – Massa seca de 1000 grãos (MS1000G) e rendimento por hectare (REND) do milho (*Zea mays* L.), submetidos à utilização de Bacsol® e Orgasol® nos sistemas de cultivo: plantio direto (PD), escarificação (ESC) e escarificação com retorno ao plantio direto (ESC+PD). Média de 5 repetições. Seara – SC, 2016

TEST - tratamento que não recebeu os produtos; BAC: adubação biológica na dose de 200g ha⁻¹; ORG: bioestimulante na dose de 200ml ha⁻¹; BAC + ORG: adubação biológica + bioestimulante. PD: sistema de plantio diretos; ESC: sistema de plantio com escarificação; ESC + PD: escarificação com retorno ao plantio direto. Médias seguidas da mesma letra, minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste LSD (P < 0,05).

Contudo, vale ressaltar que algumas vezes os resultados obtidos em condições controladas não são repetidos nas condições de campo, uma vez que nesta, as interferências são mais adversas e amplas. Oliveira et al. (2012) indicam que para a utilização dos produtos biológicos deve-se considerar a grande amplitude de comportamento dos microrganismos que quando associadas as condições climáticas e disponibilidade de nutrientes, afeta a interação entre os mesmos e as plantas. Por isso, ressaltam os autores que a estabilidade, sobrevivência e atuação dos microrganismos pode ser comprometida por estresses climáticos e condições adversas do solo.

Microrganismos inoculados ao solo sofrem efeitos de adaptações a este ambiente, bem como competição por nicho e substrato, com populações microbianas nativas mais adaptadas e muitas vezes mais eficientes. A interação entre plantas e microrganismos pode ser benéfica, neutra ou até mesmo prejudicial; enquanto Reis et al. (2000) e Domingues Neto et al. (2013), conferem ao genótipo da planta o fator determinante desta interação. Autores como Araújo et al. (2013), ao avaliarem 35 cultivares de milho constituídos de híbridos simples, duplos, triplos e variedades, sob a utilização de bactérias diazotróficas, encontraram resposta favorável a utilização das mesmas em apenas nove híbridos.

Oliveira et al. (2012) em pesquisa avaliando a utilização de rizobactérias na cultura do milho não obtiveram diferença significativa para as variáveis acima citadas, onde o mesmo justificou a ineficiências da utilização devido a períodos de estiagem durante o estágio reprodutivo da cultura. Contrariamente, Bento et al. (2016) avaliando doses de adubação fosfata com e sem a utilização dos produtos Bacsol+Orgasol, demonstraram efeito positivo do uso dos produtos sobre as variáveis de rendimento na dose de 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Os maiores valores obtidos para MS1000G foram encontrados nos sistemas PD e ESC que não diferiam entre si, enquanto, o sistema ESC + PD apresentou os menores resultados (Tabela 5). Para a medida do rendimento (REND) o sistema PD foi estatisticamente superior aos demais tratamentos (ESC e ESC + PD). Observa-se nos sistemas ESC+PD e ESC valores contrários, com maiores quantidades de grãos (Tabela 4) apresentando menores valores de MS1000G e vice versa. Apenas para o sistema PD obteve-se elevados valores de NGE e MS1000G, fato que contribuiu para o maior rendimento de grãos obtido neste sistema.

De forma contrária ao presente estudo, Andrade Junior et al. (2014), quando avaliando diferentes espaçamentos entre linhas e sistemas de cultivo, verificaram que mesmo em diferentes manejos do solo não houve diferença para a massa de 100 grãos (MS100G). Para o presente estudo, a diferença significativa do rendimento de grãos de milho entre os diferentes sistemas de manejo de solo, está atribuída ao preparo de solo associado às condições climáticas. A distribuição desuniforme da precipitação pluvial ao longo do período de cultivo proporcionou menores precipitações nos períodos cruciais para a cultura, ou seja, durante a fase reprodutiva, como verificando na figura 1.

Condições climáticas associadas a práticas de manejo que envolvam o revolvimento do solo, mesmo de forma menos intensa como ocorre através da escarificação, oferecem menor condição de armazenamento de água no solo por causar danos a sua estrutura, quando comparado ao sistema plantio direto (SANTOS; TOMM; KOCHHANN, 2003). O sistema de escarificação promove alteração na porosidade do solo, principalmente da macroporosidade, o que facilita a taxa de infiltração e aeração do solo, mas também favorece a perda de água no solo por evaporação (BERTOLINI et al., 2008).

No entanto, maiores intensidades de preparo do solo tendem a ocasionar a compactação subsuperficial em função da descompactação mecânica da camada mobilizada, sendo que a carga aplicada tem efeito acumulativo em subsuperfície no decorrer do tempo, proporcionando o efeito conhecido como pé de grade (LLANILLO et al., 2006), impedindo o aprofundamento do sistema radicular, e diminuindo a capacidade de água que as plantas podem absorver (BRADY; WEIL, 2013). Desta maneira, no primeiro momento, a escarificação pode até melhorar a capacidade de infiltração de água no solo, melhorar a aeração e diminuir a resistência à penetração de raiz pelas plantas, no entanto, a longo prazo, o seu efeito leva a uma condição de solo pior ao estágio pré-escarificação, afetando as plantas como um todo e proporcionando condições inadequadas para o desenvolvimento das plantas, como verificado no presente estudo.

O estudo demonstrou haver uma relação direta entre a resposta obtida para os parâmetros de rendimento e algumas variáveis químico-físicas analisadas. A análise de Correlação de Person mostrou significância ($P < 0,05$) sendo possível observar correlações positivas para os valores encontrados de matéria orgânica do solo - MO ($r=0,59$), densidade do solo - Ds ($r=0,51$), Porosidade Total - Pt ($r=0,62$) e Ds ($r=0,52$) e Pt ($r=0,54$), respectivamente, para as variáveis NFE e NGF. Enquanto, a variável NG teve alta correlação positiva com os teores de magnésio - Mg ($r=0,66$) e MO ($r=0,50$).

Para tanto quando analisamos a Pt, práticas de manejo do solo que proporcionam

preservação e estabilidade de poros no perfil favorece o fluxo de água, como é o caso do sistema plantio direto, permitindo que a mesma seja redistribuída para as plantas em uma condição de escassez de precipitação. Além disso, os poros contínuos permitem a aprofundamento das raízes no solo (FREITAS et al., 2017) aumentando assim a área de exploração das raízes, favorecendo a maior absorção de água e nutrientes em períodos de restrição hídrica.

A elevada correlação dos atributos de rendimento com a Ds pode ser explicada pelo fato das culturas terem uma compactação ideal ótima para seu desenvolvimento sendo este fator preponderante para o melhor desenvolvimento do sistema radicular e absorção de água e nutriente. Silva, Albuquerque e Costa (2014) avaliando o crescimento inicial da cultura da soja em Latossolo Bruno com diferentes graus de compactação, constataram que a máxima resposta da cultura quando atingiu-se 82% da compactação máxima do solo. O grau de compactação é a relação direta da Ds, sendo que para Silva, Albuquerque e Costa (2014) a densidade do solo tornou-se crítica quando estava acima de $1,14 \text{ kg dm}^{-3}$, que corresponde a um grau de compactação de 95%. Assim, o aumento da Ds pode favorecer o desenvolvimento da cultura até determinado ponto, contudo é necessário ressaltar, que este grau de compactação ótimo varia de acordo com o tipo de solo e cultura implantada.

Para a correlação de NG entre Mg e MO é sabido a importância do Mg como componente central da molécula de clorofila, atuando nos processos fotossintéticos e no metabolismo energético vegetal (SILVA et al., 2016), bem como os efeitos promovidos pela MO quanto a disponibilidade de nutrientes, contribuição no aumento da CTC, bem como a atividade de elementos potencialmente fitotóxicos como Al^{3+} e Mn^{2+} em solos ácidos, e metais pesados; além de efeitos sobre agregação do solo e retenção de umidade (ZANDONADI et al., 2014).

A variável MS1000G demonstrou correlação positiva com os teores de K do solo ($r=0,94$), está elevada correlação corrobora com o que vem sendo discutido na literatura, onde, a adubação potássica proporciona precocidade do aparecimento da inflorescência feminina, uniformidade de maturação, resistência do colmo, diminuição no acamamento das plantas e maior peso de grãos (TAKASU et al., 2014).

4 | CONCLUSÃO

A utilização da adubação biológica (BAC), bioestimulante (ORG) e da combinação entre BAC+ORG não promoveu efeito sobre os parâmetros fitotécnicos e de rendimento avaliados no presente estudo;

Houve efeito dos sistemas de cultivo sobre as respostas da utilização da adubação biológica e do bioestimulante, quando da existência da interação entre os produtos testados e sistemas de cultivo (AIE, EP e NG), ressaltando a necessidade da associação dos mesmos a um bom manejo para obtenção de melhores respostas a sua utilização;

O estudo reforça a importância dos sistemas de cultivo sobre o desenvolvimento das culturas, onde o sistema escarificado (ESC) apresentou a menor resposta em mais de

50% das variáveis analisadas; enquanto o sistema de plantio direto (PD) apresentou uma superioridade de 9% no rendimento em relação aos demais sistemas;

Os componentes de rendimento NFG, NGF, NG e MS1000G apresentaram correlações positivas com parâmetros físico-químicos avaliados (K, Mg, MO, Ds e Pt).

REFRÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.

ANDRADE JUNIOR, O. et al. Crescimento e produtividade de milho em três sistemas de manejo de solo e dois espaçamentos entrelinhas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina – PR, v. 35, n. 3, p. 1221-1230, maio/jun. 2014.

ARAUJO, F. F. et al. Híbridos e variedades de milho submetidos à inoculação de sementes com *Herbaspirillum seropedicae*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina – PR, v. 34, n. 3, p. 1043-1054, maio/jun. 2013.

BENTO, R. U. et al. Contribuição de bioestimulantes contendo microrganismos rizosféricos na absorção de fósforo pelo milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 3, p. 572-581, 2016.

BERTOLINI, E. V.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H. Desempenho da cultura do milho em diferentes manejos do solo sobre a cobertura vegetal de nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.). **Engenharia Agrícola**, Botucatu – SP, v. 21, n. 1, p. 34 – 49, 2006.

BERTOLINI, E. V. et al. Antecipação da adubação de semeadura do milho em dois sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v. 32, p. 2355-2366, 2008.

BRADY, N. C. WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 686p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra de Grãos**. Brasília, v.4 Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-158 setembro 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_12_10_14_36_boletim_graos_setembro_2017.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2018.

CONCEIÇÃO, P. M. et al. Recobrimento de sementes de milho com ácidos húmicos e bactérias diazotróficas endofíticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília – DF, v. 43, n. 4, p. 545-548, 2008.

DOMINGUES NETO, F. J. et al. Desenvolvimento e produtividade do milho verde safrinha em resposta à aplicação foliar com *Azospirillum brasilense*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p.1030, 2013.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Org.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, 1994. 3-21p.

DOURADO NETO, D. et al. Ação de bioestimulante no desempenho agrônomo de milho e feijão. **Bioscience Journal**, Uberlândia – MG, v. 30, p. 371-379, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 3 ed. Brasília: Embrapa produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Características agrônômicas e produtividade de cultivares de milho em diferentes espaçamentos entrelinhas e densidades populacionais. **Científica**, v. 40, n. 1, p. 21-27, 2012.

FERREIRA, J. P. **Características agrônômicas do milho sob diferentes arranjos espaciais e densidades de plantas em região de cerrado**. 2012. 86p. Dissertação (Sistemas de produção), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira - SP. 2012. 86p.

FIGUEIREDO, M. V. B. et al. **Microrganismos promotores do crescimento de plantas. Biotecnologia aplicada à agricultura: textos de apoio e protocolos experimentais**, cap.1, p.385-414, Embrapa Informação Tecnológica Brasília, DF. Instituto Agrônomo de Pernambuco Recife, 2010.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 273 p.

FREITAS, L. A. et al. Soil physical and phenological attributes of soybean in different management systems and gypsum. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 4, p. 508-515, 2017.

JUNIOR, H. B. M.; CAMARGO, R. De.; WENDLING, B. Sistema de plantio direto na conservação do solo e água e recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, N. 12, p. 1-17, 2011.

KOLLING, D. F. et al. Tratamento de sementes com bioestimulante ao milho submetido a diferentes variabilidades na distribuição espacial das plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v. 46, n. 2, p. 248-253, fev. 2016.

KRAFT, E. **Utilização do bacsol e orgasol no crescimento e desenvolvimento do milho (Zea mays L.) e qualidade do solo**. 2015. 20 p. Relatório de pesquisa – Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, 2015.

KRENCHINSKI, F. H. et al. Utilização de bioestimulante organomineral no milho de segunda safra cultivado no Oeste do Paraná. **Revista Agrarian**, Dourados – MT, v. 7, n. 25, p. 468-473, 2014.

LLANILLO, R. F. et al. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. **Sêmima: Ciências Agrárias**, Londrina – PR, v. 27, n. 2, p. 205-220, abr./jun. 2006.

MONTEIRO, P. H. R.; WINAGRASKI, E.; AUER, C. G. **Importância do uso de rizobactérias na produção de mudas florestais**. Colombo, PR, Embrapa Floresta, 2014. 6p. (Comunicado técnico, 338). Disponível em:

MONTEIRO, P. R.; AUER, C. G. **Avaliação do crescimento de mudas de Eucalyptus benthamii após uso do Bacsol**. In: FERTBIO 2012, “A Responsabilidade Socioambiental da Pesquisa Agrícola”. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo- SBCS, 2012.

NARIMATSU, K. C. P. et al. Corn productivity in function of surface application of lime in different management systems and cultural preparation. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal – SP, v. 34, n. 2, p. 254-262, mar./abr. 2014.

OLIVEIRA, M. A. et al. Desempenho agrônômico do milho sob adubação mineral e inoculação das sementes com rizobactérias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 16, n. 10, p. 1040–1046, 2012.

OLIVEIRA, M. A. et al. Adubação fosfatada associada à inoculação com *Pseudomonas fluorescens* no desempenho agrônômico do milho. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife – PB, v. 38, p. 18-25, jan. 2015.

REIS, V. M. et al. Biological nitrogen fixation in gramineae and palm trees. **Critical Review in Plant Science**, London, v. 19, n. 3, p. 227-247, 2000.

RIBEIRO, R. F. et al. Bioestimulante na produção de mudas de videira cv. Crimson Seedless. **Scientia Agrária**, Curitiba – PR, v. 18, n. 4, p. 36-42, 2017.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. How a corn plant develops. **Special Bulletin**, Iowa, n. 48. 1993. Disponível em: <https://s10.lite.msu.edu/res/msu/botonl/b_online/library/maize/www.ag.iastate.edu/departments/agronomy/corngrows.html#contents>. Acessado em: 22 nov. 2015.

RSA Indústria de Insumos Agrícolas LTDA. São Paulo, SP: Bacsol, 2014. Bula.

SANGOI, L. et al. Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.6, p.609-616, jun. 2011.

SANTOS, E. P.; TOMM, G. O.; KOCHHANN, R. A. Rendimento de grãos de milho em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas – RS, v. 9, n. 3, p. 251-256, jul./set. 2003.

SANTOS, V. M. et al. Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de *Zea mays* L. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas – MG, v.12, n.3, p. 307-318, 2013.

SARTORI, G. M. S. et al. Sistemas de preparo do solo e de semeadura no rendimento de grãos de soja em área de várzea. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 3, p. 492-498, 2016 .

SAS. INSTITUTE. **SAS User’s guide**: Statistics. 6.ed. Cary,1990.

SILVA, A. D. et al. Fontes e doses de magnésio na cultura do milho. **Global Science and Technology**, v. 9, n. 3, p. 20 - 30, 2016.

SILVA, F. R. Da.; ALBUQUERQUE, J. A.; COSTA, A. Da. Crescimento inicial da cultura da soja em Latossolo Bruno com diferentes graus de compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa , v. 38, n. 6, p. 1731-1739, 2014.

SPANIOL, J. S. et al. Influence of probiotic on somatic cell count in milk and immune system of

dairy cows. **Comparative Clinical Pathology**, v. 24, n. 3, p. 677-681, 2014.

TAKASU, A. T. et al. Produtividade da cultura do milho em resposta à adubação potássica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 2, p. 154-161, 2014.

USDA - United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production**. 2018. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2018.

VEIGA, M.; REINERT, D. J.; PANDOLFO, C. M. Efeito de sistemas de preparo e de fontes de nutrientes sobre a fertilidade do solo e o crescimento e produção de milho. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis – SC, v. 19, n. 1, p. 69-73, mar. 2006.

ZANDONADI, D. B. et al. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 14-20, 2016.

BIODIVERSIDADE DE RIZOBACTÉRIAS PRESENTES NO EXOESQUELETO DE FORMIGAS CORTADEIRAS DO GÊNERO ATTA SPP

Guilherme Peixoto de Freitas

Universidade Federal do Paraná – UFPR,
Palotina – Paraná.

Lucas Mateus Hass

Universidade Federal do Paraná – UFPR,
Palotina – Paraná.

Luana Patrícia Pinto

Universidade Estadual do Oeste do Paraná –
UNIOESTE, Cascavel – Paraná.

Alexandre Daniel Schneider

Universidade Federal do Paraná – UFPR,
Palotina – Paraná.

Marco Antônio Bacellar Barreiros

Universidade Federal do Paraná – UFPR,
Departamento de Biociências - DBC, Palotina –
Paraná.

Luciana Grange

Universidade Federal do Paraná – UFPR,
Departamento de Ciências Agronômicas - DCA,
Palotina – Paraná.

RESUMO: As formigas cortadeiras desenvolveram a capacidade de cultivar o próprio alimento e, esta estratégia de sobrevivência se estabeleceu por interações co-evolutivas específicas, envolvendo fungos e bactérias. Enquanto o fungo mutualista serve de alimento, as bactérias do sistema controlam o crescimento e a qualidade do mesmo garantindo a longevidade da comunidade do inseto. Neste contexto, este trabalho pretende ser

um projeto piloto na avaliação da diversidade de bactérias presentes no exoesqueleto das formigas cortadeiras, com o objetivo de selecionar isolados representantes para estudos de bioprospecção. Para obtenção das amostras, foram utilizados de três formigueiros localizados em dois municípios da região oeste do Paraná. Os indivíduos foram desagregados em solução salina em agitador. As soluções obtidas, foram diluídas até a concentração 10^{-3} , plaqueadas em meio sólido tipo Dygs e submetidas a BOD por 72 horas a 27°C . Os isolados foram caracterizados e agrupados morfológicamente e destes, representantes foram selecionados para crescimento em meios seletivos para actinomicetos, bactérias celulolíticas e proteolíticas. Os dados revelaram a formação de dois grandes grupos que derivaram de um ancestral comum. Destes agrupamentos, foram escolhidos 4 representantes para serem submetidas aos meios seletivos. Através de avaliação visual, uma nota de 0 a 10 foi atribuída quanto ao crescimento dos isolados e, os resultados revelaram diferentes padrões de resposta da diversidade e da densidade dos gêneros avaliados. Este estudo preliminar apontou a necessidade do aumento da amostragem e de estudos mais avançados nos campos da genética e bioquímica, a fim de identificar estirpes com potencial biotecnológico.

PALAVRAS-CHAVE: Formigas Cortadeiras;
Bactérias; Exoesqueleto.

ABSTRACT: The ants leaf-cutter developed the ability to cultivated their own food, and that survival strategy was established from interactions specific that co-evolutionary by specific co-evolutionary interactions involving fungi and bacteria. While the fungus serves as food, the system's bacteria control the growth and quality of the fungus ensuring the longevity of the insect community. In this context, this work intend to be a pilot project in the evaluation of the diversity of bacteria present in the exoskeleton of leaf-cutting ants, with the objective of selecting bacterial isolates representatives for bioprospecting studies. To obtain the samples, were used three anthills located in two different municipalities of the western region of Paraná. The individuals were disaggregated in saline solution on shaker. The obtained solutions were diluted to the concentration 10⁻³, plated in Dygs-type solid medium and submitted to B.O.D for 72 hours at 27 ° C. The isolates were characterized and grouped morphologically and of these, representatives were selected for growth in selective medium for actinomycetes, cellulolytic bacteria and proteolytic. The data revealed the formation of two large groups that derived from a common ancestor. Of these groupings, 4 representatives were chosen to be submitted to the selective medium. Through visual evaluation, a score from 0 to 10 was attributed to the growth of the isolates, and the results revealed different response patterns of the diversity and density of the evaluated genera. This preliminary study pointed to the need for increased sampling and more advanced studies in the fields of genetics and biochemistry in order to identify strains with biotechnological potential.

KEYWORDS: ant leaf-cutter, bacteria, exoskeleton.

1 | INTRODUÇÃO

As formigas cortadeiras desenvolveram, a mais de 50 milhões de anos, a capacidade de cultivar fungos como alimento através de interações altamente específicas e complexas envolvendo estes e outros microrganismos. Numa relação mutualística, a formiga fornece substratos à base de vegetais frescos para o crescimento do fungo Basidiomycota (*Leucoagaricus gongylophorus*) nas câmaras subterrâneas de seus ninhos e, de forma predatória e/ou competitiva, algumas bactérias edáficas e/ou de exoesqueleto são empregadas pelo inseto, de forma planejada, no controle e proteção do crescimento do que é para ela alimento (DÂNGELO et al., 2016)

O cultivo do fungo tornou-se possível devido às diversas especialidades desenvolvidas pelas formigas cortadeiras como a rigorosa limpeza do material vegetal a ser fornecido, retirando microrganismos que podem causar danos potenciais ao crescimento do fungo; a utilização de secreções glandulares que possuem compostos antifúngicos e; principalmente, através das interações com outros microrganismos que inibem o desenvolvimento de parasitas e entomopatógenos provenientes do solo, das folhagens ou do meio externo (CAFARO et al., 2010; KOOIJ et al., 2014).

A interação com microrganismos presentes no exoesqueleto consiste em uma das principais estratégias evolutiva das formigas cortadeiras para inibir ou controlar o desenvolvimento de parasitas que possam prejudicar o desenvolvimento do fungo alimentar.

Algumas bactérias envolvidas nesta interação predatória formiga-parasitas, principalmente as filamentosas, como é o caso da *Pseudonocardia* e *Streptomyces*, são produtoras de substâncias específicas que inibem o desenvolvimento de fungos patogênicos como o *Trichoderma*, o *Fusarium* e os do gênero *Escovopsis* (DE FREITAS et al., 2016; PAGNOCCA; RODRIGUES; BACCI JUNIOR, 2011.).

Por outro lado, bactérias com características não filamentosas como *Bacillus*, *Klebsiella* e *Staphylococcus*, também podem ser encontradas no sistema auxiliando, principalmente, na degradação do substrato através de enzimas que podem facilitar a disponibilização de compostos e/ou competir de forma prejudicial com o estabelecimento da simbiose alimentar (SCOTT et al., 2010; PAGNOCCA; RODRIGUES; BACCI JUNIOR, 2011).

A diversidade de microrganismos no interior dos formigueiros ou sobre o exoesqueleto das formigas cortadeiras podem variar de acordo com as condições físicas e químicas dos solos ou características geográficas e vegetativas de determinada região (PAGNOCCA; RODRIGUES; BACCI JUNIOR, 2011; BERENDSEN et al., 2012). Muitos trabalhos sobre interações insetos-microrganismos têm encontrado bactérias exercendo diferentes papéis biológicos que podem ser investigados para serem utilizados para bioprospecção.

Utilizando ferramentas moleculares, Marsh et al. (2013), realizaram a identificação de actinobactérias presente na cutícula das formigas do gênero *Atta* spp. destacando principalmente a presença de *Pseudonocardia*, *Streptomyces* e *Nocardioles*, podendo estarem relacionadas com a produção de antibióticos contra agentes patogênicos.

Trabalhos como os de Andersen et al. (2013), demonstraram que a diversidade de bactérias presentes no exoesqueleto de formigas do gênero *Acromyrmex*, é mais baixa predominando apenas uma cepa de *Pseudonocardia* sendo responsável pela produção de compostos antifúngicos. Já outras actinobactérias, como *Streptomyces*, que são responsáveis pela complementação da produção de antibióticos, são adquiridas horizontalmente e/ou aumentadas de acordo com a atividade das operárias externamente ao ninho (MARCHIORI, 2013).

Neste contexto, estudos que possam identificar a diversidade dos indivíduos presentes neste sistema associativo em cada região e/ou solo, seja este produtivo ou natural, podem auxiliar no entendimento desta complexidade de interações quanto ao papel das formigas na manutenção da biodiversidade microbiana de um solo; quanto aos tipos de bioativos que podem estar envolvidos tanto no controle biológico da formiga cortadeira quanto de fungos patogênicos pelas bactérias presentes no sistema e; quanto estes insetos podem servir como bioindicadores da fertilidade e saúde dos solos e regiões onde se encontram presentes (PARRON, 2015; FERNÁNDEZ-MARÍN, 2017).

Quando o assunto é formiga cortadeira, salienta-se principalmente os danos e prejuízos relacionados ao corte de folhas, ramos, flores e etc. Porém pouco é ressaltado sobre o potencial biotecnológico e o papel ecológico envolvido na manutenção da fertilidade, da física e da microbiota dos solos por estes insetos. As formigas cortadeiras realizam indiretamente a incorporação de matéria orgânica no perfil de um solo, principalmente através do descarte dos resíduos de material vegetal utilizados pelo fungo mutualista no

interior do ninho. Nos locais de baixa diversidade vegetal as formigas assumem papel fundamental na incorporação da matéria orgânica nos solos, influenciando diretamente na distribuição da microbiota edáfica (FERNÁNDEZ; FARJI-BRENER; SATTI, 2014).

Estudos de bioprospecção tem revelado o grande potencial tecnológico que pode ser desenvolvido a partir de rizobactérias com capacidade para agentes de biocontrole (CONTI; GUIMARÃES; PUPO, 2012). Estes microrganismos produzem compostos de baixo molecular, como por exemplo, sideróforos, β -1,3 glucanase, quitinases, antibióticos e ácidos cianídricos que, por competição por espaço e nutrientes e/ou por indução de resistência nas plantas, reduzem a população dos fitopatógenos promovendo o crescimento das plantas cultivadas e melhorando a saúde dos solos produtivos (GLICK, 2012; EGAMBERDIEVA et al., 2015).

Portanto, o presente trabalho avaliou a diversidade de bactérias presentes no exoesqueleto de formigas cortadeiras, através da tipagem morfológica e da avaliação de crescimento em meios específicos, com objetivo de obter isolados a serem submetidos a estudos genéticos e bioquímicos para identificar estirpes com potencial biotecnológico agrícola.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Coleta das amostras: As formigas cortadeiras do gênero *Atta* foram coletadas a partir de formigueiros presentes na zona rural das cidades de Assis Chateaubriand e Palotina, localizadas na região oeste do Paraná. Os formigueiros encontravam-se dispostos nas mediações de lavouras de mandioca (*Manihot esculenta*) e soja (*Glycine max*). O delineamento experimental foi realizado inteiramente ao acaso utilizando três tratamentos (formigueiros) das diferentes cidades e com repetições em triplicata para cada amostra coletada.

Obtenção dos isolados: Em fluxo laminar, 10 formigas de cada formigueiro foram emergidas em 9 mL de solução salina esterilizada a 0,85% para a desagregação de isolados bacterianos presentes no exoesqueleto. O procedimento de desagregação foi realizado por agitação em Vórtex por 1 minuto e posterior decantação por mais 5 minutos de acordo com protocolo adaptado de Zucchi, Guidolin e Cònsoli (2011). Do sobrenadante da solução contendo as formigas, foi coletado um volume de 1000 μ L para realização da diluição seriada até a obtenção da concentração de trabalho de 10^{-3} , segundo protocolo adaptado de Vincent (1970).

Tipagem morfológica: Da diluição de trabalho (10^{-3}), 100 μ L foram inoculados pelo método spread plate em placas de petri contendo meio de cultura generalista tipo Dygs, em pH 6,5, segundo protocolo adaptado de Rodriguez Neto et al. (1986). As placas foram submetidas a B.O.D a 27°C (Celsius) por 72 horas. A partir das unidades isoladas (colônias puras), a caracterização morfológica foi realizada utilizando uma metodologia adaptada de Yano et al. (1993) levando em consideração os seguintes aspectos: tamanho (< 1; 1-2; > 2 milímetros); coloração (homogênea ou heterogênea); cor (Branco, creme, amarelo e alaranjado); forma (circular ou irregular); borda (lisa, anelada e ondulada) e elevação

(chata, convexa, levantada e protuberante). Um agrupamento foi estabelecido utilizando o programa BioNumerics e o dendograma definido pelo algoritmo UPGMA.

Teste seletivo: A partir do agrupamento morfológico, 4 representantes, com aspectos contrastantes e presentes nos diferentes locais de coleta, foram escolhidos para serem submetidos a crescimento em meios de cultura seletivos para as seguintes grupos microbianos: Proteolíticos (PONTECORVO et al., 1953 modificado), Celulolíticos (WOOD, 1980), Actinomicetos (KÜSTER; WILLIAMS, 1964). Após o período de 72 horas de crescimento em B.O.D a 27°C, as placas contendo os isolados foram avaliadas e atribuídas notas de acordo com a visualização das características do crescimento nos meios distintos. As notas foram constituídas de 7 a 10 crescimento alto; de 4 a 7 crescimento mdio; de 1 a 4 crescimento baixo; e sem crescimento.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das caracterizações morfológicas, avaliando as células puras pelo meio generalista Dygs, foi possível identificar 17 diferentes estirpes bacterianas obtidas do exoesqueleto das formigas cortadeiras isoladas de formigueiros sob áreas da zona rural das cidades de Assis Chateaubriand (formigueiro 1 – A1 e formigueiro 2 – A2) e Palotina (formigueiro 3 – A3), localizadas na região oeste do Paraná. Os resultados foram gerados pela construção de uma árvore a partir de agrupamentos estabelecidos para os distintos tratamentos (formigas) e pelo uso de índices de verossimilhança acima de 70% de similaridade (Figura 1).

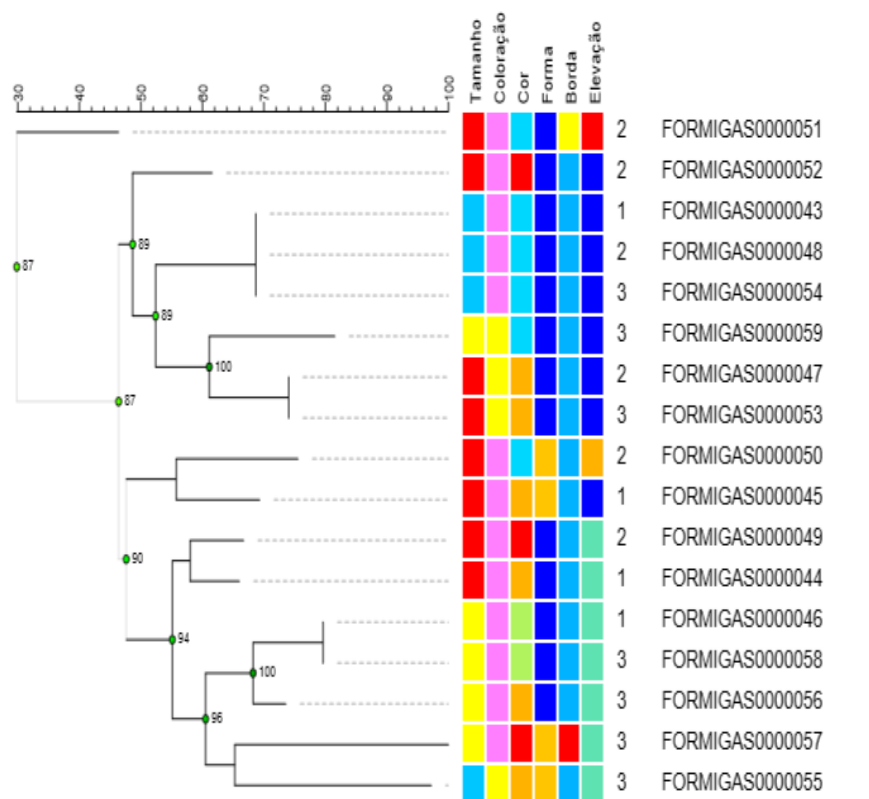


Figura 1 - Dendrograma obtido a partir de agrupamentos estabelecidos por similaridade morfológica dos isolados bacterianos presentes no exoesqueleto das formigas cortadeiras adquiridas de três diferentes locais (formigueiros) de coleta Assis Chateaubriand (A1 e A2) e Palotina (A3).

De maneira geral, foi possível observar uma baixa diversidade morfológica dos isolados presentes nos diferentes formigueiros. Analisando as ramas formadas a partir dos pontos de abertura para o primeiro grupo, observou-se um distanciamento fenotípico gradativo originando um único indivíduo como representante de uma rama e a formação de mais dois subgrupos (SG1 e SG2). O subgrupo SG1 apresentou semelhança entre as características obtidas dos isolados, formando um conjunto mais homogêneo, já no subgrupo SG2 ocorreu variação para características como tamanho, coloração e cor. Os isolados 043, 048 e 054 presentes em SG1, possuem a mesma morfologia e são providos de locais de coletas distintos.

Em parte, a ausência de respostas morfológicas mais distintas, pode ser um primeiro sinal de reflexo dos fatores antrópicos presentes nas imediações do local de coleta das formigas. De acordo com Mattoso (2012), às formigas cortadeiras podem ser beneficiadas pela ação antrópica no ambiente, no qual a modificação deste, pode reduzir a população de predadores e/ou parasitas, além de aumentar a proliferação de vegetais mais palatáveis, diminuindo a necessidade da busca por alimento a longas distâncias. Logo, esse benefício antrópico, pode afetar diretamente a diversidade de microrganismos presentes na cutícula das formigas, pois a diminuição dos potenciais riscos de ataque e/ou contaminação com parasitas, leva a diminuição de bactérias que atuam como produtoras de antibióticos no exoesqueleto destes insetos (SAMUELS; MATTOSO; MOREIRA, 2013).

Outro fator a ser considerado, é a teoria do mutualismo *Partner Choice* entre hospedeiros e simbioses, no qual, o hospedeiro promove a seleção de microrganismos benéficos de um conjunto de possíveis simbioses que podem ser adquiridos do ambiente (solo), preconizando apenas, o crescimento dos organismos de interesse para a evolução (BULL, 1991). Logo, as formigas cortadeiras podem ter adquirido bactérias específicas do ambiente para atuarem como seus simbioses, resultando em uma seleção direta de microrganismos que são regulados de acordo com as necessidades impostas pelo ambiente para proteção ou defesa contra parasitas (POULSEN et al., 2005; BOOMSMA; AANEN, 2009; MARCHIORI, 2013).

Bactérias comumente encontradas em solos e de grande ação comprovada na decomposição da matéria orgânica e nas relações antagônicas com patógenos agrícolas como, por exemplo do gênero *Bacillus*, também podem ser isoladas do interior de formigueiros. Normalmente estas estirpes se encontram na forma latente, mas passam a serem visualizadas quando são semeadas em meio de cultivo, pois os esporos passam para o estágio vegetativo. Outro fato a ser analisado é que durante a atividade de forrageamento e devido ao tamanho corporal das operárias de *Atta* sp., algumas bactérias como *Burkholderia* sp. e *Propionibacteriaceae*, podem ser adquiridas do ambiente e também estarem presentes no exoesqueleto das formigas (SANTOS et al, 2004; PAGNOCCA, RODRIGUES, BACCI JUNIOR, 2011).

Sendo assim, a baixa diversidade encontrada neste trabalho deve estar refletindo a realidade presente nas imediações do local de coleta das formigas, tendo em vista a

proximidade com áreas de cultivo de mandioca e soja, que são constantemente submetidas à ação antrópica, para a obtenção de maiores rendimentos (OTSUBO et al., 2008; SOUZA et al., 2010; SILVA et al., 2012). Fatores ocasionados pelo monocultivo de culturas, proporcionam redução direta na diversidade de predadores e parasitas, promovendo ambientes favoráveis para a proliferação e o desenvolvimento das formigas, que dentro de suas interações, regulam a densidade de microrganismos benéficos presentes em seu exoesqueleto para a própria proteção de acordo com as necessidades impostas pelo meio (BULL, 1991; MATTOSO, 2012; MARCHIORI, 2013).

Dos agrupamentos encontrados, 4 isolados foram escolhidos como representantes de cada grupo morfológico a serem submetidos ao crescimento nos diferentes meios de cultivo seletivo em busca de um levantamento inicial quanto aos gêneros de bactérias presentes nas amostras (Formiga 048, Formiga 053, Formiga 057 e Formiga 046).

Através de uma avaliação visual, uma nota de 0 a 10 foi atribuída quanto ao crescimento dos isolados obtidos dos exoesqueletos das amostras (formigas) selecionadas. Para o crescimento dos isolados da Formiga 048 foi atribuído nota 5 (crescimento médio) para todos os meios testados, demonstrando o potencial enzimático para degradação dos compostos presentes nos mesmos; aos isolados obtidos da Formiga 053, foi atribuído nota 9 (alto crescimento) para os meios de seleção para bactérias proteolíticas e actinomicetos, mas não sendo observado crescimento no meio para celulolíticas. Os isolados da Formiga 046 receberam nota 9 (alto crescimento) para o crescimento no meio para actinomicetos e não foi observado crescimento para os meios para proteolíticos e celulolíticos. Por fim, para a Formiga 047 não foi observado crescimento para nenhum dos meios testados.

Habitantes dos solos e da rizosfera de plantas cultivadas, os actinomicetos, são presentes na cutícula de formigas cortadeiras realizando interações que possam influenciar diretamente na simbiose com o fungo mutualista (DE SOUZA et al., 2013). Os actinomicetos além de serem responsáveis pela produção de antibióticos, sintetização de vitaminas e degradação de compostos, também são capazes de produzirem enzimas como amilase, pectinase, protease e celulase (NASCIMENTO et al., 2014; TANIGUCHI et al., 2014). Os isolados obtidos a partir do exoesqueleto de formigas cortadeiras selecionados pelo meio para bactérias celulolíticas, pode estar atuando na degradação da celulose presente nas folhas que são carregadas para o interior do ninho, podendo beneficiar o desenvolvimento do fungo mutualista com geração de compostos que facilitam a colonização de suas hifas e/ou competir pelo substrato a ser utilizado pelo mesmo (PAGNOCCA; RODRIGUES; BACCI JUNIOR, 2011).

As bactérias proteolíticas podem ser encontradas em diversos tipos de ambiente, atuando principalmente na degradação de proteínas presentes na matéria orgânica (LOZADA et al., 2017). Algumas bactérias com atividade proteolítica podem estar presentes em ninhos de *Atta* sp., desempenhando função na degradação de proteínas presentes no material vegetal fornecido ao fungo mutualista (SCOTT et al., 2010; PAGNOCCA; RODRIGUES; BACCI JUNIOR, 2011).

4 | CONCLUSÃO

1. Foi possível demonstrar que formigas cortadeiras do gênero *Atta* possuem bactérias atreladas ao seu exoesqueleto sendo modificadas de acordo com as condições impostas pelo ambiente, apontando para alterações na diversidade;
2. Este projeto piloto, foi importante para demonstrar a necessidade da realização de uma maior amostragem para comparação dos isolados obtidos;
3. As bactérias presentes nos exoesqueletos das formigas cortadeiras dos dois municípios do oeste do Paraná possuem um ancestral comum pela tipagem morfológica;
4. A tipagem morfológica possibilitou um primeiro screening para seleção de estirpes a serem investigadas quanto ao potencial para o biocontrole mas não permitiu diferenciar os isolados em gênero ou espécies apontando para a necessidade de investigações em nível molecular para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, S. B.; Hansen, L. H., SAPOUNTZIS, P.; SØRENSEN, S. J.; BOOMSMA, J. J. Specificity and stability of the *Acromyrmex*–*Pseudonocardia* symbiosis. **Molecular Ecology**, [s.l.], v. 22, n. 16, p.4307-4321, ago. 2013
- BERENDSEN, R.L.; PIETERSE, C.M.J.; BAKKER, P.A.H.M. The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends in Plant Science*, Oxford, v.8, p.478-486, 2012.
- BULL, J. J.; RICE, W. R. Distinguishing mechanisms for the evolution of cooperation. **Journal of Theoretical Biology**, v. 149, n. 1, p. 63-74, 1991.
- BOOMSMA J. J.; AANEN D. K. (2009) Rethinking crop-disease management in fungus-growing ants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, 106: 17611-17612.
- CAFARO, M. J.; POULSEN, M.; LITTLE, A. E. F.; PRICE, S L.; GERARDO, N. M.; WONG, B.; STUART, A. E.; LARGET, B.; ABBOT, P.; CURRIE, C. R. Specificity in the symbiotic association between fungus-growing ants and protective *Pseudonocardia* bacteria. **Proceedings Of The Royal Society B: Biological Sciences**, [s.l.], v. 278, n. 1713, p.1814-1822, 24 nov. 2010. The Royal Society.
- CONTI, R.; GUIMARÃES, O. D.; PUPO, M. T. Aprendendo com as interações da natureza: microrganismos simbiotes como fontes de produtos naturais bioativos. **Ciência e Cultura**, v. 64, n. 3, p. 43-47, 2012.
- DÂNGELO, R. A. C.; DE SOUZA, D. J.; MENDES, T. D.; COUCEIRO, J. D. C.; DELLA LUCIA, T. M. C. Actinomycetes inhibit filamentous fungi from the cuticle of *Acromyrmex* leaf-cutter ants. **Journal Of Basic Microbiology**, [s.l.], v. 56, n. 3, p.229-237, 25 jan. 2016. Wiley-Blackwell.
- DE FREITAS, A. D. G.; DE SOUZA, A. Q. L.; MAKI, C. S.; PEREIRA, J. O.; SILVA, N. M. Atividade antagonista de bactérias endofíticas de plantas da amazônia contra o fungo simbiote *L. gongylophorus*, e dos fungos associados presentes nos ninhos de *Atta sexdens*. **Scientia**

Amazonia, [s.i], v. 5, n. 1, p.1-14, abr. 2016.

DE SOUZA, D. J.; LENOIR, A.; KASUYA, M. C. M.; RIBEIRO, M. M. R.; DEVERS, S.; COUCEIRO, J. C.; DELLA LUCIA, T. M. C. Ectosymbionts and immunity in the leaf-cutting ant *Acromyrmex subterraneus subterraneus*. **Brain, Behavior, And Immunity**, [s.l.], v. 28, p.182-187, fev. 2013.

EGAMBERDIEVA, D.; SHRIVASTAVA, S.; VARMA, A. **Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Medicinal Plants**. *Soil Biology*, v 42, 2015.

FERNÁNDEZ, A.; FARJI-BRENER, A. G.; SATTI, P. Factores que influyen sobre la actividad microbiana en basureros de hormigas cortadoras de hojas. **Ecología Austral**, Córdoba, v. 24, n. 1, p.103-110, abr. 2014.

FERNÁNDEZ-MARÍN, H.; MEJÍA, L. C.; SPADAFORA, C.; DORRESTEIN, P. C.; GUTIÉRREZ, M. Imaging mass spectrometry and MS/MS molecular networking reveals chemical interactions among cuticular bacteria and pathogenic fungi associated with fungus-growing ants. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 5604, 2017.

GLICK, B. R. Plant Growth - Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. **Scientific**, p.1-16, 2012

KOOIJ, P. W.; ROGOWSKA-WRZESINSKA, A., HOFFMANN, D.; ROEPSTORFF, P.; BOOMSMA, J. J.; Schiøtt, M. *Leucoagaricus gongylophorus* uses leaf-cutting ants to vector proteolytic enzymes towards new plant substrate. **The ISME Journal**, [s.l.], v. 8, n. 5, p.1032-1040, 9 jan. 2014. Springer Nature.

KÜSTER, E.; WILLIAMS, S.T. **Selection of media for isolation of streptomycetes**. *Nature*, London, v.202, p.928-929, 1964.

LOZADA, J. A. R.; SILVEIRA, K. C.; DA SILVA, L. J.; BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Prospecting for sludge bacteria from a poultry slaughterhouse, with potential for degrading organic substances. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 3, p.1209-1216, 13 jun. 2017.

MARCHIORI, A. C. **Diversidade e Evolução na Simbiose entre Bactérias e Formigas Attini**. 2013. 94 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) Curso de Biologia Celular e Molecular, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.

MARSH, S. E. et al. Association between *Pseudonocardia* symbionts and *Atta* leaf-cutting ants suggested by improved isolation methods. **International Microbiology**, [s.i], v. 16, n. 01, p.17-25, fev. 2013.

MATTOSO, T. C. **Papel de Bactérias Ecto-simbiontes em *Acromyrmex subterraneus subterraneus* (Forel, 1901) na Proteção contra Fungos Entomopatogênicos**. 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2012.

NASCIMENTO, T. P.; PORTO, C. S.; TEIXEIRA, M. F. S.; PORTO, T. S.; PORTO, A. L. F. Produção de biocompostos com atividade antimicrobiana de *Streptomyces* sp. ante isolados de mastite caprina. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 1, p.101-108, fev. 2014.

OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; DA SILVA, R. F.; BORGES, C. D. Sistemas de preparo do solo, plantas de cobertura e produtividade da cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**,

v. 43, n. 3, p. 327-332, 2008.

PAGNOCCA, F. C.; RODRIGUES, A.; BACCI JÚNIOR, M.. Microrganismos associados às formigas-cortadeiras. In: DELLA LUCIA, T. M. C. **Formigas-Cortadeiras da Bioecologia ao Manejo**. Viçosa: Ufv, 2011. Cap. 16. p. 263-283.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; DE OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. **Embrapa Florestas-Livro científico (ALICE)**, 2015.

PONTECORVO, G. et al. **The genetics of Aspergillus nidulans**. *Advances in Genetics*, v.5, p.141-238, 1953.

POULSEN M.; CAFARO M.; BOOMSMA J.J.; CURRIE C.R. (2005) Specificity of the mutualistic association between actinomycete bacteria and two sympatric species of Acromyrmex leaf-cutting ants. **Mol. Ecol.** 14: 3597-3604.

POULSEN, M.; CURRIE, C. R. Complexity of insect-fungal associations: exploring the influence of microorganisms on the attine ant-fungus symbiosis. In: BOURTZIS, Kostas; MILLER, Thomas A.. **Insect Symbiosis**. 2. ed. New York: Taylor & Francis, 2006. Cap. 4. p. 57-73.

SAMUELS, R. I.; MATTOSO, T. C.; MOREIRA, D. DO. Chemical warfare: Leaf-cutting ants defend themselves and their gardens against parasite attack by deploying antibiotic secreting bacteria. **Communicative & integrative biology**, v. 6, n. 2, p. e23095, 2013.

SANTOS, A. V.; DILLON, R. J.; REYNOLDS, S. E.; SAMUELS, R. I. Occurrence of the antibiotic producing bacterium Burkholderia sp. in colonies of the leaf-cutting ant Atta sexdens rubropilosa. **Fems Microbiology Letters**, [s.l.], v. 239, n. 2, p.319-323, out. 2004.

SCOTT, J. J.; BUDSBERG, K. J.; SUEN, G.; WIXON, D. L.; BALSER, T. C.; CURRIE, C. R. Microbial community structure of leaf-cutter ant fungus gardens and refuse dumps. **PloS one**, v. 5, n. 3, p. e9922, 2010.

SILVA, A. A.; SEDIYAMA, T.; SANTOS, J. B.; SILVA, D. V.; FRANÇA, A. C.; FERREIRA, E. A. Manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca. **Planta daninha**, 2012.

SOUZA, F. R.; ROSA JUNIOR, E. J.; FIETZ, C. R.; BERGAMIN, A. C.; VENTUROSU, L. D. R.; ROSA, Y. B. C. J. Atributos físicos e desempenho agrônômico da cultura da soja em um latossolo vermelho distroférico submetido a dois sistemas de manejos. **Embrapa Agropecuária Oeste-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2010.

TANIGUCHI, J. G.; KAWAGUTI, H. Y.; SILVA, W. F. D.; SIMON J. W.; DELGADO, C. H. O.; FLEURI, L. F. Produção de moléculas bioativas por fermentação em estado sólido utilizando novos actinomicetos e caracterização parcial dos principais compostos. **Trends in Bioscience and Biotechnology**, p. 4-7, 2014.

VINCENT, J. M. Manual for the practical study of root nodule bacteria, Oxford: Blackwell,164p, 1970.

WOOD, P.J. **Specify in the interactions of direct dyes of polysaccharydes**. *Carbohydrate Research*, 85: 271-287. 1980.

YANO, D. M. Y. Técnicas assépticas e semeadura de microrganismos. In: YANO, D. M. Y.; FARRIS, M. G.; UMINO, C. Y.; COUTINHO, H. L. C.; CANHOS, V. P. **Técnicas para cultivo, identificação e preservação de bactérias**. Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia “André Tosello”, 1993. p.1-9.

ZUCCHI, T.; GUIDOLIN, A. S.; CÔNSOLI, F. L.. Isolation and characterization of actinobacteria ectosymbionts from *Acromyrmex subterraneus brunneus* (Hymenoptera, Formicidae). **Microbiological Research**, [s.l.], v. 166, n. 1, p.68-76, jan. 2011.

BIOMASSA MICROBIANA EM SOLOS DE DIFERENTES ESTADOS DE CONSERVAÇÃO NA SUB-REGIÃO DO PARAGUAI, PANTANAL SUL MATO-GROSSENSE

Mayara Santana Zanella

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
campus de Chapadão do Sul
Chapadão do Sul – Mato Grosso do Sul

Romário Crisóstomo de Oliveira

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
campus de Campo Grande
Campo Grande – Mato Grosso do Sul

Sebastião Ferreira de Lima

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,
campus de Chapadão do Sul
Chapadão do Sul – Mato Grosso do Sul

Marivaine da Silva Brasil

Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul, campus do Pantanal
Corumbá – Mato Grosso do Sul

Hellen Elaine Gomes Pelissaro

Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul, campus do Pantanal
Corumbá – Mato Grosso do Sul

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi estimar o CBM (carbono da biomassa microbiana do solo) em diferentes estados de conservação do solo. A área de estudo foi o Fazenda São Fabiano localizado na sub-região do Paraguai, Pantanal Sul Mato-Grossense, sendo esta subdividida em 4 subáreas, classificadas em função da degradação do solo. Sendo a área A- solo não degradado, área B-solo em estado moderado, área C - solo degradado por queimadas e Reserva - uma área

de mata fechada (reserva florestal). O CBM da área B foi maior do que das outras áreas 251,96 mg C microbiano Kg⁻¹ solo, seguido pela área C 127,49 mg C microbiano Kg⁻¹ solo. A área A e a Reserva apresentaram valores significativamente menores que os outros respectivamente 80,46 e 75,14 mg C microbiano Kg⁻¹ solo. Para o quociente microbiano (qmic) a área B obteve valor maior (21,72%) seguido da área C (10,80%), e as áreas A e a Reserva (respectivamente 8,94% e 7,74%) não diferiram entre si. Pode-se concluir que diferentes estados de conservação do solo influenciam a ação dos microrganismos.

PALAVRAS-CHAVE: matéria orgânica, carbono, bioindicadores.

ABSTRACT: The aim of this work was to estimate the CMB (soil microbial biomass carbon) on different stages of soil conservation. The study area was Farm São Fabiano located on the Paraguai sub-region, Pantanal Sul Mato-Grossense, being subdivided into 4 subareas, classified according to soil degradation. The area A – not degraded soil, area B – soil on a moderate state, area C degraded soil by wildfires and Reserve - closed forest (forest reserve). The CMB of area B was higher than the others 251.96 mg C microbial Kg⁻¹ solo, followed by area C 127.49 mg C microbial Kg⁻¹ solo. The area A and Reserve presented significantly lower values than the others respectively 80.46 e 75.14 mg C microbial Kg⁻¹ solo. For the microbial quotient

(qmic) the area B obtained greater value (21.72%) followed by area C (10.80%), the area A and Reserve (respectively 8.94% and 7.74%) they did not differ. Can be conclude that different stages of soil conservation influence the action of microorganisms.

KEYWORDS: organic matter, carbon, bioindicators.

1 | INTRODUÇÃO

O Pantanal foi subdividido em onze regiões conforme a geomorfologia, pedologia e vegetação (Miranda, Paiaguás, Nhecolândia, Abobral, Poconé, Aquidauana, Barão de Melgaço, Cáceres, Nabileque, Paraguai e Porto Murtinho) (SOKOLOWSKI et al. 2012). É um sistema marcado por grande diversidade ambiental, sendo 92% formado por solos hidromórficos refletindo em drenagem deficiente e com tendência para inundações periódicas e prolongadas, além de, conter solos arenosos em condições de fertilidade média e baixa (SANTOS, 2001). Desse modo, a expansão das fronteiras agrícolas, desmatamento e queimadas sistemáticas, afetam os rios e os solos da região do Pantanal tornando o ecossistema frágil (CARDOSO et al., 2003).

A crescente degradação ambiental tem impulsionado a busca por indicadores sensíveis de qualidade do solo, tanto para avaliação de um ecossistema como para prever quais práticas podem favorecer na recuperação do mesmo (HUNGRIA et al., 2009). Além de constituírem fatores importantes que refletem na funcionalidade dos solos, poderão ser utilizados para recuperação de áreas degradadas (NUNES et al., 2011) e para avaliar o impacto do manejo adotado sobre o solo (CHAER e TÓTOLA, 2007).

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 principais características para controle da fertilidade (TRANNIN et al., 2007). Esses microrganismos auxiliam na formação e estabilização de agregados, biorremediação de áreas afetadas por poluentes e metais pesados, intemperização de rochas, e, no controle e supressão biológica de fitopatógenos (REIS JÚNIOR & MENDES, 2007).

O manejo sustentável dos recursos naturais do Pantanal é ainda pouco investigado, tendo premissas imprescindíveis à compreensão de processos ecológicos responsáveis pela sua produtividade e biodiversidade (RESENDE, 2008), entender-se todo o processo e como acontecem as interações entre componentes bióticos e abióticos, e o papel de cada um no ecossistema como um todo (SANTOS, 2001). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o carbono da biomassa microbiana do solo (CBM) como um bioindicador dos diferentes estados de conservação do solo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

As coletas na sub-região do Paraguai foram realizadas no mês de maio de 2016

(19° 24' 27" S e 57° 24' 32" W). As amostras de solo foram coletadas em quatro áreas sob diferentes estados de conservação e classificados em função da cobertura e degradação do solo, as quais foram denominadas como solo não degradado - área A, solo em estado moderado - área B, solo degradado (afetado pela queima da vegetação) - área C e uma área de mata fechada, Pantanal - Reserva. As coletas para cada área ocorreram em cinco pontos escolhidos aleatoriamente com cerca de ± 3 metros de distância cada ponto de amostra. Em cada ponto foram retirados quatro subamostras de 100g da camada superficial do solo (0-10 cm), que foram misturadas formando uma amostra composta. Os resultados da análise de fertilidade, segundo métodos IAC (1996), encontram-se na Tabela 1. Segundo Mendes et al. (2017), as amostras na camada superficial do solo (0-10 cm) atendem aos objetivos das análises de fertilidade química e de microbiologia do solo para estimar o carbono de sua biomassa microbiana do solo (CBM).

Áreas	P Mehlich	M. O. Ac. Sulf	pH CaCl ₂	K CaCl ₂	Ca CaCl ₂	Mg CaCl ₂	H+Al SMP	SB	CTC	V
	mg dm ³	g dm ³		----- mmol _c dm ³ -----						%
Área A	127,0	15,5	5,9	4,5	49,0	19,0	13,0	72,0	84,0	85,0
Área B	31,0	20,0	6,4	1,5	55,0	15,0	14,0	71,0	85,0	83,0
Área C	39,0	20,2	6,2	2,0	69,0	20,0	13,0	91,0	104,0	87,0
Reserva	56,0	16,7	7,0	2,8	98,0	29,0	0,0	130,0	130,0	100,0

Tabela 1. Análise química do solo na camada de 0-10 cm de profundidade sob diferentes estados de conservação do solo.

P: Fósforo- Método de Mehlich; M.O.: Matéria Orgânica-Método ácido sulfúrico; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio- CaCl₂: Método cloreto de cálcio; H+Al: hidrogênio + alumínio- SMP: Método de Shoemaker; SB: Soma de base; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases.

As amostras passaram por uma limpeza manual para a retirada de restos de raízes e na sequência peneirados com malha de 4,0 mm. Todas as análises foram feitas em triplicata. Foram retirados 20 g de solo de cada amostra para determinação do grau de umidade, por secagem em estufa a 105 °C por um período de 24 horas.

De cada tratamento, foram retiradas seis subamostras (20g), das quais três foram submetidas à fumigação segundo método fumigação-extração proposto por Vance et al. (1987), sendo a relação solo extrator 1:2,5 segundo Tate et al. (1988) e $k_c = 0,33$ preconizado por Sparling & West (1988), a fumigação foi realizada com a adição de 1 mL de clorofórmio (isento de etanol) em um frasco béquer de 50 mL. Três amostras foram direto para a extração e quantificação do carbono microbiano. As amostras contendo clorofórmio foram mantidas no dessecador por 24h, no escuro e em temperatura ambiente. Após o período de fumigação, as amostras com clorofórmio foram colocadas na capela de exaustão por um período de 1h, para a evaporação do clorofórmio. Para o início da extração foram adicionados 50 mL de solução 0,5M de K₂SO₄ (sulfato de potássio), e em agitador orbital a 220 RPM as amostras foram agitadas por 30 minutos. Após um período de decantação de 30 minutos o sobrenadante foi transferido para um filtro de papel acoplado a funil e tubo de 25 mL, com o

auxílio de pipeta. O extrato obtido no final do processo foi direcionado imediatamente para quantificação do carbono microbiano. A quantificação do carbono microbiano foi realizada pelo método Walkley & Black (1934), modificado segundo Tedesco et al. (1995). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O Carbono orgânico total foi determinado pelo método de Walkley & Black (EMBRAPA, 1997), e o qmic foi obtido pela relação CBM e COT.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O CBM é influenciado significativamente pelos diferentes estados de conservação do solo (Figura 1). A área B obteve maior valor da CBM quando comparado aos outros tratamentos, isso pode ter ocorrido devido a presença de animais na área. Segundo Garcia et al. (2007), há um aumento significativo da biomassa de microrganismos quando animais em pastejo estão na área, pois ocorre uma incorporação de nutrientes essenciais para as plantas, o que favorece a ação dos microrganismos no solo.

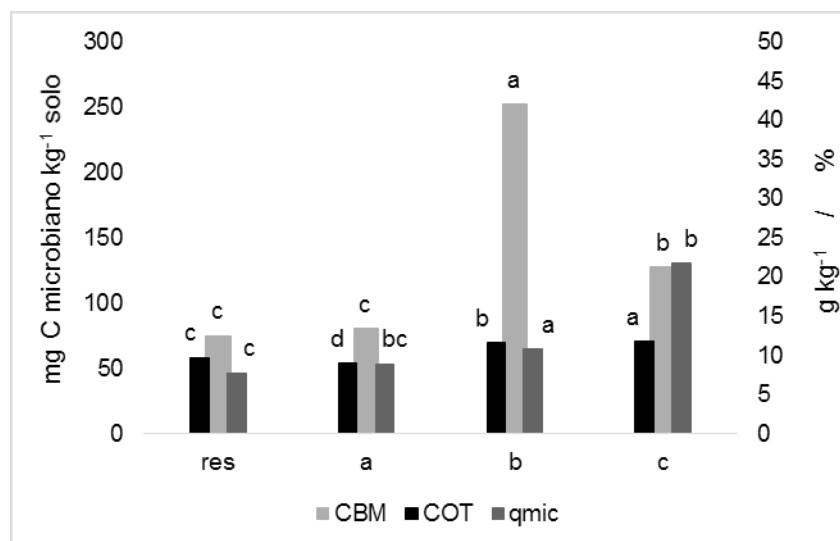


Figura 1. Carbono da biomassa (mg C microbiano kg⁻¹ solo), Carbono Orgânico Total (g kg⁻¹) e Quociente Microbiano (%) na camada de 0-10 cm de profundidade, em diferentes estados de conservação do solo. A - estado de conservação bom, B - estado de conservação moderado, C - solo degradado e R - área de mata fechada. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

No entanto a área de reserva mesmo possuindo uma maior diversidade vegetal, o que geralmente proporciona um menor estresse e elevando os teores CBM, os resultados apontam uma concentração de biomassa de carbono inferior as demais áreas, provavelmente em decorrência da decomposição e ciclagem dos nutrientes. Ambientes de floresta nativa, notadamente aqueles estabelecidos em solos de baixa fertilidade natural, como é o caso do Pantanal, têm sua manutenção fortemente associada ao equilíbrio entre a cobertura vegetal e os processos biogeoquímicos do solo (CARDOSO et al., 2009).

O pH dos solos avaliados (Tabela 1), pode ter interferido na quantidade da CBM, uma vez que o pH, além de influenciar a disponibilidade de nutrientes, está relacionado a

desequilíbrios fisiológicos da planta. Segundo Theodoro et al. (2003), as variáveis da acidez do solo (pH, H + Al e Al³⁺) na camada superficial refletem diretamente na fertilidade do solo. Conforme Kämpf (2000), em substratos onde predomina a matéria orgânica a faixa ideal de pH recomendada é de 5,0 a 5,8 e, quando for à base de solo mineral, entre 6,0 e 6,5. Os resultados obtidos neste trabalho revelam que o solo que apresentou menor atividade microbiana apresenta um pH = 5,9 e o solo com maior atividade microbiana um pH = 6,1.

Observou-se, ainda, uma variação da matéria orgânica (M.O) de 4,7 g dm³, em todos os tratamentos (Tabela 1). A área que registrou o maior teor de M.O foi a área C do estado de conservação Ruim, isto pode ser consequência da prática da queimada e a profundidade de amostra de solo analisada (0-10 cm), pois segundo Fernandes et al. (2002) o aumento da M.O do solo é atribuído pois, após a queima as cinzas depositadas na superfície do solo dispõem de efeito fertilizador.

O fator que concorre para obtenção de altos teores de P no solo é o seu suprimento via matéria orgânica, isso pode ser comprovado a partir dos valores de P encontrados nos solos analisados que variam 96 mg dm⁻³, sendo a área A a que apresentou teores mais elevados, uma vez que a mesma apresenta solo com bom estado de conservação. Mesmo apresentando uma M.O alta a área C não obteve um valor compatível de P. Knicker (2007), afirma que os efeitos da queimada tendem a desaparecer, em médio prazo, na lixiviação dos nutrientes pela ação de chuvas, o que resulta em concentrações que podem ser altas em relação a M.O e inferiores se observarmos o P do solo, sendo este observado melhor em solos que não sofreram ação do fogo. Os ambientes não foram submetidos ao revolvimento do solo, por isso, os resultados estão relacionados com diferentes graus de suscetibilidade à decomposição, provenientes de vegetação com maior diversidade de espécies (GAMA-RODRIGUES et al., 2008), além da grande quantidade de raízes e maior retenção de água no solo (PEREZ et al., 2004).

Em relação ao qmic pode-se observar uma relação linear quando comparado com a M.O e o CBM. O maior valor de qmic foi obtido na área B, pois as condições estavam mais favoráveis à atividade microbiana, o CBM nessa área mostrou-se mais eficiente com isso menos CO₂ é perdido e assim há uma maior proporção de carbono sendo incorporada aos tecidos microbianos (GODOY et al. 2013). As variações do qmic obtidas nesse trabalho refletem diretamente o aporte da matéria orgânica do solo, podendo indicar se o carbono está estável ou variando de acordo com as condições impostas ao solo (TÓTOLA & CHAER, 2002).

Contudo, como a biomassa microbiana responde intensamente às flutuações sazonais de umidade e temperatura, ao cultivo e ao manejo de resíduos (GAMA-RODRIGUES & GAMA-RODRIGUES, 2008), os menores valores podem estar associados tanto à época de amostragem, realizada no final do período de seca, como à provável degradação do solo nesses ambientes de pastagem no Pantanal. (CARDOSO et al., 2009).

4 | CONCLUSÃO

A análise CBM mostrou-se indicadora das alterações microbianas ocorridas no solo estudado.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, E.L.; CRISPIM, S.M.A.; RODRIGUES, C.A.G.; BARIONI, W. **Efeitos da queima na dinâmica da biomassa da biomassa aérea de um campo nativo no Pantanal**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 38, n. 6, p. 747-752, 2003.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; DE SOUZA MOREIRA, F.M.; CURI, N. **Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 44, n. 6, p. 631-637, 2010.

CHAER, G.M.; TÓTOLA, M.R. **Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, n. 6, 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p. (Documentos, EMBRAPA Solos, 1)

FERNANDES, A.H.B.M.; FERNANDES, F.A. **Características químicas do solo em área de pastagem nativa recém queimada no Pantanal arenoso, MS**. Corumbá, Embrapa Pantanal, 2002.

GAMA-RODRIGUES, E.F. DA; GAMA-RODRIGUES, A.C. DA. **Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes**. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, p. 227-243, 1999.

GARCIA, M. R. L.; NAHAS, E. **Biomassa e atividades microbianas em solo sob pastagem com diferentes lotações de ovinos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, n. 2, p. 269-276, 2007.

GODOY, S.G.; STONE, L.F.; FERREIRA, E.P.B.; COBUCCI, T.; LACERDA, M.C. **Atributos físicos, químicos e biológicos do solo impactado por cultivos sucessivos de arroz**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.12, p.1278-1285, 2013.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; BRANDÃO JÚNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R.A. **Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems**. Applied Soil Ecology, v. 42, n. 3, p. 288-296, 2009.

KAMPF, A.N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, v. 2, 2005.

KNICKER, H. **How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review**. Biogeochemistry, v. 85, n. 1, p. 91-118, 2007.

MENDES, I.C.; SOUZA, D.M.G.; REIS JUNIOR, F.B. **Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, v. 32, n. 1/2, p. 191-

209, 2017.

NUNES, R.S.; SOUSA, D.M.G.; GOEDERT, W.J.; VIVALDI, L.J. **Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, n. 3, p. 877-888, 2011.

PEREZ, K.S.S.; RAMOS, M.L.G.; MCMANUS, C. **Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 39, p. 567-573, 2004.

REIS JÚNIOR, F.B. dos; MENDES, I. de C. **Biomassa microbiana do solo.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 40p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 205).

RESENDE, E.K. **Pulso de inundação: processo ecológico essencial à vida no Pantanal.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2008. 16 p. (Documentos. Embrapa Pantanal, 94).

SANTOS, S.A.; COSTA, C.; SOUZA, G.S.; POTT, A.; ALVAREZ, J.M.; MACHADO, S.R. **Composição botânica da dieta de bovinos em pastagem nativa na sub-região da Nhecolândia, Pantanal.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 31, p. 1648-1662, 2001.

SOKOLOWSKI, H.G.; LIMA, S.F.DE.; 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.

SPARLING, G.P.; West, A.W.A. **Direct extraction method to estimate soil microbial- C – calibration in situ using microbial respiration and ¹⁴C-labeled cells.** Soil Biology & Biochemistry, v. 20, n. 3, p. 337-343, 1988.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre, v. 174, 1995.

THEODORO, V.C.A.; ALVARENGA, M.I.N.; GUIMARÃES, R.J.; SOUZA, C.A.S. **Alterações Químicas em Solo Submetido a Diferentes Formas de Manejo do Cafeeiro.** Revista Brasileira do solo, v. 27, p. 1039-1047, 2003.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. **Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores de qualidade dos solos.** In: Alvares, V. H.; Schaefer, C. E. G. R.; Barros, N. F.; Mello, J. W. V.; Costa, L. M. (ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.2, p.195-276, 2002.

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, p. 1173-1184, 2007.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S.N. **A extraction method for measuring soil microbial biomass-C.** Soil biology & Biochemistry, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. **An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method.** Soil Science, v. 37, n. 1, p. 29, 1934.

COMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (*GLOMEROMYCOTINA*) EM ÁREAS DE CERRADO SOB DIFERENTES ESTÁGIOS DE REGENERAÇÃO

Bruna Iohanna Santos Oliveira

Universidade Federal da Bahia

Barreiras – Bahia

Khadija Jobim

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Natal – RN

Florisvalda da Silva Santos

Universidade Federal do Sul da Bahia

Porto Seguro – Bahia

Bruno Tomio Goto

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Natal – RN

RESUMO: Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), organismos simbiotes mutualistas com maioria das raízes de vegetais, são importantes componentes do sistema solo-planta, contribuindo para a nutrição vegetal e recuperação de áreas degradadas. O levantamento dos FMA nativos constitui primeira etapa para estudos com vistas a recuperação de áreas degradadas, uma vez que sua ocorrência e qualidade devem ser consideradas para adequação ao manejo do solo e seleção de espécies eficientes. Estudos em áreas sob processo de regeneração possibilitam uma melhor compreensão sobre os impactos da interferência antrópica na composição de espécies, informação imprescindível para delimitação de estratégias de restauração ambiental. O objetivo deste trabalho

foi realizar um inventário da riqueza de FMA nativos em áreas de Cerrado sob diferentes estágios de regeneração: cerrado denso em regeneração média, cerrado denso com regeneração avançada e florestal estacional decídua conservada. O estudo foi conduzido em duas áreas no município de Barreiras, intenso polo agroindustrial da região Oeste da Bahia. Foram identificadas 55 espécies de FMA, distribuídas em 11 famílias e 16 gêneros: *Acaulosporaceae* (11 spp.), *Ambisporaceae* (2 spp.), *Dentiscutataceae* (2 spp.), *Diversisporaceae* (1 sp.), *Entrophosporaceae* (1 sp.), *Gigasporaceae* (3 spp.), *Glomeraceae* (15 spp.), *Intraornatosporaceae* (1 sp.), *Paraglomeraceae* (2 spp.), *Racocetraceae* (3 spp.) e *Scutellosporaceae* (1 sp.). Os resultados obtidos permitiram verificar alta riqueza de espécies no cerrado quando comparado a inventários conduzidos em outros biomas, reforçando seu potencial biológico enquanto *hotspot* de diversidade.

Palavras-Chave: *Glomeromycotina*, morfologia, riqueza, micorriza.

Abstract: Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), mutualistic symbionts with most plant roots, are important components of the soil-plant system, contributing to plant nutrition and recovery of degraded areas. The survey of the native AMF is the first step for studies aimed at the recovery of degraded areas, since their occurrence and quality must be considered for soil management and

selection of efficient species. Studies in areas under natural regeneration process provide a better understanding of the impacts of anthropic interference on species composition, essential information for the delimitation of environmental restoration strategies. The objective of this work was to perform an inventory of native AMF richness in Cerrado areas under different stages of regeneration: dense cerrado in regeneration, dense cerrado with advanced regeneration and conserved deciduous forest. The study was conducted in two areas in the municipality of Barreiras, an agroindustrial center in the western region of Bahia. A total of 55 species of AMF was identified, distributed in 11 families and 15 genera: Acaulosporaceae (11 spp.), Ambisporaceae (2 spp.), Dentiscutataceae (2 spp.), Diversisporaceae (1 sp.), Entrophosporaceae, Gigasporaceae (3 spp.), Glomeraceae (15 spp.), Intraornatosporaceae (1 sp.), Paraglomeraceae (2 spp.), Racocetraceae (3 spp.) And Scutellosporaceae (1 sp.). The results obtained allowed to verify high species richness in relation to inventories conducted in other biomes, reinforcing their biological potential as a diversity hotspot.

Keywords: Glomeromycotina, morphology, richness, mycorrhiza.

1 | INTRODUÇÃO

O Cerrado, segundo maior bioma brasileiro, constitui um mosaico de formações vegetais caracterizado pela predominância de solos ácidos, carentes em nutrientes e com baixa fertilidade (KLINK; MACHADO, 2005). Considerado hotspot mundial, configura uma área estratégica para conservação, ameaçada intensamente pela expansão da atividade agrícola (BENITES; MAMEDE, 2008; MYERS et al., 2000). A atividade de micro-organismos do solo pode ser um fator relevante na recuperação de áreas degradadas, contexto no qual se destaca o potencial das micorrizas arbusculares, influenciadores da produtividade em diversos ecossistemas (LACERDA et al., 2011; MARTINS et al. 1999; MOURA, 2015).

As associações micorrízicas arbusculares correspondem a uma simbiose mutualística entre fungos do solo e raízes de vegetais, na qual a planta fornece produtos da fotossíntese para o fungo, que, por sua vez, promove melhor absorção de nutrientes a partir da extensão do sistema radicular (SMITH; READ, 1997). Possuem ocorrência em mais de 90% das espécies vegetais terrestres, com grande influência no seu incremento nutricional, com destaque para a absorção de fósforo, elemento limitante para a produção agrícola nos trópicos (TRINDADE et al., 2000, 2001). Essas associações são bastante relevantes em substratos ácidos e pouco férteis, como ocorre nos solos de Cerrado (STANCATO; SILVEIRA, 2006; SIQUEIRA; MOREIRA, 1997).

A diversidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) pode determinar a produtividade e a diversidade de plantas em um ecossistema, permitindo adaptação vegetal a condições estressantes (SOUZA et al., 2008). Uma grande variedade de plantas não é capaz de sobreviver em solos de baixa disponibilidade de nutrientes sem a associação micorrízica, tais como café, citrus, mandioca, batata doce, soja e árvores nativas brasileiras (SOUZA et al., 2008). Além disso, os FMA são importantes em promover

redução no tempo de recuperação de áreas degradadas, facilitando o estabelecimento e a sucessão vegetação (BORBA; AMORIM, 2007; MELLONI et al., 2003).

O conhecimento de fatores que afetam a diversidade de FMA e sua interação com plantas é essencial para o manejo mais sustentável do solo, proporcionando sua recuperação e conservação (CARRENHO; GOMES-DA-COSTA, 2011; MIRANDA et al. 2008). Para o uso efetivo dos FMA na recuperação de áreas degradadas, é importante selecionar espécies eficientes em favorecer o crescimento vegetal (MARINHO et al., 2004). A primeira etapa em pesquisas com esse objetivo deve ser realizar o levantamento de FMA nativos, já que a sua ocorrência e qualidade devem ser consideradas para adequar ao manejo do solo (WEBER; OLIVEIRA, 1994; MELO et al., 1997; SOUZA et al., 2008).

Estudos sobre FMA em solo de Cerrado baiano **são escassos**, apesar de o bioma mostrar-se uma importante reserva desse grupo de fungos (OLIVEIRA, 2014; JOBIM et al., 2016). Apesar disso, trabalhos conduzidos em outras regiões do Cerrado demonstram os vários benefícios da associação, tais como melhoria na utilização de fertilizantes (BRESSAN et al., 2001; TRISTÃO et al., 2006), acréscimo de área foliar (SCHIAVO; MARTINS, 2003), maior fixação de nitrogênio (POUYÚ-ROJAS; SIQUEIRA, 2000) e, conseqüentemente, melhor nutrição, maiores crescimento e desenvolvimento, mesmo em condições de estresse hídrico (CARNEIRO et al., 2004, GARCÍA et al., 2010;) ou extremos de salinidade (PENG et al., 2010), promoção na proteção contra patógenos (SILVEIRA et al., 2003) e menor dificuldade de aclimação de mudas durante o transplante (MARTINS et al., 2000).

Considerando que, ao se conhecer a diversidade de FMA de uma região específica, é possível explorar de forma mais racional o seu potencial para melhorar a produção vegetal, a recuperação de áreas degradadas e a conservação ambiental, o objetivo desse trabalho foi inventariar a riqueza de FMA nativos em áreas de Cerrado sob diferentes estágios de regeneração: cerrado denso em regeneração média, cerrado denso em regeneração avançada e florestal estacional decídua conservada.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no bioma Cerrado, em duas áreas, no município de Barreiras, Bahia, na bacia hidrográfica do Rio Grande: a Fazenda Atoleiro e a Fazenda Água Doce (Figura 1). O município destaca-se como um dos principais centros urbanos do Oeste baiano e polo da agroindústria regional (MOREIRA; SILVA, 2010). A região apresenta solos classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo, possuindo clima AW (tropical chuvoso), segundo a classificação de Köppen, com inverno seco (maio a setembro) e verão úmido (novembro a abril) (RIBEIRO; WALTER, 2008).

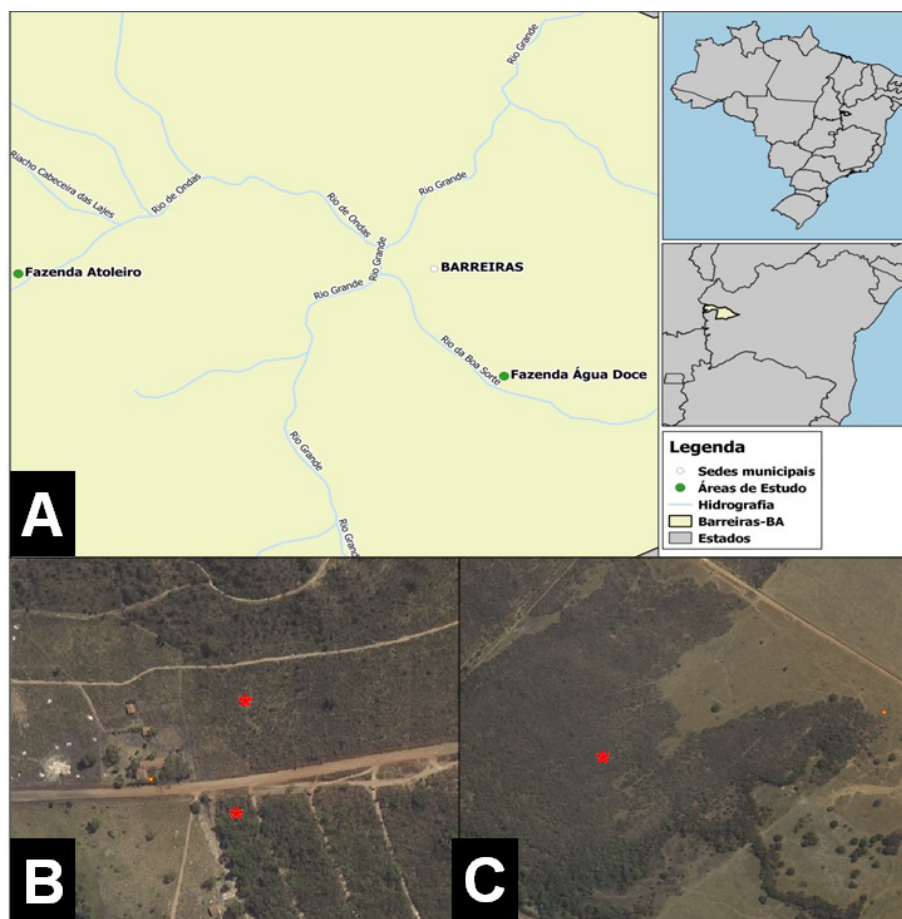


Figura 1. A – Mapa de localização do município e das áreas de estudo. B – Imagem de satélite da Fazenda Atoleiro, com sinalização dos pontos de coleta. C – Imagem de satélite da Fazenda Água Doce, com sinalização do ponto de coleta.

A Fazenda Atoleiro ($12^{\circ}09'19''S$ e $45^{\circ}09'09''W$), atual Fundação Mundo Lindo, distante 22 km da sede municipal, possui área total de 100 ha e localiza-se na sub-bacia do Rio de Ondas. O imóvel rural está inserido em uma paisagem de interflúvio delimitada por duas chapadas e apresenta um mosaico de fitofisionomias florestais e savânicas do Cerrado, com solos distróficos e permeáveis (OLIVEIRA, 2014). Parte de sua área é destinada ao estabelecimento de unidades experimentais do Centro de Referência em Recuperação de áreas Degradadas vinculado à Universidade Federal do Oeste da Bahia (CRAD-Oeste da Bahia).

Sua vegetação é classificada como cerrado denso, subtipo mais fechado e alto do cerrado *stricto sensu*, fitofisionomia do bioma caracterizada por xeromorfismo, árvores baixas, inclinadas, tortuosas, arbustos e subarbustos espalhados; onde se encontram espécies como cajueiro (*Anacardium occidentale L.*), murici (*Byrsonima crassa Nied.*), carvoeiro (*Sclerolobium aureum (Tur.) Baillon*) e vinhático (*Plathymenia reticulata Benth.*) (RIBEIRO; WALTER, 2008). Em função da heterogeneidade quanto ao grau de regeneração da vegetação, foram delimitadas duas subáreas: cerrado denso em regeneração média (Figura 2A), antiga área de saída de cascalho que foi isolada para se regenerar, e cerrado denso em regeneração avançada (Figura 2B), com pouco impacto antrópico.

A Fazenda Água Doce ($12^{\circ}12'05''S$ e $44^{\circ}57'46''W$) consiste em aproximadamente

800 hectares e localiza-se a 07 Km da sede do município, na sub-bacia do Rio Boa Sorte. Situada na encosta sul da Serra do Mimo, a fazenda possui altitude entre 500 e 630 metros, sendo composta por um mosaico de fitofisionomias, com solos silto-arenosos com grande influência de matéria orgânica, o que favorece sua umidade e fertilidade (JONER, 2012).

A área de estudo (Figura 2C) é conservada plana, com solos pouco drenados, cobertura densa, menor incidência luminosa, maior teor de umidade do solo e vegetação classificada como floresta estacional decídua, caracterizada por vegetação caducifólia e árvores eretas e altas, com espécies como imburana (*Amburana cearensis* A.C. Smith), angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) e ipês (*Tabebuia* sp.) (RIBEIRO; WALTER, 2008).

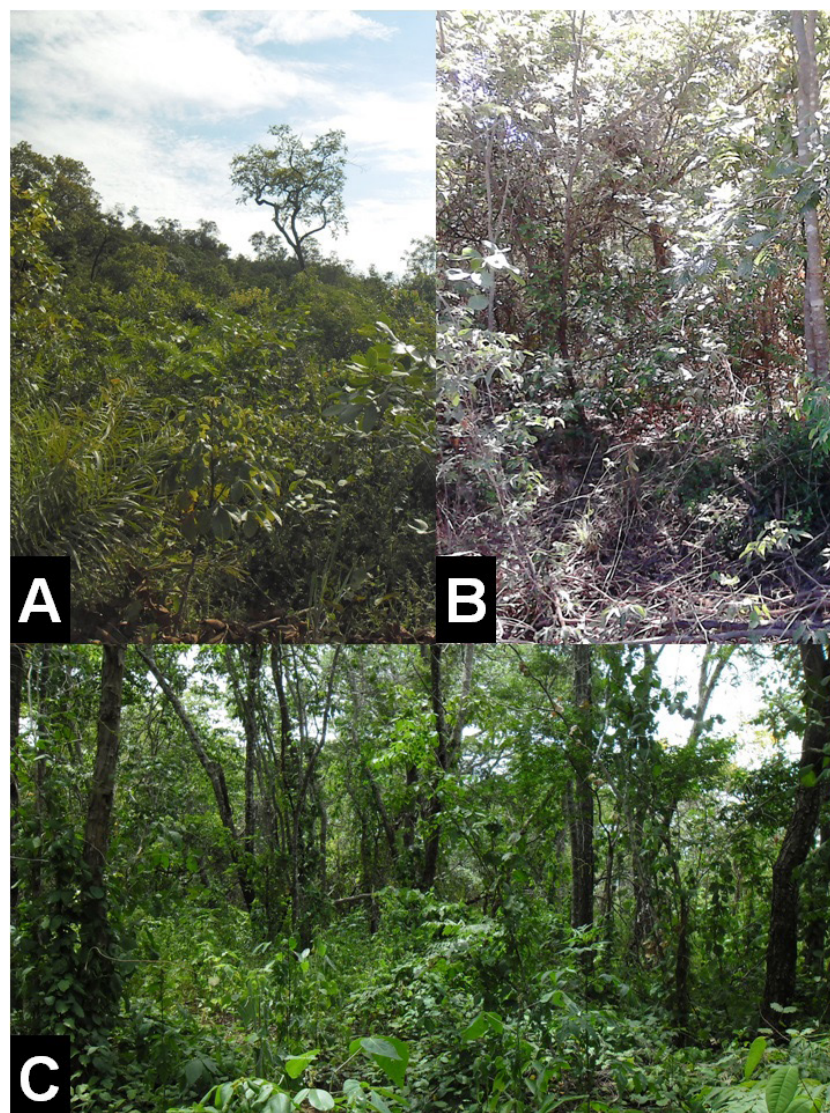


Figura 2. Áreas de estudo em Cerrado, no município de Barreiras, Bahia. A – Cerrado denso em regeneração média. B – Cerrado denso em regeneração avançada. C – Florestal estacional decídua conservada.

Foram obtidas 20 amostras de solo rizosférico nos períodos chuvoso e de estiagem, em três ocasiões cada, coletadas até 10 cm de profundidade, levadas a laboratório para

extração dos glomerosporos de acordo com metodologia de peneiramento úmido seguida por centrifugação em sacarose 40% (GERDEMANN; NICOLSON, 1963, JENKINS, 1964). Os glomerosporos foram quantificados e preparados em lâminas com PVLG (Álcool Polivinílico e Lacto-Glicerol) e PVLG + Reagente de Melzer.

Para identificação das espécies, foram consultados manuais de identificação e chaves taxonômicas propostos por Schenck e Pérez (1990), Goto (2009), Błaszowski (2012) e confronto com descrições disponíveis em coleções internacionais (<http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/> e <http://invam.wvu.edu/>) e demais literaturas pertinentes, considerando a classificação proposta por Oehl et al. (2011) e táxons adicionais propostos por Błaszowski (2012, 2014, 2017), Goto et al. (2012), Marinho et al. (2014), Oehl et al. (2014), Sieverding (2013) e Symanczik et al. (2018).

Foi realizada cultura armadilha em casa de vegetação, a fim de suplementar a avaliação da diversidade dos FMA (NOVAIS, 2009). Para isso, 1 kg de cada amostra coletada foi acondicionada em vasos plásticos para mudas com sementes de braquiária (*Brachiaria brizantha* Stapf.) e, após quatro meses, o solo foi novamente submetido à extração dos esporos para se analisar a quantidade e a diversidade dos esporos micorrízicos multiplicados nos vasos. Foram monitorados ainda teor de umidade do solo e variáveis climáticas, obtidas a partir do INMET (2014), foram utilizadas para determinação dos períodos chuvoso e de estiagem.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as medições do teor de umidade do solo, foram verificados os valores de 0,45% e 1,75% no cerrado denso em regeneração média, 0,63% e 1,95% no cerrado denso em regeneração avançada e 2,28% e 7,05% na floresta estacional decídua conservada, nas épocas seca e chuvosa, respectivamente. Esses valores relacionam-se às características próprias do solo e da vegetação local, já que maior cobertura vegetal auxilia a manutenção da umidade, assim como a menor permeabilidade do solo e com maior nível de matéria orgânica.

Foram encontradas 55 espécies de FMA, distribuídos em 11 famílias e 16 gêneros (Tabela 1). O cerrado denso em regeneração média apresentou o maior número de espécies em todos os períodos coletados (38), com exceção somente do meio da seca, quando teve número similar ao cerrado denso em regeneração avançada, além de apresentar maior média de espécies por amostra. Foi observado maior número de espécies durante o período de estiagem.

Família	Gênero	Espécies	CDR	CDA	FED	
Acaulosporaceae	Acaulospora	<i>Acaulospora</i> sp.1	X	X		
		<i>Acaulospora</i> sp.2	X			
		<i>Acaulospora</i> sp.3	X			
		<i>Acaulospora</i> sp.4	X			
		<i>Acaulospora</i> sp.5	X			
		<i>Acaulospora</i> sp.6	X			
		<i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos			X	
		<i>Acaulospora herrerae</i> Furrázola, B.T. Goto, G.A. Silva, Sieverd. & Oehl	X	X	X	
		<i>Acaulospora longula</i> Spain & N.C. Schenck	X	X		
		<i>Acaulospora morrowiae</i> Spain & N.C. Schenck	X	X		
Ambisporaceae	Ambispora	<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	X	X		
		<i>Ambispora appendicular</i> N.C. Schenck & G.S Sm.) C.Walker, Vestberg & A. Schüssler	X			
		<i>Ambispora callosa</i> (Sieverd.) C. Walker, Vestberg & A. Schüssler	X			
Dentiscutataceae	Dentiscutata	<i>Dentiscutata</i> sp.1	X			
		<i>Fuscutata heterogama</i> Oehl, F.A. Souza, L.C. Maia & Sieverd.	X			
Diversisporaceae	Diversispora	<i>Diversispora</i> sp.1	X			
Entrophosporaceae	Claroideoglo mus	<i>Claroideoglo mus etunicatum</i> (W.N. Becker & Gerd.) C. Walker & A. Schüssler	X	X		
		<i>Gigaspora</i> sp.1	X			
Gigasporaceae	Gigaspora	<i>Gigaspora</i> sp.2		X		
		<i>Gigaspora decipiens</i> I.R. Hall & L.K. Abbott	X			

	<i>Funneliformis</i>	<i>Funneliformis mosseae</i> (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüssler	X		
		<i>Glomus</i> sp.1	X	X	X
		<i>Glomus</i> sp.2	X		
		<i>Glomus</i> sp.3	X	X	X
		<i>Glomus</i> sp.4	X		X
	<i>Glomus</i>	<i>Glomus</i> sp.5	X		
		<i>Glomus</i> sp.6			X
<i>Glomeraceae</i>		<i>Glomus</i> sp.7	X		
		<i>Glomus</i> sp.8		X	
		<i>Glomus</i> sp.9	X		
		<i>Glomus glomerulatum</i> Sieverd.	X	X	
	<i>Rhizoglomus</i>	<i>Rhizoglomus clarum</i> (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Sieverd. G.A. Silva & Oehl	X		
		<i>Rhizoglomus intraradices</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm.) Sieverd. G.A. Silva & Oehl	X		
	<i>Septoglomus</i>	<i>Septoglomus titan</i> B.T. Goto & G.A. Silva	X		
	<i>Simiglomus</i>	<i>Simiglomus</i> sp.1	X		
<i>Intraornatosporaceae</i>	<i>Paradentiscutata</i>	<i>Paradentiscutata baiana</i> Oehl, Magna, B.T. Goto & G.A. Silva	X		
		<i>Paraglomus</i> sp.1	X		
<i>Paraglomeraceae</i>	<i>Paraglomus</i>	<i>Paraglomus pernambucanum</i> Oehl, C.M. Mello, Magna & G.A. Silva	X		
		<i>Racocetra</i> sp.1	X		
<i>Racocetraceae</i>	<i>Racocetra</i>	<i>Racocetra</i> sp.2	X		
		<i>Racocetra tropicana</i> Oehl, B.T. Goto & G.A. Silva	X		
<i>Scutellosporaceae</i>	<i>Scutellospora</i>	<i>Scutellospora</i> sp.1	X		

Tabela 1. Fungos micorrízicos arbusculares em Cerrado baiano: Cerrado Denso em regeneração (CDR), Cerrado Denso avançado (CDA) e Floresta Estacional decídua (FED).

Nessa área, as espécies de *Glomus* foram mais bem distribuídas em relação às coletas, com maior densidade no período chuvoso e maior riqueza na estiagem. Elas apresentaram menor esporulação no cultivo armadilha, apesar de *Glomus* sp.7 só ter ocorrido nessa condição. Já o gênero *Acaulospora* dominou no período de estiagem, apesar

de *Acaulospora* sp.5, *Acaulospora* sp.6 e *A. longula* só terem sido encontradas em culturas armadilhas.

No cerrado denso em regeneração avançada, foram encontradas 12 espécies de FMA (Tabela 1). O gênero mais representativo foi *Acaulospora*, seguido por *Glomus*, em ambos períodos de coleta. A espécie com maior densidade de esporos no período chuvoso foi *A. morrowiae*, enquanto na estiagem foi *A. herrerae*. A maioria das espécies ocorreu em apenas um período e somente *A. herrerae* e *G. glomerulatum* ocorreram em ambos.

Na floresta estacional decídua conservada, foram observadas cinco espécies de FMA (Tabela 1). O gênero *Glomus* apresentou-se como mais representativo, aparecendo nos dois períodos de coleta. Houve uma única ocorrência de *A. herrerae*, também nos vasos de culturas armadilhas. *Glomus* sp.6 só esporulou nas culturas armadilhas, enquanto as demais espécies do gênero só foram observadas em extração direta do campo.

As espécies *Acaulospora* sp.5, *Acaulospora* sp.6, *A. longula*, *F. mosseae*, *Fuscutata heterogama*, *Glomus* sp.7, *Glomus* sp.9 e *R. intraradices*, do cerrado denso em regeneração média, e *Glomus* sp.6, da floresta estacional conservada, só foram observadas nas culturas armadilha. Dados semelhantes foram obtidos por Souza et al. (2003) e Nobre et al. (2010). Esses autores ressaltaram que a metodologia possibilita a identificação de espécies de FMA que não estão esporulando no momento da coleta.

Os gêneros *Glomus* e *Acaulospora* destacam-se em grande parte nos trabalhos de levantamento em solo do Brasil (CARVALHO et al., 2012; MERGULHÃO et al., 2010; PAGANO et al., 2011) como outras regiões do mundo (DANDAN; ZHIWEI, 2007; JAYACHANDRAN; SHETTY, 2003), assim como as áreas de Cerrado avaliadas no presente estudo. Segundo Borba e Amorim (2007), *Glomus* possui espécies comuns de áreas perturbadas ou em recuperação, onde esporulam mais do que em mata nativa em clímax. Porém, em todas as áreas do presente estudo esses gêneros foram dominantes.

Acaulospora e *Glomus* apresentam preferência por solos com baixo pH, o que pode justificar sua diversidade nos solos ácidos do Cerrado, apesar de registros na literatura indicarem adaptabilidade a ampla faixa de pH (CORREIA et al., 2004, SOUZA et al., 2003, SILVA et al., 2007). Miranda et al. (2005) também encontraram espécies de *Acaulospora* e *Glomus* em todos os tratamentos no Cerrado do Distrito Federal.

Os resultados obtidos suportam aqueles encontrados por Nunes (2013) no Oeste da Bahia, onde foram encontradas 34 espécies de FMA, sendo mais frequentes os gêneros *Acaulospora* (10 espécies) e *Glomus* (08 espécies). Outros estudos conduzidos no Cerrado também obtiveram um menor número de espécies de FMA que o presente trabalho, Angelini et al. (2012) com 10 espécies em Minas Gerais, Ferreira et al. (2012) com 15 espécies em Goiás e Assis et al. (2014) com 27 espécies também no Cerrado goiano.

O número maior de esporos e espécies da área de cerrado denso em regeneração média pode ser considerado mecanismo de manutenção da comunidade micorrízica, como sugerido por Caproni et al. (2003), onde as áreas mais perturbadas e em recuperação são produtoras de mais glomerosporos do que a mata nativa menos perturbada, que apresenta maior estabilidade.

Correia et al. (2004) compararam áreas de Cerrado *stricto sensu* e mata semi-decídua em Goiás, obtendo maior colonização micorrízica na primeira. Cordeiro et al. (2005) também observaram menor colonização e densidade de esporos na vegetação nativa de Cerrado goiano.

Silva et al. (2012) notaram uma maior diversidade de FMA em área de dunas revegetadas há 08 anos, em comparação com uma área nativa de restinga na Paraíba. Assim como Souza et al. (2013), que observaram maior diversidade nas áreas revegetadas em detrimento da área florestal de 10 anos, já que a maior riqueza vegetal levou a uma maior riqueza de FMA, com 41% de espécies do gênero *Glomus*.

Pagano et al. (2011), em estudo no semiárido de Minas Gerais, encontraram maior número de esporos na área em regeneração que a área preservada. Marinho et al. (2004), em trabalho de áreas degradadas pela mineração de bauxita na Amazônia, também corroboram esse resultado, obtendo maior densidade de esporos nas áreas em recuperação, fato que os autores relacionam aos desequilíbrios e estresses aos quais estas áreas foram sujeitas, comparadas com a floresta clímax, onde as condições ambientais são mais adequadas e não há fortes estímulos à esporulação, uma forma de resistência e propagação.

4 | CONCLUSÃO

O Cerrado é um bioma megadiverso, tanto florística quanto microbiologicamente. Áreas de cerrado sob diferentes estágios de recuperação são ricas em espécies de FMA. Esses resultados indicam que estudos adicionais são necessários para compreender as dinâmicas das populações de FMA nesses diferentes estágios de recuperação assim como aplicar as espécies de FMA mais comuns em estudos de eficiência com espécies nativas de plantas. Isso permitirá ampliar o conhecimento das associações micorrízicas, assim como utilizar isolados nativos de FMA na recuperação de áreas impactadas. É essencial ampliar os esforços para inventariar, selecionar e utilizar isolados e espécies do cerrado nas pesquisas futuras, ampliando as informações referentes a esse grupo tão especial de fungos que pode, no futuro, ser utilizado em processos biotecnológicos tanto como insumos agrícolas de culturas de interesse econômico quanto em processos de recuperação de áreas degradadas.

REFERÊNCIAS

ANGELINI, G. A. R.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; TORRES, J. L. R.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 115-130, 2012.

ASSIS, P. C. R.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; PAULINO, H. B.; STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Fungos micorrízicos arbusculares em campos de Murundus após a conversão para

sistemas agrícolas no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 6, pp. 1703-1711, 2014.

BŁASZKOWSKI, J. 2012. **Glomeromycota**. Krakow: Polish Academy of Sciences, 303 p.

BENITES, M.; MAMEDE, S. B. Mamíferos e aves como instrumentos de educação e conservação ambiental em corredores de biodiversidade do Cerrado, Brasil. **Mastozoologia Neotropical**, Mendoza, v. 15, n. 2, p. 261-271, 2008.

BŁASZKOWSKI, J.; KOZŁOWSKA, A.; CROSSAY, T.; SYMANCZIK, S.; AL-YAHYA'EI, M.N. A new family, Pervetustaceae with a new genus, Pervetustus, and *P. simplex* sp. nov. (Paraglomerales), and a new genus, Innospora with *I. majewskii* comb. nov. (Paraglomeraceae) in the Glomeromycotina. **Nova Hedwigia**, 2017. doi: 10.1127/nova_hedwigia/2017/0419

BŁASZKOWSKI, J.; CHWAT, G.; GÓRALSKA, A.; PRZEMYSŁAW, R.; KOVÁCS, G.M. Two new genera, *Dominikia* and *Kamienskia*, and *D. disticha* sp. nov. in Glomeromycota. **Nova Hedwigia**, 2014. doi:10.1127/nova_hedwigia/2014/0216

BORBA, M. F.; AMORIM, S. M. C. Fungos micorrízicos arbusculares em sempre-vivas: subsídio para cultivo e replantio em áreas degradadas. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Feira de Santana, v. 7, n. 2, p. 20-27, 2007.

BRESSAN, W.; SIQUEIRA, J. O.; VASCONCELLOS, C. A.; PURCINO, A. A. C. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 315-323, 2001.

CAPRONI, A. L.; FRANCO, A. A.; BERBARA, R. L. L.; TRUFEM, S. B.; GRANHA, J. R. D. O.; MONTEIRO, A. B. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em áreas revegetadas após mineração de bauxita em Porto Trombetas, Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 12, p. 1409-1418, 2003.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 119-125, 2004.

CARRENHO, R.; GOMES-DA-COSTA, S. M. Environmental degradation impact on native communities of arbuscular mycorrhizal fungi in an urban fragment of semideciduous plateau forest. **Acta Botanica Brasilica**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 373-379, 2011.

CARVALHO, F.; SOUZA, F. A.; CARRENHO, R.; MOREIRA, F. M. S.; JESUS, E. C.; FERNANDES, G. W. The mosaic of habitats in the high-altitude Brazilian rupestrian fields is a hotspot for arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied Soil Ecology**, Belo Horizonte, v. 52, p. 9-19, 2012.

CORDEIRO, M. A. S.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 3, pp. 147-153, 2005.

CORREIA, C. R. M. A.; REATTO, A.; MARTINS, E. S.; SILVA, E. M.; CALDAS, L. S.; FAGG, J. F. Micorriza Arbuscular: um bioindicador da fertilidade dos solos e da distribuição de árvores no bioma Cerrado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, n. 132, 2004.

DANDAN, Z.; ZHIWEI, Z. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the hot-dry valley of the

Jinsha River, southwest China. **Applied Soil Ecology**, Yunnan, v. 37, p. 118-128, 2007.

FERREIRA, D. A.; CARNEIRO, M. A. C.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Fungos micorrízicos arbusculares em um latossolo vermelho sob manejos e usos no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, pp. 51-61, 2012.

GARCÍA, A. N.; ÁRIAS, S. P. B.; MORTE, A.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Effects of nursery preconditioning through mycorrhizal inoculation and drought in *Arbutus unedo* L. plants. **Springer**, Murcia, v. 21, n. 1, p. 53-64, 2010.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v. 46, n. 1, p. 235-244, 1963.

GOTO, B.T. 2009. **Taxonomia de Glomeromycota: revisão morfológica, chaves dicotômicas e descrição de novos táxons**. Tese. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 358 p.

GOTO, B. T.; SILVA, G. A.; ASSIS, D. M. A.; SILVA, D. K. A.; SOUZA, R. G.; FERREIRA, A. C. A.; JOBIM, K.; MELLO, C. M. A.; VIEIRA, H. E. E.; MAIA, L. C.; OEHL, F. Intraornatosporaceae (Gigasporales), a new family with two new genera and two new species. **Mycotaxon**, v. 119, p. 117-132, 2012.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <www.inmet.br>

JENKINS, W. R. A rapid centrifugation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v48, n.1, p.692, 1964.

JAYACHANDRAN, K.; SHETTY, K. G. Growth response and phosphorus uptake by arbuscular mycorrhizae of wet prairie sawgrass. **Aquatic Botany**, Miami, v. 76, p. 281-290, 2003.

JOBIM, K.; OLIVEIRA, B. I. S.; GOTO, B. T. Checklist of the Glomeromycota in the Brazilian Savanna. **Mycotaxon**, v. 131, n. 1, p. 255-256, 2016.

JONER, D. C.; RIBEIRO, L. F.; SANTOS, P. S. Caracterização espaço temporal de duas florestas estacionais do oeste baiano, Barreiras-Ba. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 32, n. 1, p. 135-150, 2012.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

LACERDA, K. A. P.; SILVA, M. M. S.; CARNEIRO, M. A. C.; REIS, E. F.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada no crescimento inicial de seis espécies arbóreas do Cerrado. **CERNE**, Lavras, v. 17, n. 3, pp. 377-386, 2011.

MARINHO, N. F.; CAPRONI, A. L.; FRANCO, A. A.; BERBARA, R. L. L. Respostas de *Acacia mangium* Willd e *Sclerolobium paniculatum* Vogel a fungos micorrízicos arbusculares nativos provenientes de áreas degradadas pela mineração de bauxita na Amazônia. **Acta Botânica Brasilica**, v. 18, n. 1, p. 141-149, 2004.

MARINHO F.; SILVA G. A.; FERREIRA, A. C. A.; VERAS J. S. N.; SOUSA N. M. F.; GOTO B. T.; MAIA L. C.; OEHL F. *Bulbospora minima*, a new genus and a new species from semi-arid Northeast Brazil. **Sydowia**, v. 66, p. 313-323, 2014.

- MARTINS, C. R.; MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares nativos no estabelecimento de *Aristida setifolia* Kunth em áreas degradadas do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 665-674, 1999.
- MARTINS, M. A.; GONÇALVES, G. F.; SOARES, A. C. F. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares associados a compostos fenólicos, no crescimento de mudas de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1465-1471, 2000.
- MELO, A. M. Y.; MAIA, L. C.; MORGADO, L. B. Fungos micorrízicos arbusculares em bananeiras cultivadas no Vale do Submédio São Francisco. **Acta Botanica Brasilica**, Pretolina, v. 11, n. 2, p. 115-121, 1997.
- MELLONI, R.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Fungos micorrízicos arbusculares em solos de área de mineração de bauxita em reabilitação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 267-276, 2003.
- MERGULHÃO, A. C. E. S.; BURITY, H. A.; GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a gypsum mining impacted semiarid area. **Acta Botanica Brasilica**, Recife, v. 24, n. 4, p. 1052-1061, 2010.
- MIRANDA, J. C. C.; VILELA, L.; MIRANDA, L. N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 10, p. 1005-1014, 2005.
- MIRANDA, E. M.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. Seleção de fungos micorrízicos arbusculares para o amendoim forrageiro consorciado com braquiária. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 43, n. 9, p. 1185-1191, 2008.
- MOREIRA, M. C.; SILVA, D. D. **Atlas hidrológico da bacia hidrográfica do rio Grande**. 80 p. il. Editora Gazeta Santa Cruz, Barreiras, 2010.
- MOURA, J. B. **Diversidade e colonização micorrízica em diferentes usos do solo no cerrado**. 124 fl. il. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, p. 853- 858, 2000.
- NOBRE, C. P.; FERRAZ JÚNIOR, A. S. L.; GOTO, B. T.; BERBARA, R. L. L.; NOGUEIRA, M. D. C. Fungos micorrízicos arbusculares em sistema de aléias no Estado do Maranhão, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 4, p. 641-646, 2010.
- NOVAIS, C. B. UFLA. Coleção de Fungos Micorrízicos Arbusculares da UFLA. Departamento de Ciência do Solo, **UFLA**, Lavras, 2009.
- NUNES, H. B. **Fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota) na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) no oeste da Bahia**. 70 fl. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2013.
- OEHL, F.; SIEVERDING, E.; PALENZUELA, J.; INEICHEN, K.; SILVA, G.A. 2011. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. **IMA Fungus**, v. 2, p. 191–199.
- OEHL, F.; CASTRO, I. S.; PALENZUELA, J.; SILVA, G. A. 2014. *Palaeospora spainii*, a new

arbuscular mycorrhizal fungus from Swiss agricultural soils. **Nova Hedwigia**. DOI: 10.1127/nova_hedwigia/2014/0229

OLIVEIRA, B. I. S. **Diversidade e Densidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Áreas de Cerrado Denso em Regeneração, Cerrado Denso em Estado Avançado de Regeneração e Floresta Estacional Decídua Conservada, no Oeste Baiano**. 70 fl. il. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Oeste da Bahia, Barreiras, 2014.

PAGANO, M. C.; UTIDA, M. K.; GOMES, E. A.; MARRIEL, I. E.; CABELLO, M. N.; SCOTTI, M. R. Plant-type dependent changes in arbuscular mycorrhizal communities as soil quality indicator in semi-arid Brazil. **Ecological Indicators**, Belo Horizonte, v. 11, p. 643–650, 2011.

PENG, J.; LI, Y.; SHI, P.; CHEN, X.; LIN, H.; ZHAO, B. The differential behavior of arbuscular mycorrhizal fungi in interaction with *Astragalus sinicus* L. under salt stress. **Springer**, Wuhan, v. 21, n. 1, p. 27-33, 2010.

POUYÚ-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J. O. Micorriza arbuscular e fertilização do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 103-114, 2000.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **As principais fitofisnomias do Bioma Cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. Cerrado: ecologia e flora. Embrapa, Brasília, p.153-174, 2008.

SCHENCK N.C.; PÉREZ Y. 1990. **Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi**. Gainesville: Synergistic Publications. 286 p.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A. Produção de mudas de acácia colonizadas com micorrizas e rizóbio em diferentes recipientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 173-178, 2003.

SIEVERDING, E.; SILVA, G. A.; BERNDT, R.; OEHL, F. *Rhizoglosum*, a new genus of the Glomeraceae. **Mycotaxon**, v. 129, n. 2, p. 373-386, 2014.

SILVA, D. K. A.; PEREIRA, C. M. R.; SOUZA, R. G.; SILVA, G. A.; OEHL, F.; MAIA, L. C. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in restinga and dunes areas in Brazilian Northeast. **Springer**, Recife, v. 21, p. 2361-2373, 2012.

SILVA, L. X.; FIGUEIREDO, M. V. B.; SILVA, G. A.; GOTO, B. T.; OLIVEIRA, J. P.; BURITY, H. A. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas de plantio de leucena e sábia no estado de Pernambuco. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 427-435, 2007.

SILVEIRA, A. P. D.; SILVA, L. R.; AZEVEDO, I. C.; OLIVEIRA, E.; MELETTI, L. M. M. Desempenho de fungos micorrízicos arbuscular na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo em diferentes substratos. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 89-99, 2003.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. **Microbial populations and activities in highly-weathered acidic soils: highlights of the Brazilian research**. In: MONIZ, A. C.; FURLANI, A. M. C.; SCHAFFERT, R. E.; FAGERIA, N. K.; ROSOLEM, C. A.; CANTARELLA, H. (Ed.). Plant-soil interactions at low pH: sustainable agriculture and forestry production. Campinas: Brazilian Soil Science Society, p. 139-156, 1997.

SMITH, S. E.; READ, D. J. 1997. **Mycorrhizal Symbiosis**. 2ª ed. San Diego: Academic Press. 605p.

- SOUZA, F. A.; SILVA, I. C. L.; BERBARA, R. L. L. **Fungos micorrízicos arbusculares: muito mais diversos do que se imaginava.** In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.) Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros. Editora UFLA, Lavras, p.483-536, 2008.
- SOUZA, F. A.; STÜRMER, S. L.; CARRENHO, R.; TRUFEM, S. F. B. **Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil.** In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Org.). Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil. 1 ed. Editora UFLA, Lavras, p. 15-73, 2010.
- SOUZA, R. G.; MAIA, L. C.; SALES, M.; TRUFEM, S. F. B. Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em área de Caatinga na Região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, Recife, v. 26, n. 1, p. 49-60, 2003.
- SOUZA, R. G.; SILVA, D. K. A.; MELLO, C. M. A.; GOTO, B. T.; SILVA, F. S. B.; SAMPAIO, E. V. S. B.; MAIA, L. C. Arbuscular mycorrhizal fungi in revegetated mined dunes. **Land Degradation & Development**, Recife, v. 24, p. 147-155, 2013.
- STANCATO, G. C.; SILVEIRA, A. P. D. Associação de fungos micorrízicos arbusculares e cultivares micropropagadas de antúrio. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 511-516, 2006.
- SYMANCZIK, S.; AL-YAHYA'EI, M. N.; KOZŁOWSKA, A.; RYSKA, P.; BŁASZKOWSKI, J. A new genus, *Desertispora*, and a new species, *Diversispora sabulosa*, in the family Diversisporaceae (order Diversisporales, subphylum Glomeromycotina). **Mycological Progress**, 2018. doi:10.1007/s11557-017-1369-y
- TRINDADE, A. V.; FARIA, N. G.; ALMEIDA, F. P. Uso de estérno no desenvolvimento de mudas de mamoeiro colonizadas com fungos micorrízicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1389-1394, 2000.
- TRINDADE, A. V.; SIQUEIRA, J. O.; ALMEIDA, F. P. Dependência micorrízica de variedades comerciais de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1485-1494, 2001.
- TRISTÃO, F. S. M.; ANDRADE, S. A. L.; SILVEIRA, A. P. D. Fungos micorrízicos na formação de mudas de cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 649-658, 2006.
- WEBER, O. B.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em citrus nos estados da Bahia e Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 12, p. 1905-1914, 1994.

DENSIDADE E DIVERSIDADE DE RIZOBACTÉRIAS SOB APLICAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE

Luana Patrícia Pinto

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Campus Cascavel
Cascavel – Paraná.

Diego Silva dos Santos

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor Palotina.
Palotina – Paraná.

Jhonatan Rafael Wendling

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor Palotina.
Palotina – Paraná.

Elisandro Pires Frigo

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor Palotina. Dep. de Engenharias e Exatas
Palotina – Paraná.

Marco Antônio Barcellar Barreiros

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor Palotina. Dep. de Biociências
Palotina – Paraná.

Luciana Grange

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor Palotina. Dep. De Ciências Agrônômicas
Palotina – Paraná.

Resumo: A produção suinícola gera grande renda mas também muitos resíduos, que tornam-se um problema nas propriedades. Este composto orgânico representa uma grande fonte de nutriente e pode ser utilizado como adubo, contudo, seu uso inadequado, pode interferir na biota natural

da rizosfera. O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto do biofertilizante sobre a densidade e diversidade da biota bacteriana natural dos solos tratados. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três tratamentos e quatro repetições, sendo, a aplicação do biofertilizante sob presença (T1) e ausência de probiótico (T2) e o controle negativo (T3), sem a adição do biofertilizante. A avaliação da densidade foi através da contagem de unidades formadoras de colônia (UFC) a partir de três coletas (C) distribuídas ao longo do ciclo do nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), planta-modelo. A diversidade foi realizada pela tipagem morfológica analisada por agrupamento através do algoritmo UPGMA. Na coleta um (C1), houve aumento da densidade microbiana natural quando comparado com o controle T3. Porém, ao longo do tempo (C2 e C3) estes valores caem promovendo o restabelecimento do equilíbrio com o término das adubações. Observando os dados obtidos a partir da tipagem morfológica, foi constatado um aumento da diversidade do solo (T1 e T2). A partir dos resultados obtidos o probiótico não prejudicou a ação do biofertilizante. Considerando a densidade e a diversidade, conclui-se que os rejeitos utilizados como biofertilizante não promoveram interferência negativa na biota bacteriana natural dos solos tratados podendo ser recomendado para a adubação agrícola.

Palavras-chave: Bactérias, composto orgânico,

morfologia, solo, UFC.

Abstract: Swine production generates large income but also many wastes, which become a problem in properties. This organic compound represents a great source of nutrient and can be used as fertilizer; however, its misuse can interfere with the natural biota of the rhizosphere. The objective of this work was to evaluate the impact of the biofertilizer on the density and diversity of the natural bacterial biota of the treated soils. The experimental design was a randomized complete block with three treatments and four replications, with the application of the biofertilizer under presence (T1) and absence of probiotic (T2) and negative control (T3), without the addition of the biofertilizer. The density assessment was based on the count of colony forming units (CFU) from three collections (C) distributed throughout the cycle of forage turnip (*Raphanus sativus* L.), a model plant. The diversity was performed by the morphological typing analyzed by clustering using the UPGMA algorithm. In the collect one (C1), there was an increase in the natural microbial density when compared to the control T3. However, over time (C2 and C3) these values drop promoting the restoration of balance with the end of fertilization. Observing the data obtained from the morphological typing, an increase in soil diversity (T1 and T2) was observed. From the results obtained, the probiotic didn't impair the action of the biofertilizer. Considering the density and diversity, it can be concluded that the rejects used as biofertilizer didn't promote negative interference in the natural bacterial biota of the treated soils and could be recommended for agricultural fertilization.

Keywords: Bacteria, organic compost, morphology, soil, CFU.

INTRODUÇÃO

Devido à procura de tecnologias que desenvolvam uma agricultura mais sustentável, os biofertilizantes orgânicos têm sido utilizados em larga escala no cultivo de plantas em pequenas propriedades agrícolas, principalmente por causa do seu baixo custo, facilidade na produção e ação nutricional (SANTOS, 2008; BARBOSA; LANGER, 2011). Numa dimensão maior, a aplicação de compostos orgânicos na fertilização de solos cultivados também tem levado a uma independência tecnológica e, com isso, a uma economia nacional significativa na importação de fertilizantes químicos (INÁCIO, 2013).

Para o meio ambiente, o uso de biofertilizantes como reestruturador do solo em manejos conservacionistas, também tem contribuído para melhorar o saneamento ambiental, a redução da degradação do solo e perda da biodiversidade biológica, diminuindo ainda o descarte de resíduos e a emissão de gases do efeito estufa (MEDEIROS, 2003). Este tipo de composto por conter uma alta diversidade de nutrientes minerais quelatizados e disponíveis para assimilação direta pelas plantas. Esta biomassa fértil é formada a partir das atividades biológicas promovidas por diferentes espécies de organismos edáficos. Dentre as comunidades mais atuantes nestes processos de disponibilidade de nutrientes no solo estão as bactérias envolvidas na decomposição da matéria orgânica (MESQUITA et

al., 2010; CARDOSO; ANDREOTE, 2016).

Muitos trabalhos (DELEITO et al., 2004; LAMBAIS; CARMO, 2008; NOTARO et al., 2012; BURLE, 2014; SOUSA et al., 2014) têm confirmado que, a adição de compostos orgânicos em áreas cultivadas vem permitindo o restabelecimento do balanço da microbiota do solo. Os benefícios oriundos deste reequilíbrio biológico podem levar a todas as possibilidades de promoção de crescimento e desenvolvimento da planta. A vantagem global destas associações microrganismos-planta, estabelecidas evolutivamente no solo, são vegetais mais responsivos aos nutrientes e, com isso, mais vigorosos e resistentes aos estresses bióticos e abióticos proporcionados pelo ambiente cultivado (CARDOSO; ANDREOTE, 2016).

Todavia, cada composto apresenta suas próprias características originadas, principalmente, da fonte orgânica utilizada e dos microrganismos presentes. Estes podem ainda ser encontrados enriquecidos por microrganismos advindo de probióticos utilizados tanto na alimentação animal, para melhorias na digestão final, quanto na limpeza dos criadores a fim de contribuir para a higienização do ambiente (REIS, 2006; CARVALHO; VIANA, 2011). Alguns produtos ainda podem apresentar ou não propriedades supressivas, permitindo o controle ou o desenvolvimento de patógenos prejudiciais ao cultivo comercial. Portanto, a aplicação de resíduos em solo agrícola deve respeitar critérios técnicos, do contrário, a longo prazo, poderá haver o desequilíbrio biológico do solo, acarretando no empobrecimento físico-químico do mesmo (KONZEN, 2003; CORREA et al., 2011).

Outros trabalhos evidenciam que a importância da manutenção da diversidade de espécies sobrepõe aos valores numéricos levantados sobre o número de células, baseados em riqueza genética, ou seja, quanto mais diversos forem os seres presentes, maior será a complexidade bioquímica no solo e, portanto, mais eficiente será a decomposição da matéria orgânica (KIRK et al., 2004; SILVA et al., 2013; MADIGAN, 2016). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a densidade e a diversidade de bactérias presentes no solo após a aplicação do biofertilizante orgânico sob presença e ausência do probiótico e também, demonstrar o efeito temporal da aplicação de biofertilizante orgânico na quantidade de células viáveis presentes nos tratamentos com e sem adubação orgânica.

MATERIAIS E MÉTODOS

O biofertilizante orgânico utilizado no trabalho foi obtido a partir de dejetos de suínos submetidos a tratamentos com e sem probiótico. A condição de preparação do composto foi sob biodigestão anaeróbia durante 15 dias em biodigestores industriais em batelada. O ensaio foi instalado num Latossolo vermelho eutroférico de textura argilosa na cidade de Palotina-PR. A tabela 1 evidencia a composição do probiótico utilizado no ensaio.

Ingredientes	Concentração	CAS - n°	Função na Fórmula	Classificação de Perigo
<i>Bacillus Subtilis</i>		NA		Irritante
<i>Bacillus Licheniformis</i>		NA		Irritante
<i>Bacillus Amyloliquefaciens</i>	>1,25 x 10 ⁸ UFC/g	NA	Princípio ativo	Irritante
<i>Bacillus Cereus</i>		NA		Irritante
<i>Lactococcus Lactis</i>		NA		Irritante
Cloreto de Sódio	5%	7647-14-5	Estabilizante	Irritante
Bicarb. de Sódio	10%	144-55-8	Estabilizante	Irritante
Farelo de Trigo	85%	50-61-7	Veículo	Irritante

Tabela 1: Descrição microbiológica do probiótico

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados com três tratamentos e quatro repetições: T1 - biofertilizante de dejetos suínos com probiótico; T2 - biofertilizante de dejetos suínos e; T3 - testemunha sem aplicação. Nestas parcelas foi semeado o nabo forrageiro com espaçamento de 17cm no dia 25 de maio de 2016.

O biofertilizante orgânico foi utilizado na dosagem de 20%, ou seja, em cada 1.000 mL de água foi adicionado 200 mL de biofertilizante orgânico, sendo realizadas duas aplicações, a primeira um mês antes e a segunda um mês após o plantio do nabo. Durante este período foram feitas três colheitas: a primeira antes do plantio do nabo forrageiro e logo após a primeira aplicação do biofertilizante orgânico (C1); a segunda, após o cultivo e anteriormente à segunda aplicação com a introdução do nabo com desenvolvimento por volta de 15 dias (C2) e; a terceira após a segunda aplicação do produto (C3) com o nabo bem estabelecido. Após setenta dias o ensaio foi desinstalado.

Para obtenção dos isolados e contagem das colônias puras, as amostras de solo foram padronizadas e dez gramas foram pesadas e dissolvidas em solução salina a 0,85% para obtenção das diluições seriadas. O plaqueamento foi realizado na concentração 10⁻³ no meio de cultura King B. As placas foram submetidas a crescimento em BOD a uma temperatura de 27° C por 72 horas.

As células isoladas consideradas puras foram contabilizadas pelo método UFC (Unidade Formadora de Colônias). a análise de variância de Kruskal Wallis devido ao comportamento não-paramétrico dos dados. Após feitos os testes de normalidade, homocedasticidade e independência, foi utilizando o programa SAS e a análise de Dunn par a par.

A diversidade foi analisada pela classificação morfológica das colônias segundo Hofling e Gonçalves (2011) modificado. A classificação das colônias foi feita a partir das seguintes características morfológicas: tamanho (pequena, média ou grande), forma (circular, irregular, rizoide, filamentosa ou puntiforme), borda (lisa, lobada, filamentosa ou ondulada), homogeneidade (homogênea ou heterogênea), cor (incolor, rosa ou amarela), brilho (transparente, translúcida ou opaca), elevação (côncava, elevada, protuberante, achatada ou convexa), estrutura (lisa, granulosa, filamentosa, membranosa ou rugosa)

e aspecto (úmida, viscosa, membranosa, granulosa ou filamentosa). Os dados foram submetidos à análise de agrupamento por categoria através do algoritmo UPGMA utilizando o Software bionumerics 7.5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando na tabela 2, os valores de UFC para a primeira coleta (C1), foi possível notar que o biofertilizante com probiótico (T1), teve a capacidade de enriquecer a microfauna já estabelecida, apresentando desta maneira, um valor estatisticamente significativo acima da média que foi de 101,70. Nas áreas que receberam a aplicação de biofertilizante orgânico sem probiótico (T2), a contribuição também foi significativa para o UFC do solo, contudo, os valores de reestabelecimento da comunidade ao longo do tempo foram menos contrastantes (48,29) em relação a presença do probiótico.

Segundo Moreira e Siqueira (2006), tal fenômeno pode ser atribuído à entrada inicial de um grupo específico que se somou com os demais presentes no solo. Todavia, provavelmente, devido à competitividade e disponibilidade de nutrientes, esta população foi declinando ao longo do tempo o que permitiu um ajuste populacional, retornando ao equilíbrio ecológico e bioquímico do solo tratado.

	T1	CV**	T2	CV	T3	CV
C1	a101,70	194,18	b63,84	210,10	c34,92	191,91
C2	a48,29	188,18	a51,37	198,27	b20,57	194,44
C3	a46,58	178,45	a41,65	193,94	a64,19	189,90

Tabela 2 – Valores de Unidade Formadoras de colônias (UFC) obtidos para cada tratamento (T) em relação a cada momento de coleta (C).

*Letras minúsculas se diferem na mesma coluna analisando pelo método de Kruskal Wallis em análise de Dunn par a par.

** Coeficiente de variação dos dados.

Estes resultados apontam que o biofertilizante foi capaz de incrementar a quantidade de microrganismos para os tratamentos T1 (101,70; 48,29 e 46,58) e T2 (63,84; 51,37 e 41,65) ao longo das três coletas. Pela diversidade morfológica, também foi possível apontar que a inserção do composto promoveu a alteração na biota natural. Observando o número total de células isoladas de para os tratamentos T1, T2 e T3 (204, 204 e 155 respectivamente), foi possível apontar que, a principio, o biofertilizante proporcionou um efeito benéfico promovendo o aumento e a estabilidade da diversidade dos microrganismos dos solos tratados (Tabela 3).

Agrupamento*	T1 biofertilizante com probiótico	T2 biofertilizante sem probiótico	T3 Controle sem biofertilizante	Total
G1	2	6	12	20
G2	10	2	54	66
G3	9	10	14	33
G4	6	10	27	43
G5	8	1	3	12
G6	7	14	6	27
G7	6	5	6	17
G8	4	6	6	16
G9	2	3	11	16
G10	18	3	11	32
G11	39	3	5	47
G12	50	2	-	52
G13	7	3	-	10
G14	4	2	-	6
G15	4	37	-	41
G16	23	68	-	91
G17	5	9	-	14
G18	-	13	-	13
G19	-	1	-	1
G20	-	6	-	6
Total	204	204	155	563

Tabela 3 – Agrupamentos obtidos pela tipagem morfológica estabelecida pela análise por categoria através do algoritmo UPGMA.

*colônias isoladas de todas as coletas (C1, C2 e C3) caracterizadas morfológicamente segundo Hofling e Gonçalves (2011) modificado.

A utilização de adubos orgânicos de boa qualidade, estimula a proliferação de microrganismos no solo, uma vez que são eles que atuam na decomposição da matéria orgânica. Um composto bem estruturado é capaz de inserir no sistema uma grande quantidade de nutrientes, contudo eles não se encontram disponíveis para as plantas, por isso se faz necessário a presença de diferentes mediadores microbianos que promoverão o transporte desses componentes para que possam ser melhor absorvidos (MELO et al., 2000).

O terceiro tratamento (T3) representado pelo controle, ou seja, sem a adição de biofertilizante orgânico, apresentou, ao longo dos três tempos de coleta um decréscimo mais significativo no número de células viáveis (34,92 e 20,57) após a primeira e segunda coleta, esta queda pode estar relacionada com a ausência de cobertura e matéria orgânica no solo neste período. Por outro lado, para este tratamento, houve uma adição considerável de microrganismos na terceira coleta (64,19), provavelmente devido a entrada do nabo forrageiro, considerado uma ótima planta de cobertura que tem como característica uma biomassa de rápida absorção (MARQUES et al., 2015).

Santos et al. (2002), afirmam que o nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), é

uma planta muito utilizada na adubação verde, pois apresenta elevada capacidade de reciclagem de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, tem grande tolerância aos climas mais frios e secos, sendo, portanto, uma opção de cultivo para outono e inverno durante a entressafra da região oeste paranaense.

Neste trabalho, pode-se afirmar que o nabo forrageiro assumiu temporariamente o papel do biofertilizante orgânico como fornecedor de matéria orgânica devido à disponibilização rápida de matéria seca ao solo, principalmente do nitrogênio (HEINZ et al., 2011). Além disso, o fator climático interferiu diretamente, pois ao longo da coleta 1 e 2 houve um período de estiagem, fator que se alterou ao final do ciclo o que acelerou o crescimento vegetativo promovendo uma maior reposição de biomassa.

De modo geral, os tratamentos T1 e T2 apresentaram uma queda temporal do número de indivíduos, demonstrando que a entrada do material orgânico, promoveu um incremento inicial, com a introdução de microrganismos decompositores mas que, durante a estabilidade do composto ocorreu um reajustamento populacional propiciando condições mais favoráveis para a adaptação dos demais grupos nativos à uma nova condição nutricional, assim o biofertilizante orgânico atua como um reestruturador de solo (NUNES; LEAL, 2001). Tal situação é sustentada quando se analisa os resultados obtidos a partir da tipagem morfológica, a qual apontou diferenças consideráveis entre os tratamentos com e sem aplicação do biofertilizante (Tabela 2).

Analisando a tipagem morfológica, foi possível encontrar, respectivamente, para T1, T2 e T3, 17, 20 e 11 agrupamentos diferentes. Portanto, nos tratamentos 1 e 2, que receberam o adubo orgânico de rejeito suíno tratado em biodigestores, houve contribuição significativa do produto para a diversidade morfológica dos microrganismos do solo.

Quando analisados apenas os tratamentos T1 e T2, notou-se que o probiótico não modificou a comunidade microbiana em relação ao resultado do incremento do biofertilizante orgânico sem este produto. Também foi constatado a presença de dois agrupamentos com alto número de indivíduos morfológicamente similares nos três tratamentos, isto demonstra que já existia no solo natural um grupo específico de microrganismos de grande resiliência, tal efeito é comum em áreas que ocorrem constantes instalações de sistemas de cultivo por causa da grande rotatividade de culturas (BARBERI, 2007).

Com estes resultados, é possível afirmar que o biofertilizante orgânico avaliado se apresentou como uma boa candidato a ser utilizado em estudos de fonte suplementar de nutrientes para plantas, pois não causou malefícios ao solo nem prejudicou a biota.

CONCLUSÃO

1. A UFC foi maior para o T1, mas somente para a primeira coleta. Ao longo do ciclo da planta modelo, o composto reestabeleceu o equilíbrio e não prejudicou a biota natural do solo;
2. O tratamento com biofertilizante orgânico sem probiótico T2, foi o que apresentou maior diversidade proporcionando um ganho maior de indivíduos distintos;

3. Após a inserção do nabo forrageiro no sistema, ocorreu o aumento de UFC no tratamento controle pois a planta conseguiu proporcionar nutrientes orgânicos suficientes para o desenvolvimento dos microrganismos.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, G.; LANGER, M. Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. **Unoesc & Ciência**, Joaçaba, v. 2, n. 1, p. 87-96, 2011.

BARBERI, Alexandre. **Diversidade e Eficiência de bactérias que nodulam feijoeiro de diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia Ocidental**. 2007. 132 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

BURLE, E. C. **Práticas cromatográficas para avaliação da qualidade do solo e de biofertilizantes**. In: Semana de Pesquisa da Universidade Tiradentes - Sempesq., Tiradentes, Brasil, SEMPESQ, p. 16, 2014.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. Piracicaba: USP, p. 225, 2016.

CARVALHO, P. L. C.; VIANA, E. F. Suinocultura SISCAL e SISCON: análise e comparação dos custos de produção. **Custos e @gronegócio**, v. 7, n. 3, p. 1-19, 2011.

CORRÊA, J. C.; NICOLOSO, R. D. S.; MENEZES, J. F. S. **Critérios técnicos para recomendação de biofertilizante de origem animal em sistemas de produção agrícolas e florestais**. Comunicado Técnico - Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves, v. 486, p. 1-8, 2011.

DELEITO, C. S. R.; CARMO, M. G. F. do.; FERNANDES, M. do C. A.; SOUZA, A. C. de. Biofertilizante Agrobio: Uma alternativa no controle da mancha bacteriana em mudas de pimentão (*Capsicum annum*). **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p. 1035-1038, 2004.

HEINZ, R.; GARBIATE, M. V.; NETO, A. L. V.; MOTA, L. H. S.; CORREIA, A. M. P.; VITORINO, A. C. T. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 9, p.1549-1555, 2011.

HOFLING, J. F.; GONÇALVES, R. B. **Microscopia de luz em microbiologia: Morfologia bacteriana e fúngica**. ArtMed, 2011.

INÁCIO, S. R. F. (2013) - **Produção e comercialização de insumos para produção de fertilizantes: Um panorama mundial e os paradigmas do Brasil**. In: **Iniciação Científica desenvolvida na ESALQ**, Piracicaba, Brasi, Esalq-log, p. 10, 2013.

KIRK, J. L.; BEAUDETTE, L. A.; HART, M.; MOUTOGLIS, P.; KLIRONOMOS, J. N.; LEE, H.; TREVORS, J. T. Methods of studying soil microbial diversity. **Journal of Microbiology Methods**, v. 58, n.1, p. 169-188, 2004.

KONZEN, E. A. Fertilização de Lavoura e Pastagem com Dejetos de Suínos e Cama de Aves. **Circular Técnica - Embrapa Milho e Sorgo**, v. 31, p. 1-10, 2003.

LAMBAIS, M. R.; CARMO, J. B. Impactos da aplicação de biossólidos na microbiota de solos tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1129-1138, 2008.

MADIGAN, M. T. **Microbiologia de Brock. Ed, 14.** Porto Alegre: ArtMed, 2016.

MARQUES, A. C. R.; BASSO, L. J.; MISSIO, E.; KROLOW, R. H.; BOTTA, R.; RIGODANZO, E. L. Uso de dejetos bovinos como forma de aumentar crescimento e produção de matéria seca do consórcio aveia preta e nabo forrageiro. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 5, n. 2, p. 56-63, 2015.

MEDEIROS, M. B.; WANDERLEY, P. A. Biofertilizantes Líquidos: Processo trofobiótico para proteção de plantas em cultivos orgânicos. **Revista Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, v. 31, n. 1, p. 38-44, 2003.

MELO, W. J.; M. M. O.; MELO, V. P.; CINTRA, A. A. D. Uso de resíduos em hortaliças e impacto ambiental. **Horticultura Brasileira**, v.18, p.67-81. 2000.

MESQUITA, E. F. de.; CAVALCANTE, L. F.; GONDIM, S. C.; CAMPOS, V. B.; CAVALCANTE, I. H. L.; GONDIM, P. C. Teores foliares e exportação de nutrientes do mamoeiro baixinho de Santa Amália tratado com biofertilizantes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 1, p.66-76, 2010.

MOREIRA; F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** Lavras: UFLA, p. 625, 2006.

NOTARO, K. A.; SOUZA, B. M.; SILVA, A. O.; SILVA, M. M.; MEDEIROS, E. V.; DUDA, G. P. População microbiana rizosférica, disponibilidade de nutrientes e crescimento de pinheira, em substratos com resíduos **orgânicos.** **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 1, p. 770-776, 2012.

NUNES, M. U. C.; LEAL, M.L.S. Efeitos de aplicação de biofertilizante e outros produtos químicos e biológicos no controle da broca pequena do fruto e na produção do tomateiro tutorado em duas épocas de cultivo e dois sistemas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, p.53-59, 2001.

REIS, M. R. **Inoculantes contendo bactérias fixadoras de nitrogênio para aplicação em gramíneas.** In: Reunião Brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 27., Reunião Brasileira sobre micorrizas, 11., Simpósio Brasileiro de microbiologia do solo, 9., reunião brasileira de biologia do solo, 6., Bonito, Brasil, Embrapa Agropecuária Oeste, 22 p., 2006.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; BAIER, A. C.; TOMM, G. O. Principais forrageiras para integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, nas regiões Planalto e Missões do Rio Grande do Sul. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, p. 142, 2002.

SANTOS, J. F. **Fertilização orgânica de batata-doce com esterco bovino e biofertilizante:** 109f Paraíba Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias, Areia – PB, 2008.

SILVA, A. P.; BABUJIA, L. C.; MATSUMOTO, L. S.; GUIMARAES, M. F.; HUNGRIA, M. Bacterial Diversity under different tillage and crop rotation systems in the Oxisol of Southern Brazil. **The open agriculture journal**, v. 7, p. 40-47, 2013.

SOUSA, F. A.; SILVA, E. B.; CAMPOS, A. T.; GANDINI, A. M. M.; CORRÊA, J. M.; GRAZZIOTTI, P. H. Atividade microbiana e produção da lavoura cafeeira após adubação com dejetos líquidos de suínos. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, 2014.

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE MILHO UTILIZANDO *TRICHODERMA SP.* ASSOCIADO OU NÃO A UM REGULADOR DE CRESCIMENTO VEGETAL COMO PROMOTORES DE CRESCIMENTO

Sônia Cristina Jacomini Dias

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unaí
(FACTU), Unaí, MG

Rafael Fernandes de Oliveira

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unaí
(FACTU), Unaí, MG

Warley Batista da Silva

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unaí
(FACTU), Unaí, MG

RESUMO: Produtos como reguladores de crescimento vegetal e outros abióticos podem ser utilizados em culturas agrícolas por atuar no crescimento da planta por meio da decomposição de matéria orgânica, liberação de substâncias benéficas ao seu desenvolvimento e o biocontrole de fitopatógenos apresentando-se como uma forma sustentável, uma vez que não ocasionam um desequilíbrio ambiental. Neste contexto, o objetivo desse estudo foi verificar a ação do fungo *Trichoderma sp.* associado ou não com um regulador de crescimento vegetal no comprimento de raiz e parte aérea, peso seco da raiz, diâmetro de colmo e germinação do milho. Foram utilizados, sementes de milho do híbrido simples P3456H; dois bioprodutos a base de *Trichoderma harzianum*, a cepa A (Tric A) e a cepa B (Tric B) e um regulador de crescimento vegetal (RC). Foram feitas duas avaliações ((aos 30 e aos 40 dias após o plantio (DAP)) em 14 tratamentos

e a testemunha com 6 repetições; delineamento experimental inteiramente casualizado; o Software estatístico ASSISTAT e teste de Tukey. Em relação ao CR, o maior incremento coube a T8 (30 DAP) e T7 (30 DAP); CPA destacou-se T7 (40 DSP); PSR ficou como maior acúmulo de matéria seca para T2, T3, T4 e T14 (40 DAP) e para DC (40 DAP) o maior incremento foi de T1, T3 e T4; não houve diferenças na germinação. Não se observou um tratamento que se sobressaísse significativamente, ao mesmo tempo, em todos os parâmetros avaliados, porém, as plantas inoculadas com *Trichoderma sp.* apresentaram melhores resultados.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*, inoculação, microrganismos, bioestimulante.

ABSTRACT: Products such as plant growth regulators and other microorganisms can be used in agricultural crops by acting on the growth of the plant through the decomposition of organic matter, release of beneficial substances to its development and the biocontrol of phytopathogens presenting as a sustainable form, since they do not cause an environmental imbalance. In this context, the objective of this study was to verify the action of the fungus *Trichoderma sp.* associated or not with a plant growth regulator on root and shoot length, root dry weight, stem diameter and corn germination. Corn seeds of the simple hybrid P3456H were used; two bioproducts

based on *Trichoderma harzianum*, strain A (Tric A) and strain B (Tric B) and a plant growth regulator (RC). Two evaluations (at 30 and 40 days after planting (DAP)) were carried out in 14 treatments and the control with 6 replicates, a completely randomized experimental design, ASSISTAT Statistical Software and Tukey test. (40 DSP), and PS (40 DAP), as well as the highest dry matter accumulation for T2, T3, T4 and T14 (40 DAP) and for DC (40 DAP) and T7 (30 DAP). DAP), the highest increase was T1, T3 and T4, there were no differences in germination, but no treatment was observed that was significantly enhanced at the same time in all evaluated parameters, but the plants inoculated with *Trichoderma* sp. results.

KEYWORDS: *Zea mays*, inoculation, microorganisms, biostimulant.

1 | INTRODUÇÃO

Na cultura de milho (*Zea mays*), alguns microrganismos como fungos do gênero *Trichoderma* podem ser utilizados por atuarem no crescimento por meio da decomposição de matéria orgânica, liberação de substâncias benéficas e o biocontrole de fitopatógenos (HARMAN et al., 2004)

A disseminação de patógenos como fungos, bactérias e vírus, tem como meio de disseminação a semente, fator que leva à preocupação com a qualidade sanitária das sementes para garantir plantas bem desenvolvidas no campo. Neste contexto, destaca-se o tratamento de sementes cujo objetivo está voltado a proteger a cultura contra os patógenos, levando a obtenção de um estande de plantas almejado devido à redução da disseminação dos organismos nocivos (GALVÃO, MIRANDA, 2004; FANCELLI e NETO, 2000).

O uso de produtos químicos no tratamento de sementes tornou-se uma tecnologia recomendada pela pesquisa, que confere à planta condições de defesa contra patógenos de sementes aumentando o potencial de desenvolvimento inicial da cultura (MIGLIORINI et.al., 2012).

Um foco importante está relacionado com a preocupação com a saúde humana e riscos ambientais, levando, segundo Moreira et. al. (2002) a um crescente interesse dos produtores em reduzir a utilização de controle químico, visando desenvolvimento de métodos de controle de parasitas mais eficazes, surgindo uma demanda por novas estratégias neste controle (FRIGHETTO, 2000; LORITO et al., 2010). Sob este aspecto, tem aumentado as pesquisas com alternativas de controle natural em sementes com a combinação de produtos químico e biológico que pode ser uma alternativa viável para a redução do uso exclusivo de produtos sintéticos.

O controle biológico se dá através da manipulação do ambiente, beneficiando a população de microrganismos presentes ou pela introdução massal de antagonistas previamente selecionados como algumas espécies de *Trichoderma* spp, juntamente com o material de plantio que demonstra maior eficiência e torna-se econômico, pois são capazes de interagir diretamente com raízes, aumentando potencialmente o seu crescimento, induzindo também a resistência das plantas a doenças e stress abiótico (LUCON, 2008; HERMOSA, 2012), além de apresentarem função ecológica, por promover a mineralização

e decomposição dos restos de folhas, caules e raízes, assim mantendo o equilíbrio do ambiente (GAMS e BISSET, 1998).

Algumas espécies de *Trichoderma* spp., além de serem capazes de proteger plantas por meio de mecanismos como parasitismo, antibiose, competição por nutrientes e substrato, e indução de resistência, ainda podem aumentar a germinação e a emergência de sementes (MELO, 1998) e exercer efeitos positivos indiretos com a promoção do crescimento e produtividade da planta através de disponibilização de nutrientes, produção de fatores de crescimento, entre outros (HARMAN, 2000; SAMUELS, 2006; YEDIDIA et al., 2001; POMELLA e RIBEIRO, 2009; PEDRO et al., 2012).

Cepas de *Trichoderma* spp. presentes naturalmente em solos são bem conhecidas pela sua capacidade de colonizar raízes e estimular o crescimento vegetal. Algumas cepas colonizam toda a região da raiz em sua superfície, podendo invadir a epiderme se atendo à primeira e segunda camadas de células. Também são capazes de aumentar o crescimento das plantas e produtividade que pode ocorrer através da produção de hormônios vegetais e vitaminas ou conversão de materiais orgânicos e inorgânicos a uma forma útil para a planta, favorecendo a absorção e a translocação de minerais e a inibição de microrganismos deletérios presentes na rizosfera (HARMAN et al., 2004).

Segundo (MCDONALD & KHAN, 1983) a aplicação de reguladores de crescimento via semente tem grande influência no metabolismo proteico, favorecendo o aumento da taxa de síntese das enzimas envolvidas no processo de germinação das sementes, (CASTRO & VIEIRA, 2001) complementou que os reguladores também favorecem no processo de enraizamento, floração, frutificação e a senescência de plantas. Estes reguladores são constituídos por hormônios vegetais sendo eles as auxinas, citocinina e a giberelina. O hormônio auxina é fundamental para a sobrevivência da planta sendo responsável pelo crescimento celular, influenciando o mecanismo de expansão celular. Já a giberelina quando a planta recebe aplicação ela tende a ser induzida a obter maior estatura, pelo hormônio apresentar função de promoção o crescimento caulinar (TAIZ & ZEIGLER, 2004). As citocininas no processo de germinação das sementes podem estar relacionadas em relação a permeabilidade de membranas, pois com interação a auxina tem alta influência no processo da divisão celular (VIEIRA & CASTRO, 2000).

Visando o incremento na produção do milho, novas tecnologias vêm sendo empregadas no campo, através de melhoramentos genéticos de sementes associados a aplicação via sementes de herbicidas, fungicidas e reguladores de crescimento, sendo eles visando o controle de patógenos e também a qualidade fisiológica das sementes alcançadas durante o processo de produção, garantindo essa qualidade fisiológica à semente depois de ter passado por todo seu processo de conservação, ela estará com um alto potencial de emergência de plântulas em campo assim garantindo ganhos na produtividade.

O objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial de plantas de milho utilizando *Trichoderma* sp. associado ou não a um regulador de crescimento vegetal como promotores de crescimento.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação na FACTU, em Unaí, MG. Foram utilizadas sementes de milho de híbrido simples P3456H®. Os produtos utilizados foram dois bioprodutos à base de fungo *Trichoderma* spp., a cepa A (Tric A) e a cepa B (Tric B) ambos classificados como *Trichoderma harzianum*, um na concentração 1×10^{10} UFC/g, e o outro na concentração 6×10^9 conídios viáveis/ml.

O experimento contou com a testemunha e 14 tratamentos com 6 repetições para cada um; T1:RC 100 µL, T2:RC 200 µL, T3:Tric A, T4:Tric B, T5:Tric A + RC 100 µL, T6:Tric A + RC 200 µL, T7:Tric B + RC 100 µL, T8:Tric B + RC 200 µL, T9:Tric A** (dobro da dosagem recomendada), T10:Tric B**, T11:Tric A** + RC 100 µL, T12:Tric A** + RC 200 µL, T13:Tric B** + RC 100 µL, T14:Tric B** + RC 200 µL e Testemunha.

A inoculação foi feita manualmente no momento da sementeira com o auxílio de Micropipeta Volume Variável. A sementeira foi realizada em sacos plásticos para mudas de 25x30 cm, contendo substrato comercial utilizando-se 4 sementes por saco plástico para posterior desbaste deixando 2 plantas por unidade experimental.

Os ensaios receberam as dosagens seguindo as recomendações técnicas dos fabricantes, sendo o Tric A 40 gramas/ha, Tric B 100ml/ha e o regulador de crescimento vegetal 1 L/ha.

Na adubação foram utilizados dois produtos, sendo eles o nitrogenado na formulação (N 29%; S 9%; Mg 2%; Ca 5%; B 0,3%) e o fosfatado na formulação (N 3%; P₂O₅ 28%; Ca 10%; S 6%; Cu 1,2%; Mn 0,3%; Zn 0,3%; B 0,12%), sendo colocado 5 gramas por repetição de ambos.

As características agronômicas a serem avaliadas aos 30 e 40 dias após o plantio (DAP) foram comprimento de raiz e parte aérea (do nível do solo até a última folha completamente expandida (cm)), peso seco da raiz (secagem natural em temperatura ambiente, sendo o material vegetal mantidos em sacos de papel, sendo pesados até não haver mais oscilação do peso), diâmetro do colmo (através da medição a 2 cm acima do nível do solo, com auxílio do paquímetro universal) e germinação.

A irrigação foi feita de dois em dois dias, recebendo 300 ml de água cada repetição.

Para verificação dos produtos utilizados sobre a germinação, foi realizada sementeira em folhas de papel substrato, pelo sistema de rolos umedecidos com água, em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. Os rolos foram mantidos em germinadores à temperatura de 25°C. Aos 5 e 9 dias, foram realizadas as contagens do número de plântulas normais, segundo os critérios das Regras para Análise de Sementes-RAS. Seguiu-se os mesmos tratamentos aplicados nos ensaios in vivo. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas germinadas.

As avaliações foram analisadas e comparadas pelo Software estatístico ASSISTAT Versão 7.7 beta 2010 Silva & Azevedo (2002) em delineamento experimental inteiramente casualizado, utilizando o teste de Tukey a 5 % probabilidade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as avaliações realizadas no comprimento de raiz (Gráfico 1), aos 30 DAP demonstra que o T5 diferiu estatisticamente de T1, T2 e T8 e T8, que numericamente apresentou maior incremento, diferiu estatisticamente de T5, T10, T11 e T12. Aos 40 DAP não houve diferença estatística entre os tratamentos, porém T3 apresentou maior incremento em média. Comparando as duas avaliações, observou-se que T8 se sobressaiu a todos aos 30 DAP, porém aos 40 DAP ocorreu um decréscimo e o T3 apresentou uma ascendência considerável, levando em consideração ainda, que este, na primeira avaliação se encontrava abaixo da testemunha. Harman (2000), em vários de seus experimentos utilizou a cepa T-22 de *Trichoderma* e estes mostraram a alta eficiência desta cepa como promotora de crescimento de raízes em plantas de soja e milho, tendo também proporcionado incremento na produção de frutos de pimentão, comparativamente às testemunhas não tratadas. Passos que Fortes et al., (2007), trabalhando na produção de mudas de eucalipto, verificaram que isolados de *Trichoderma* spp. acarretaram um melhor enraizamento em micro estacas de eucalipto.

Resultados obtidos no presente experimento concordam com os que foram encontrados por Costa et al., (2008) em trabalho realizado com diferentes bioestimulantes comerciais, os quais proporcionaram um maior incremento tanto no comprimento e maior massa seca do sistema radicular na cultura da melancia.

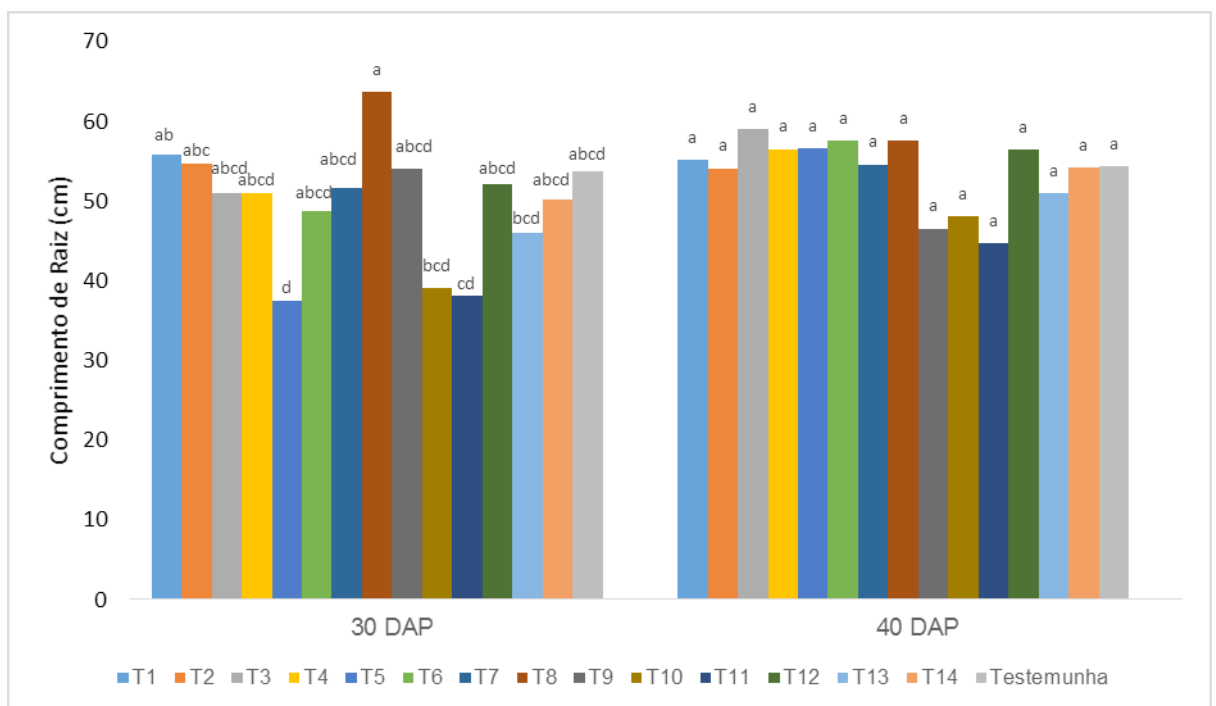


Gráfico 1 - Comprimento da raiz de plantas de milho em função dos tratamentos com duas cepas de *T. harzianum* na presença ou não do regulador de crescimento aos 30 e 40 DAP. Unai – 2016.

Fonte: Autor do trabalho, 2016

A média dos resultados obtidos no experimento do comprimento da parte aérea

pode ser observado no gráfico 2. Quando analisados esses dados aos 30 DAP, observou-se que todos os tratamentos não diferiram entre si, porém a maior média foi apresentada pelo T12, seguidos por T9, T8 e T3.

O mesmo resultado foi apresentado aos 40 DAP, não havendo diferença estatística entre os tratamentos, destacando T7 e T8 com as maiores médias e apenas T2 e T10 estiveram abaixo da média da testemunha.

Resende et al. (2004) também obtiveram os mesmos resultados pois não verificaram efeito significativo com relação a altura de plantas de milho quando, utilizaram *T. harzianum* como promotores de crescimento, porém outros pesquisadores como Harmam et al. (1989) ao inocularem sementes de milho com *Trichoderma* spp., verificaram aumento significativo no crescimento das plantas. Harman (2000) relatou promoção de crescimento com esse isolado nas culturas de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*). Além das suas atividades de biocontrole, foram relatados que *Trichoderma* spp. promovem o crescimento da planta (CHANG et al, 1986; INBAR et al, 1994). Possível explicação para este fenômeno inclui o controle de patógenos que conduzem a um maior crescimento e maior captação de nutrientes (OUSLEY et al, 1993).

Klahold et al. (2006) e Garcia et al. (2009) relataram que o bioestimulante empregado no tratamento de sementes na cultura da soja e arroz, demonstraram valores não significativos sobre a altura de plantas. Já Cato (2006) ao aplicar bioestimulante em sementes de trigo e sorgo, obteve um incremento significativo na massa seca da parte aérea, comprovando assim que o uso de regulador de crescimento pode atuar sobre o maior desenvolvimento da parte aérea das plantas.

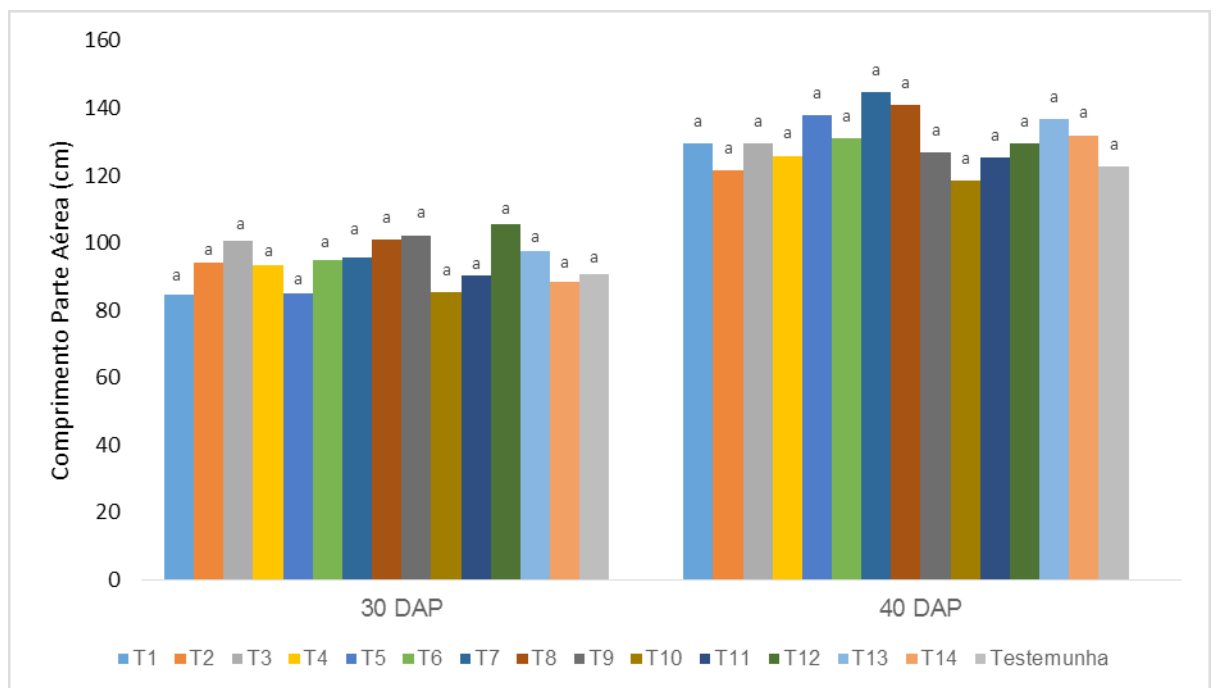


Gráfico 2 - Comprimento da parte aérea de plantas de milho (cm) em função dos tratamentos com duas cepas de *T. harzianum* na presença ou não do regulador de crescimento aos 30 e 40 DAP. Unai – 2016.

Fonte: Autor do trabalho, 2016

De acordo com as avaliações realizadas no peso seco de raiz aos 30 DAP (Gráfico 3), demonstram que o T5 e T10 apresentaram diferenças significativas quando comparados ao T2, T3, T4 e T8, onde T1, T2, T3, T4 e T8 tiveram maior acúmulo de matéria seca comparados com a testemunha e demais tratamentos com pequeno destaque para T4.

Aos 40 DAP, o T10 diferenciou estatisticamente, quando comparado a T2, apresentando o T2 maior acúmulo de matéria seca.

Comparando os dois períodos de avaliação, T2 e T4 se sobressaem em ambos. Carvalho Filho et al. (2008), em experimento com mudas geradas a partir de sementes de *Eucalyptus camadulensis*, mostraram aumento dos pesos de matéria seca de raízes e partes aéreas das plantas tratadas com um isolado de *T. harzianum*. O mesmo pode ser reforçado com os resultados obtidos por Cassiolato (1995), quando observou efeito benéfico do *Trichoderma* spp. na promoção de crescimento em plantas de alface.

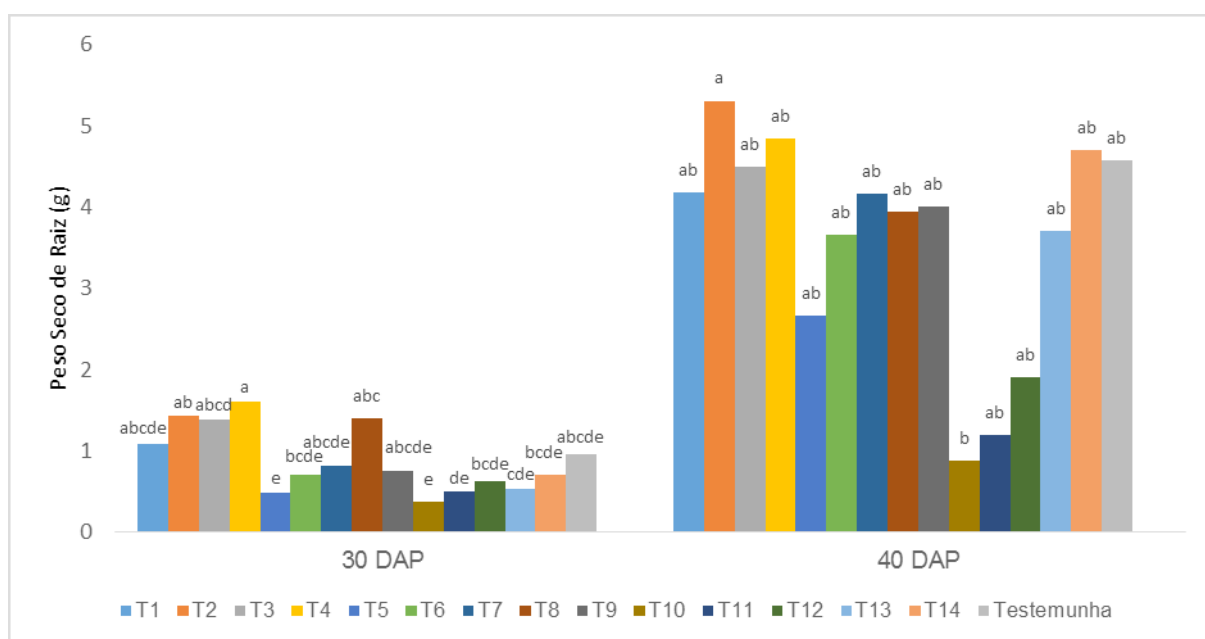


Gráfico 3 - Peso seco da raiz de milho (g) em função dos tratamentos com duas cepas de *T. harzianum* na presença ou não do regulador de crescimento aos 30 e 40 DAP. Unai -2016.

Fonte: Autor do trabalho, 2016

Resultados obtidos nas avaliações do diâmetro de colmo (Gráfico 4) aos 30 DAP, demonstraram que os T11 apresentou diferença significativa quando comparado a T2, T3, T4, T8 e T9, sendo T9 a maior média entre os tratamentos.

Já aos 40 DAP, os tratamentos não tiveram diferenças significativas entre si, apresentando a maior média o T1. Vale ressaltar que T1 e T14 que se mantinham numericamente abaixo da maioria na primeira avaliação, inclusive da testemunha, deram um salto significativo na segunda avaliação, corroborando com o seguimento visto por Lozano e Leaden (2001) em experimento na cultura de trigo observaram efeitos benéficos no uso de reguladores de crescimento, ressaltando a importância do diâmetro do colmo na resistência ao acamamento.

Harman et al. (1989) apud Resende (2004), trabalhando com milho doce, verificaram aumento no rendimento de grãos, na altura das plantas, no diâmetro do caule e nas espigas

com tratamento de sementes utilizando espécies de *Trichoderma* spp. Em trabalho com plântulas de fumo, utilizando tres cepas de *Trichoderma* spp. e em sistema hidropônico, Weiler (2004) também observou diferença significativa no diâmetro do caule.

Cabe uma ressalva com relação aos diâmetros dos colmos que na fase vegetativa tendem a variar de 18 a 20 mm, o que neste trabalho está dentro da normalidade do milho para este estágio (T1 30 DAP = 16mm e 40 DAP = 20mm; T14 30 DAP = 14mm e 40 DAP = 19mm) , e conforme vai mudando os estádios essas medidas tendem a aumentar o que vem a concordar com os apontamentos de Fancelli e Neto, (2004), onde eles consideram que o colmo não serve apenas para o suporte da planta, mas sim um fator importante e também utilizado como estrutura de armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados para a formação dos grãos.

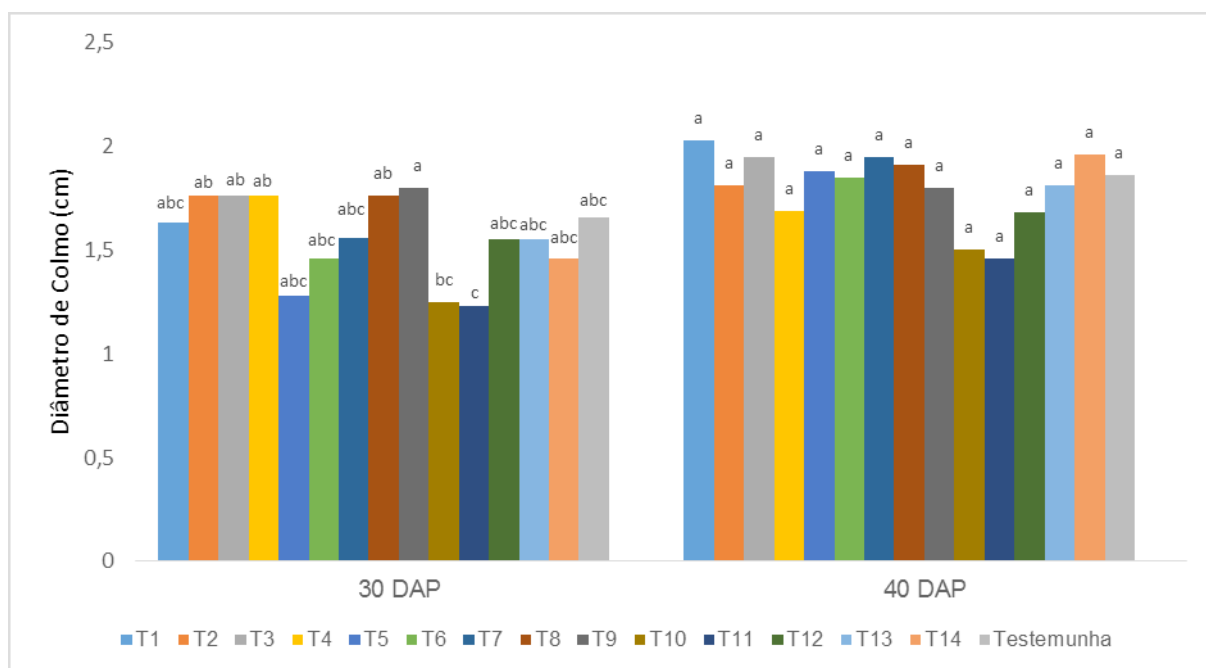


Gráfico 4 - Diâmetro do caule (cm) de milho em função dos tratamentos com duas cepas de *T. harzianum* na presença ou não do regulador de crescimento aos 30 e 40 DAP. Unai – 2016.

Fonte: Autor do trabalho, 2016

De acordo com o teste de germinação (Gráfico 5) , a taxa de germinação das sementes de milho in vitro não foi significativamente influenciada pela inoculação com os isolados de *T. harzianum* e o Regulador de Crescimento, em todos os tratamentos, quando comparados com a testemunha . Segundo Resende et al., (2004); Harman et al., (2004), a utilização de microrganismos como agentes de controle biológico ou produtores de fatores de crescimento em plantas tem sido realizada através de inoculação direta de esporos direto na semente, além de outras metodologias utilizadas por outros autores.

A aplicação dos esporos dos microrganismos diretamente na semente visa um contato mais próximo entre o fungo, a planta e o solo. Este procedimento pode favorecer um crescimento populacional do fungo juntamente com o desenvolvimento das raízes da planta. Sendo esperado através dessa associação, que as plantas inoculadas sejam beneficiadas a partir de sua emergência. O resultado obtido no presente trabalho está de

acordo com o trabalho de Junges et al. (2011) os quais observaram que o tratamento de sementes de soja com uma cepa de *Trichoderma* spp. afetou negativamente a germinação comparadas com aquelas não submetidas ao bioprotetor.

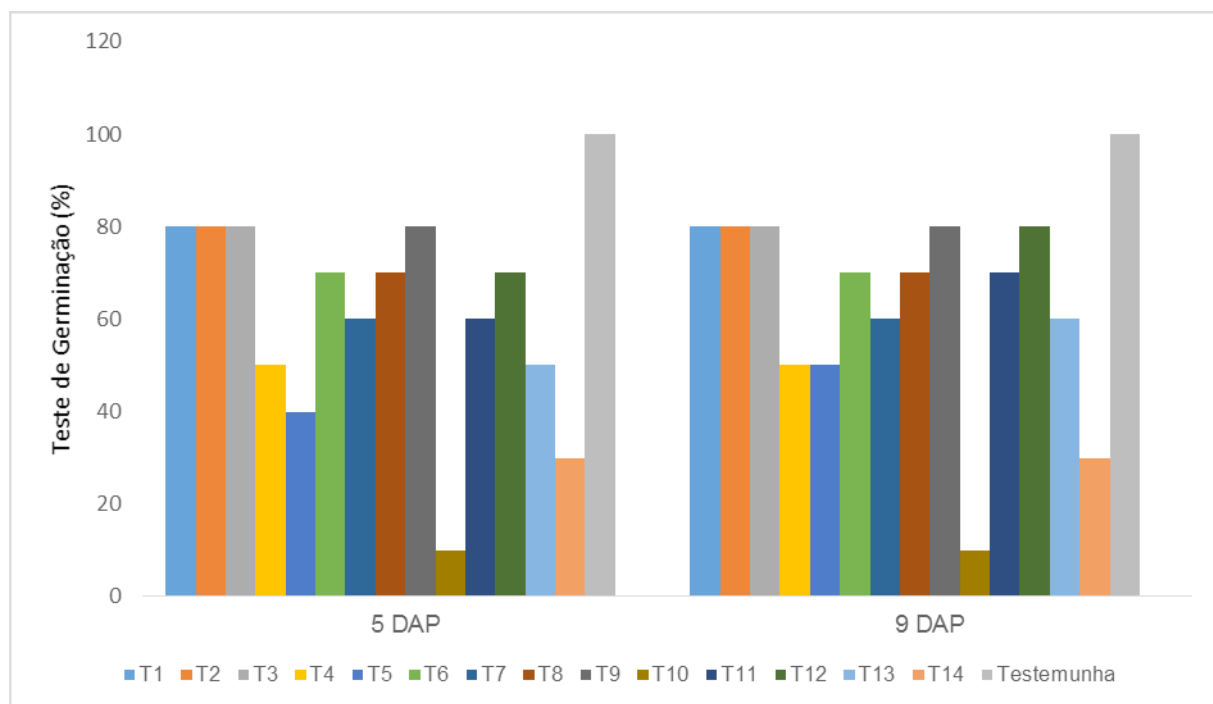


Gráfico 5 - Taxa de germinação in vitro de sementes de milho em função dos tratamentos com duas cepas de *T. harzianum* na presença ou não do regulador de crescimento. Unai – 2016.

Fonte: Autor do trabalho, 2016

Resende (2003), verificou redução no índice de velocidade de emergência em que as sementes de milho foram inoculadas com *T. harzianum*. Resultados contrários aos resultados do presente estudo foram relatados por Melo (1996) e Harman (2006) que fungos do gênero *Trichoderma* spp. têm se destacado como agentes promotores de germinação de sementes além do crescimento de plantas. Ethur (2006) em experimento verificou que em relação à germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de pepino os isolados de *Trichoderma* spp. não obtiveram respostas comparadas a testemunha, o que foi verificado também no presente experimento

Há uma inibição no início mas, depois que *Trichoderma* spp. coloniza a raiz ele tende a proteger a planta de patógenos e disponibilizar solubilizando maior quantidade de nutrientes importantes para a planta (ALTOMARE et al., 1999). Além das suas atividades de biocontrole, foram relatados que *Trichoderma* spp. promovem o crescimento da planta (CHANG et al, 1986; INBAR et al, 1994). Possível explicação para este fenômeno inclui o controle de patógenos que conduzem a um maior crescimento e maior captação de nutrientes (OUSLEY et al, 1993).

4 | CONCLUSÕES

O tratamento T8 destacou aos 30 DAP no comprimento de raiz. T3 e T8 aos 40

DAP se sobressaíram no mesmo parâmetro. T7 40 DAP e T12 30 DAP na associação do *Trichoderma* spp. com o regulador de crescimento teve um maior incremento no comprimento da parte aérea do milho. T4 apresentou um melhor resultado no peso fresco e seco de raiz do milho tanto aos 30 e 40 DAP. T8 nas duas avaliações 30 e 40 DAP teve um maior incremento no peso fresco da parte aérea do milho, destacando-se também no peso seco da parte aérea aos 30 DAP como melhor resultado. A associação do *Trichoderma* spp. com o regulador de crescimento T9 aos 30 DAP destacou-se como o melhor resultado em relação ao diâmetro de colmo, já aos 40 DAP o T1 regulador de crescimento teve melhor incremento neste parâmetro.

Não se observou um tratamento que se sobressaísse, ao mesmo tempo, em todos os parâmetros avaliados. O fungo *Trichoderma* sp. influenciou negativamente na germinação das sementes nas duas avaliações.

REFERÊNCIAS

ASSIS, E.G. **Avaliação dos efeitos do tratamento de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) com *Trichoderma* spp. na germinação e no desenvolvimento das plântulas.** Ponta Grossa – PR.2008.

BAKER, R. ***Trichoderma* spp. como estimulantes do crescimento de plantas.** Comentários críticos no Biotecnologia, Boca Raton, v. 7, n. 1, p. 97-105, janeiro de 1988.

CARVALHO FILHO, M. R. T. ***Trichoderma* spp. como agentes de biocontrole de *Cylindrocladium scoparium* e como promotores de crescimento em mudas de eucalipto.** 2008.74 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

CARVALHO FILHO, M.R., MELLO, S.C.M., SANTO, R.P., MENEZES, J.E. **Avaliação de isolados de *Trichoderma* na promoção do crescimento, produção de ácido indolacético in vitro e colonização endofítica de mudas de eucalipto.** Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília-DF, 16p., 2008.

CASSIOLATO, A. M. R. **Parasitismo de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary por mutantes de *Trichoderma harzianum* rifai.** 1995. 133 f. Tese (Doutorado em Genética e melhoramento de Plantas) – Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1995.

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

CATO, S.C. (2006) **Ação de regulador de crescimento nas culturas do amendoizeiro, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas.** ESALQ (Tese de doutorado em Agronomia).

COSTA, C.L.L.; COSTA, Z.V.B.; JÚNIOR, C.O.C.; ANDRADE, R.; SANTOS, J.G.R. **Uso de bioestimulante na produção de mudas de melancia.** Revista Verde, v.3, n.3, p. 110-115, 2008.

CHANG, Y.C.; BAKER, R.; KLEIFELD, O. e CHET, I. **O aumento do crescimento de plantas na presença do agente de controle biológico de *Trichoderma harzianum*.** Plant Disease 70: 145-148. 1986.

- ETHUR, L. Z. **Dinâmica populacional e ação de Trichoderma no controle de Fusariose em mudas de tomateiro e pepineiro.** Universidade Federal de Santa Maria (Tese). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Santa Maria, RS, 2006.
- FANCELLI, Antônio Luiz; DOURADO NETO, Durval. **Produção de milho.** Guaíba, RS: Agropecuária, 2004. 360p.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho.** Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.
- FORTES, F. O.; SILVA, A. C. F.; ALMANÇA, M. A. K.; TEDESCO, S. B. **Promoção de enraizamento de microestacas de um clone de Eucalyptus sp. por Trichoderma spp.** Revista Árvore, v.31, n.2, p.221-228, 2007.
- FRIGHETTO, R.T.S. **Influência do manejo de agrotóxicos no meio ambiente.** Fitopatologia brasileira.v.25:p.271-274. 2000.
- GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V. **Tecnologia de produção do milho.** Viçosa, UFV, 2004, 366p.
- GAMS W, BISSETT J. **Morfologia e Identificação de Trichoderma.** In: KUBICEK CP, HARMAN GE, editores. Trichoderma e Gliocladium. Vol. 1. Biologia Básica, Taxonomia e Genética. London: Taylor and Francis Ltd.; 1998. pp. 3-34.
- GARCIA, R. A.; GAZOLA, E.; MERLIN, A.; VILLAS BOAS, R. L.; CRUSCIOL, C. A. C. **Crescimento aéreo e radicular de arroz de terras altas em função da adubação fosfatada e bioestimulante.** Bioscience Journal, v.25, p.65-72, 2009.
- HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. **Espécies Trichoderma - oportunistas, não virulentas simbiotes de plantas.** Nature Reviews, Londres, GB: Nature Publishing Group, n. 2, p. 43-56, janeiro de 2004.
- HARMAN, G. E. **Mito e dogmas de mudanças de controle biológico em percepções derivadas de pesquisas sobre Trichoderma harzianum T-22. Planta de Doenças,** São Paulo, v. 84, p. 377-393, 2000.
- HARMAN, G. E. **Resumo dos mecanismos e Usos de Trichoderma spp. Phytopathology,** v. 96, n 2, p. 190-194. De 2006.
- HARMAN, G. E.; TAYLOR, A. G.; STASK, T. E. **A combinação de estirpes efetivas de Trichoderma harzianum e priming matriz do solo para melhorar o tratamento de sementes biológica. Planta de Doenças,** São Paulo, v. 73, n. 8, p. 631-637, agosto de 1989.
- HERMOSA, R., VITERBO, A., ILAN CHET, I., MONTE, E. **Plant Efeitos-benéficos de Trichoderma e de seus genes.** Microbiologia.v.158; p.17-25, 2012.
- INBAR, J.; ABRAMSKY, M.; COHEN, D. e CHET, I. 1994. **Planta melhoria do crescimento e controle da doença por Trichoderma harzianum em mudas de vegetais cultivados em condições comerciais.** EUR. Caminho J. Plant. 100: 337-346.
- JUNGES, E.; MENEZES, J. P.; MANZONI, C. G.; FLORES, R., GARLET, T. M. B.; MENEZES, N. L.; MUNIZ, M. F. B.; BLUME, E.. **Microbiolização com Trichoderma sp. na germinação e vigor de semetnes de soja.** SEPE – XV Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão. UNISINOS/CNPq. 2011.

- KLAHOLD, C. A.; GUIMARAES, V. F.; ECHER, M. M.; KLAHOLD, A.; CONTIERO, R. L.; BECKER, A. **Resposta da soja (*Glycine max (L.) Merrill*) à ação de bioestimulante**. Acta Scientiarum. Agronomy, v.28, p.179-185, 2006.
- LORITO, M., WOO, S.L., HARMAN, G.E., MONTE, E. **Translational em Trichoderma: de 'omics para o campo**. Avaliações anuais de Phytopathology.v8 (48): p.395-417. De 2010.
- LOZANO, C. M.; LEADEN, M. I. **Atualização sobre o uso de reguladores de crescimento em trigo**. Dias de desenvolvimento profissional: trigo, p. 34-35, 2001.
- LUCON, C.M.M. **Trichoderma no controle de doenças de plantas causadas por patógenos de solo**. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal, Instituto Biológico, 2008.
- McDONALD, M.D.; KHAN, A.A. **Escarificação ácida e síntese de proteínas durante a germinação das sementes**. Agronomy Journal, Alexandria, v.2, n.75, p.111-114, 1983.
- MELO, I. S. **Trichoderma e Gliocladium como bioprotetores de plantas**. Revista Anual de Patologia de Plantas, Passo Fundo, v. 4, p. 261-295. 1996.
- MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. **Ecologia Microbiana**. Jaguariúna: Embrapa-DNPMA, p. 393-419, 1998.
- MIGLIORINI, P.; KULCZYNSKI, S.M.; SILVA, T. A. da; BELLÉ, C.; KOCH, F. **Efeito do tratamento químico e biológico na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de canola**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 2012.
- MOREIRA, L. M.; MAY-DE MIO, L. L.; VALDEBENITO- SANHUEZA, R. M.; LIMA, M. L. R. Z. C.; POSSAMAI, J. C. **controle em pós-colheita de Monilinia fructicola em pêssegos**. Fitopatologia Brasileira, Brasília, v. 27, n. 4, p. 395-398, 2002.
- OUSLEY, M.A.; LYNCH, J. M. e CHICOTES, J. M. 1993. **Efeito de Trichoderma no crescimento das plantas; um equilíbrio entre a inibição e promoção do crescimento**. Microb. Ecol. 26: 277-285.
- PEDRO, E. A. S.; HAKAKAVA, R.; LUCON, C. M. M.; GUZZO, S. D.. **Promoção do crescimento do feijoeiro e controle da antracnose por Trichoderma spp**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.11, p.1589-1595, nov. 2012.
- POMELLA, A.W.V; RIBEIRO, R.T.S. Controle biológico com Trichoderma em grandes culturas – uma visão empresarial. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M.A.B. (Eds.). **Biocontrole de doenças de plantas: usos e perspectivas**. 1.ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. cap. 15. p. 239-244.
- RESENDE, M.L. **Inoculação de sementes com Trichoderma harzianum, tratamento fungicida e adubação nitrogenada na cultura do milho**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Fitotecnia). Lavras, 95 p. 2003.
- RESENDE, M. L. et al. **Inoculação de sementes de milho utilizando o Trichoderma harzianum como promotor de crescimento**. Ciência e Agrotecnologia, v.28, n.4, p.793-798, 2004.
- SAMUELS, G. J. Trichoderma: Sistemática, o Estado sexual, e ecologia. **Fitopatologia**, 2006. v. 96, p. 195-206.
- SANTOS, H.A.; MELLO, S.C.M. e PEIXOTO, J.R. (2010) **Associação de isolados de Trichoderma**

spp. e Ácido Indol-3-Butírico (AIB) na promoção de enraizamento de estacas e crescimento de maracujazeiro. Bioscience Journal, vol.26, n.6, p. 966-972.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 559p.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. **Ação de Stimulate na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento radicular de plantas de milho (Zea mays L.).** Piracicaba: Esalq-USP, 2000. 15 p. (Relatório técnico).

WEILER, C.A. **A interação Fumo-Trichoderma sp. No sistema floating de produção de mudas.** 2004. 42 f. Dissertação (Mestrado) – program de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Unversidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

YEDIDIA, I.; SRIVASTVA, A.K.; KAPULNIK, Y.; CHET, I. **Efeito de Trichoderma harzianum em concentrações de microelementos e um aumento do crescimento de plantas de pepino.** Planta e do solo, Holanda, v. 235, p. 235-242, 2001.

ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO SOB O CULTIVO DE CITRUS

Amanda Silva Barcelos

Centro Universitário de Caratinga – UNEC.
Caratinga, Minas Gerais.

Athos Alves Vieira

Universidade Federal de Viçosa – UFV.
Departamento de Solos e Nutrição de Plantas –
Viçosa, Minas Gerais.

Kleber Ramon Rodrigues

Centro Universitário de Caratinga – UNEC.
Caratinga, Minas Gerais.

Leopoldo Concepción Loreto Charmelo

Centro Universitário de Caratinga – UNEC.
Caratinga, Minas Gerais.

Alessandro Saraiva Loreto

Centro Universitário de Caratinga – UNEC.
Caratinga, Minas Gerais.

João Luiz Lani

Universidade Federal de Viçosa – UFV.
Departamento de Solos e Nutrição de Plantas –
Viçosa, Minas Gerais.

RESUMO: Os Latossolos são uma classe de solos que apresentam uma vasta extensão pelo Brasil, além de possuir uma baixa fertilidade e apresentar alto nível de intemperização, dificultando o desenvolvimento das plantas superficiais. Este trabalho teve como objetivo analisar um perfil de Latossolo no Córrego dos Bertoldos, localizado no município de Caratinga/MG com a finalidade de contribuir para uma correta correção nutricional de um pomar de citrus, tomando como base

seus atributos físicos e químicos. Foi aberto um perfil de solo onde foram coletadas as amostras dos horizontes para realização da caracterização granulométrica e analítica. Para determinação dos atributos dos solos seguiu-se as recomendações descritas no Manual do Laboratorista do programa Interlaboratorial de Controle de Qualidade de Análise de Solo. Os resultados demonstraram que a qualidade do solo se enquadra nas características dos Latossolos da região, apresentando-se com baixos teores de nutrientes, afetando desta forma o pomar de citrus. De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, o solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, pois apresentou baixo teor de saturação por base (>50%).

PALAVRAS-CHAVE: Solos; fertilidade; distróficos.

1 | INTRODUÇÃO

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS), define o Latossolo como uma classe de solos em estágio de intemperização progressivo, e em geral, resultados das mais diversas categorias de rochas e sedimentos (Embrapa, 2013). Segundo Zaroni e Santos (2010), os Latossolos em geral, apresentam baixa fertilidade e retenção de umidade, por serem solos muito porosos e apresentarem uma textura predominantemente média a argilosa, exceto os provenientes de rochas

mais ricas em minerais fundamentais para as plantas. No cultivo de citrus é importante desenvolver técnicas e representar com exatidão a fertilidade do solo, para obter melhores resultados na produção. Em uma pesquisa realizada por Magalhães et al. (2005) concluíram que as plantas cítricas têm capacidade de adaptação em climas tropicais e subtropicais, sendo que este fator influencia sobre o vigor, a longevidade, quantidade e qualidade dos citrus, desde que os solos sejam adequados e nutridos corretamente. Este trabalho objetivou analisar as características físicas e químicas de um Latossolo, com a finalidade de contribuir para uma correta correção nutricional de um pomar de citrus. Visto que, através desta análise é possível determinar possíveis problemas nutricionais do solo que prejudica o crescimento e o desenvolvimento das plantas e conseqüentemente, aplicar técnicas adequadas para correção.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um pomar não comercial formado por frutas cítricas no sítio Nossa Senhora das Graças, Córrego dos Bertoldos, no município de Caratinga, região leste de Minas Gerais, localizado nas proximidades das coordenadas 19°43'55.9" de latitude sul e 42°08'52.6" de longitude oeste. Para realizar a caracterização da classe de solo foi aberto um perfil de 1,9 m de profundidade.

Uma vez descrito os perfis de solos, foi efetuado a coleta de amostras dos horizontes, colocados em sacos plásticos e devidamente etiquetados. Em seguida, as mesmas foram enviadas ao laboratório de Análise de Solos do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento para serem submetidas a análises físico-químicas, no mais rápido possível, visando evitar alterações indesejáveis de características das mesmas, conforme orientação do Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007).

Para a realização das análises físicas do solo utilizou-se os procedimentos descritos no Manual de Métodos de Análise de Solo do Centro Nacional de Pesquisas de Solos (Embrapa, 1997). Para a determinação dos atributos químicos do solo foram seguidas as recomendações descritas no Manual do Laboratorista do Programa Interlaboratorial de Controle de Qualidade de Análise de Solo (Profert, 2005). Foi utilizado para realizar os parâmetros comparativos das análises químicas a Cartilha de Análise do Solo: Determinação, cálculo e interpretação (EPAMIG, 2012).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perfil foi aberto no terço médio, em relevo suave ondulado, sob pastagem de capim-gordura e pomar não comercial de citrus. O solo da parcela experimental foi classificado segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013) como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico – LVAd (Figura 1).



Figura 1: LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico – LVAd

3.1 Caracterização Física

Suas características físicas encontram-se na Tabela 1 respectivamente, com classe textural oscilando de argilo-arenosa, franco, franco-arenosa e franco-siltosa, mas com predominância a francosiltosa.

Hz Símbolo	Prof. (Cm)	Granulimetria %					Classe textural
		Areia		Silte	Argila	Silte/Argila	
		Grossa	Fina				
P1 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico – LVAd							
A1	0-15	40	12	12	36	0,33	Franco
A2	15-29	30	20	42	8	5,25	Franco
Bw1	29-56	38	22	4	36	0,11	Franco-Siltosa
Bw2	56-81	41	18	35	6	5,83	Franco-Siltosa
Bw3	81-106	12	11	55	22	2,50	Areia
Bw4	106-127	9	8	76	7	10,85	Franco-Siltosa
Bw5	127-190	9	9	71	11	6,45	Franco

Tabela 1: Características físicas do solo representativo do Sítio N. S. das Graças do Córrego dos Bertoldos – Caratinga/MG

Fonte: Adaptado do Laboratório de Análise de Solos do MAPA; COPERCAFÉ e UNEC (2014).

Possui teores de areia grossa variando de 9% no horizonte Bw5 a 41% no horizonte Bw2 e 38% no horizonte Bw1 a 40% no horizonte A1, decaindo com a profundidade, o teor de área fina de 8% a 22% oscilando entre os horizontes. A menor concentração de silte foi encontrada no horizonte Bw1, 4% e sua maior, 76% no horizonte Bw4. A fração argila variou de 6% a 36%. Do horizonte Bw1 para o Bw2, o solo apresentou mais coeso, pois com a translocação da argila os poros se fecham, dificultando a oxigenação. Observou-se que, com o aumento da profundidade do perfil, diminuiu as raízes, as mesmas ficam mais finas até desaparecerem no Bw5.

3.2 Caracterização química

A caracterização das análises químicas pode ser vista na Tabela 2. O solo apresentou pH variado, ou seja, acidez média em todos os horizontes, não seguindo a tendência do aumento de pH com o aumento da profundidade. Os teores de Ca^{2+} variam de muito baixo, bom e muito bom em todos os horizontes, sendo inversamente proporcional ao aumento de profundidade. Os valores de Al^{3+} apresentou muito baixo em todos os horizontes, com teores oscilando. O alto índice de cálcio e magnésio pode ser justificado pelo pouco tempo que foi feita uma correção no local com calcário.

Hz Símbolo	Prof. (Cm)	pH H2O	Complexo Sortivo							CTC				
			K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	Al ³⁺	H+Al	Total	Efet.	P	V	M
			-----cmolcdm-3-----							-----mg/dm3----- % -----				
P1 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico - LVAd														
A1	0-15	5,6	0,21	-	4,10	2,20	6,51	0,3	4,0	10,51	6,81	5,1	61,9	4,4
A2	15-29	5,3	0,17	-	2,70	1,40	4,27	0,5	6,0	10,27	4,77	2,2	41,6	10,5
Bw1	29-56	5,4	0,13	-	2,30	1,60	4,03	0,5	6,0	10,03	4,53	1,1	40,2	11,0
Bw2	56-81	5,2	0,12	-	2,10	1,60	3,82	0,5	6,0	9,82	4,32	0,3	38,9	11,6
Bw3	81-106	5,3	0,10	-	2,00	1,20	3,30	0,5	6,0	9,30	3,80	0,8	35,5	13,2
Bw4	106-127	5,3	0,07	-	1	1	2,07	0,5	7,0	9,07	2,57	1,3	22,8	19,5
Bw5	127-190	5,8	0,07	-	1	1	2,07	0,1	3,1	5,17	2,17	1,6	40,0	4,6

Tabela 2. Características químicas do solo representativo do Sítio Nossa Senhora das Graças do Córrego dos Bertoldos – Caratinga/MG.

Fonte: Adaptado do Laboratório de Análise de Solos do MAPA; COPERCAFÉ e UNEC (2014).

O perfil apresentou teores de K^+ variando de bom ou muito bom, médio e muito baixo ou baixo, os teores de K^+ decaíram ao longo do perfil. Para os valores de P os teores oscilaram de muito baixo ou baixo em todos os horizontes, exceto no horizonte A1, que foi considerado médio. A soma de base variou de bom ou muito bom a médio, diminuindo com o aumento de profundidade.

Ocorrência de teores de acidez potencial se apresentou bom ou muito bom e médio, mantendo o mesmo índice de 6,0 cmolc/dm³ em quatro horizontes, respectivamente. Apresentou teores bom ou muito bom de CTC Total em todos os horizontes, exceto no horizonte Bw5 e CTC efetiva apresentou valores bom ou muito bom nos horizontes A1 e A2 e médio do horizonte Bw1 a Bw5. O perfil apresentou valores de saturação por base (V%) oscilando de bom ou muito bom no horizonte A1, médio nos horizontes A2, Bw1 e Bw5 e muito baixo ou baixo nos horizontes Bw2, Bw3 e Bw4 e índices de saturação por alumínio (m%) muito baixo a baixo em todos os horizontes.

CONCLUSÕES

O perfil de Latossolo Vermelho-Amarelo foi de encontro com os Latossolos da região, sendo diagnosticado como distrófico por apresentar saturação por base inferior a 50% nos horizontes, baixa fertilidade e avançado estágio de intemperização.

Alguns índices apresentaram bom ou muito bom no horizonte A1 devido a correção feita com calcário há pouco tempo no local (por ex: K⁺, Ca²⁺, P, V). O pH dos horizontes apresentou predominância de acidez média, necessitando de uma correção leve no solo para se chegar ao pH ideal dos citrus. Os valores baixos de nutrientes demonstrados nas análises químicas afetam negativamente o pomar de citrus.

REFERÊNCIAS

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solos.** Brasília: EMBRAPA, 1997.

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

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG. **Análise do Solo: Determinação, cálculos e interpretação. FAPEMIG. Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Governo de Minas. Lavras: EPAMIG, 2012. 17

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manuais Técnicos em Geociências. Manual Técnico de Pedologia.** 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

MAGALHÃES, A.F.J. et al. **Sistema de produção para pequenos produtores de citros do Nordeste. Cruz das Almas:** Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2005. 178p.

PROFERT. **Manual do Laboratorista. Programa Interlaboratorial de Controle de Qualidade de Análise de Solo.** Belo Horizonte, 2005.

ZARONI, M. J., SANTOS, H. G. **Latossolos- Definição e características gerais.** 2010 Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/2540.html>. Acesso em: 30 set 2014.

CARACTERIZAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO EM DIFERENTES TEMPOS DE ADOÇÃO DO SISTEMA PLANTIO DIRETO

Matheus de Sousa

Centro Universitário Assis Gurgacz
Cascavel – Paraná

Helton Aparecido Rosa

Unioeste/ Centro Universitário Assis Gurgacz
Cascavel – Paraná

Silene Tais Brondani

Centro Universitário Assis Gurgacz
Cascavel – Paraná

Leonardo Saviatto

Centro Universitário Dinâmica das Cataratas –
UDC
Cascavel – Paraná

Guilherme Mascarello

Centro Universitário Assis Gurgacz / Unioeste
Cascavel – Paraná

RESUMO: É de grande importância ter conhecimento sobre as propriedades físico-hídricas do solo para que se tenha uma melhor conservação e aproveitamento do solo para melhores produtividades. O objetivo deste trabalho foi à caracterização de propriedades físico-hídricas do solo em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto através de amostras indeformadas. O estudo foi conduzido no município de Jesuítas - PR, com um Latossolo Vermelho Distroférico típico, textura argiloso no ano de 2017. O delineamento experimental foi

em blocos casualizados, compostas por quatro tratamentos em cinco repetições cada tratamento, na camada de 0-10 cm de profundidade, sendo os tratamentos de 2, 4, 6 e 8 anos do sistema de plantio direto. Após a coleta das amostras, foram levadas ao laboratório de física do solo da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), para avaliação das propriedades físicas do solo. A porosidade total e o volume de macroporos e microporos foram determinados conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA (2011). Para a determinação da capacidade de campo as amostras foram colocadas sobre pressão da câmara de Richards às tensões de 0,033 MPa. As amostras foram coletadas através de anéis cilíndricos, com aberturas de pequenas trincheiras. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguidos de análise de comparação de médias por Tukey, a 5% de significância, ambos calculados no programa ASSISTAT 7.7®. Os valores de Pt, microporos e Cc não apresentaram alteração significativa entre os diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto. Já os valores de macroporos diminuíram conforme aumentou-se o tempo de adoção do SPD.

PALAVRAS-CHAVE: Densidade, porosidade, conservação.

ABSTRACT: It is of great importance to have knowledge about the physical-hydric properties of

the soil in order to have a better conservation and use of the soil for better productivity. The objective of this work was to characterize soil physical-hydric properties in different times of no-tillage system adoption through undisturbed samples. The study was conducted in the municipality of Jesuítas - PR, with a typical Dystroferic Red Latosol, clay texture, in the year 2017. The experimental design was in a randomized block, composed of four treatments in five replications each treatment, in the 0-10 cm depth layer, being the treatments of 2, 4, 6 and 8 years of the no-tillage system. After collecting the samples, they were taken to the soil physics laboratory of the State University of the West of Paraná (UNIOESTE), to evaluate the physical properties of the soil. The total porosity and the volume of macropores and micropores were determined according to the methodology recommended by EMBRAPA (2011). For the determination of the field capacity the samples were placed under pressure of the chamber of Richards to the tensions of 0.033 MPa. The samples were collected through cylindrical rings, with openings of small trenches. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey averages comparison analysis, at 5% significance, both calculated in the ASSISTAT 7.7® program. The values of Pt, micropores and Cc did not present significant alteration between the different times of adoption of the no-tillage system. However, the values of macropores decreased as the time of adoption of SPD was increased.

KEYWORDS: Density, porosity, conservation.

1 | INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto é caracterizado pelo não revolvimento do solo e dos restos culturais que são deixados para incorporação deste material (BORKOWSKI, 2009). Esse sistema é um manejo eficiente para minimizar a erosão, reduzindo assim suas perdas de solo (CAMARA e KLEIN, 2004), além da conservação da matéria orgânica para manter a temperatura e a umidade do solo, por isso hoje se torna o sistema de manejo mais utilizado.

Esse sistema tem sido reconhecido como o sistema de manejo do solo mais importante para a sustentabilidade dos agroecossistemas brasileiros. A expansão da área agrícola sob SPD, hoje é estimada em aproximadamente 32 milhões de hectares, e isso se dá pelo desenvolvimento de soluções tecnológicas para superar os problemas relacionados ao manejo desse sistema, para aperfeiçoá-lo às diferentes regiões do país (MORAES, 2013). No entanto, Stone et al. (2002) relataram em várias situações a ocorrência do aumento da densidade do solo e diminuição da macroporosidade conforme se passam o tempo de adoção do sistema plantio direto, o que tem sido diagnosticado como compactação, fazendo com que o agricultor faça o revolvimento do solo. Á também uma diminuição da taxa de perda de MO conforme vai passando o tempo de adoção do SPD, fazendo com que se recuperem os estoques de carbono orgânico total e nitrogênio total no solo (SILVA et al., 2008).

Porém com o decorrer dos anos sem o revolvimento do solo esse sistema de plantio direto pode ocasionar a compactação devido ao grande tráfego de maquinários e a sucessão

de culturas, afetando o desenvolvimento da planta. Com isso a compactação trás alguns problemas como o aumento da resistência mecânica ao crescimento radicular, redução da aeração e disponibilidade de água e nutriente, levando á perda de produção (GOEDERT, SCHERMACK e FREITAS, 2002).

Os diferentes manejos agrícolas são responsáveis por grandes alterações na estrutura do solo, o que leva a modificações das propriedades físico-hídricas do solo. Com isso a quantidade de água retida no solo em diferentes tensões varia em função da estrutura do solo (KLEIN e CAMARA, 2007). Esses sistemas de preparo do solo devem conter boas condições físicas do solo, para que as plantas possam ter um desenvolvimento correto (CORTEZ et al., 2011). Mas com isso, alguns manejos promovem alterações na estrutura da camada arável, como a resistência e redução á penetração e na densidade do solo e na macroporosidade, além da diminuição na taxa de infiltração e alteração no desenvolvimento das raízes (SPERA et al., 2009).

De acordo com Reinert e Reichert (2006), a física de solos estuda e define, qualitativa e quantitativamente, as propriedades físicas, com o objetivo principal de entender os mecanismos que conduzem a funcionalidade dos solos e o seu papel para o desenvolvimento das plantas. A importância pratica de se entender o comportamento físico do solo está associada ao seu uso e manejo correto, como, uso apropriado da irrigação, drenagem, preparo e conservação de solo e água.

A realização de um estudo das propriedades físico-hídricas de um solo é de grande importância, por afetar preponderantemente o seu uso. Portanto o manejo adequado dos sistemas de irrigação e drenagem leva-se em consideração as alterações das características físico-hídricas do solo, como forma de atender as necessidades hídricas das plantas. Então, devido à importância da água não só para o desenvolvimento das plantas, mas também para as implicações em varias propriedades do solo, a determinação de água no solo é de suma importância e interesse tanto para o aspecto científico como econômico (SOARES et al., 2014).

Reinert et al. (2008), afirmam que a classificação da porosidade refere-se a sua distribuição de tamanho, onde a mais usual classificação se divide em duas classes: micro e macroporosidade. Sendo a microporosidade uma classe com tamanho de poros que, após ser saturada em água, o mesmo a retém contra a gravidade. Já os macroporos, são ao contrário, após serem saturados em água não o retém, ou são desocupados pela ação da gravidade. Portanto fica clara a funcionalidade desses poros, onde os microporos são os responsáveis pela retenção e armazenamento da água no solo e os macroporos responsáveis pela aeração e pela maior contribuição na infiltração de água no solo.

O manejo adequado de sistemas de irrigação depende das características físicas e químicas do solo, sendo assim, a interação da água com essas características manifesta propriedades como o limite superior de umidade que verificado solo apresenta, também denominado capacidade de campo, sendo muito importante para a armazenagem e disponibilidade de água para as plantas (ANDRADE e STONE, 2011). De acordo com Brito et al. (2011), a capacidade de campo é um parâmetro fundamental para o manejo da

irrigação, levando em consideração que a determinação necessária do conteúdo de água no solo na capacidade de campo, otimiza-se maiores produtividades nas culturas agrícolas.

Os valores de capacidade de campo (cc) podem ser encontrados com a utilização da câmara de Richards, ou também pelo psicrômetro WP4-T (AMARAL et al., 2017).

Objetivo do trabalho foi à caracterização de propriedades físico-hídricas do solo de um Latossolo vermelho no município de Jesuítas/PR, em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no segundo semestre do ano de 2017 em uma propriedade no interior do município de Jesuítas - PR, onde o histórico da área se baseia na sucessão de culturas (soja na safra de verão e milho ou trigo na safra de inverno), clima Subtropical úmido mesotérmico de temperatura média de 20.1 °C, pluviosidade média anual de 1602 mm, com densidade demográfica 36.37 hab/km². O tipo de solo predominante na região é Latossolo Vermelho Distroférico, típico, textura argiloso (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - EMBRAPA, 2013). A área da propriedade apresenta coordenadas geográficas de Latitude 24° 30' 49.74" S e Longitude 53° 23' 23.74" O, com uma altitude de 528 m em relação ao nível do mar.

O delineamento utilizado foi o DBC (experimento em bloco casualizado), sendo escolhido através de referências onde foram utilizadas a mesma metodologia de pesquisa e conseqüentemente o mesmo delineamento, os trabalhos como base foram de (RÓS, FILHO e BARBOSA, 2014; SECCO et al., 2005). Onde foram divididos os tratamentos em diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto. Sendo os tratamentos divididos em: Área 1 – 2 anos do sistema de plantio direto; Área 2 – 4 anos do sistema de plantio direto; Área 3 – 6 anos do sistema de plantio direto; Área 4 – 8 anos do sistema de plantio direto.

Para avaliação do experimento de propriedades físicas do solo foram coletadas amostras indeformadas composta por quatro tratamentos em cinco repetições cada tratamento, totalizando cinco amostras em cada tratamento, e no experimento total foram 20 amostras, na camada de 0-10 cm de profundidade. As amostras foram coletadas através de anéis cilíndricos de volume, com aberturas de pequenas trincheiras.

Após a coleta das amostras, foram levadas ao laboratório de física do solo da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), para avaliação das propriedades físicas do solo. Para a determinação da capacidade de campo as amostras foram colocadas sobre pressão da câmara de Richards às tensões de 0,033 MPa.

A porosidade total e o volume de macroporos e microporos foram determinados conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA (2011).

Macroporosidade

Para a realização das análises de macroporosidade os anéis contendo as amostras de solo foram limpos e colocados para saturar por 24 horas. Posteriormente as amostras de solo foram pesadas e colocadas na coluna de areia. A coluna de areia foi preparada para receber as amostras de forma que a mesma permaneceu saturadas a 60 cm de coluna de água.

Após estes preparo as amostras de solo foram levadas para a coluna de areia e submetidas a uma tensão de 60 cm de coluna de água para que a água presente nos macroporos fossem retiradas, permanecendo por um período de 48 horas. Após esse processo as amostras foram pesadas.

Microporosidade

É o procedimento em que ocorre a retirada da água presente nos microporos. As amostras são levadas para coluna de areia, pois a sucção da coluna retira a água mais fácil de ser perdida, que esta contida nos macroporos, ficando retida a dos microporos. Após isso as amostras úmidas foram colocadas em estufas a 105°C por 48 horas, para posteriormente quantificação da microporosidade (REINERT e REICHERT, 2006).

Porosidade Total

Determina o volume de poros totais do solo ocupado por água e/ou ar. Para o cálculo da Pt, foi realizada análise de densidade de partículas segundo metodologia do balão volumétrico com álcool (EMBRAPA, 1997).

Após a obtenção dos dados, a análise estatística dos resultados foi realizada por meio da análise de variância – ANOVA, e as médias de tratamentos comparadas Teste Tukey a 5% de significância de probabilidade, através do programa ASSISTAT 7.7®

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios de porosidade total (Pt), macroporosidade, microporosidade e capacidade de campo (Cc) para os diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto (SPD), na profundidade de 0-10 cm.

Avaliando as médias da variável de Pt, microporos e Cc verifica-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos. Já para macroporos verifica-se que houve uma diferença entre o T1 e T4.

Tratamentos	Profundidade: 0-10 cm			
	Pt (%)	Macroporosidade (%)	Microporosidade (%)	Cc (%)
T1	51,20 a	16,81 a	34,39 a	33,18 a
T2	50,64 a	14,76 ab	35,88 a	34,86 a
T3	50,58 a	14,88 ab	35,69 a	34,60 a
T4	51,04 a	13,76 b	37,28 a	36,76 a
DMS	3,99	2,44	3,09	6,30
CV %	4,18	8,64	4,49	9,62

Tabela 1 – Valores médios de porcentagem de Pt, macroporosidade (%), microporosidade (%) e Cc (%) para os diferentes tempos de adoção do SPD.

Médias de tratamentos seguidas por letras distintas na coluna diferem pelo Teste Tukey a 5% de significância

Cv= Coeficiente de variação; DMS= Diferença Mínima Significativa.

(T1 – 2 anos de SPD; T2 – 4 anos de SPD; T3 – 6 anos de SPD e T4 – 8 anos de SPD).

No caso da porosidade total não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos na profundidade de 0-10 cm. Este dado pode ser resultado dos ciclos sucessivos de umedecimento e secamento, que ocorre na superfície do solo, ocorrendo à melhoria da sua estrutura através da atividade biológica e acúmulo de matéria orgânica (SILVA et al., 2005).

Stone e Silveira (2001) obtiveram no sistema plantio direto, na camada de 0-10 cm, pelo seu não-revolvimento e pela movimentação de máquinas e implementos agrícolas, menores valores de porosidade total. Comentam também que a redução da porosidade total e da macroporosidade e o aumento da microporosidade no solo sob plantio direto podem não afetar o desenvolvimento e a distribuição do sistema radicular. Já Streck et al. (2004), mostram que, ao aumentar o estado de compactação do solo, ocorre uma redução da porosidade total e macroporosidade sem aumento na microporosidade.

Na avaliação de macroporosidade, constatou-se que houve diferença significativa entre os T1 (2 anos do SPD) e o T4 (8 anos do SPD), sendo maior valor de macroporos no T1 na profundidade de 0-10 cm, concordando com os resultados obtidos por Aratani et al. (2009) comparando SPD de 5 e 12 anos, verificaram que a macroporosidade no de cinco anos apresentou diferenças estatísticas na camada de 0-0,10 m, onde apresentou maiores valores em relação ao SPD de 12 anos.

Stone e Silveira (2001) obtiveram maiores valores de macroporosidade no sistema de preparo que revolveram o solo na camada de 0-10 cm, do que no sistema de plantio direto.

Verifica-se que a tendência com os passar do tempo de adoção do sistema plantio direto, que haja uma redução nos valores de macroporosidade como se observa na tabela 1. Essa redução do tamanho dos poros é um dos indicativos da ocorrência do processo de compactação, haja vista que a macroporosidade se forma, sobretudo, a partir

do estabelecimento de espaços entre as unidades estruturais do solo (MORAES et al., 2011). Essa redução dos macroporos acontece conforme o aumento da compactação no plantio direto, em função do tráfego de máquinas e implementos agrícolas, sendo que esses macroporos são menos resistentes, se deformando e formando microporos, onde os mesmos são mais resistentes e suportam maiores pressões.

Já no caso da microporosidade a tendência é que se aumenta o valor de microporos conforme vai passando o tempo de adoção do sistema plantio direto, como se observa na tabela 1. Para Argenton et al. (2005), com o sistema plantio direto e o cultivo mínimo, a microporosidade tende a aumentar ao longo do perfil do solo, por causa da baixa mobilização que esses sistemas de cultivo proporcionam. Tormena et al. (2002), também confirmam que a microporosidade aumenta no plantio direto comparado ao plantio convencional, isso se deve ao aumento da densidade do solo no plantio direto. Bertol et al. (2004), encontraram o volume de microporosidade relativamente alto (42% e 49%), presente em praticamente todas as camadas dos tratamentos estudados (exceção da camada de 0-10 no preparo convencional) o que indica a possibilidade de ocorrência de capilaridade no solo.

Analisa-se que no T4 obteve um maior valor de microporosidade, porém para Melo et al. (2007), que comparou os períodos de 4 e 8 anos de implantação do SPD, e chegaram a conclusões que os maiores valores de microporosidade foram obtidos na área de 4 anos, devido ao menor tempo de implantação do sistema plantio direto.

Avaliando as médias do variável de capacidade de campo verifica-se um maior valor no T4, mas que não houve diferença estatística entre os tratamentos na profundidade de 0-10 cm. Observa-se também na tabela 1 que a tendência é que os valores de Cc aumentem conforme vai passando o tempo de adoção do sistema plantio direto.

Segundo Amaral et al. (2017), a retenção de água no solo depende de sua granulometria, estrutura e algumas outras características. Sendo que as interações entre esses efeitos determinam a capacidade máxima e mínima do solo de reter e conduzir água. Libardi (2010), afirma que logo após a drenagem acessível de um solo saturado no campo, suas forças capilares são dominantes, e na medida em que o solo seca, sua adsorção vai adquirindo maior importância para a capacidade de retenção de água no solo.

Para Machado et al. (2005) no momento em que incide a pressão, o teor de água do solo, torna-se um fator determinante da intensidade de compactação. As alterações físicas, provocadas pela compactação, afetam o fluxo ou a concentração de água (STONE et al., 2006).

Observando a tabela 1 verifica-se que os valores de microporosidade e capacidade de campo estão próximos, concordando com os resultados obtidos por Fabian e Filho (2000), onde obtiveram o valor de 18% de microporosidade e 16% de Cc na profundidade de 15 cm, valores que se encontram próximos.

Possivelmente as práticas agrícolas realizadas na propriedade são feitas de maneira correta, onde verifica-se que os parâmetros avaliados estão próximos dos fisicamente ideais, sendo macroporos próximos a 15% e microporos a 35%. Portanto, os diferentes

tempos de adoção do sistema plantio direto não influenciaram nas propriedades físicas-hídricas do solo nesta propriedade.

4 | CONCLUSÃO

Os valores de Pt, microporos e Cc não apresentaram alteração significativa entre os diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto. Já os valores de macroporos diminuíram conforme aumentou-se o tempo de adoção do SPD.

REFERÊNCIAS

- ARATANI, R. G.; FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um latossolo vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 3, Junho 2009.
- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Estimativa da umidade na capacidade de campo em solos sob Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.2, p.111-116, 2011.
- AMARAL, K. F. S.; ROSA, H. A.; GIESEL, V.; MONTIEL, C. B.; BRONDANI, S. T.; SECCO, D. Propriedades físico-hídricas de um latossolo argiloso após compactação induzida mecanicamente. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 11(3): 308-316, 2017.
- ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29: 425-435, 2005.
- BORKOWSKI, A. K. **Análise de curvas de retenção e de distribuição de poros de um latossolo vermelho distrófico submetido aos sistemas de plantio convencional e direto**. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências - Área de Concentração: Física) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 2009.
- BRITO, A. S.; LIBARDI, P. L.; MOTA, J. C. A.; MORAES, S. O. Estimativa da capacidade de campo pela curva de retenção e pela densidade de fluxo da água. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 35:1939-1948, 2011.
- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.28, p.155-163, 2004.
- CAMARA, R. K.; KLEIN, V.A. **Influência da escarificação do solo sob sistema plantio direto nas propriedades do solo e na cultura da soja**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Passo Fundo (UPF), Passo Fundo. 2004.
- CORTEZ, J. W.; ALVES, A. D. S.; MOURA, M. R. D.; OLSZEWSKI, N.; NAGAHAMA, H. J. Atributos físicos do argissolo amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1207-1216, 2011.

de solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, 2011. 230 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise do solo.** Rio de Janeiro: EMBRAPA. 1997, 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2013.

FABIAN, A. J.; FILHO, T. B. O. Determinação de capacidade de campo in situ ou através de equações de regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p.1029-1036, Maio 2000.

GOEDERT, W. J.; SCHERMACK, M. J.; FREITAS, F.C. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 223-227, fev. 2002.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em latossolo vermelho sob plantio direto escarificado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, vol.1, n.1, p. 221-227, 2007.

LIBARDI, P. L. Água no solo. In: VAN LIER, Q. de J. **Física do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2010.

MELO, D. DE; PEREIRA, J. O.; NÓBREGA, L. H. P.; OLIVEIRA, M. C. DE; MARCHETTI, I.; KEMPSKI, L. A. Características físicas e estruturais de um latossolo vermelho sob sistemas de plantio direto e cultivo mínimo após quatro e oito anos de plantio direto. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.15, n.3, 228-237, Jul./Set., 2007.

MORAES, M. T. **Qualidade física do solo sob diferentes tempos de adoção e de escarificação do sistema plantio direto e sua relação com a rotação de culturas.** 205 f. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Processos Físicos e Morfogenéticos do Solo – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria. 2013.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. Propriedades físicas do solo sob diferentes níveis de compactação em um latossolo vermelho distroférico. **Embrapa Soja.** Documentos, 2011. (EMBRAPA Soja. Documento 328).

MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V.; FERREIRA, M. F. P.; MACHADO, R. L. T.; MACHADO, A. L. C.; BAUER, G. B. Influência da pressão de inflação do pneu do trator na resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 481-486, out-dez, 2005.

RÓS, A. B.; FILHO, J. T.; BARBOSA, G. M. C. Propriedades físicas de solo em diferentes sistemas de preparo para o cultivo da batata-doce. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 227-238, jan./ fev. 2014.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo.** Santa Maria, 2006

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M.M.C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, Oct. 2008.

- SOARES, F. C.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; RUSSI, J. L.; VIVAN, G. A. Redes neurais artificiais na estimativa da retenção de água do solo. **Ciência Rural**, v.44, n.2, fev, 2014.
- SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:129-136, 2009.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparos e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, 25:395-401, 2001.
- SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionado ao armazenamento de água em Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.35, n.3, p.544-552, 2005.
- SILVA, F. F.; FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; ARATANI, R. G.; ANDRIOLI, F. F.; ANDRIOLI, I. Propriedades físicas de um latossolo vermelho cultivado no sistema plantio direto. **Irriga**. Botucatu, v. 13, n. 2, p. 191-204, abril-junho, 2008.
- STONE, L. F.; GUIMARAES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.207-212, 2002.
- SECCO, D.; ROS, C. O.; SECCO, J. K.; FIORIN, J. E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um latossolo vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, 29:407-414, 2005.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicohídricos do solo sob plantio direto. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 11(3): 308-316, 2017 316 Feijão, 2006. 39p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 191).
- STRECK, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, v.34, n.3, mai-jun, 2004.
- TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência a penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v.59, n.4, p.795-801, out./dez. 2002.

CARACTERIZAÇÃO MICROMORFOLÓGICA E SUA RELAÇÃO COM ATRIBUTOS FÍSICOS EM CAMBISSOLOS DA ILHA DA TRINDADE – SUBSÍDIOS A RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

Eliane de Paula Clemente

Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, CEP 22460-000, Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ.

Fábio Soares de Oliveira

Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Pampulha, Av. Antônio Carlos, 6627, CEP 31270-901, Pampulha, Belo Horizonte, MG.

Mariana de Resende Machado

Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Pampulha, Av. Antônio Carlos, 6627, CEP 31270-901, Pampulha, Belo Horizonte, MG.

RESUMO – A ilha da Trindade vem sendo, nas últimas décadas, alvo de diferentes estudos para se entender melhor o seu ambiente. Dada sua importância no meio científico, quanto ao endemismo existente, as tentativas de revegetação da ilha visa garantir que espécies vegetais e animais não sejam extintas. O trabalho teve como objetivo uma caracterização micromorfológica dos solos mais degradados da ilha aliado ao estudo de aspectos físicos, gerando um melhor entendimento do comportamento do solo quanto a sua estrutura e microestrutura, possibilitando uma inferência na percolação de água no solo. As análises mostraram que os solos das áreas mais degradadas se encontram na classe dos Cambissolos, com pedalidade moderada a forte

e porosos. Aqueles encontrados em maiores altitudes, perfis 3 e 4, apresentaram boa retenção de água, pela sua estrutura e textura argilosa. Observou-se a microestrutura com muitos canais formados por raízes, mostrando que num passado houve presença de abundante vegetação no local. Dado essas informações, sabe-se que são solos aptos a receber um processo de revegetação, mas que deve ser aliado as técnicas de conservação de solos para que se possa ter um resultado satisfatório.

PALAVRAS-CHAVE: Pedologia, Recuperação de áreas degradadas, Ilhas oceânicas.

1 | INTRODUÇÃO

Apesar de contar com uma biodiversidade menor do que as áreas continentais, as ilhas oceânicas são áreas críticas para a preservação, pois possuem inúmeras espécies que não existem em nenhum outro lugar. Foi o que mostrou um estudo publicado pela Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS). Constituem santuários com “reliquias” de linhagens evolutivas muito diferentes das que existem em outros lugares. Como vivem em um ambiente tão restrito já são consideradas criticamente em perigo, pois qualquer desequilíbrio pode causar sua extinção.

As práticas de recuperação vegetal na ilha da Trindade constituem empreendimentos realizados

desde a década de 1990. Contudo, muitas das intervenções não geraram resultados satisfatórios porque as cabras, que se tornaram selvagens com o passar do tempo, ainda representavam uma ameaça. Assim, a partir de uma operação envolvendo a Marinha, em 2005 todas as cabras que habitavam Trindade foram exterminadas, não restando nenhum dos animais domésticos citados anteriormente. Segundo ALVES (1998), atualmente são distinguidas na Ilha as seguintes formações vegetais terrestres: i) Matas constituídas da floresta nebulosa de *Rapanea guyanensis*; floresta nebulosa de *Cyathea delgadii* de Trindade (floresta de samambaias gigantes); moita de *Dodonaea viscosa*. ii) Campos constituídos de campo herbáceo de *Pityrogramma calomelanos* e campo herbáceo de *Cyperus atlanticus* e *Bulbostylis nesiotis*, além de outras formações de musgos, líquens, algas e alguns exemplares de árvores frutíferas exóticas, como castanheiras. Da lista de 124 espécies de plantas vasculares encontradas em Trindade realizada por ALVES (1998), incluindo aquelas trazidas e cultivadas pelo homem, 11 são espécies endêmicas.

Sobre os solos, os elementos e fenômenos geoambientais (variações no nível do mar e das correntes oceânicas, variações climáticas, litológicas e geomorfológicas) associam-se ao isolamento geográfico e colonização biológica na sua formação e evolução, ocasionando, inclusive, a formação de 15 solos considerados endêmicos (GUO et al, 2003; BOCKHEIM, 2005; CLEMENTE et al., 2006; OLIVEIRA, 2008; CLEMENTE et al., 2009; SÁ, 2010).

Apesar de o endemismo pedológico ser forte na ilha, os processos morfogenéticos são mais intensos que os pedogenéticos, resultando no predomínio de afloramentos rochosos e depósitos de tálus na base das vertentes. Por conseguinte, a cobertura pedológica se caracteriza por ser pouco espessa, predominando associações entre afloramentos e Neossolos Litólicos eutróficos fragmentários e Cambissolos Háplicos Ta eutróficos (CLEMENTE et al., 2006). No mapeamento pedológico realizado por SÁ (2010), os Neossolos correspondiam à classe de maior predominância, recobrando 55% do território, sendo encontrado tanto nas áreas mais baixas situadas na face mais seca, quanto nos afloramentos rochosos e nas áreas deposicionais. Já os Cambissolos ocupam cerca de 30% de Trindade, preferencialmente nas porções medianas e áreas que permitam a atuação intempérica. Vale destacar que com a retirada da cobertura vegetal, os solos existentes anteriormente e já susceptíveis aos processos erosivos tornaram-se ainda mais frágeis, resultando na esculturação de feições erosivas na paisagem e consequente perda de solo. Essas áreas de Cambissolos intensamente degradadas pela falta de cobertura vegetal, são áreas que devem ser estudadas para que possam, num futuro, ser revegetada e recuperada.

De modo geral, a despeito dos avanços obtidos até o momento, Trindade permanece como um campo aberto aos estudos ambientais, dentre os quais ganham destaque aqueles de ênfase pedológica e em escala de detalhe. Estudos nessa escala de abordagem podem contribuir não somente com o avanço dos conhecimentos sobre os solos da Ilha em si, mas também com a geração de informações fundamentais para prover a reconstituição de suas paisagens, haja vista a dificuldade em recuperar as áreas degradadas justamente pelas singularidades dos solos.

Uma das formas de se obter sucesso nos processos de revegetação, é conhecer seus solos em detalhes. Aliado ao conhecimento de características químicas, físicas, mineralógicas, a micromorfologia é uma técnica muito útil no estudo da gênese do solo e na avaliação e no monitoramento de diversas práticas agrícolas e ambientais. Com o auxílio das técnicas de processamento e análise digital de imagem, a micromorfologia é capaz de fornecer resultados de porosidade e permeabilidade com precisão, além de possibilitar a visualização das alterações estruturais causadas pela compactação e adensamento (CASTRO et al., 2003).

O uso de técnicas de análise de imagens nos estudos quantitativos e qualitativos de estrutura do solo tem se tornado mais comum, com maior acesso a equipamentos e programas, e maior número de pesquisadores na área. Essas técnicas, associadas à micromorfologia, permitem o estudo quantitativo de modificações estruturais em amostras indeformadas, depois de seu preparo e sua montagem em lâminas (VIANA et al., 2004).

Neste contexto se insere este estudo, cujo objetivo central foi identificar as principais microestruturas presentes nos solos de Trindade considerando a relação existente com os atributos físicos, podendo assim, auxiliar os processos futuros de revegetação, por meio do entendimento dos fluxos de água no solo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A área de estudo localiza-se a 1.140 km de distância da costa brasileira em direção à África, na latitude 20°30' S e longitude 29°19 W (Figura 1) e possui 13,5 km² de área. A ilha é formada por material vulcânico extrusivo e/ou subextrusivo e tem sua gênese no Cenozoico, há aproximados três milhões de anos, fazendo parte de uma extensa cadeia vulcânica submarina de orientação leste-oeste, denominada Vitória-Trindade.

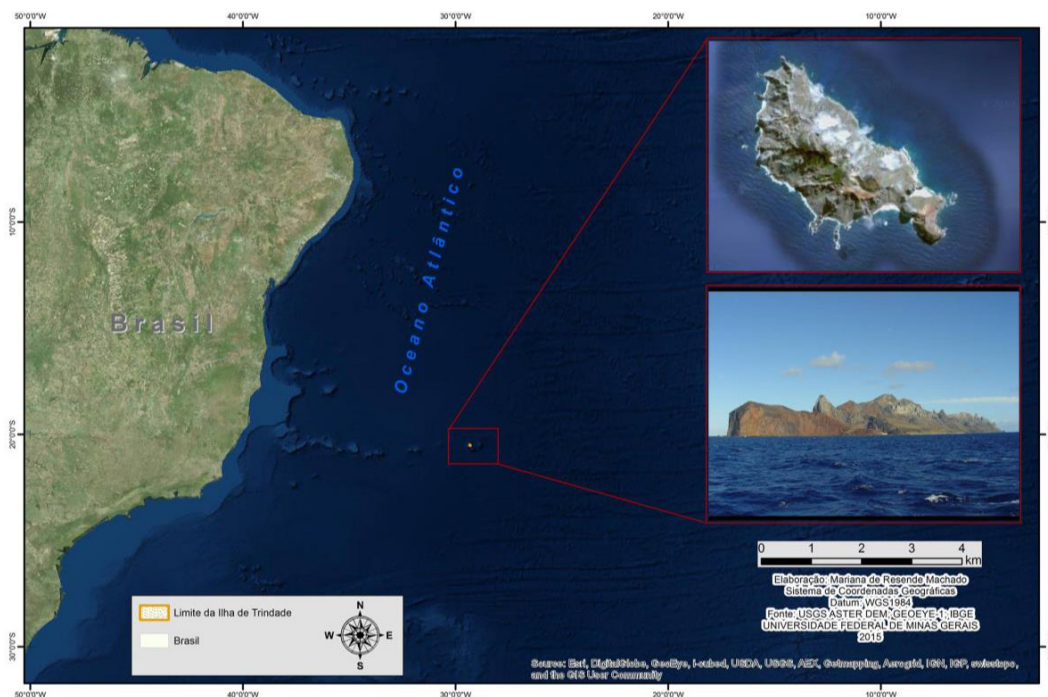


Figura 1. Mapa de localização da Ilha de Trindade em relação à costa brasileira

Fonte (MACHADO, 2016)

2.2. Solos analisados

As áreas estudadas foram descritas em CLEMENTE et al. (2011) onde realizou-se uma proposta de zoneamento ambiental da ilha. A zona que nos interessa nesse estudo é a zona de recuperação, aquela que contém áreas consideravelmente antropizadas.

Nos limites desta categoria, inclui-se a subida para o Pico do Desejado, onde existem processos erosivos bastante acentuados sobre os tufos. Neste local, a cobertura florestal atingia pelo menos 85% da ilha, dominada pela espécie *Colubrina glandulosa*. Hoje, apresenta um panorama erosivo que envolve áreas consideráveis por toda ilha. Nos arredores das ruínas do cone do vulcão do Paredão, os processos erosivos são acentuados, com muita perda de material dos tufos para o mar.

Em todos os solos onde foi identificado um maior grau de erosão, observou-se que a vegetação, quando existente, era esparsa e de pequeno porte predominando a espécie endêmica *Cyperus atlanticus* que se caracteriza por ser rasteira, formando touceiras, sem proporcionar ao solo uma cobertura contínua efetiva. Nas maiores altitudes, a vegetação adquiriu maior densidade e biomassa, configurando, por exemplo, Floresta Nebular de *Myrsine floribunda*, com cobertura herbácea mista de *Pityrogramma*, *Cyperus*, *Bulbostylis* e indivíduos jovens de *Cyathea*, condicionando erosão não aparente. Tais observações evidenciam a importância que o tipo de vegetação e o regime pedoclimático exercem no controle da perda do solo em Trindade. No platô intermediário, situado abaixo do maior pico da ilha, o Pico Desejado (620 m), encontra-se o Morro Vermelho (Figura 2) um exemplo de uma encosta aplainada severamente erodida em decorrência da retirada da cobertura vegetal nativa, no caso de *Colubrina glandulosa*. Nela podem ser encontrados blocos e matacões rochosos de fonolito nas suas bordas, devido à erosão laminar severa ocasionada

pelo intenso pastoreio de cabras, hoje extintas.

Em cada um desses ambientes foi coletado e descrito um perfil de solos e a descrição de campo foi realizada segundo o manual de descrição e coleta de solos no campo (LEMOS e SANTOS, 1996) e as cores identificadas conforme MUNSELL (1994).

2.3. Análises físicas

A granulometria dos solos foi obtida por dispersão de 10 g de TFSA com NaOH 0,1 mol/L e agitação em alta rotação, durante 15 minutos. As frações areia grossa e fina foram separadas por tamização em peneiras com malhas de 0,2 mm e 0,053 mm de abertura, respectivamente. A fração argila foi determinada pelo método da pipeta, e a fração silte calculada por diferença. A argila dispersa em água foi obtida por dispersão de 10 g de TFSA com água e determinação do teor de argila pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997).

Para a realização do equivalente de umidade, amostras de solo foram colocadas em caixas com uma fina tela de arame numa das extremidades, adicionado papel de filtro até recobrir a tela em questão e em seguida cerca de 1 cm de espessura de solo, peneirado (2 mm). As amostras foram, logo após, saturadas por um período mínimo de 6 h e colocadas para centrifugar a 2.440 rpm, por 30 minutos. Cada amostra foi, então, transferida para um recipiente com tampa previamente tarado, com aproximação de 0,01 g (Mr). Esse conjunto pesado (Mr+solo+água) foi levado à estufa a 100-105° C, durante 48h.

Foi então transferido para o dessecador até atingir a temperatura ambiente para ser novamente pesado.

2.4. Análise micromorfológica

Para a micromorfologia, coletaram-se amostras indeformadas de horizontes selecionados dos solos em recipientes próprios, impregnando-as, posteriormente, com resina RevopalT-208. No reconhecimento das microestruturas, as seções foram descritas em microscópio óptico trinocular da marca Zeiss, modelo Axiophot, com câmera digital integrada para registro fotográfico. Tais descrições basearam-se nos pressupostos de STOOPS (2003), seguindo a seguinte ordem: i) identificação das microestruturas a partir da descrição dos agregados e da porosidade; ii) descrição do fundo matricial nos agregados elementares e/ou material apédico e iii) descrição das feições pedológicas, quando existentes. O fundo matricial constitui a organização dos constituintes minerais e orgânicos com sua porosidade associada. Os constituintes minerais podem ocorrer nas frações grossas (silte, areia, cascalho) e finas (argilas) ou micromassa do solo. O limite adotado neste estudo entre os constituintes minerais grossos e finos foi de 2µm (c/f2µm), considerando ser este o limite ideal para solos tropicais.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Solos analisados

O estudo dos Cambissolos se deu em áreas a partir de 400 m de altitude, nas partes mais altas da ilha, (Seqüência Desejado), onde o clima é mais úmido e condiciona sua formação, e se encontram num estágio intermediário de intemperismo, constituído por horizonte B incipiente abaixo do horizonte húmico ou hístico. No platô intermediário da ilha, em área mais estável, com solos profundos desenvolvidos de tufos e cinzas vulcânicas, o intemperismo é mais acentuado devido à topografia menos acidentada e material de origem menos resistente, encontrando-se o Cambissolo Háplico, solo com algumas características de estrutura semelhantes ao latossolo, mas com muitos minerais primários presentes. Abaixo do platô mediano, ocorreu o Cambissolo Háplico, nas encostas inferiores do Morro Vermelho, na saia abaixo do Pico do Elefante, com áreas de tufos e colúvios da Formação do Morro Vermelho. Representam os ambientes de maior erosão, onde a remoção da vegetação em processo mais avançado criou imensas voçorocas nos lugares em que haviam canais de escoamento concentrados, com grande perda de solo. Parte do material erodido formou grandes leques aluviais de encostas nos terços inferiores do norte da ilha, mas a maior parte chegou ao mar aberto.

Perfil	Localização	Alt (m)	Rochosidade	Formação geológica	Erosão
P1 Cambissolo Háplico Tb Distrófico	2051545 S; 2932385 W. Topo aplainado do platô abaixo do Pico do Desejado, vegetação de <i>Bulbostylis nesiotes</i> e alguns <i>Cyperus</i> , em relevo plano, com blocos e matacões rochosos de fonolito nas vizinhanças da borda do platô devido à erosão laminar severa pelo pastoreio de cabras.	448	Rochoso em menos de 5% da área, blocos/matacões de fragmentos de fonolitos.	Tufos básicos em platô, com contribuições colúvias; material mais antigo e conservado da ilha, pela natureza porosa dos tufos.	Laminar forte e em sulcos severa nas bordas
P2 Cambissolo Háplico Tb Distrófico	2051356 S; 2932317 W. Base de rampa na saia do pico do Desejado, na área coberta de <i>Pityrogramma calomelanos</i> onde foram feitas covas para <i>Colubrina glandulosa</i> ; em relevo local suave, geralmente montanhoso, com raros blocos e matacões rochosos de fonolito recoberto de líquens crustosos e foliosos. Representa o nível elevado típico de cobertura de <i>Pityrogramma calomelanos</i> abaixo do Desejado.	478	Rochoso em menos de 5% da área, blocos/matacões de fragmentos de fonolitos	Depósito de talus de pedimentos da Formação Desejado, com tipos fonolíticos.	Laminar moderada, na encosta abaixo em sulcos e avinas forte e encosta abaixo.
P3 Cambissolo Hístico Distrófico	2050978 S; 2932781 W. Terço superior de vertente de face sul, mais úmida, ravinada, com floresta nebulosa de <i>Cyathea delgadii</i> com comunidade de sub-bosque de <i>Peperomia glabella</i> ., em relevo montanhoso, com poucos blocos e matacões rochosos de fonolito recoberto de líquens crustosos e foliosos. Representa o nível mais elevado e antigo de floresta de <i>pteridófitas</i> da ilha, abaixo do Platô do Desejado (trilha Desejado-Fazendinha)	517	Rochoso com 15-20% da área coberta de blocos/matacões de fragmentos de fonolitos	Formação Desejado, com tipos fonolíticos.	Local não aparente, na encosta abaixo em sulcos e ravinas forte.
P4 Cambissolo Háplico Ta Distrófico	2051162 S; 2932533 W. Topo do Platô do Desejado voltado à face sul, mais úmida, com vegetação de Floresta de <i>Myrsine floribunda</i> , em relevo local plano a suave ondulado, com raros blocos e matacões rochosos de fonolito aflorantes.	599	Não rochoso, com menos de 5% da área coberta de fragmento de fonolitos.	Fonolito da formação Desejado.	Não aparente.

Quadro 1. Características gerais dos solos analisados



Figura 2. Áreas de Cambissolos na ilha da Trindade

3.2. Análises físicas

Os Cambissolos apresentam cores brunadas, textura média a argilosa, com teores de argila de 24 a 52 dag/kg (Quadro 2). São derivados de rochas alcalinas, principalmente sendo solos medianamente profundos, com rochiosidade variável, tendo o perfil P2 de 15 a 20 dag/kg de área coberta com blocos e matacões. Estão relacionados com posições geomórficas de terço médio a superior das encostas, em áreas declivosas.

O perfil 1, CambiSSolo Háplico, possui cores brunadas e se encontra num relevo local mais plano, localizado a maiores altitudes (450 m). É bastante profundo e poroso, sendo encontrado o horizonte B até 120 cm. Há presença de muitas locas de caranguejos, mas a atividade biológica aparente atual é reduzida. Mostra-se muito friável e leve na base (80-140 cm), aparentando material alofânico (caráter ândico). Neste solo praticamente não há fragmentos de rochas, alguns minerais primários em evidência, e raros grãos minerais > 2 mm.

Os perfis P2 e P4 foram classificados como Cambissolos Háplicos Tb e Ta distróficos, respectivamente, diferenciando-se do P3, um Cambissolo Hístico distrófico, pela profundidade do perfil e por este apresentar um horizonte O seguido pelo horizonte A profundo. São formados por materiais hísticos ou até turfosos, responsáveis pela formação do horizonte O, atípico para o relevo. Possui cores mais escuras devido à grande quantidade de matéria orgânica que influi na alta retenção de água, o que ocorre em menor proporção também nos outros dois perfis. Se diferenciam de solos de outras ilhas oceânicas, que

possuem a mesma origem vulcânica, pois ocorrem em posições altimétricas e climáticas que não existem nas demais. São eles solos exclusivamente endêmicos à Trindade. Vale salientar que o perfil 4 é o menos erodido, devido estar protegido pela floresta nebulosa de *Cyathea degaldii*, diferenciando dos outros três perfis.

Horizonte	Prof. (cm)	<2mm			E. Umid. (Kg/Kg)	Classe textural	Cor do solo
		Areia Grossa	Areia Fina	Silte			
dag/Kg							
Perfil 1 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico							
A	0-5	7	6	39	48	0,377	Argila 1 0 Y R 4/6
Bi	5-50	5	6	38	51	0,434	Argila 1 0 Y R 5/8
Bi2	50-120	6	7	41	46	0,515	Argila- Siltosa 1 0 Y R 5/6
Perfil 2 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico							
A	3-15	10	9	45	36	0,458	Franco- Argila- Siltosa 1 0 Y R 3/4
Bi	15-42	7	7	34	52	0,386	Argila 1 0 Y R 4/4
Perfil 3 – CAMBISSOLO HísticoTb Distrófico							
O ₂	20-35	11	6	39	44	0,567	Argila 1 0 Y R 3/3
A ₁	35-55	15	3	39	43	0,592	Argila 1 0 Y R 4/2
AC	55-70	16	4	38	42	0,609	Argila 1 0 Y R 5/3
C	70-110 ⁺	17	3	34	46	0,660	Argila 1 0 Y R 7/3
Perfil 4 – CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico							
A	0-10	41	5	30	24	0,628	Franco 1 0 Y R 2/2
AB	10-20	19	8	37	36	0,635	Franco- Argilosa 1 0 Y R 4/3
B	20-45	21	11	29	39	0,700	Franco- Argilosa 1 0 Y R 3/4
BC	45-65	25	7	25	43	0,529	Argila 7, 5 Y R 4/4

Quadro 2. Propriedades físicas dos solos da ilha da Trindade

3.3. Caracterização micromorfológica

O horizonte superficial do perfil 1 apresentou estrutura composta e granular, em blocos, com pedalidade fraca. O plasma bruno-avermelhado claro apresenta poros de empacotamento compostos e fissurais, e canais intergranulares. O esqueleto é composto de litorelíquias de tufos vulcânicos ferruginizados e litorelíquias de escórias vulcânicas com

vesículas, associadas a pontuações ferruginosas, cimentando os agregados. No horizonte Bi2 a estrutura é poliédrica, granular com pedalidade moderada a forte, plasma bruno-amarelado claro com poros de empacotamento compostos e fissurais. O esqueleto é composto de litorelíquias de escórias e fonolito no meio do plasma. Ocorrem raros restos orgânicos e pontuações de magnetita. Em maior profundidade a estrutura no horizonte é granular, poliédrica com pedalidade moderada, plasma bruno-avermelhado com poros de empacotamento compostos. Há presença de algumas litorelíquias de escórias vulcânicas (*púmice*) formando o esqueleto com raros restos orgânicos e pontuações de magnetita associadas, com pode ser observado na Figura 3a. Parece haver uma contribuição alóctone de materiais de tufo vulcânico sobre um solo que já sofrera intemperismo, indicando sucessão poligenética complicada.

Blocos angulares com pedalidade moderada a forte são apresentados no perfil 2 (Figura 3b). O material grosso é constituído de litorelíquias de tufo alcalino, com bordas alteradas e ferruginizadas. Ocorrem raros grãos máficos como pontuações avermelhadas, alteradas (*iddsingita*). Há ocorrência de restos orgânicos de *Cyathea* parcialmente ferruginizados e melanizados (black carbon), dentro dos agregados. Há presença de feições de iluviação de M.O. capeando os minerais, além de pontuações *goethíticas* e vidro vulcânico.

No perfil 3, a microestrutura é em parte, em grau moderado pequena granular, e em parte, massiva, fragmentada, com zonas com estrutura em blocos incompleta. O esqueleto é constituído de litorelíquias com bordas alteradas, ferruginizadas (Figura 3c). Há presença de material orgânico escuro, muito fragmentado, dentro da matriz, e associado com material orgânico pouco alterado, de cor ferruginosa mais recente (*Cyathea*). Há feições de difusão de material orgânico (iluviação) na matriz, e presença de raras pelotas fecais.

A microestrutura no perfil 4 é em blocos, com pedalidade moderada a forte, parte massiva, com plasma orgânico e organo-mineral. Esqueleto é constituído de litorelíquias de tufo alcalino, com bordas alteradas e ferruginizadas (Figura 3d). Ocorrem raros grãos máficos como pontuações avermelhadas, alteradas (*iddsingita*). Há ocorrência de restos orgânicos de *Cyathea* parcialmente ferruginizados e melanizados (black carbon), dentro dos agregados. Há presença de feições de iluviação de M.O. capeando os minerais, além de pontuações *goethíticas* e vidro vulcânico.

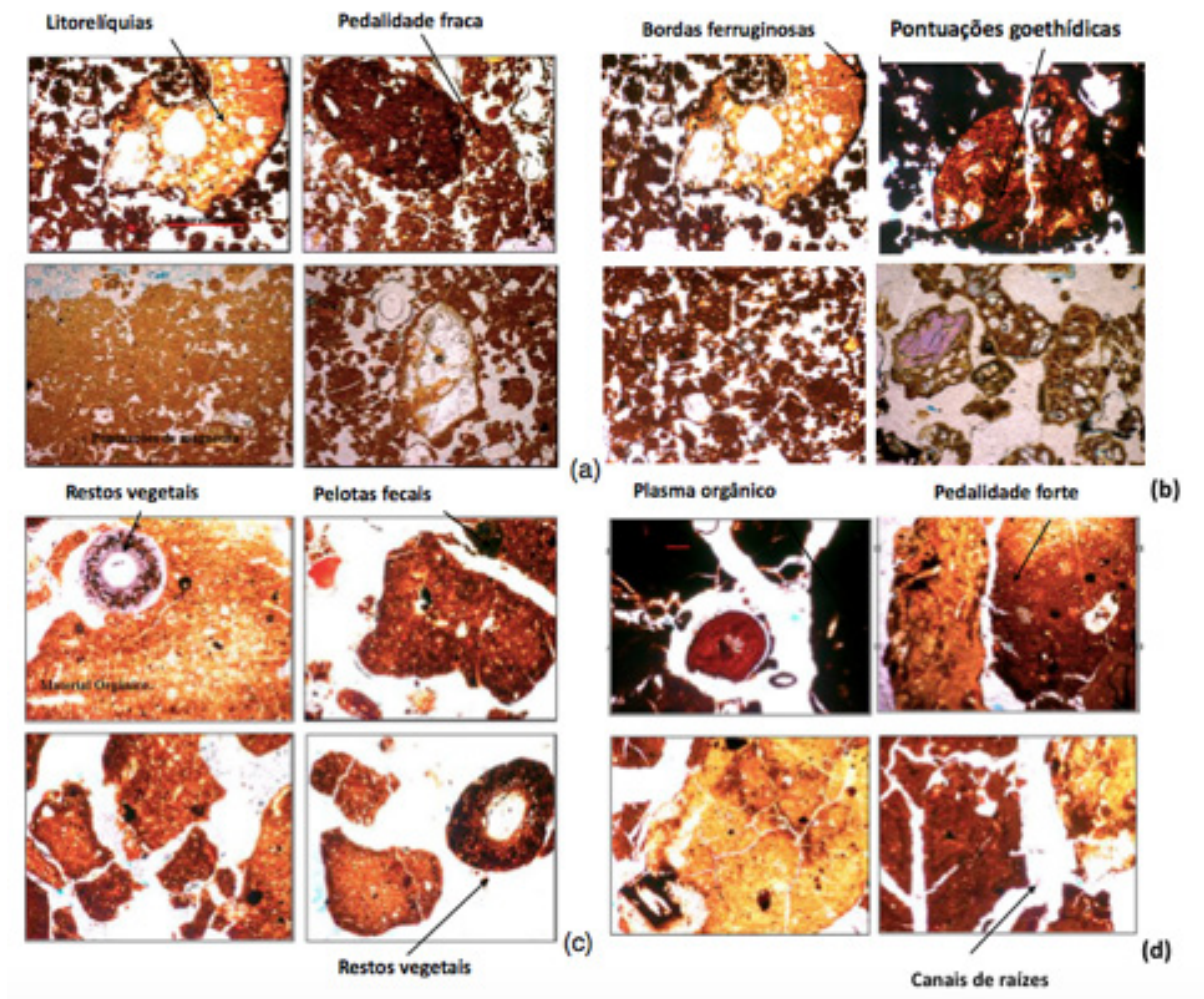


Figura 3. Fotomicrografias em luz plana dos perfis 1, 2, 3 e 4 respectivamente: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (a), CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (b), CAMBISSOLO HÍSTICO Distrófico (c), e CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico (d).

3.4. Subsídios aos processos de revegetação

Na ilha da Trindade, os maiores problemas são devidos à intensa erosão que se instalou a partir da retirada da vegetação, há alguns séculos atrás, nessas áreas de Cambissolos. Existem muitas áreas descobertas com voçorocas já em estágio avançado. Para contornar esses problemas, é necessário que se faça um manejo adequado dos solos, para que novas espécies possam revegetar essas áreas e com isso melhorar as características físicas do solo.

Compreender como são os atributos físicos e morfológicos desses solos para se ter um sucesso no processo de revegetação é tão mais importante que a fertilidade destes solos, visto que, solos da ilha não possuem problemas de fertilidade natural, pois são solos pouco intemperizados, com alto teores de nutrientes, até mesmos os disponíveis, como pode ser visto em CLEMENTE et al. (2009). Como são altamente erodidos, a matéria orgânica é importante para a recuperação e estruturação destes solos, mas que atualmente são deficientes em muitos desses ambientes, principalmente nas áreas mais secas e originadas de tufo vulcânicos como os perfis 1 e 2, onde os processos erosivos

são mais acentuados.

Observa-se que todos os perfis são de argilosos a silto-argilosos originados de escórias e tufos vulcânicos, com pedalidade moderada, com exceção do perfil 4 que possui alta pedalidade. Estes solos fracamente evoluídos, quando expostos, apresentam sérios problemas de erosão.

Tanto as análises físicas quanto a micromorfológicas nos dão a informação de como estes solos se comportam em relação a permeabilidade e capacidade de armazenamento de água, que é de suma importância no processo de revegetação, aliado a fertilidade natural e teor de matéria orgânica.

A interação da água com essas características manifesta propriedades como a máxima quantidade de água que o solo pode reter sem causar danos ao sistema (ALENCAR et al., 2009), também denominado capacidade de campo, de grande importância nos processos de armazenagem e disponibilidade de água para as plantas (ANDRADE & STONE, 2011). O termo “capacidade de campo” foi criado por VEIHMEYER & HENDRICKSON (1931), numa tentativa de oferecer maior aplicabilidade ao conceito “equivalente de umidade” como descrevem BRITO et al. (2011).

Pela análise micromorfológica foi observado que os perfis 3 e 4 apresentam uma maior macroporosidade, com fendas e canais criados pelas raízes, muita presença de material fíbrico e restos orgânicos, fazendo com que a umidade equivalente seja bem superior que os perfis 1 e 2 que possui uma matriz com poros menores, mais coesa, com canais intergranulares. Outro ponto observado, foi certa iluviação de argilas fazendo que canais fossem recapiados e com isso diminuindo os poros, dificultando a percolação de água. A textura argilosa retém maior teor de água no solo, mas além da textura, a capacidade de campo também pode ser influenciada pela estrutura do solo, teor de matéria orgânica, o que diferencia muitos os perfis estudados, sendo os perfis 3 e 4, sob floresta nebulosa de *Cyathea degaldii*, sub-bosque de *Peperomia glabella* e alguns exemplares de *Myrsine floribunda*, o que confere a estes solos uma serapilheira mais abundante e maior quantidade de matéria orgânica.

Nota-se um sistema cuja infiltração de água é bem mais favorável aos perfis 3 e 4, o que facilita os processos de revegetação, principalmente por serem áreas com maior quantidade de matéria orgânica, o que facilita a incorporação de outras espécies vegetais.

Nos perfis 1 e 2 os maiores problemas são devidos à intensa erosão que se instalou a partir da retirada da vegetação, existem muitas áreas descobertas com voçorocas já em estágio avançado. Para contornar esse problema é necessário que se faça um manejo adequado dos solos, para que novas espécies possam revegetar essas áreas e com isso melhorar as características físicas do solo. Apesar dos solos da ilha não possuírem problemas de fertilidade natural, a matéria orgânica é importante e deficiente nesses ambientes, principalmente nas áreas mais secas e originadas de tufos vulcânicos, onde os processos erosivos são acentuados. Nessas áreas sugere-se algumas práticas de conservação dos solos, a fim de recuperar os solos degradados.

3.4.1. Revegetação

Deve ser utilizada cobertura verde, que é a prática pela qual se cultivam determinadas plantas com a finalidade de incorporá-las ao solo, proporcionando melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e também promovendo o enriquecimento de elementos minerais durante a ciclagem da M.O. As plantas utilizadas neste tipo de adubação impedem o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, evitam o deslocamento ou a lixiviação de nutrientes do solo e também inibem o desenvolvimento de ervas daninhas. Para isso é necessário um estudo prévio de espécies que melhor se adaptem àquelas condições de solos rasos, pouca MO, clima semi-árido e ventos constantes. Apesar de não ser interessante a revegetação da ilha com espécies exóticas, é importante a escolha das espécies mais aptas à revegetação, que sejam de rápido crescimento, adaptadas as condições adversas para o início da recuperação. Logo, quando a vegetação começar a se instalar, espécies nativas devem ser colocadas iniciando o processo de sucessão. As espécies exóticas podem ser retiradas posteriormente, quando a vegetação já estiver instalada. Além da grande importância da revegetação para conter os processos erosivos, a cobertura verde proporciona maior infiltração de água, aumentando a reserva de água doce. A água dos córregos da ilha vem da precipitação, principalmente nos altos picos. Neste caso, os horizontes superficiais absorvem e armazenam água da precipitação, que vai aflorar gradativamente em locais relativamente mais baixos, formando as nascentes.

Outra prática a ser utilizada é o reflorestamento. Vários são os efeitos benéficos como, filtragem de sedimentos; proteção de encostas e beiras de riachos; grande profundidade e volume de raízes favorecendo a macroporosidade do solo; a diminuição do escoamento superficial da água no solo; a criação de refúgios para fauna e, ainda, sendo fonte de energia (lenha). O reflorestamento também pode ser feito em faixas, intercalando-se com culturas de rápido turnover, favorecendo o incremento de matéria orgânica ao solo.

3.4.2. Controle do Escoamento Superficial da Água

Nas áreas de maior perda de solo por erosão laminar, devem ser construídos terraços, transversalmente à direção do maior declive, sendo construídos basicamente para controlar a erosão e aumentar a umidade do solo. Os objetivos dos terraços são diminuir a velocidade e volume da enxurrada, diminuir as perdas de solo e sementes, aumentar o conteúdo de água no solo, uma vez que propiciam maior infiltração de água. Podem ser construídos, também, sulcos em nível, que são o uso de pequenos canais nivelados, que têm a finalidade de diminuir o escoamento superficial, aumentando a infiltração. Os cordões (de pedra ou de vegetais) são linhas niveladas de obstáculos, com a finalidade de diminuir a velocidade do escoamento superficial. O uso do patamar (de pedra ou vegetal) forma patamares, com a finalidade de reduzir a declividade e o escoamento superficial.

4 | CONCLUSÕES

As áreas mais degradadas da ilha da Trindade são constituídas de Cambissolos com pedalidade de moderada a forte, porosos e fracamente evoluídos, quando expostos. É esperado pelos resultados obtidos, uma boa infiltração e retenção de água, visto textura franca-argilosa e argilosa e microestrutura analisada. São solos com muita matéria orgânica incorporada devido a vegetação pretérita, mas com camadas superficiais muito erodidas. Sugere-se trabalhar com técnicas de conservação de solos para as tentativas de controle de erosão e escoamento superficial, para posteriormente fazer o plantio de novas espécies.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, C.A.B.; CUNHA, F.F.; MARTINS, C.E.; COSER, A.C.; ROCHA, W.S.D.; ARAUJO, R.A.S. Irrigação de pastagem: atualidades e recomendações para uso e manejo. Revista Brasileira de Zootecnia, Vicoso, v.38, p.98-108, 2009.
- ALVES, R. J. V. Ilha da Trindade & Arquipélago Martin Vaz – um ensaio geobotânico. Serviço de Documentação da Marinha, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 1998, 144p.
- ANDRADE, L.F.; STONE, L.F. Estimativa da umidade na capacidade de campo em solos sob Cerrado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.15, n.2, p.111-116, 2011.
- BOCKHEIM, J. G. Soil endemism and its relation to soil formation theory. In: Geoderma, 129:109-124. 2005.
- BRITO, A.S.; LIBARDI, P.L.; MOTA, J.C.A.; MORAES, S.O. Estimativa da capacidade de campo pela curva de retenção e pela densidade de fluxo da água. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Vicoso, v.35, n.6, p.1939-1948, 2011.
- CASTRO, S.S. de; COOPER, M.; SANTOS, M.C.; VIDAL-TORRADO, P. Micromorfologia do solo: bases e aplicações. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M. de; LOPES, A.S.; ALVAREZ VENEGAS, V.H. (Ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3, p.107-164.
- CLEMENTE, E. C. Ambientes terrestres da Ilha da Trindade, Atlântico Sul: caracterização do solo e do meio físico como subsídio para a criação e uma unidade de conservação. Doutorado (tese do Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa. 2006, 167p.
- CLEMENTE, E.P.; SCHAEFER, C.E.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; OLIVEIRA, F.S.; ALVES, R.J.; MELO, V.F. Solos “Endêmicos” da Ilha da Trindade. In: Ilhas Oceânicas Brasileiras – da pesquisa ao Manejo. Brasília: MMA, SBF, p.59-82, 2006.
- CLEMENTE, E. P. SCHAEFER, C. E.; OLIVEIRA, F. S.; ALBUQUERQUE-FILHO, M. R., ALVES, R.V., SÃ, M. M. F.; MELO, V. S. Topossequência de solos na Ilha da Trindade, Atlântico Sul. R. Bras. Ci. Solo v. 33, p. 1357-1371, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa

de Solos. Manual métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2013, 353p.

GUO, Y.; GONG, P; AMUNDSON, R. Pedodiversity in the United States of America. Geoderma. n.117. p.99-115, 2003.

LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. Campinas-SP: SBSCS, 3 ed., 84p., 1996.

MACHADO, M. R. O papel da avifauna na transformação geoquímica de substratos na Ilha da Trindade, Atlântico Sul. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental). Universidade Federal de Minas Gerais, 2016, 92p.

MUNSELL. Soil Color Charts. Maryland: 1994.

OLIVEIRA, F. S. Fosfatização em solo e rocha em ilhas oceânicas. Mestrado (dissertação do Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, 2008, 115p.

SÁ, M. M. F. Caracterização ambiental, classificação e mapeamento dos solos da ilha da Trindade, Atlântico Sul. Mestrado (Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, 2010, 58p.

STOOPS, G. Guidelines for the analysis and description of soil and regolith thin sections. SSSA. Madison, WI. 2003.

VIANA, J.H.M.; FERNANDES FILHO, E.I.; SCHAEFER, C.E.G.R. Efeitos de ciclos de umedecimento e secagem na reorganização da estrutura microgranular de latossolos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p.11-19, 2004.

VEIMEHYER, F.J. & HENDRICKSON, A.H. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils. Soil Sci., 32:181-193, 1931.

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS, ESPECTROSCÓPICAS E TÉRMICAS DE SOLO DA BACIA DO RIO CATORZE

Elisete Guimarães

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Ambiental-PPGEA.
Francisco Beltrão-PR

Leila Salmória.

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento de Engenharia Ambiental
Francisco Beltrão - PR

Julio Caetano Tomazoni

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Ambiental-PPGEA.
Francisco Beltrão-PR

Nathalia Toller Marcon

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Ambiental-PPGEA.
Francisco Beltrão-PR

RESUMO: Neste trabalho foram realizadas análises físico-químicas, espectroscópicas e termoanalíticas em amostras de solo, com o objetivo de avaliar a qualidade da matéria orgânica de oito amostras de solos proveniente de sistema de plantio direto. Essas amostras foram coletadas na Bacia do Rio Catorze. A análise de infravermelho permitiu identificar diferenças na estrutura do solo apesar da funcionalidade similar indicando a presença de efeito do tipo de solo

e da cobertura de vegetação. As curvas de TGA mostraram processos característicos de perda de massa para compostos contendo material orgânico em sua estrutura. As diferenças discretas na qualidade da matéria orgânica do solo (MOS) e a baixa fertilidade natural dos solos estudados indicam que outros fatores ambientais podem estar influenciando a baixa qualidade desses solos, a estrutura e a qualidade da MOS e os padrões de distribuição dos nutrientes funcionam como diagnóstico da integridade do ecossistema. **PALAVRAS-CHAVE:** solo, matéria orgânica, espectroscopia no infravermelho, análises térmicas.

ABSTRACT: In this work, physical-chemical, spectroscopic and thermally analytical analyzes were carried out in soil samples, with the objective of evaluating the organic matter quality of eight soil samples from no-tillage system. Infrared analysis allowed to identify differences in soil structure despite the similar functionality indicating the presence of soil type and vegetation cover. The TGA curves showed characteristic processes of mass loss for compounds containing organic material in their structure. The discrete differences in soil organic matter (SOM) quality and the low natural fertility of the studied soils indicate that other environmental factors may be influencing the low quality of these soils, the structure and quality of the SOM, and the nutrient distribution patterns as

a diagnostic of the integrity of the ecosystem.

KEYWORDS: soil, organic matter, infrared spectroscopy, thermal analysis.

INTRODUÇÃO

Entre os recursos naturais de nosso planeta, os solos são de relevante importância porque a maior parte dos alimentos provém dos campos de cultivo e pastagens (LEPSCH, 2002). Seus componentes dependem da natureza do material de origem e do grau de alteração sofrida pela rocha. Solos jovens refletem a composição elementar da rocha, enquanto que solos maduros (muito intemperizados) apresentam pouquíssimos vestígios da rocha original (SPOSITO, 1989). O solo é um recurso natural indispensável para o equilíbrio dos ecossistemas, representando um reservatório de água e nutrientes.

A matéria orgânica do solo (MOS) é fator fundamental no conceito moderno de sustentabilidade e manejo devido ao papel vital que exerce na manutenção e qualidade do solo (LAL, 2004). A MOS desempenha vários processos pedogenéticos e interfere tanto nos processos geoquímicos quanto nas propriedades físicas e químicas dos solos.

Em solos tropicais e subtropicais altamente intemperizados, a matéria orgânica tem grande importância na retenção de cátions, na complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, na estabilidade da estrutura, na infiltração e retenção de água, na aeração e na atividade e diversidade microbiana, constituindo, assim, um componente fundamental da sua capacidade produtiva (STEVENSON, 1994).

A composição, a estrutura da rocha e os processos de intemperismo são os principais condicionantes da quantidade e qualidade dos nutrientes minerais do solo. As principais fontes naturais de nutrientes das plantas são os minerais primários das rochas e os resíduos orgânicos (MUGLER, 2006).

Os processos de intemperismo e decomposição normalmente não são suficientes para o desenvolvimento das plantas. A quantidade e qualidade de nutrientes originários da decomposição de materiais orgânicos é função da composição bioquímica dos vegetais, das propriedades físico-químicas e mineralógicas do solo, de condições climáticas e topográficas do local (MUGLER, 2006).

Os produtos do intemperismo são principalmente: argilas, óxidos e óxidos hidróxidos metálicos Fe^{3+} , Fe^{2+} , Al^{3+} , Mn^{4+} , Mn^{3+} , Mn^{2+} , e CaCO_3 que podem ser encontrados no solo como componentes, separados ou combinados com a matéria orgânica (MUGLER, 2006).

A rápida degradação do solo sob exploração agrícola, especialmente nos países tropicais em desenvolvimento, despertou nas últimas décadas a preocupação com a qualidade do solo e a sua sustentabilidade. Desde então, vários conceitos de qualidade do solo foram propostos, dentre eles o que define a qualidade do solo como sendo a sua capacidade de manter a produtividade biológica, a qualidade ambiental e a vida vegetal e animal saudável na face da terra [6].

Outro conceito de qualidade do solo é aquele que diz que a qualidade do solo é a

capacidade do mesmo em exercer determinadas funções em ecossistemas naturais ou manejados pelo homem. A avaliação da qualidade dos solos é feita através de indicadores que podem ser características físicas, químicas e biológicas e processos que ocorrem no solo como associações simbióticas.

A análise do solo é feita para a avaliação da reação do solo e da disponibilidade de nutrientes para as plantas. Além dos aspectos quantitativos surgiram outros fatos relevantes à análise do solo, a preocupação ambiental tem aumentado o interesse pela análise do solo, a fim de prevenir o excesso de nutrientes evadindo o solo e contaminando os recursos hídricos ou o acúmulo de metais pesados tóxicos (VAN, RAIJ, et al, 2001).

Levando em consideração alguns fatores entende-se a necessidade da realização de estudos analisando as características e componentes do solo. O mais notável deles pode-se dizer que é a matéria orgânica, além dos minerais, o teor de acidez entre outros.

Os métodos Análise Térmica é um termo que abrange um grupo de técnicas nas quais uma propriedade física ou química de uma substância, ou de seus produtos de reação, é monitorada em função do tempo ou temperatura, enquanto a temperatura da amostra, sob uma atmosfera específica, é submetida a uma programação controlada MIYAZAWA (2000).

Em geral transições de fase, desidratações, reduções e certas reações de decomposição produzem efeitos endotérmicos, enquanto que cristalizações, oxidações, algumas reações de decomposição produzem efeitos exotérmicos

Os métodos gravimétricos e termogravimétricos também podem ser utilizados para determinar o conteúdo de MO de amostras de solos. Esses baseiam-se na perda de massa do solo por incineração e aquecimento, MIYAZAWA, et al (2000).

O princípio fundamental da espectrometria de absorção atômica envolve a medida da absorção da intensidade da radiação eletromagnética, proveniente de uma fonte de radiação primária, por átomos gasosos no estado fundamental. Espectrometria de absorção atômica com chama é a técnica mais utilizada para análises elementares em níveis de mg/L, enquanto que a espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica em forno de grafite é utilizada para determinações de baixas concentrações ($\mu\text{g/L}$) (PAVAN, M. A. & MIYAZAWA, 1996)

A espectroscopia no infravermelho fornece evidências da presença de vários grupos funcionais na estrutura orgânica devido à interação das moléculas ou átomos com a radiação eletromagnética em um processo de vibração molecular. As posições das bandas no espectro podem ser apresentadas em número de ondas ($4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$).

A perda da matéria orgânica do solo é uma medida de degradação do ecossistema, podendo ser utilizada como critério para avaliação da sustentabilidade. Considerando o exposto, este estudo tem como objetivo avaliar a qualidade da matéria orgânica de oito amostras de solos proveniente de sistema de plantio direto, por meio de análise físico-químicas, espectroscópica e termogravimétricas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização da área de estudo.

Para o estudo foram coletadas oito amostras ao longo da bacia do Rio Catorze, em horizonte superficial de 0 – 20 cm. Os sítios de amostragem são representados por: A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, onde sete amostras são de solo cultivado e uma amostra de solo de várzea, os pontos de amostragem estão localizados na Figura 1. Após a coleta, as amostras foram quarteadas, sendo retiradas alíquotas para as diversas análises. Posteriormente, a fração de interesse referente à granulometria menor ou igual a 2 mm foi separada, constituindo a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA).

Tipos de solo.

No presente trabalho foram consideradas quatro categorias de solos, estes predominantes na região estudada e classificadas segundo a EMBRAPA, 2006.

- LVdf-Latossolos Vermelho distroférico/ eutrófico
- CXbd-Cambissolo Háptico distrófico
- NVdf-Nitossolo Vermelho eutrófico
- RRe-Neossolo Regolítico

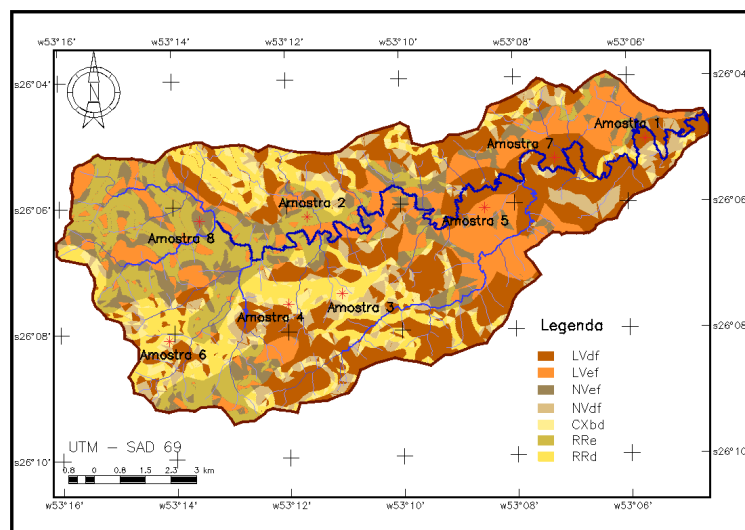


Figura 1 – Mapa da localização e classificação dos solos da bacia do rio Catorze.

(Fonte: RUTHES, et al, 2012)

Análises Físico-químicas.

As análises para determinação dos parâmetros de fertilidade tais como: CTC, SMP e MO das amostras de solo foram realizadas no Laboratório da UTFPR-IAPAR de Pato Branco de acordo com a metodologia de PAVAN & MIAZAWA (1996)

Microanálises (Espectroscopia de Absorção Atômica)

Os micronutrientes (Mn, Fe, Co, Cu e Zn) foram determinados por absorção atômica, a análise foi realizada no laboratório de solos UTFPR-Câmpus Pato Branco. O equipamento utilizado foi Espectrofotômetro de Absorção Atômica (GBC) com lâmpada de cátodo oco, Modelo Avanta 1.1, e usada uma mistura de ar e acetileno. Foram pesadas 0,8 g de amostra e adicionado 8 mL de solução extratora (Mehlich-I), a qual é uma solução de duplo ácido ($\text{HCl } 1\text{mol/L} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,25 \text{ mol/L}$). A finalidade dessa solução é solubilizar os cátions (micronutrientes), pois estes são solúveis em meio ácido. Essa mistura foi agitada por 15 minutos e deixada em repouso por uma noite. No dia seguinte 10 mL do extrato é filtrado e na sequência é realizada a análise, sendo o resultado é expresso em mg/L.

Análises Termoanalíticas.

As curvas TG e DSC foram obtidas utilizando um equipamento SDT Q600, Fabricante TA Instruments. O equipamento realiza análises simultâneas de TG/DTA/DSC e opera da temperatura ambiente até 1500°C , sob diferentes atmosferas e taxas de aquecimento. As condições de análise foram: atmosfera dinâmica de ar sintético (fluxo gás 100 mL/min), suporte de alfa-alumina, com taxa de aquecimento $05^\circ \text{C} / \text{min}$. As análises foram realizadas na central analítica, Câmpus Pato Branco. Os gráficos foram analisados com o auxílio do programa Origin 8.0, no laboratório de Geoprocessamento da UTFPR Câmpus Francisco Beltrão.

Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).

Foi utilizado o equipamento FTIR, marca Bruker - modelo vertex 70; operando no modo reflectância, somando-se 128 varreduras com resolução de 4 cm^{-1} na região de 400 a 4000 cm^{-1} . A análise de FTIR foi realizada no Departamento de Química da UFPR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises Físico-químicas.

A Tabela 2 apresenta os dados das análises físico-químicas, como a faixa do perfil corresponde de 0-20 cm (horizonte A) os valores poderão sofrer influência do tipo de manejo, adubação e/ou correção. A concentração de fósforo variou muito entre os solos sendo muito baixa para as amostras A4 e A6 ($0,99 \text{ mg/dm}^3$). Nos latossolos desenvolvidos de basalto, a maior parte do fósforo se encontra fortemente adsorvida aos compostos de ferro tornando-se pouco disponível para as plantas A disponibilidade de fósforo para as plantas pode aumentar com o aumento de compostos orgânicos no solo (SEGNINI, et al, 2008). O pH afeta a população microbiana e também decomposição da MO, para as amostras A1 e A4 o valor de pH é baixo, já para as demais amostras os valores encontrados

são altos porém, dentro do normal para a região. O valor V% (saturação de bases) varia de um estado para outro sendo considerado ideal para o estado do Paraná V% = 70 (SEGNINI, et al, 2008).

Dos oito solos estudados, A1 e A4 apresentaram valores baixos, enquanto que para as amostras A2 e A3 os valores encontram-se na média. O V % representa um fator limitante de produtividade, mas pode ter o seu valor melhorado gradativamente pelo plantio direto. A disponibilidade de nutrientes também é influenciada pelo valor do pH, a acidez é uma característica generalizada dos solos agrícolas brasileiros e causa principalmente a diminuição da disponibilidade dos cátions nutrientes (Ca, Mg, K) e aumento na solubilidade de cátions tóxicos (H, Al).

Amostras	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
MO %	4,825	4,557	3,485	3,485	4,289	4,959	5,227	4,289
P(mg/dm ³)	7,77	5,74	2,02	0,99	3,10	0,99	3,46	5,35
K(mg/dm ³)	109,48	117,30	39,10	31,28	3,91	148,58	136,85	78,20
Cu(mg/dm ³)	9,06	9,73	12,28	7,54	3,80	8,67	3,21	2,42
Fe(mg/dm ³)	39,33	111,57	49,36	114,15	32,53	56,61	35,28	14,10
Zn(mg/dm ³)	3,28	8,04	3,23	1,61	1,71	2,22	2,28	3,70
Mn(mg/dm ³)	147,35	164,88	162,39	157,02	118,70	148,50	145,24	142,10
pH /CaCl ₂	4,20	4,80	4,70	4,30	6,50	5,40	6,60	6,80
Al ³⁺ (cmol _d /dm ³)	0,89	0,15	0,09	0,83	0,00	0,09	0,00	0,00
Ca(cmol _d /dm ³)	4,35	8,86	4,88	3,19	7,28	6,81	7,28	7,94
Mg(cmol _d /dm ³)	1,95	4,77	2,69	2,92	5,19	5,38	6,07	5,06
SB (cmol _d /dm ³)	6,58	13,93	7,67	6,19	12,57	12,57	13,70	13,20
V (%)	40,42	65,93	57,11	42,54	80,99	73,17	84,72	83,86
CTC	16,28	21,13	13,43	14,55	15,52	17,18	16,17	15,74
Sat. Al (%)	11,91	1,07	1,16	11,82	0,00	0,71	0,00	0,00
Argila (%)	63,90	52,20	54,10	71,30	72,70	70,20	69,80	62,30
Areia (%)	5,30	3,70	9,10	1,60	6,10	3,60	4,60	3,30
Silte (%)	30,80	44,10	36,80	27,10	21,20	26,20	25,60	34,40
	Baixo	Médio		Alto				

Tabela 1. Análises físico-químicas das amostras de solos.

Os teores de Mg e Ca são usados como indicadores do nível de fertilidade do solo. Em geral os solos do Paraná contêm mais Ca²⁺ do que Mg²⁺ devido principalmente à maior solubilidade do Mg²⁺ (mais lixiviado) e também pela quantidade de Magnésio no material de origem. A deficiência de Ca e a toxicidade de Al são as principais limitações químicas para o crescimento radicular. Todos os solos que possuem alta concentração de ferro são argilosos (mais de 50 % de argila) e apresentam capacidade de troca catiônica (CTC) considera média. A CTC, com valores inferiores a 14 são considerados baixos, entre 14 e 19 médios, e acima de 19 altos (SEGNINI, et al., 20018). Um solo com alta CTC apresenta maior capacidade de reter íons como cálcio, magnésio, amônio etc., nutrientes das plantas e também apresenta maior capacidade de retenção de água. A CTC é uma forma de quantificar as cargas negativas do solo associadas à argila (grupos hidroxilas expostos) e a

MO (grupo carboxílicos – COOH e grupo fenólicos Ar-OH). A CTC dos solos do Paraná é baixa. Quanto maior a CTC, maior o poder de tampão do solo.

Os teores de argila, areia e silte encontrados para as amostras de solo estão em concordância com os valores encontrados na literatura (PAVAN & MIAZAWA (1996).

Conteúdo de MOS por oxidação via úmida (Walkley-Black) e por calcinação.

Na oxidação da matéria orgânica do solo (MOS) pelo método de Walkley-Black os valores obtidos estão bem menores que aqueles observados por calcinação, pois frações orgânicas resistentes como carvão presente no solo não são oxidados pelo dicromato de potássio. Os dados contidos na Tabela 2 confirmam a subestimação da matéria orgânica. Os teores de matéria orgânica dos solos por calcinação variaram de 8,1 a 11,145 %. Os valores mais elevados, obtidos por gravimetria, devem-se ao fato de que o aquecimento em estufa e em mufla, a 105 °C e a 360 °C, respectivamente, provoca perda de componentes inorgânicos voláteis contidos na amostra, como água de constituição, por exemplo, além das substâncias orgânicas, logo, se observa um teor de carbono orgânico acima do esperado, de acordo com este procedimento. Os dados contidos na Tabela 2 confirmam a superestimação dos teores de matéria orgânica em amostras de solo, quando obtidos por calcinação (mufla 250 a 500°C). Nos solos tropicais altamente intemperizados, a MOS tem um importante papel na produtividade, pois domina a reserva de nutrientes (N, P, S), os cátions básicos (Ca, Mg, K e Na), melhora a capacidade de reter água e também influencia o pH do solo.

Amostra	*MO %	** MO %
1 A	3,665	11,145
15,	3,490	9,155
3 A	2,605	8,100
4 A	2,895	9,415
5 A	3,640	11,025
6 A	3,570	10,15
7 A	3,300	10,370
8 A	4,140	10,490

Tabela 2. Teores de MO determinados por via úmida e por calcinação

(* teor de MO por via úmida); (**teor de MO por calcinação, foi calculado com base em massa seca);

Análises Termoanalíticas

As curvas de TGA mostraram processos característicos de perda de massa para compostos contendo material orgânico em sua estrutura. O perfil de decomposição térmica pode ser observado na Figura 2. As curvas dos termogramas mostram perda de massa em intervalos de temperatura entre 60°C, 200°C, 290° C, 460° C e 490° C. A primeira região mostra a perda de massa referente à água livre ou água de volatilização, correspondendo a um pico endotérmico, nas curvas de DSC, (Fig. 3). Na segunda, a perda de massa é

devida à decomposição da matéria orgânica (MO), principalmente dos grupos funcionais carboxílicos e fenólicos dos ácidos húmicos, fúlvicos, hidrocarbonetos e MO volátil. Neste intervalo, a perda de massa também pode ser devida à liberação de compostos orgânicos de baixo peso molecular. A terceira região apresenta a perda de massa principalmente devida à oxidação de carbono, acompanhada de um pico exotérmico, na curva de DSC, (Fig. 3). O resíduo ao final da queima foi considerado como igual ao teor de cinzas SEGNI, A. et al (2008).

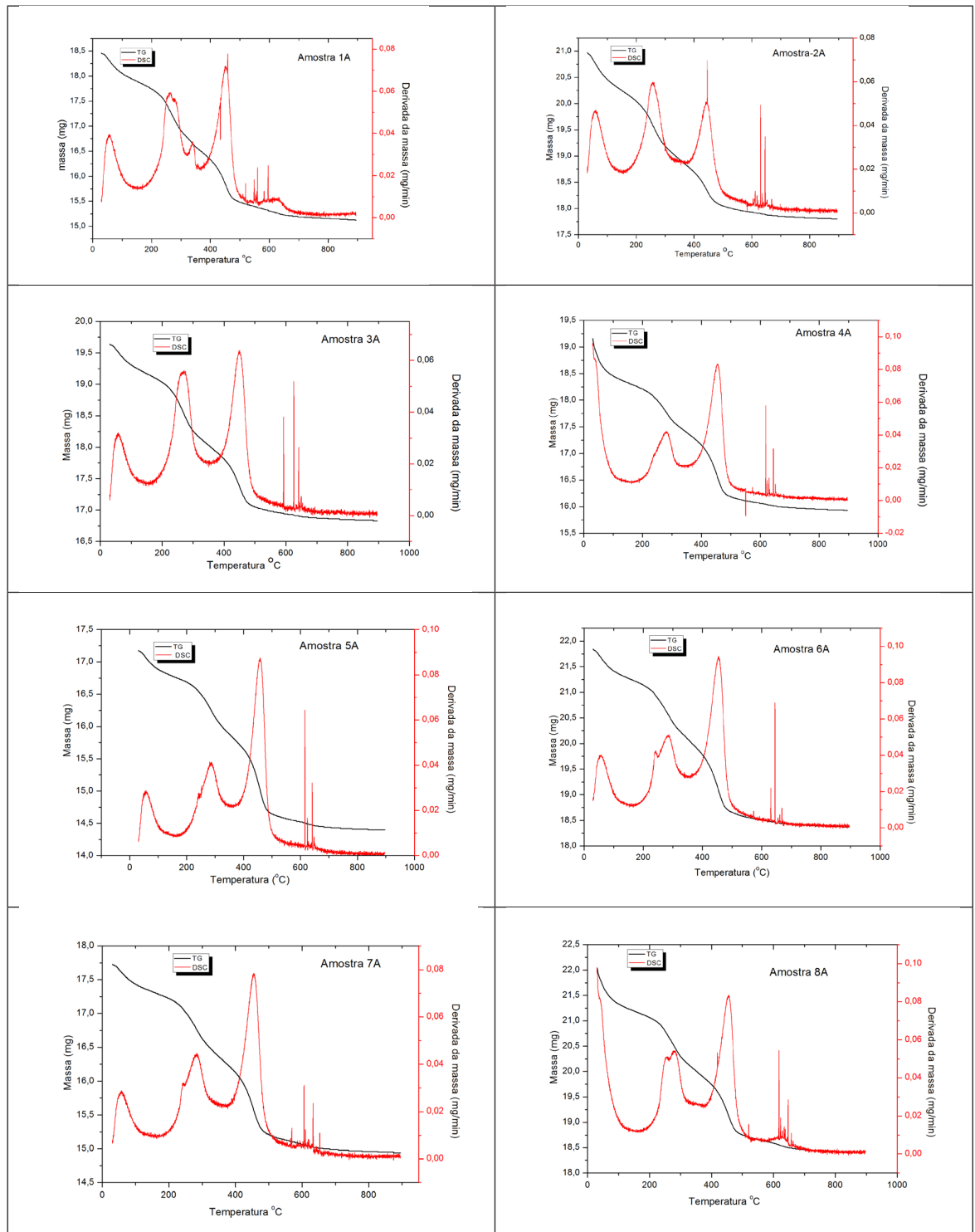


Figura 3. Termograma e DSC das amostras de solos da bacia do rio Catorze.

Espectroscopia no Infravermelho com transformada de Fourier (FTIR).

A espectroscopia de Infravermelho é uma técnica para o estudo da estrutura molecular, baseada na absorção de radiação no infravermelho pelo modo de vibração das ligações dos átomos. Tais análises são usadas para identificar grupos funcionais, como carboxilas, hidroxilas, aminas, amidas, grupos alifáticos e outros.

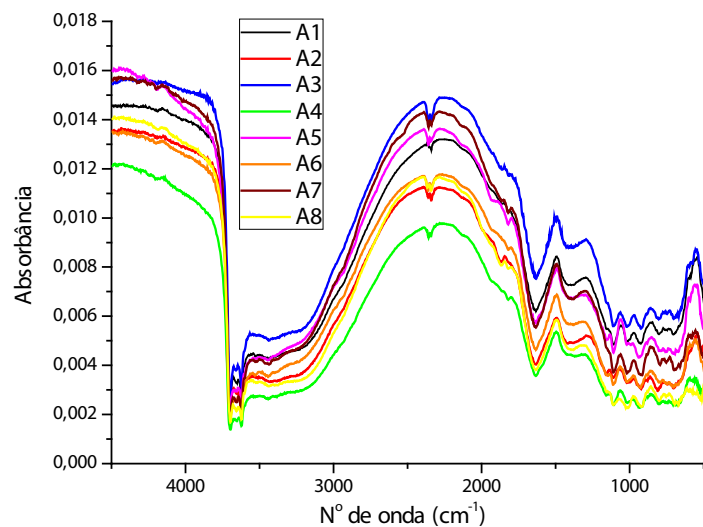


Figura 4. Espectro de FTIR para as amostras de solo.

A presença das bandas em 3690, 3630 e 3530 cm^{-1} , nos espectros das amostras de solo, pode ser atribuída a vibrações O-H de grupos Si (O-H), internos de argilas (caulinita), BALENA (2011). A banda na região de 1150 cm^{-1} , é atribuída à vibração Si-O da matéria inorgânica. Todos os espectros apresentaram banda em 3445-3440 cm^{-1} atribuída a ν (O-H) de grupos alcoólicos, fenólicos e também podem ser devidas a OH fenólicos que não estão fortemente ligados. O estiramento NH de aminas e OH de H_2O também pode contribuir para a absorbância nessa região. As bandas em 1650-1640 cm^{-1} são atribuídas na sua maioria, a C=C aromático e/ou estiramento de COO⁻ assimétrico de carboxilatos, possivelmente coordenados com metais.

CONCLUSÃO

Os resultados encontrados neste estudo evidenciaram que a compreensão e a quantificação do impacto do uso e manejo do solo na sua qualidade física e química são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis.

Em relação às análises físico-químicas, com a predominância dos Latossolos, estes são fortemente intemperizados e caracterizados por baixa fertilidade natural e com acidez potencial mais elevada, mais argila e com maior teor de magnésio.

A matéria orgânica (MO) é fundamental para elevar a CTC e, conseqüentemente,

favorecer a ciclagem de nutrientes, evitar mudanças bruscas de pH. Dos métodos empregados para determinar a MOS, o Walkley-Black é ainda hoje o mais empregado em laboratórios de solos devido à simplicidade e baixo custo, porém apresenta problemas analíticos e ambientais, devido ao uso de crômio. A determinação da matéria orgânica por calcinação pode superestimar os valores.

As curvas de TG e DSC das amostras de solo mostram dois eventos endotérmicos em 60° C e 460° C, atribuídos à perda de material volátil (umidade), e dois eventos exotérmicos em 290° C e 490° C, atribuídos a queima da matéria orgânica.

Nos espectros de FTIR observa-se a presença de argilo-minerais através das bandas típicas de deformação axial de OH de argilas na região de 3400-3700 cm⁻¹.

A maior parte da bacia do Rio Catorze é composta por latossolo, sendo assim há mais solo orgânico, com acidez potencial mais elevada, mais argila e com mais magnésio.

Em grande parte das regiões agrícolas brasileiras apresenta solos ferrosos e altamente intemperizados, o que os torna vulneráveis à perda de nutrientes e aumento da acidez pela liberação de íons metálicos, ácidos duros, como Al³⁺ e Fe³⁺

Em áreas que não sofreram ação antrópica o carbono orgânico encontra-se estável, porém, quando esses solos são submetidos ao manejo intensivo sofrem perdas na sua qualidade e quantidade, desta forma, deve-se buscar manejos que alteram o mínimo possível o solo. A MOS, têm características diferentes, principalmente em função do clima, do material de origem e das condições físico-químicas do próprio solo.

REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14.001/2004 – Sistema de Gestão Ambiental: Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

BALENA, SOLANGE PIZZOLATTO. **Correlação de análises físico-químicas e espectroscópicas de Laboratório com dados obtidos em campo por Espectrorradiômetro**. 104 f. Tese (doutorado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química do Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

EMBRAPA **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 2 ed., Brasília: Embrapa, 2006, 306p.

FONTANA, A. **Fracionamento da Matéria Orgânica e Caracterização dos Ácidos Húmicos e sua Utilização no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2009, 81 f. Tese (doutorado em Agronomia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Rio de Janeiro, 2009.

LAL, R. **Soil carbon sequestration to mitigate climate changes**. *Geoderma*. 123: 1-22, 2004.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2002.

MIYAZAWA, M., PAVAN, M. A.; OLIVEIRA, E. L.; IONASHIRO, M.; SILVA, A.K. **Gravimetric determination of soil organic matter**. Brazilian Archives of Biology and Technology. V. 43, n 5. P. 475-478, 2000.

MUGGLER, C. C et al. **Educação em solos: princípios, teoria e métodos**. Seção VII – Ensino da ciência do solo. R. Bras. Ci. Solo, 30:733-740, 2006.

PAVAN, M. A. & MIYAZAWA, M. **Análise Química de Solos: parâmetros para interpretação**. Londrina-PR: IAPAR, 1996.

RUTHES, J. M., TOMAZONI, J. C., GUIMARÃES, E., & GOMES, T. C. **Propriedades do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Catorze que Intensificam a Erosão Laminar**. Revista Brasileira de Geografia Física 01 (2012) 160-169

SEGNINI, ALINE. **Estrutura e Estabilidade da Matéria Orgânica em áreas com Potencial de Sequestro de Carbono no Solo**. 131 p. Tese (Doutorado em Ciências) Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São, USP, São Carlos, 2007.

SEGNINI, A. et al. **Estudo comparativo de métodos para a determinação da concentração de carbono em solos com altos teores de Fe (Latosolos)**. Quim. Nova, Vol. 31, No. 1, 94-97, 2008.

SPOSITO, G. **The chemistry of soil**. Oxford. New York. Ed. Oxford University Press, 1989.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2ª. ed. John Wiley & Sons, New York, 1994.

VAN RAIJ, B. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, SP, 2001.

EVALUATION OF CROP MANAGEMENT THROUGH SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES UNDER SUGARCANE ON SYSTEMS: NO-TILLAGE AND CONVENTIONAL TILLAGE

Oswaldo Julio Vischi Filho

Agronomist Engineer PhD - Coordenadoria de Defesa Agropecuária. Av. Brasil, 2340, CEP 13070-178, Campinas, SP, Brazil.

Ingrid Nehmi de Oliveira

Agricultural Engineer, Faculty of Agricultural Engineering (FEAGRI), Campinas State University (UNICAMP).

Camila Viana Vieira Farhate

Agronomist Engineer - FEAGRI/UNICAMP.

Lenon Henrique Lovera

Agronomist Engineer - FEAGRI/UNICAMP.

Zigomar Menezes de Souza

Agronomist Engineer PhD - FEAGRI/UNICAMP.

ABSTRACT: The objective of this work is to evaluate the soil physical attributes using two systems of soil tillage (conventional and no-tillage) in sugarcane renewable area. The study was carried out under field conditions at Usina Santa Fé, in Ibitinga-SP, with strips experimental design. Each experimental unit was repeated three times, the dimensions were 30 meters in length by 10 meters in width, amounting 300 m². The used treatments were no-tillage using millet as crop rotation and conventional growing, which is used at the power stations. The no-tillage using millet has gotten better results for the analyzed attributes, such as less soil bulk density, bigger total porosity, having more macro and less microporosity on surface

layers. The no-tillage has also had an average diameter on evaluated layers with values 50% greater than the conventional tillage, also a bigger aggregate stability index, proving that management more conservationist affects positively the soil structure.

KEYWORDS: no-tillage, sugarcane, aggregate stability

INTRODUCTION

The sugarcane (*Saccharum* spp.) is one of the main agricultural crops of Brazilian economy. Brazil, as the biggest worldwide producer and responsible for more than half of all sugar market in the world, has an important role in the international scenery of the production (CONSECANA, 2006). However, the growing of this crop has been suffering fast modernization process, using the agricultural machine more frequently, promoting changes in soil physical attributes. Since the soil inappropriate management leads to changes in its attributes, causing its degradation, because of several processes that lead to physical, chemical and biological attributes, being the physical characteristics degradation one of the main responsible processes for the loss of soil quality structure (FERREIRA et al., 2010).

The adoption of conservationist measures of

soil management and use, aiming to rationalize the machine use and promote greater soil conservation, it has been shown as alternatives to contribute to the economic sustainability. Thus, it has become more and more frequent on sugarcane growing the use of substantial technologies on conservationist bases such as the no-tillage system (NTS), minimum growing and rotation. (MENDONÇA et al., 2013).

Therefore, the objective of this work was to evaluate soil physical attributes, such as: soil bulk density, macroporosity, microporosity, total porosity, average diameter (AD), geometric mean diameter (GMD), aggregate stability index (ASI) and aggregate percentage index with diameter upper to 2mm (API) on sugarcane area under two systems of soil tillage (no-tillage system and conventional tillage) using millet as rotation growth.

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted on field conditions at Usina Santa Fé, on an experimental area in Ibitinga-SP, located at 21°45' of latitude south and 48°49' of longitude west at an altitude of 455 meters above sea level. The climate is classified as tropical with the dry season (Aw) according to Köppen climate classification, having cold and dry winter, and hot and rainy summer (Picture 2). In the region happens an annual average of precipitation, relative air temperature about 1.260 mm and 22,9 °C, respectively (CEPAGRI, 2015).

The experiment happened in strip with 3 repetitions. Each portion is composed of 6 sugarcane lines (Figure 1A), with spacing from 1,5 m and 30 m of length, making an area of 300 m² per portion. At no-tillage using millet as a rotation crop, only plow was used, and the conventional tillage had two light disking and plow. The millet was sowed in December 2014 and harvested in April 2015, the planting happened manually in lines through a manual plow due to the size of the seed, using 18 kg ha⁻¹ of seeds (Figure 1B). The sugarcane planting was held in April 2016 with sugarcane CTC 4 (Figure 1C). The culms were distributed by a tractor John Deere 7205j 205 cv 4x4 and sugarcane sting planting machine DMB PCP 6000.



Figure 1A: 6 Sugarcane lines



Figure 1B: Millet



Figure 1C: Sugarcane

The soil samples were collected in depth of 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m, 10-0,20 m, 0,20-0,30 m e 0,30-0,70 m for all the evaluated attributes, for bulk density and porosity it was used a volumetric ring sized around 0,05m x 0,05m and for other attributes, plastics bags were used avoiding to smash during collecting. The soil bulk density was calculated using the relation between dry soil mass in a kiln at 105 °C and the sample volume, following Embrapa methodology (2011). The porosity was calculated from the sand tension

table, applying a water column of 0,6 m height on saturated samples in order to determine macroporosity. After this, the samples were taken to the kiln (105 °C), and, then weighted in order to determine microporosity. The total porosity was obtained from the sum of macro e microporosity, following Embrapa methodology (2011).

For average diameter, the samples were taken to be sieved through vibrator Prooutest. The aggregates that have passed by sieve 9,52 mm and that were retained on the sieve of 4,76 mm were used. After being air-dried, the aggregates were saturated per ten minutes and after that taken to a sieve set for sieving under water for 30 minutes. It has been used five sieves with diameter of 4,76, 2,0, 1,0, 0,5 e 0,25 mm, in order to obtain the following classes of aggregates C1 (9,52-4,76 mm), C2 (4,76-2,0 mm), C3 (2,0-1,0 mm), C4 (1,0-0,5 mm), C5 (0,5-0,25 mm) e C6 (< 0,25 mm).

The geometric mean diameter (GMD) represents an estimative of the size of aggregates class that occurs more and it can be estimated by equation 2 (DEMARCHI et al., 2011). The aggregate stability index (ASI) (Equation 3) represents the measure of soil total aggregation and it does not consider the distribution per aggregate class; therefore, as the biggest, the quantity of aggregates, < 0,25 mm, the less will be the ASI (DEMARCHI et al., 2011). The aggregate percentage index with diameter upper to 2 mm (API) represents the proportion of aggregate bigger than 2 mm, (Equation 4) (WEDLING et al., 2005). These soil aggregates indexes were calculated following this way:

$$AD = \sum (x_i \times w_i) \quad (1)$$

$$GMD = \exp\left[\frac{\sum [\ln(x_i) \times P_i]}{\sum P_i}\right] \quad (2)$$

$$ASI = \left[\frac{PA - w_{p < 0,25}}{PA}\right] \times 100 \quad (3)$$

$$API = w_{i < 2} \times 100 \quad (4)$$

The analysis of variance was done using Assistant program statistic; on these, test F were applied for significance and average compared by Tukey test ($p < 0,05$).

RESULTS AND DISCUSSION

At table 1 is possible to see that for soil bulk density there was increasing with depth, which is expected because in the superficial layers is where we have soil tillage. It is also possible to realize that for the no-tillage done with millet rotation crop, the soil bulk density was less on all layers analyzed comparing to conventional tillage.

Dealing with macroporosity and microporosity, the no-tillage had a bigger macroporosity and a smaller microporosity, this could have happened due to pores left by the location where there were millet roots, increasing the macropores (HÅKANSSON et al., 1988). The total porosity of both soils was statistically the same.

The average diameter (AD) for the average between the layers using no-tillage

and millet was bigger than using conventional tillage. The value of AD was bigger on all layers, except for 0,30-0,70 cm, with no-tillage, this can occur because the organic matter propitiates the formation of more stable aggregates and act on more superficial layers of soil (GARCIA; ROSOLEM, 2010). The geometric mean diameter (GMD) was statistically the same between analyses, as well as the aggregate stability index (ASI).

Evaluating the percentage of aggregates with diameter upper to 2mm is possible to see a significant difference using no-tillage, as also proving that the organic matter facilitates more stable aggregate formation (GARCIA; ROSOLEM, 2010).

Treatment	0-0,05 m	0,05-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,30 m	0,30-0,70 m	Average
Soil bulk density						
Millet PD	1,45 aA	1,63 aA	1,70 aA	1,67 aA	1,58 aA	1,60 B
PC	1,56 bA	1,73abA	1,86 aA	1,75 abA	1,71 abA	1,72 A
Average	1,51 b	1,68 ab	1,78 a	1,71ab	1,65 ab	
Macroporosity						
Millet PD	0,185 aA	0,104 aB	0,123 aB	0,133 aB	0,107 aB	0,130 A
PC	0,196 aA	0,107 aB	0,064 bB	0,083 bB	0,058 bB	0,102 B
Average	0,191 a	0,106 b	0,094 b	0,109 b	0,083 b	
Microporosity						
Millet PD	0,229	0,263	0,242	0,246	0,284	0,252 B
PC	0,220	0,241	0,303	0,272	0,333	0,273 A
Average	0,224 c	0,252 bc	0,272 ab	0,258 bc	0,308 a	
Total Porosity						
Millet PD	0,415	0,368	0,365	0,380	0,391	0,383 A
PC	0,417	0,348	0,368	0,356	0,392	0,376 A
Average	0,415 a	0,358 b	0,366 b	0,367 b	0,391 ab	
AD						
Millet PD	0,754 aAB	1,074 aA	0,840 aAB	0,972 aA	0,508 bB	0,828 A
PC	0,518 aA	0,425 bA	0,485 bA	0,516 bA	0,790 aA	0,546 B
Average	0,636 a	0,749 a	0,662 a	0,744 a	0,647 a	
GMD						
Millet PD	1,019	1,021	1,020	1,021	1,017	1,020A
PC	1,017	1,017	1,019	1,019	1,021	1,019B
Average	1,018 a	1,018 a	1,019 a	1,020 a	1,018 a	
ASI						
Millet PD	47,25	46,80	52,05	50,05	55,64	50,05 A
PC	36,39	37,90	41,96	50,31	45,96	41,96 A
Average	41,81 a	42,35 a	47,00 a	50,18 a	50,80 a	
API						
Millet PD	22,52 aA	23,97 aA	22,38 aA	24,06 aA	10,59 aA	20,71 A
PC	9,70 bA	12,70 bA	7,54 bA	9,05 bA	20,38 aA	11,87 B
Average	16,11 a	18,33 a	14,96a	16,56 a	15,48 a	

Table 1: Soil bulk density (SD), Macroporosity (MA), microporosity (MI), total porosity (TP), Average diameter (AD), Geometric mean diameter (GMD), Aggregate stability index (ASI) and Aggregate percentage index greater than 2 mm (API) obtained at an area located in Ibitinga, Estate of São Paulo, Brazil.

*Average followed by the same capital letter on column and small letter on the line do not differentiate statistically among them at 5% level of probability

CONCLUSION

For the evaluated attributes the use of no-tillage with a cover plant, millet was better than conventional tillage, except for microporosity, being statistically better for soil bulk density, macroporosity, average diameter and aggregates percentage with diameter upper to 2 mm. This proves the theory that organic matter improves the soil physical attributes.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the AGRISUS foundation for supporting there search project and publishing the abstract at 7th World Congress on Conservation Agriculture.

REFERÊNCIAS

CEPAGRI. Centro de pesquisas meteorológicas e climáticas aplicadas a agricultura. Clima dos Municípios Paulistas. 2015.

CONSECANA. Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool do estado de São Paulo. Manual de instruções. 5. ed. Piracicaba: CONSECANA, 2006.

DEMARCHI, J. C.; PERUSI, M. C.; PIROLI, E. D. Análise da estabilidade de agregados de solos da microbacia do Ribeirão São Domingos, Santa Cruz do Rio Pardo - SP, sob diferentes tipos de uso e ocupação. R. Bras. Tecnol. Aplic. Ci. Agric., v. 4, p. 7–29, 2011.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. [s.l: s.n.]

FERREIRA, R. R. .; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. Semina: Ciências Agrárias, v. 31, n. 4, p. 913–932, 2010.

GARCIA, R.A.; ROSOLEM, C. A. Agregados em um Latossolo sob sistema plantio direto e rotação de culturas. Pesquisa Agropecuária Brasileira - Brasília, v. 45, n. 12, p. 1489–1498, 2010.

HÅKANSSON, I.; VOORHEES, W. B.; RILEY, H. Vehicle and Wheel Factors Influencing Soil Compaction and Crop Response in Different Traffic Regimes. Soil and Tillage Research, v. 11, n. 3–4, p. 239–282, jun. 1988.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; PEREIRA, F. C. B.; LIMA, R. B.; VALERIO FILHO, W. V.; YANO, E. H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras e milho em sucessão com soja em região de cerrados. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, n. 1, p. 251–259, 2013.

WEDLING, B.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. Pesquisa Agropecuária Brasileira - Brasília, v. 40, n. 5, p. 487–494, 2005.

QUALIDADE FÍSICA DO SOLO EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

Carlos Levi Anastacio dos Santos

Universidade Federal do Ceará, Departamento
de Ciência do Solo
Fortaleza – Ceará

Antonio Mauricélio Duarte da Rocha

Universidade Federal do Ceará, Curso de
Agronomia
Fortaleza – Ceará

Raimundo Nonato de Assis Júnior

Universidade Federal do Ceará, Departamento
de Ciência do Solo
Fortaleza – Ceará

Jaedson Cláudio Anunciato Mota

Universidade Federal do Ceará, Departamento
de Ciência do Solo
Fortaleza – Ceará

RESUMO: A irrigação é fundamental para a elevação da produtividade das culturas agrícolas, principalmente, nas regiões que não conseguem atender a demanda hídrica requerida por elas de modo natural. Acontece que o uso inadequado dessa técnica de manejo resulta na degradação da estrutura do solo e conseqüentemente na depreciação da sua qualidade. Posto que a condição física do solo é relevante para o desenvolvimento vegetal e que a recuperação da estrutura para um nível adequado é lenta, faz-se necessário compreender e quantificar o impacto das técnicas de manejo na qualidade do solo,

por isso avaliamos a qualidade física do solo sob cultivo de bananeira em sistemas de irrigação localizada: microaspersão e gotejamento. Para tanto, amostras com estrutura preservada e não preservada foram coletadas na camada de 0 a 3 cm, considerando a entrelinha do bananal (próximo à linha de irrigação) e a rua do bananal para avaliação de atributos de natureza física. O bananal apresenta boa qualidade física do solo e não há diferença dela em virtude dos sistemas de irrigação localizada, todavia o modo em que a água é aplicada faz com que a posição de amostragem no cultivo de bananeira difira apenas para o sistema de irrigação por gotejamento.

PALAVRAS-CHAVE: Porosidade do solo; Irrigação localizada; Indicadores de qualidade física do solo.

ABSTRACT: Irrigation is essential for raising the crop productivity, mainly in regions that can't reach the water demand of naturally way. Occurs improper use of this management technique results in soil structure degradation and consequently depreciation in your quality. Since the soil physical condition is important for plant development and that recovery of the structure to an appropriate level is slow, it is necessary to understand and quantify the impact of management techniques in soil quality. So, we evaluated the physical quality of the soil under banana cultivation in localized irrigation systems: dripping and micro sprinklers. For this, samples were collected with the disturbed

and undisturbed structure, at layer 0 – 3 cm, on street and inter-row of the banana tree to assess soil physical quality. The both area with banana crop has good soil physical quality, however the way in which the water is applied makes the sampling position in the banana crop differ only for the drip irrigation system.

KEYWORDS: Soil porosity; Localized irrigation systems; Soil physical quality indicators.

1 | INTRODUÇÃO

A banana é a segunda fruta mais consumida do Brasil, com média per capita de 18,6 g dia⁻¹, perdendo apenas para a laranja. No Ceará, mais de 40 municípios apresentam rendimentos da fruta superiores ao estabelecido nacionalmente, 14,14 t ha⁻¹ (IBGE, 2011). Esta característica torna o estado autossuficiente no abastecimento do mercado interno. Contudo, para obter esta autonomia é necessário manter uma alta produtividade, para tanto, o bananicultor deve ter uma abordagem holística de seu cultivo, a fim de avaliar se as técnicas de manejo adotadas permitem a manutenção da qualidade do solo, o que contribui para a sustentabilidade do seu sistema de produção.

Uma das técnicas de manejo adotada é a irrigação, a qual induz aumentos na produtividade da bananeira, uma vez que as condições pluviométricas predominantes no Ceará não satisfazem a necessidade hídrica da cultura, que chega a ter 80% de sua massa constituída por água. Todavia, o uso inadequado dessa técnica de manejo resulta na degradação da estrutura do solo e conseqüentemente na depreciação da sua qualidade.

Posto que a condição física do solo é relevante para o desenvolvimento vegetal e que a recuperação da estrutura para um nível adequado é lenta, faz-se necessário compreender e quantificar o impacto das técnicas de manejo na qualidade do solo, para tanto a hipótese deste estudo é de que há diferença entre a qualidade física do solo em virtude dos sistemas de irrigação localizada (microaspersão e gotejamento) e da posição de amostragem (entrelinha e rua do bananal). Assim, avaliou-se a qualidade física do solo sob cultivo de bananeira em sistemas de irrigação localizada utilizando-se atributos de natureza física.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo equivale a dois lotes, de aproximadamente 3 hectares cada, cultivados com bananeira (*Mussa* sp.), por 8 anos, sob sistema de irrigação localizada (Figura 1), ambos situados no município de Quixeré, no estado do Ceará.



Figura 1. Lotes de bananeira com aproximadamente 3 hectares, cada, em que foram obtidas as amostras de solo. A- lote irrigado por sistema de gotejamento e B- lote irrigado por sistema de microaspersão.

O lote sob gotejamento apresenta, no centro da área, coordenada geográfica $5^{\circ} 04' 14''$ S e $37^{\circ} 51' 57''$ O, enquanto o lote sob microaspersão, distante 5 m deste, apresenta no centro da área, coordenada geográfica $5^{\circ} 4' 18''$ S e $37^{\circ} 51' 56''$ O. O solo de ambas as áreas é classificado como Cambissolo, conforme a terceira edição do sistema brasileiro de classificação de solos.

Amostras com estrutura preservada e com estrutura não preservada foram coletadas considerando a entrelinha do bananal (próximo à linha de irrigação) e a rua do bananal, na camada de 0 a 3 cm (Figura 2).

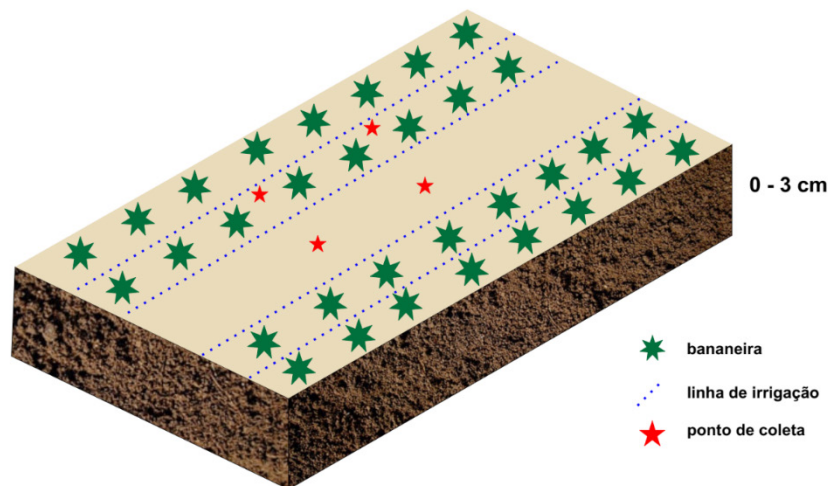


Figura 2. Disposição de parte dos pontos de coleta de amostras de solo com estrutura preservada e estrutura não preservada nos lotes de irrigação localizada.

As amostras com estrutura preservada foram obtidas a partir de cilindro metálicos com dimensões de 3 cm de altura e 5 cm de diâmetro, com 8 repetições para cada lote, totalizando 32 amostras (2 sistemas de irrigação localizada x 2 posições de amostragem x 8 repetições).

As seguintes análises foram realizadas: granulometria, argila dispersa em água

(calculado o grau de floculação), densidade do solo, densidade de partículas, matéria orgânica (a partir da multiplicação do carbono orgânico por 1,724) e estabilidade de agregados (calculado o diâmetro médio ponderado), conforme (DONAGEMA et al., 2011).

Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, cujo a parcela é representada pelo sistema de irrigação localizada (lote com microaspersão ou lote com gotejamento) e a subparcela é representada pela posição de amostragem (entrelinha ou rua do banal). Aplicou-se o teste de Kolmogorov – Smirnov, para verificar a normalidade dos dados, o teste F para análise de variância e o teste de Tukey para a comparação de médias, todos a 5%.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos de ambos os lotes, independentemente da posição de amostragem, classificam-se quanto a textura como franco argiloso, conforme a Tabela 1.

Amostra	Areia						Silte	Argila total	Classe textural
	MG	G	M	F	MF	Total			
	-----g kg ⁻¹ -----								
M	22	16	30	99	48	215	490	295	Franco argiloso
LM	24	19	35	108	52	238	483	279	Franco argiloso
G	26	17	34	128	49	252	422	326	Franco argiloso
LG	20	17	36	137	54	263	461	276	Franco argiloso

Areia MG: muito grossa; GR: grossa; ME: média; FI: fina; MF: muito fina. M: amostra coletada na rua do bananal com sistema de microaspersão. LM: amostra coletada na entrelinha do bananal com sistema de microaspersão. G: amostra coletada na rua do bananal com sistema de gotejamento. LG: amostra coletada na entrelinha do bananal com sistema de gotejamento.

Tabela 1. Granulometria com subdivisão da fração areia conforme a posição de amostragem.

Solos que se enquadram nessa classe textural apresentam limite crítico para densidade do solo de 1,40 g cm⁻³ (USDA, 2001). Considerando que a amplitude encontrada para esse atributo compreende o intervalo entre 1,15 g cm⁻³ e 1,30 g cm⁻³, os solos, independentemente do sistema de irrigação localizada ou da posição de amostragem, não diferem e denotam valores abaixo do limite crítico, conforme Gráfico 1.

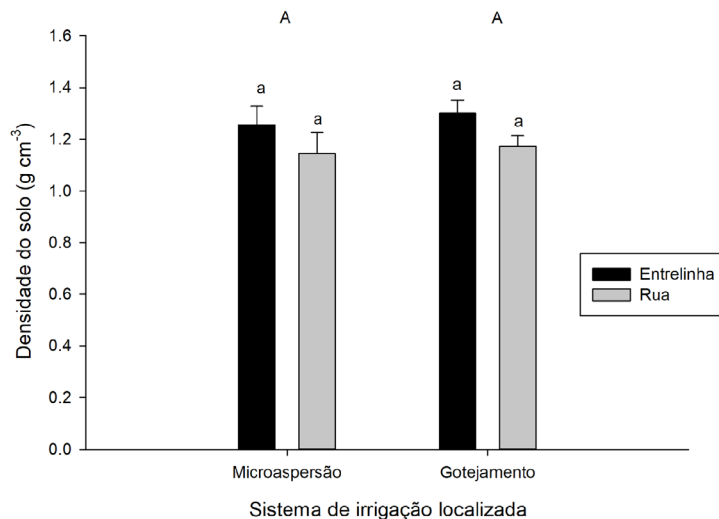


Gráfico 1. Densidade do solo para as diferentes posições de amostragem, conforme o sistema de irrigação localizada.

Além disso, verificamos que os maiores valores de densidade do solo encontram-se na entrelinha do bananal (1,26 g cm⁻³ para o lote com microaspersão e 1,30 g cm⁻³ para o lote com gotejamento) se comparado a rua (1,15 g cm⁻³ para o lote com microaspersão e 1,17 g cm⁻³ para o lote com gotejamento). Isso decorre do manejo empregado, pois os resíduos do bananal são aportados na rua e não na entrelinha – local onde ocorre o maior tráfego de pessoas para realizar os tratamentos culturais requeridos pela cultura.

Não há diferença entre o grau de floculação entre os lotes e entre as posições de amostragem para cada lote, conforme o Gráfico 2, apesar de verificarmos os menores valores na entrelinha (43,2% para o lote com microaspersão e 41,3% para o lote com gotejamento) se comparado a rua (54,2% para o lote com microaspersão e 48,33% para o lote com gotejamento).

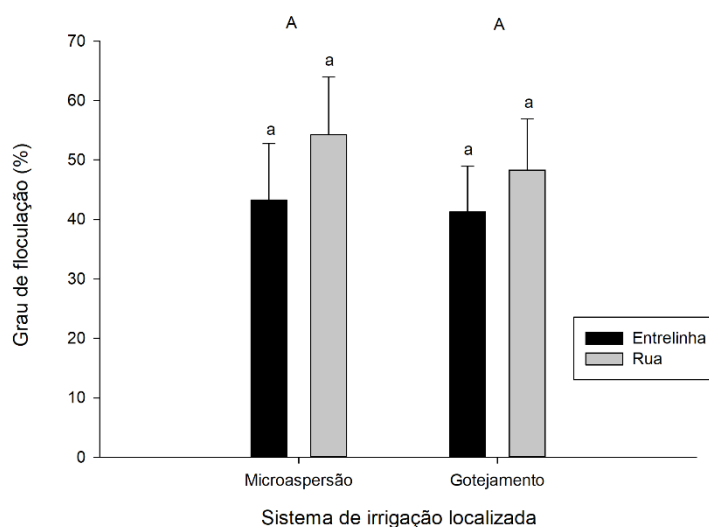


Gráfico 2. Grau de floculação para as diferentes posições de amostragem, conforme o sistema de irrigação localizada.

Os menores valores na entrelinha contribuem para elevar o valor de densidade do solo, uma vez que partículas de argilas dispersas podem preencher os espaços porosos. Os valores tidos como ótimo são superiores a 50% (COSTA; GOEDERT; DE SOUSA, 2006), então constatamos que os valores se encontram em torno desse limite.

A análise para densidade de partículas indica que não há diferença entre as posições de amostragem para cada lote, mas há diferença entre os lotes (2,55 g cm⁻³ para o lote com sistema de microaspersão e 2,60 g cm⁻³ para o lote com sistema de gotejamento), conforme o Gráfico 3.

Esse atributo é considerado estável, além disso depende apenas da composição das partículas sólidas, assim, considerando que as áreas apresentam o mesmo material de origem e que distam 5 m uma da outra, é razoável afirmar que a diferença encontrada entre os lotes advém da quantidade de material orgânico.

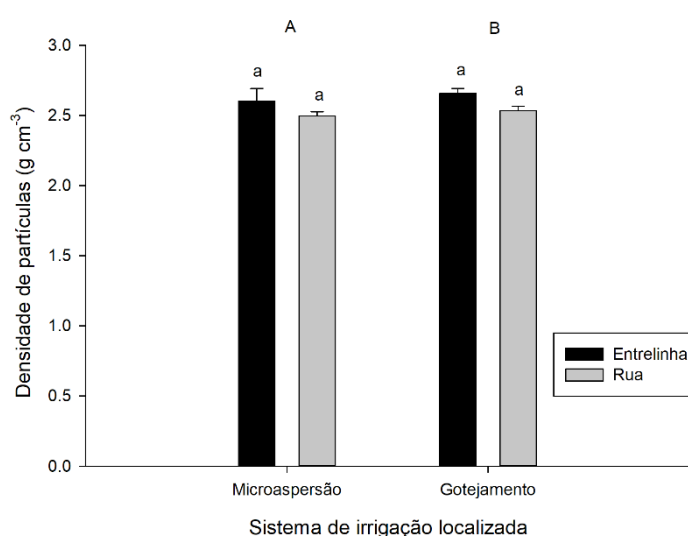


Gráfico 3. Densidade de partículas para as diferentes posições de amostragem, conforme o sistema de irrigação localizada.

Os valores de matéria orgânica indicam diferença entre os lotes (34,7 g kg⁻¹ para o lote com microaspersão e 20,6 g kg⁻¹ para o lote com gotejamento).

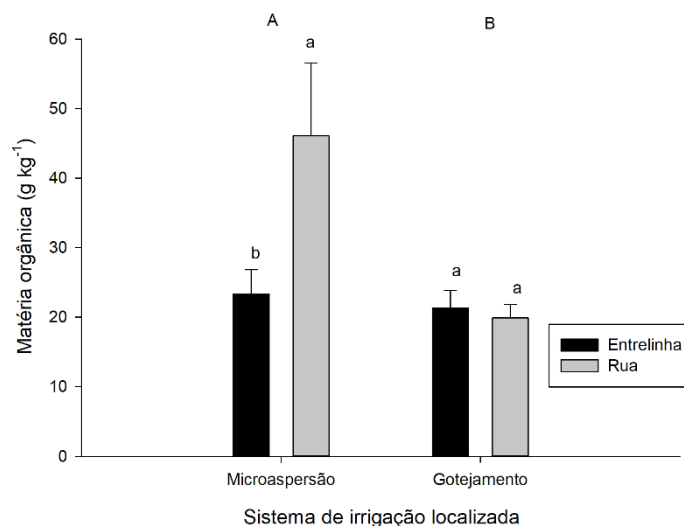


Gráfico 4. Conteúdo de matéria orgânica do solo para as diferentes posições de amostragem, conforme o sistema de irrigação localizada.

Isso acontece, pois, o sistema de microaspersão umedece a entrelinha e a rua do bananal – local em que são aportados os restos culturais da bananeira, enquanto o sistema por gotejamento, umedece apenas a entrelinha do bananal. Considerando que alta temperatura associada à umidade propicia maiores taxas de decomposição da biomassa vegetal (BAYER; MIELNICZUK, 2008), há maior decomposição dos resíduos culturais em área que dispõem de água e material vegetal, o que explica a diferença entre as posições de amostragem apenas para a área com microaspersão (23,3 g kg⁻¹ para a entrelinha e 46,1 g kg⁻¹ para a rua).

A distribuição das classes de agregados estáveis em água do solo indica a predominância de macroagregados, conforme Tabela 2.

Amostra	Classe de agregados (diâmetro em mm)				
	4,76 - 2	2 - 1	1 - 0,5	0,5 - 0,25	< 0,25
	-----%-----				
M	62,4	12,6	6,7	4,5	14
LM	61,7	13,6	8,3	6,2	10
G	68,5	6,9	6,2	5,3	13
LG	45,6	23,4	11,9	5,3	14

M: amostra coletada na rua do bananal com sistema de microaspersão. LM: amostra coletada na entrelinha do bananal com sistema de microaspersão. G: amostra coletada na rua do bananal com sistema de gotejamento. LG: amostra coletada na entrelinha do bananal com sistema de gotejamento.

Tabela 2. Valores médios de macroagregados, mesoagregados e microagregados conforme a posição de amostragem.

Não há diferença entre os sistemas de irrigação localizada, mas se considerarmos a posição de amostragem, há diferença apenas para o lote com gotejamento (46 % para a entrelinha e 68% para a rua), conforme o Gráfico 5, explicado pelo baixo grau de floculação.

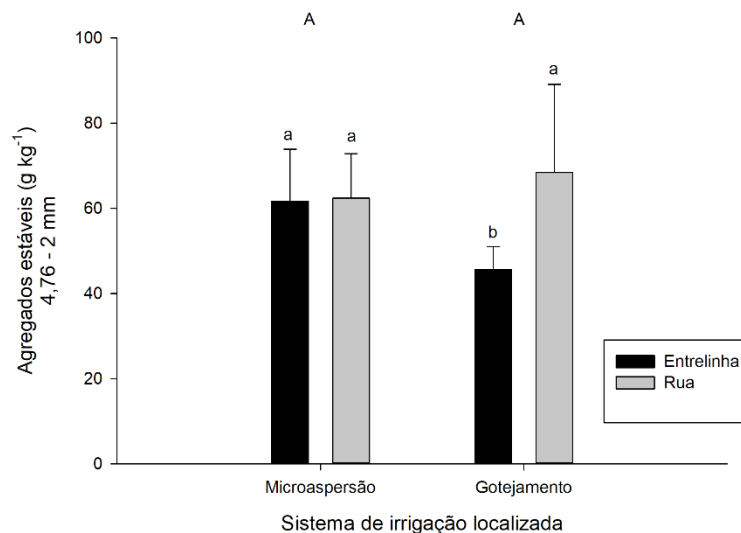


Gráfico 5. Porcentagem de macroagregados estáveis para as diferentes posições de amostragem, conforme o sistema de irrigação localizada.

O mesmo comportamento ocorre para o diâmetro médio ponderado, conforme o Gráfico 6. O valor crítico para esse atributo é 2 mm (BORGES; SOUZA, 2009), como os valores encontrados são superiores e tendo por base os limites dos outros atributos já discutidos, afirmamos que esse solo apresenta boa qualidade física do solo.

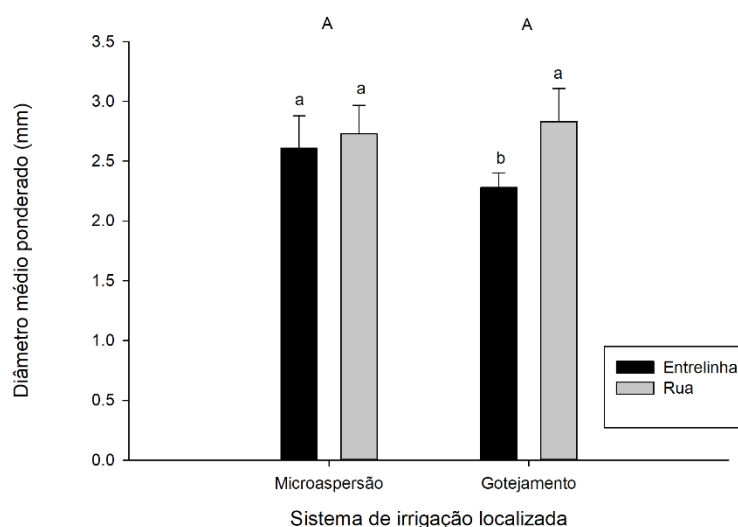


Gráfico 6. Porcentagem de macroagregados estáveis para as diferentes posições de amostragem, conforme o sistema de irrigação localizada.

4 | CONCLUSÃO

Com base nos indicadores utilizados não há diferença entre a qualidade física do solo em virtude dos sistemas de irrigação localizada, mas o modo em que a água é aplicada faz com que a posição de amostragem no cultivo de bananeira difira apenas para o sistema de irrigação por gotejamento.

REFERÊNCIAS

- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica**. In: SANTOS, G. A. .; SILVA, L. S. .; CANELLAS, L. P. .; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7–16.
- COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; DE SOUSA, D. M. G. **Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 41, n. 7, p. 1185–1191, 2006.
- DONAGEMA, G. K. .; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B. .; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.
- IBGE. **Lavouras permanentes do estado do Ceará 2009**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=ce&tema=lavourapermanente2009#>>. Acesso em: 27 ago. 2011.
- L., A.; BORGES; SOUZA, S. **Atributos Físicos De Solos Cultivados Com Bananeira , Sob Irrigação , Em Áreas De Produção Integrada , No Projeto Formoso , Bom Jesus Da Lapa , Bahia**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, n. 42, p. 31, 2009.
- USDA. **Soil Quality Test Kit Guide** Soil Quality Institute Washington Natural Resources Conservation Service, , 2001.

AMOSTRA INFINITAMENTE ESPESSA DE SOLO E DE PLANTA PARA ANÁLISE POR ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

Elton Eduardo Novais Alves

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos
Viçosa – Minas Gerais

Pablo de Azevedo Rocha

Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Geografia
Vitória – Espírito Santo

Mariana Gonçalves dos Reis

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola
Viçosa – Minas Gerais

Liovando Marciano da Costa

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos
Viçosa – Minas Gerais

RESUMO: A espectrometria de fluorescência de raios X (XRF) é uma técnica rápida e não destrutiva que possibilita a análise de elementos químicos em amostras de solos e de plantas. Um dos parâmetros a ser observado durante o preparo da amostra para a análise por XRF é a espessura ou a massa por unidade de área (m_{ua}) mínima da amostra. O objetivo desse trabalho foi avaliar um método simples pra determinar a m_{ua} mínima de amostras de solo e de planta necessária para obtenção de amostras infinitamente espessas. Foram avaliadas três amostras de solo (arenoso, argiloso e muito argiloso) e uma de madeira de

eucalipto, que foram transformadas em pastilhas com m_{ua} de 0,14; 0,28; 0,57 e 1,14 g cm⁻². As pastilhas foram dispostas sobre uma placa de cobre metálico e analisadas por XRF sob as tensões de 15 e 50 keV. As únicas amostras que apresentaram o pico Cu K α (oriundo do porta amostra) foram as de madeira com 0,14 e 0,28 g cm⁻² de m_{ua} . Para as amostras de solo, mesmo os menores valores de m_{ua} a linha Cu K α foi totalmente absorvida pela amostra. As intensidades da fluorescência dos elementos presentes em cada amostra não diferiram significativamente dentro de cada condição de leitura. Assim, a m_{ua} mínima necessária para análise de madeira foi de 0,57 g cm⁻² e para as amostras de solo a menor quantidade utilizada da m_{ua} (0,14 g cm⁻²) foi suficiente para a obtenção da amostra infinitamente espessa.

PALAVRAS-CHAVE: EDXRF, massa por unidade de área, análise quantitativa, XRF, preparo de amostra.

ABSTRACT: X-ray fluorescence spectrometry (XRF) is a fast and non-destructive technique that allows chemical elements analysis in soil and plant samples. The minimum thickness or mass per area (m_{ua}) of the sample is one of the parameters that must be observed during sample preparation for quantitative analysis by XRF. Here, we aimed to apply a simple method to evaluate the minimum of soil and plant samples needed to obtain an infinitely thick sample. Three soils (sandy, sandy

clay and clay textures) and a eucalyptus wood sample were evaluated. Sieved samples pressed to pellets with m_{ua} of 0.14; 0.28; 0.57 and 1.14 g cm⁻². The pellets were placed on a copper metal plate and analyzed by XRF under 15 and 50 keV tube voltages. Only wood samples with 0.14 and 0.28 g cm⁻² of m_{ua} showed Cu K α peak (from the sample holder). For the soil samples, even the lowest values of the X-ray beam was totally absorbed by the sample. X-ray fluorescence intensities of chemical elements present in each sample did not differ significantly within each reading condition. Thus, the m_{ua} minimum required for eucalyptus wood analysis was 0.57 g cm⁻² and for the soil samples the smallest amount m_{ua} (0.14 g cm⁻²) used was sufficient to achieve the infinitely thick sample.

Keywords: EDXRF, mass per unit area, quantitative analysis, XRF, sample preparation

1 | INTRODUÇÃO

A espectrometria de fluorescência de raios X (XRF) é uma técnica espectroscópica utilizada para a determinação qualitativa e quantitativa de elementos químicos em diferentes tipos de amostras (VAN GRIEKEN & MARKOWICZ, 2002; BECKHOFF et al., 2006). Existem diferentes variações no sistema de detecção de espectrômetros comerciais que utilizam o mesmo fundamento da XRF, como a fluorescência de raios X por dispersão de ondas (WD-XRF), fluorescência de raios X por dispersão de energia (ED-XRF) e outras variações do ED-XRF utilizando microfeixe (μ ED-XRF) ou equipamentos portáteis (pED-XRF). Em todos esses equipamentos é possível quantificar os elementos químicos em diferentes tipos de amostras. No entanto, é necessário seguir adequadamente diferentes procedimentos, desde a coleta e preparo da amostra até o processamento final dos dados (VAN GRIEKEN & MARKOWICZ, 2002; SALVADOR, 2005, BECKHOFF et al., 2006). Diante da importância do preparo da amostra para a técnica de XRF, serão descritos os fundamentos teóricos dos fatores que influenciam a intensidade da fluorescência de raios X para a análise quantitativa, com o foco no efeito da espessura (t) ou massa por unidade de área (m_{ua}).

1.1. Fatores que Influenciam a Intensidade da Fluorescência de Raios X

Para a análise quantitativa por XRF é preciso estabelecer uma relação linear entre a intensidade da linha característica (fluorescência) e a concentração do elemento químico (analito) (equação (1)). No entanto, a relação entre concentração e intensidade nem sempre é tão simples e direta, pois a intensidade da linha característica medida depende de outros fatores, como do efeito matriz, tipo e método de preparação da amostra, forma e espessura da amostra analisada e condições da medida, dentre outros. Assim, para que a equação (1) seja válida é necessário estabelecer uma série de procedimentos padrões durante a análise e o preparo da amostra.

$$I_i = k_i \cdot C_i + B_i \quad (1)$$

Onde, I_i é a intensidade da radiação característica, C_i é a concentração do analito (); é a

intensidade da radiação quando a concentração do analito (i); b_i é igual a zero (background ou BG) ou o intercepto da equação; e o k_i é a constante de proporcionalidade ou sensibilidade do método. As constantes k_i e b_i são determinadas pelo ajuste de mínimos quadrados com base em amostras de referência medidas (regressão linear) (STIKO & ZAWISZA, 2012).

A equação (2), proposta por Sherman (1955) (STIKO & ZAWISZA, 2012), descreve de forma mais completa as variáveis que influenciam a intensidade da fluorescência de determinado analito (i).

$$I_i = \frac{d\Omega}{4 \cdot \pi \cdot \text{sen}\phi_1} \cdot Q_i \cdot q_i \cdot C_i \cdot \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{borda}} \tau_i(\lambda) \cdot I_0(\lambda) \frac{1 - e^{-\left(\frac{\mu(\lambda)}{\text{sen}\phi_1} + \frac{\mu(\lambda_i)}{\text{sen}\phi_2}\right) \cdot \rho \cdot t}}{\frac{\mu(\lambda)}{\text{sen}\phi_1} + \frac{\mu(\lambda_i)}{\text{sen}\phi_2}} \left(1 + \sum_j C_j \cdot S_{ij}\right) d\lambda \quad (2)$$

Onde,

$d\Omega$: é a diferencial do ângulo sólido da radiação fluorescente;

ϕ_1 : é o ângulo de incidência da radiação primária;

i, j : analito e o elemento químico da matriz, respectivamente;

Q_i : é sensibilidade do espectrômetro para a fluorescência do analito i ;

C_i, C_j : são as concentrações do analito i e do elemento j da matriz (g g^{-1});

q_i : é a sensibilidade do analito;

λ_{min} : é o comprimento de onda mínimo da radiação incidente;

λ_{borda} : é a borda de absorção do analito i ;

$\tau_i(\lambda)$: é o coeficiente de absorção da radiação primária de i ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$);

$I_0(\lambda)$: é a intensidade da radiação primária;

ρ : é a densidade da amostra (g cm^{-3});

t : é a espessura da amostra (cm);

$\mu(\lambda)$ e $\mu(\lambda_i)$: coeficientes de atenuação total por massa da amostra para a radiação incidente λ e a radiação característica λ_i , respectivamente;

ϕ_1 e ϕ_2 : ângulos de incidência e emissão da radiação, respectivamente;

S_{ij} : é efeito de reforço (enhancement) para o elemento j da matriz, que poderá aumentar a fluorescência do analito i .

Cada termo da equação (2) indica que a intensidade da fluorescência de raios X é dependente das variáveis da seguinte forma:

1. $\frac{d\Omega}{4 \cdot \pi \cdot \text{sen}\phi_1}$: dependência em relação ao ângulo de incidência e do ângulo do sólido da radiação primária;
2. $Q_i \cdot q_i \cdot C_i$: dependência da sensibilidade do sistema de detecção do espectrômetro (como o tipo de detector), do analito e da concentração do analito na amostra;
3. $\tau_i(\lambda) \cdot I_0(\lambda)$: dependência da capacidade ou da probabilidade de absorção da radiação incidente pela amostra e da intensidade da radiação incidente;
4. $\rho \cdot t$: dependência da densidade e da espessura da amostra. Também denominado de massa por unidade de área ($m_{ua} = \rho \cdot t$);

5. $\frac{\mu(\lambda)}{\text{sen}\phi_1} + \frac{\mu(\lambda_i)}{\text{sen}\phi_2}$: dependência da capacidade de absorção total da radiação incidente e da radiação da fluorescência de i . Ou a influência do ângulo de incidência da radiação primária e pelo ângulo do detector;

6. $\sum_j C_j \cdot S_{ij}$: dependência dos demais elementos da matriz j presentes na amostra (efeito matriz químico).

7. A integral $\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\text{borda}}} d\lambda$ é aplicada apenas quando um feixe policromático (de λ_{\min} a $\lambda_{\text{borda de } i}$) é utilizado para excitar a espécie, como no caso do espectro contínuo produzido no tubo de raios X. Pois, a intensidade da fluorescência será a soma infinitesimal λ (soma de Riemann) da contribuição de cada comprimento de onda infinitesimal, incidente na espécie, capaz de excitar o elemento i e j ($\lambda_{\min < \lambda < \text{borda}}$). Caso o feixe incidente seja monocromático, a integral é desnecessária.

1.2. Amostra Infinitamente Espessa

Observa-se na equação (2) que a intensidade da fluorescência (I_i) depende da espessura da amostra (t). Verifica-se na prática que I_i aumenta até determinado ponto em função da espessura t , uma vez que a radiação primária e fluorescente é atenuada pelos átomos presentes na amostra. Quando a espessura da amostra é muito grande, atinge-se a espessura de saturação e a amostra é denominada infinitamente espessa ($t \rightarrow \infty$). Outra propriedade, relacionada à espessura, utilizada para determinar tal efeito é a massa por unidade de área, que é o produto da densidade pela a espessura da espécie ($m_{ua} = \rho \cdot t$).

Para que a amostra seja considerada infinitamente espessa a equação (3) deve ser satisfeita. Ou seja, a quantidade de amostra deve ser suficientemente grande (maior que 4,61 vezes) em relação aos coeficientes de absorção da amostra.

$$m_{ua} = t \cdot \rho \geq \frac{4,61}{\frac{\mu(\lambda)}{\text{sen}\phi_1} + \frac{\mu(\lambda_i)}{\text{sen}\phi_2}} \quad (3)$$

Assim, satisfazendo-se a equação (3), a equação (2) pode ser simplificada para a equação (4). Na prática, a maior parte desses termos é fixada pelas condições de análise (espectrômetro) e preparo de amostra. Apenas o efeito matriz (S_{ij}) e a concentração do analito (C_j) irão influenciar consideravelmente o I_i .

$$I_i = \frac{d\Omega}{4 \cdot \pi \cdot \text{sen}\phi_1} \cdot Q_i \cdot q_i \cdot C_i \cdot \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\text{borda}}} \frac{\tau_i(\lambda) \cdot I_0(\lambda)}{\chi(\lambda, \lambda_i)} \left(1 + \sum_j C_j \cdot S_{ij} \right) d\lambda \quad (4)$$

1.3. Amostra Infinitamente Fina

Na equação (4), verifica-se que I_i em uma amostra infinitamente espessa depende

da concentração do analito e da composição da matriz, mas não depende da espessura. No entanto, se a amostra é infinitamente fina ($t \rightarrow 0$), então o efeito matriz pode ser desconsiderado ($S_{ij} \rightarrow 0$) e a aproximação matemática $e^x \approx 1 - x$ (série Taylor) pode ser aplicada na equação (2) que é simplificada para a equação (6). Para que a amostra seja considerada infinitamente fina a equação (5) deve ser satisfeita. Ou seja, a quantidade de amostra deve ser diminuta (menor que 0,1 ou 10%) em relação aos coeficientes de absorção da amostra.

$$m_{ua} = t \cdot \rho \leq \frac{0,1}{\frac{\mu(\lambda)}{\text{sen}\phi_1} + \frac{\mu(\lambda_i)}{\text{sen}\phi_2}} \quad (5)$$

$$I_i = \frac{d\Omega}{4 \cdot \pi \cdot \text{sen}\phi_1} \cdot Q_i \cdot q_i \cdot C_i \cdot \rho \cdot t \cdot \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{borda}} \tau_i(\lambda) \cdot I_0(\lambda) d\lambda \quad (6)$$

Nesse caso, a intensidade da radiação característica sofre influência mínima do efeito matriz da amostra, podendo ser desconsiderada tal influência. Desse modo, a relação entre intensidade e massa por unidade de área do analito se torna linear, assim como a concentração (equação (1)). A massa por unidade de área do analito é determinada multiplicando-se a massa por unidade de área da amostra pelo teor do analito ($m_{ua_i} = C_i \cdot \rho \cdot t$).

1.4. Amostra com Espessura Intermediária

As amostras com espessura intermediária apresentam valores intermediários de massa por unidade de área daqueles definidos para as amostras infinitamente espessa e finas (equação (7)).

$$\frac{0,1}{\frac{\mu(\lambda)}{\text{sen}\phi_1} + \frac{\mu(\lambda_i)}{\text{sen}\phi_2}} \leq m_{ua} \leq \frac{4,61}{\frac{\mu(\lambda)}{\text{sen}\phi_1} + \frac{\mu(\lambda_i)}{\text{sen}\phi_2}} \quad (7)$$

Nesse tipo de amostra, I_i é dependente, da concentração do analito, do efeito matriz e da espessura (ou m_{ua}). Portanto, a quantificação acurada nesse tipo de amostra requer a utilização de outros parâmetros relacionados com a determinação direta ou indireta da massa por unidade de área da amostra (CAMPOS et al., 2015).

1.5. Implicações Devido a Espessura da Amostra

A análise quantitativa de amostra infinitamente fina é a mais simples, pois não existe o efeito matriz. No entanto, do ponto de vista prático, existem limitações quanto à obtenção de amostras finas. Por exemplo, para a análise de solo ou rocha seria necessário obter uma

espessura de poucos micrômetros ou nanômetros para atender o critério de infinitamente fina (equação(5)). Nesse caso, além de ser complicado de se obter tal espessura, a representatividade da amostra, também seria comprometida. Uma solução mais plausível nesse caso é solubilizar (digestão ácida) toda a amostra e depositar o extrato sobre filmes finos. Mas, assim perde-se uma grande vantagem em relação à técnica de XRF, que é o preparo mínimo da amostra.

A amostra com espessura intermediária, sempre que possível, deve ser evitada para a análise quantitativa. Pois, para a quantificação dos elementos químicos é necessário a inserção de outras variáveis para estimar a massa por unidade de área nesses materiais, aumentando-se mais uma fonte de erro no método. No entanto, em determinados casos a obtenção de amostras com espessura intermediária não é possível de ser evitada, como na análise de pequenos órgãos de animais ou de vegetais, que possuem pouca massa de matéria seca, ou no caso de amostras indeformadas de folha e madeira (CAMPOS et al., 2015).

O efeito matriz contribui significativamente para a intensidade da radiação característica na amostra infinitamente espessa. No entanto, nesse tipo de amostra, a massa por unidade de área ultrapassa o ponto de saturação, o que elimina uma variável (m_{ua}) na quantificação (equação (4)) e os demais termos são fixados pelas condições de análise e preparo da amostra. Além disso, a obtenção desse tipo de amostra é mais fácil, desde que haja material suficiente (0,2 a 10 g, dependendo da área analisada na amostra). Métodos matemáticos devem ser aplicados para a correção do efeito matriz, o que requer maior número de padrões para a estimativa de bons parâmetros de correção.

É importante ressaltar que a classificação da amostra quanto à espessura é dependente do número atômico do elemento químico, ou, melhor, da magnitude do valor da energia característica a ser medida e dos coeficientes de absorção da amostra (termo $\frac{\mu(\lambda)}{\sin\phi_1} + \frac{\mu(\lambda_i)}{\sin\phi_2}$). Ou seja, uma amostra pode ser infinitamente espessa para um elemento químico (ex., P K α), ser de espessura intermediária para outro de maior número atômico (ex., Ca K α) e essa mesma mostra pode ser infinitamente fina para outro de número atômico ainda maior (ex., Sr K α) (SZCZERBOWSKA-BORUCHOWSKA, 2012). Assim, em uma mesma amostra, dependendo da forma que for preparada e de sua composição, a quantificação dos elementos químicos pode ser realizada de forma matematicamente distinta.

1.6 Objetivos

Baseando-se nos fundamentos teóricos descritos, objetivou-se com esse estudo avaliar um método simples para a determinação da massa por unidade de área mínima de amostras de solos e de planta, de forma a obter amostras infinitamente espessas, para análise quantitativa em um espectrômetro de fluorescência de raios X por dispersão de energia com microfeixe (μ ED-XRF).

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas três amostras de solo, sendo uma arenosa, coletada na Restinga do Parque Estadual Paulo Cesar Vinha - ES, outra argilosa, coletada na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Concha D'Ostras, localizada em Guarapari-ES e por fim uma amostra muito argilosa coletada na cidade de Viçosa-MG, Latossolo Vermelho Amarelo (LVA). De cada amostra foram retiradas sub-amostras para a confecção de pastilhas prensadas. Foram feitas pastilhas com 0,25; 0,50; 1,00; e 2,00 g de amostra para cada solo, passadas primeiramente em peneira com 75 μm de abertura. Para o solo arenoso foram adicionadas duas gotas de solução de polietilenoglicol (PEG 6000 - 100 g L⁻¹) como material aglutinante, uma vez que, materiais arenosos possuem baixa capacidade de agregação. Também, foi avaliada uma amostra de planta, constituída da casca da madeira de eucalipto, que foi triturada em moinho tipo Willey e passada por peneira de 0,5 mm de abertura. Foram feitas pastilhas com 0,26; 0,50; 1,00; e 2,8 g da amostra da madeira. As amostras foram prensadas a 4 t cm⁻² por 30 s em prensa hidráulica, com pastilhador de aço inox com área útil de 1,755 cm² (pastilha com 14,95 mm de diâmetro).

As pastilhas foram colocadas sobre uma placa de cobre (Cu) e foram feitas as leituras no $\mu\text{ED-XRF}$ (modelo 1300, Shimadzu, Kyoto, Japão). O objetivo do uso da placa de Cu foi para determinar a massa por unidade de área (m_{ua}) mínima da amostra a ser utilizada, uma vez que as amostras testadas apresentaram baixos teores de Cu. Assim, a presença do pico Cu K α no espectro da análise, indicou que a amostra não absorveu toda a radiação Cu K α originada da placa de Cu e que a pastilha não possuiu a mínima para ser considerada uma amostra infinitamente espessa .

Foram realizadas duas condições de leitura para cada pastilha, denominadas de baixa (15 keV e 150 μA) e de alta (50 keV e 50 μA) tensão. A condição de baixa tensão é utilizada para excitar elementos químicos leves enquanto que a alta tensão é utilizada para elementos químicos pesados (JENKINS, 1999; BECKHOFF et al. 2006). Em cada pastilha foram analisados 1200 pontos, no modo de mapeamento em alta velocidade, com o tempo total de 100 s por pastilha.

Além da avaliação da linha Cu K α , foram avaliadas, a partir do espectro de XRF, as intensidades de cada linha característica dos elementos químicos presentes nas amostras com diferentes espessuras. Com isso foi possível verificar se a espessura da amostra foi suficientemente grande para se atingir o valor máximo da intensidade da fluorescência (espessura de saturação).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido à baixa capacidade de agregação, não foi possível obter pastilhas com 0,25 g do solo arenoso, mesmo utilizando a solução PEG 100 g L⁻¹. Assim, do ponto de vista

operacional não se recomenda a utilização de quantidades iguais ou inferiores a 0,25 g (ou $m_{ua} < 0,14 \text{ g cm}^{-2}$) para solos arenosos. Observam-se na Figura 1 as diferentes espessuras das pastilhas para a amostra de madeira e do LVA (muito argiloso) para as diferentes . Pelo fato da amostra de madeira possuir menor densidade e menor capacidade de ser comprimida, as pastilhas de madeira foram as mais espessas (Figura 1).

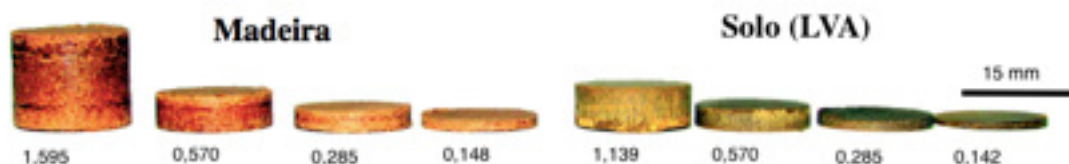


Figura 1. Amostras de madeira e do LVA (muito argiloso) prensadas e utilizadas no experimento. Os números abaixo de cada amostra representam a massa por unidade de área (g cm^{-2}).

Os principais elementos químicos encontrados na madeira foram K, Ca, Mn e Fe, já no solo foram o Al, Si, Ti e Fe (Figura 2). Apenas na amostra de madeira foi identificada a linha Cu $K\alpha$, produzida pela placa de Cu abaixo da pastilha. No entanto, quando a m_{ua} foi superior a $0,57 \text{ g cm}^{-2}$ não se verificou a presença da linha Cu $K\alpha$ no espectro. A ausência dessa linha indicou que a radiação Cu $K\alpha$ produzida pela placa de Cu foi totalmente absorvida pela amostra, e, portanto, a amostra pode ser considerada infinitamente espessa para linhas características menores que 8 keV (energia do Cu $K\alpha$). As intensidades das radiações Cu $K\alpha$ e dos demais elementos químicos foram maiores na tensão de 50 keV (Figuras 2A e 3) que na tensão de 15 keV (Figuras 2B e 3), pois nessa condição de maior tensão os raios X incidentes possuem maior capacidade de penetração na amostra.

Nas amostras de solo, não foram observados a presença da linha Cu $K\alpha$, até mesmo para o menor valor de m_{ua} ($0,14 \text{ g cm}^{-2}$). Isso se deve as diferentes matrizes das amostras analisadas. As amostras de solos possuem elementos químicos de maior número atômico em maiores quantidades (Al, Si, Fe, Ti) comparados às amostras vegetais (C, H, O, N), com isso o coeficiente de absorção dos raios X foi maior nas amostras de solos. Como consequência, houve uma menor penetração da radiação X incidente na amostra e também, a fluorescência de raios X produzidas no interior da amostra foi reabsorvida pelos elementos químicos constituintes da amostra, não chegando ao detector e, portanto, não sendo contabilizada para análise quantitativa (JENKINS, 1999; BECKHOFF et al. 2006).

No entanto, não se observaram alterações significativas na intensidade dos elementos químicos em todas as amostras analisadas (Figuras 2 e 3) em função do aumento da m_{ua} para a mesma condição de leitura. O mesmo foi verificado por Bona et al. (2007) ao avaliarem amostras de cerâmicas. Isso ocorre devido a maior parte da fluorescência se originar das primeiras camadas da amostra (VAN GRIEKEN & MARKOWICZ, 2002). As pequenas variações das intensidades das radiações características dos elementos químicos encontradas entre as pastilhas da mesma amostra aparentam ser devido a heterogeneidade característica deste tipo de amostra e não devido ao efeito da espessura.

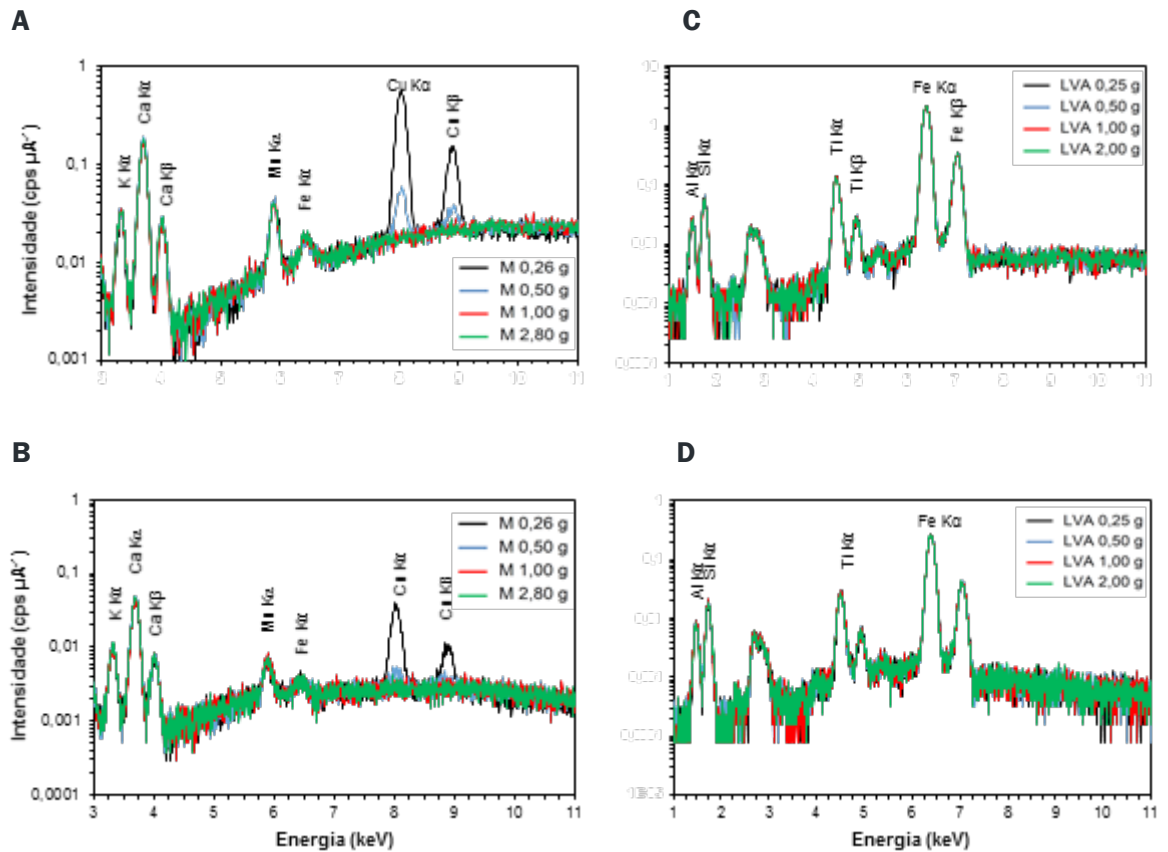


Figura 2. Espectros de fluorescência de raios X obtidos pela análise de amostra de madeira (M) nas tensões de 50 (A) e de 15 keV (B); e de amostra de solo argiloso (LVA) a 50 (C) e 15 keV (D). Em cada figura estão os quatro espectros referentes aos quatro valores das massas das amostras utilizadas nas pastilhas.

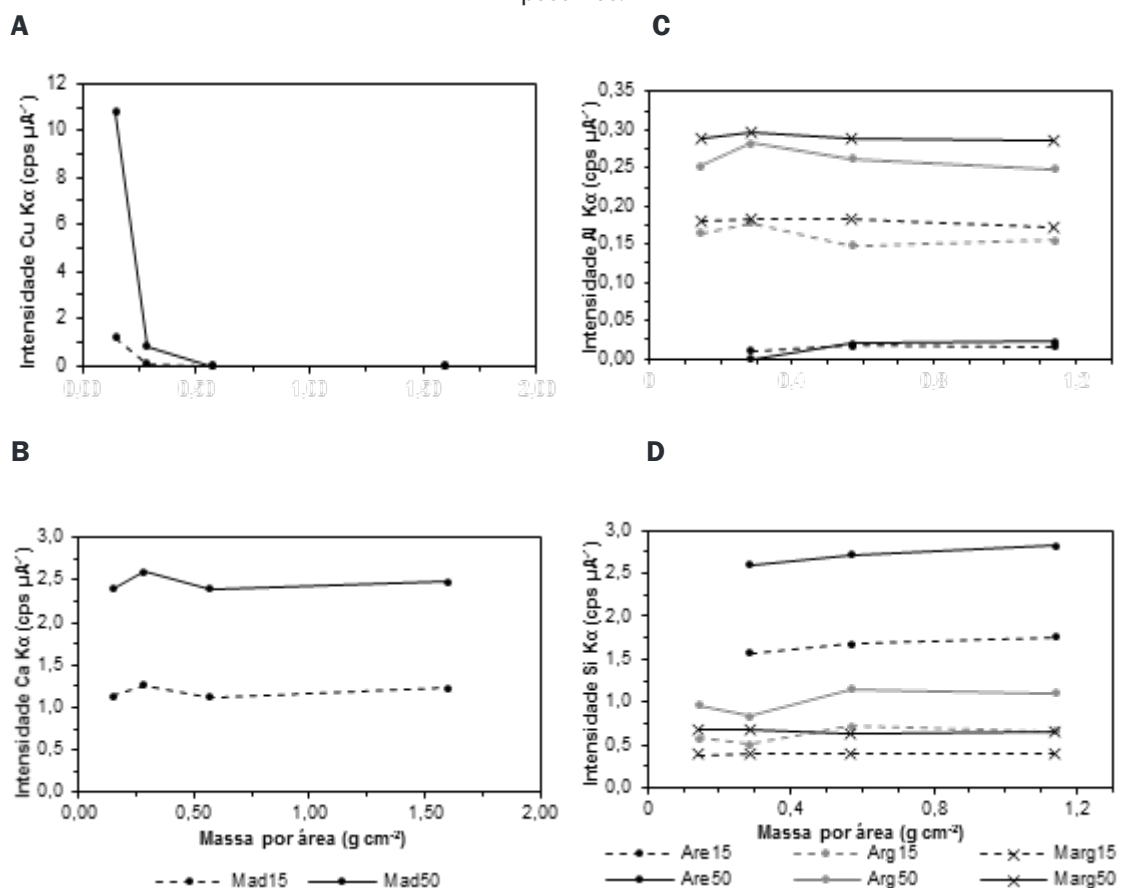


Figura 3. Intensidade da fluorescência de Cu K α (A) e Ca K α (B) na amostra de madeira (Mad) e de Al K α (C) e Si K α (D) na amostra de solos arenoso (Are), argiloso (Arg) e muito argiloso (Marg) analisadas nas tensões de 15 e 50 keV, para as diferentes densidades superficiais.

4 | CONCLUSÕES

A metodologia adotada foi considerada eficiente, rápida e de fácil execução para a determinação da massa por área mínima das amostras de diferentes matrizes para análises de rotina por XRF.

De acordo com os valores testados, a massa por área mínima requerida para análise de madeira de eucalipto foi de 0,57 g cm⁻² e para o solo, independente da textura, foi de 0,14 g cm⁻².

A massa por área não alterou significativamente a intensidade da fluorescência dos elementos químicos encontrados nas amostras

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES e ao CNPq pela concessão das bolsas de doutorado; e ao Departamento de Solos e ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas pelo apoio ao trabalho.

REFERÊNCIAS

BECKHOFF, B.; KANNGIEßER, B.; LANGHOFF, N.; WEDELL, R.; WOLFF, H. **Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis**, Springer, 2006.

BONA, I. A. T.; SARKIS, J. E. S.; SALVADOR, V.L. R. **Análise arqueométrica de cerâmica Tupiguarani da região central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, usando fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF)**. Química Nova, v. 30, n. 4, p. 785-790, 2007.

CAMPOS, N.V.; BUENO GUERRA, M.B.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; KRUG, F.J.; ALVES, E.E.N., **Accumulation and spatial distribution of arsenic and phosphorus in the fern Pityrogramma calomelanos evaluated by micro X-ray fluorescence spectrometry**, Journal of Analytical Atomic Spectrometry, v. 30, 2015

JENKINS, R. **X-ray Fluorescence Spectrometry**. 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc. 1999.

SALVADOR, V.L.R. **Separação de efeitos de sobreposição de espectros obtidos por WDXRF usando o método de Rietveld**. Tese de D.Sc. em Tecnologia Nuclear-Materiais, São Paulo, 2005

SHERMAN, J. **The theoretical derivation of fluorescent X-ray intensities from mixtures**. Spectrochimica Acta, v. 7, p. 283–306, 1955.

STIKO, R. & ZAWISZA, B. **Quantification in XRF spectrometry** S.K. Sharma (Ed.), X-ray Spectroscopy, InTech Europe, Rijeka, p. 137-162, 2012.

SZCZERBOWSKA-BORUCHOWSKA M. **Sample thickness considerations for quantitative X-ray fluorescence analysis of the soft and skeletal tissues of the human body—theoretical evaluation and experimental validation**. X-Ray Spectrometry, v. 41, p. 328–337, 2012.

VAN GRIEKEN, R. E.; MARKOWICZ, A. A. **Handbook of X-ray Spectrometry**, 2nd Edition. Marcel Dekker Inc., New York, 2002

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM USO DE PLANTAS DE COBERTURA

Bruna Bandeira Do Nascimento

Graduanda em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás

Everton Martins Arruda

Professor pela Universidade de Rio Verde
Caiapônia - Goiás

Leonardo Santos Collier

Professor Adjunto pela Universidade Federal de Goiás
Goiânia - Goiás

Rilner Alves Flores

Professor Adjunto pela Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás

Leonardo Rodrigues Barros

Doutorando em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás
Goiânia - Goiás

Vanderli Luciano Silva

Doutorando em Zootecnia pela Universidade Federal de Goiás
Goiânia – Goiás

RESUMO: O manejo de sistemas agroflorestais adota plantas de cobertura como regra, promovendo melhoria nos atributos químicos e na produtividade dos cultivos. Esse manejo torna o sistema agrícola com uso mais eficiente da água e dos nutrientes, otimizando o uso de recursos

naturais e insumos. Com isso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar os atributos químicos do solo após efeito residual de plantas de cobertura cultivadas solteiras ou consorciadas em sistema agroflorestal. A pesquisa foi realizada em Goiânia-GO, entre renques de árvores de barueiros (*Dipteryx alata* Vogel), em um solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. As plantas de cobertura foram cultivadas solteiras: feijão guandu (*Cajanus cajan*); estilosantes cv. campo grande (*Stylosanthes macrocephala* - 20% e *Stylosanthes capitata* - 80%); massai (*Panicum maximum*) ou consorciadas: feijão guandu + massai e estilosantes + massai. O cultivo de estilosantes cv. campo grande melhora os atributos químicos do solo em sistema agroflorestal, com incrementos de 100% nos teores de cálcio, e 19% nos valores de pH e 41% na soma de bases em relação a outros tratamentos com capim massai. A acidez potencial (H+Al) é reduzida em 32% com o cultivo de estilosantes cv. campo grande, porém, em relação aos tratamentos com cultivo de feijão guandu no sistema agroflorestal. Após este ciclo de cultivo não houve alteração dos atributos químicos do solo pelo uso de plantas de cobertura na profundidade 10-20 cm neste sistema agroflorestal.

PALAVRAS-CHAVE: Cultivo consorciado, Fertilidade do solo, Leguminosas, Gramíneas.

1 | INTRODUÇÃO

O uso de plantas de cobertura em sistemas agroflorestais (SAF's) podem promover melhorias aos atributos relacionados a fertilidade química do solo com incrementos na produtividade dos cultivos, condicionando a otimização do ambiente de produção por estarem inseridos em modelos agrícolas baseados nos conceitos de sustentabilidade, apresentando formas eficientes de uso de nutrientes e água.

Dentre as espécies de plantas de cobertura, o feijão guandu (*Cajanus cajan*), estilosantes (*Stylosanthes* spp.) e o capim massai (*Panicum maximum*) tem se destacado como uma alternativa para o manejo sustentável dos solos (Moreira et al., 2013; Wutke et al., 2014; Pereira et al., 2016). São espécies importantes para o bioma Cerrado tanto para alimentação de bovinos durante a estação seca como para formação de palha para o sistema plantio direto (Correia & Gomes, 2016). Trazem benefícios pelo aumento da proteção do solo e biodiversidade do agroecossistema (Damour et al., 2016), além da mineralização dos resíduos favorecer o processo de ciclagem de nutrientes (Pacheco et al., 2011).

Entre as alterações relacionadas aos atributos químicos, trabalhos destacam (Nascimento et al., 2003; Andrioli & Prado, 2012), especialmente o acúmulo de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e P nas camadas superficiais do solo em sistema plantio direto, o que pode estar relacionado à liberação de ácidos orgânicos da palhada residual (Pavinato & Rosolem, 2008), podendo afetar a produtividade das culturas nas safras (Moda et al., 2014; Torres et al., 2014). Estes resultados ocorrem especialmente com o cultivo em rotação ou sucessão com espécies leguminosas (Santos et al., 2010), utilizando grande quantidade de nitrogênio (N) através da fixação biológica (Veras et al., 2016) ou nutrientes ciclados de profundidades subsuperficiais do solo (Collier et al., 2006).

O uso de leguminosas em virtude da menor relação C:N apresenta taxa de decomposição mais rápida quando comparado ao uso de gramíneas (Santos et al., 2012), assim, uma alternativa para reduzir as taxas de decomposição e evitar que ocorram altas taxas de imobilização de N no solo seria realizar cultivos consorciados (Pacheco et al., 2011). O consórcio entre leguminosas e gramíneas promove maior fixação biológica de N (FBN) pela leguminosa quando a gramínea esgota este nutriente disponível do solo (Andrade Neto et al., 2010) e maior eficiência na utilização da água e nutrientes do solo, devido à exploração de diferentes volumes de solo pelos sistemas radiculares (Collier et al., 2011).

Com isso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar os atributos químicos do solo em residual de plantas de cobertura cultivadas solteiras ou consorciadas em sistema agroflorestal.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em Goiânia, Estado de Goiás, Brasil, dentre as coordenadas 16° 36' 11" de latitude sul e 49° 16'47" de longitude oeste. O clima da região é o tipo climático Aw (Megatérmico) ou tropical de savanas, com invernos secos e verões chuvosos,

de acordo com a classificação de Köppen. A área de estudo possui 728 m de altitude, precipitação média anual de 1600 mm, com temperaturas mínimas e máximas anuais de 15,2 e 30,4 °C, respectivamente, segundo dados da estação climatológica da UFG (2017)

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, conforme procedimentos propostos pela EMBRAPA (2013). A análise química do solo antes da implantação do experimento apresentou, na profundidade 0-0,2 m, os seguintes resultados: Ca^{2+} : 1,18 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, Mg^{2+} : 0,72 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, K^+ : 50,2 mg dm^{-3} , P (Mehlich I): 3,45 mg dm^{-3} , matéria orgânica: 21,2 g dm^{-3} , Al^{3+} : 0,2 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, H+Al: 5,01 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e valores de pH (CaCl_2): 5,3, capacidade de troca de *cátions* (CTC): 7,02 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, saturação por bases (V%): 29,0 %. O solo se situa em área que apresenta 432 g kg^{-1} de argila na camada 0-0,2 m.

No ano agrícola de 2006/07 foi implantado o pomar de barueiros (*Dipteryx alata Vogel*), sendo realizado o transplante das mudas com altura média de 0,4 m de forma manual em covas de 0,4 x 0,4 x 0,4 m. Foram implantados seis renques de barueiros com doze plantas, totalizando uma população de 72 árvores. A distribuição das mudas na área experimental foi em espaçamento de 3 m entre plantas e 6 m entre renques. Não foi realizado manejo de adubações nas espécies arbóreas e a área entre os renques permaneceu em pousio durante seis anos, até que em dezembro de 2012 foi implantado o experimento por meio da semeadura das plantas de cobertura.

As plantas de cobertura foram semeadas entre os renques, em posição adjacente aos barueiros, sendo que cada unidade experimental correspondia com duas árvores. As unidades experimentais foram constituídas de 5 m de largura por 6 m de comprimento, perfazendo uma área de 30 m^2 , entretanto, para área útil foi desprezado 1 m das extremidades, totalizando uma área de 20 m^2 . A área total do experimento foi de 600 m^2 .

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. As plantas de cobertura foram cultivadas solteiras ou consorciadas: 1) feijão guandu (*Cajanus cajan*), 2) estilosantes campo grande (*Stylosanthes macrocephala* - 20% e *Stylosanthes capitata* - 80%), 3) capim massai (*Panicum maximum*), 4) feijão guandu + capim massai, 5) estilosantes + capim massai.

Em novembro de 2012 foi realizado o preparo convencional do solo com arado e grade leve, em seguida a semeadura das plantas de cobertura ocorreu de forma manual em sulco de plantio, sem prática de adubação mineral ou orgânica. Foram utilizados espaçamentos de 0,45 m entre plantas e taxas de semeadura de 2, 4 e 20 kg ha^{-1} para os cultivos solteiros de capim massai, estilosantes e feijão guandu, respectivamente. Nos cultivos consorciados as taxas de semeadura da espécie gramínea foram reduzidas em 20%, conforme indicação da EMBRAPA (2000).

Em novembro de 2014 foi realizada a semeadura direta do milho para silagem (Cati Verde 02) sobre a palhada residual das plantas de cobertura. O milho foi semeado em espaçamento de 0,9 m entre linhas e cinco sementes por metro linear, com estande de 55.555 plantas por hectare. Foi realizada adubação no sulco de plantio com 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , na forma de fosfato monoamônio (MAP) e aos 25 dias após a semeadura foi realizada

adubação à lanço em cobertura com 25 kg ha⁻¹ de N e 30 kg ha⁻¹ de K₂O, nas formas de ureia e cloreto de potássio, respectivamente. Esta fertilização foi propositalmente mais baixa em relação às recomendações para monocultivos com culturas anuais (SOUZA & LOBATO, 2004), pois visamos também avaliar o possível efeito residual da palhada das plantas de cobertura em relação ao cultivo em rotação de milho silagem entre os renques das árvores de barueiros.

A amostragem de solo foi realizada nas profundidades 0,0 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m, com objetivo de verificar o efeito do manejo das plantas de cobertura na camada superficial do solo, no momento da colheita do milho silagem. Foram retiradas quatro amostras simples de solo dentro de cada unidade experimental para constituir uma amostra composta. A coleta de solo ocorreu nas entre linhas, propriamente na posição de projeção da copa da espécie arbórea (SOUSA; LOBATO, 2004).

Foram avaliados os seguintes atributos químicos do solo: teores de fósforo e potássio (extraídos em Mehlich I), cálcio e magnésio (extraídos em KCl), determinados por titulação de EDTA, Acidez potencial (H+Al) e pH em CaCl₂ (EMBRAPA, 2011). Foram calculadas as somas de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%). Os teores de matéria orgânica do solo foram determinados pelo método de oxidação com dicromato e leitura em espectrofotômetro (EMBRAPA, 2009).

A análise estatística dos dados foi realizada pela análise de variância (Teste de F) e quando obtivemos resultados significativos, as médias foram comparações pelo teste de Tukey (p<0,05), utilizando o programa estatístico Sisvar versão 5,6 (FERREIRA, 2011).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os atributos químicos analisados aqueles que apresentaram diferença entre os tratamentos de plantas de cobertura foram o Ca, o pH, o Al+H e a V%, todos na camada de 0-10 cm (Tabela 1). Foram observados aumentos significativos nos teores de cálcio (Ca²⁺), valores de pH e soma de bases (V%) na profundidade 0-10 cm do solo no tratamento com residual de palhada de estilosantes. A acidez potencial (H+Al) foi reduzida com o cultivo de estilosantes, porém, somente em relação ao cultivo de feijão guandu e ao consórcio de feijão guandu + massai (FG+M). Na profundidade 10-20 cm não foram verificadas diferenças significativas para os atributos químicos do solo (Tabela 1).

Os maiores teores de Ca²⁺ na solução do solo ocorreram provavelmente pelo maior teor e acúmulo deste nutriente em plantas de estilosantes (Moreira et al., 2013), desta forma, através a mineralização da palhada houve incrementos significativos deste macronutriente no solo em relação ao uso das demais plantas de cobertura. A alta ciclagem de Ca²⁺ na profundidade de 0-10 cm proporcionou aumentos nos valores de soma de bases (V%), devido a maior participação deste cátion no complexo de troca com os colóides do solo (Andrioli & Prado, 2012). Os valores de Ca com estilosantes atingem o dobro da quantidade obtida com os tratamentos consorciados com leguminosas e capim e 75% maiores que as

demais plantas. Os valores de $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ **são bastante expressivos em magnitude e significam na prática uma menor necessidade de reposição do nutriente via calagem**

A explicação dos baixos valores de H+Al na profundidade 0-10 cm está relacionada aos maiores valores de pH, uma vez que, com o pH (CaCl_2) superior a 4,9, praticamente todo o alumínio do solo está precipitado como $\text{Al}(\text{OH})_3$ (Pavinato et al., 2009). Estes resultados demonstraram a capacidade que o estilosantes tem em amenizar os efeitos da acidez do solo, pois o aumento do pH e a redução de H+Al somente foram verificados nos tratamentos com residual desta leguminosa.

O benefício das leguminosas na redução da acidez do solo também tem sido verificado em outras pesquisas (Nascimento et al., 2003; Collier et al., 2011; Silva et al., 2015). A explicação é atribuída à ação das leguminosas pela cobertura vegetal, ação do sistema radicular, ocasionando maior concentração de raízes no perfil do solo e retorno dos resíduos a superfície (Nascimento et al., 2003), promovendo elevação do pH, através da complexação de H e Al pelos compostos orgânicos vegetais, principalmente os ácidos orgânicos de baixa massa molecular (Pavinato & Rosolem, 2008).

Outro fator considerável é que se o pH do solo for menor do que a constante de dissociação média do grupo dos ácidos orgânicos fracos dos materiais orgânicos adicionados, haverá aumento no pH devido a associação do solo com alguns dos ânions orgânicos (Andrioli & Prado, 2012), deixando os cátions mais livres na solução do solo, podendo ocasionar aumento na saturação de bases (Pavinato & Rosolem, 2008). Nestas situações, grande parte da CTC é ocupada por cátions importantes para o crescimento de espécies cultivadas, como o Ca^{2+} e Mg^{2+} (Pavinato et al., 2009).

Plantas de cobertura	P -mg dm ⁻³ -	K	Ca -cmol _c dm ⁻³ -	Mg	MO gdm ⁻³	pH	H+Al -----cmol _c dm ⁻³ -----	SB	CTC	V %
Profundidade						0-10 cm				
E	4,25	46,5	2,00 a	0,16	2,00	5,0 a	2,7 a	2,50 a	5,73	43 a
FG	5,25	58,5	1,25 b	0,06	2,00	4,4 b	4,0 b	1,78 b	5,58	32 ab
M	3,25	57,7	1,25 b	0,14	2,25	4,3 b	3,5ab	1,72 b	5,12	33ab
E+M	4,00	56,0	1,00 b	0,30	2,10	4,4 b	3,0ab	1,68 b	4,68	37ab
FG+M	3,75	45,0	1,00 b	0,19	2,50	4,2 b	4,0 b	1,47 b	5,50	28 b
F _{teste}	1,2 ^{n.s.}	1,1 ^{n.s.}	6,2**	2,4 ^{n.s.}	2,0 ^{n.s.}	8,7**	4,8*	33,1*	1,4 ^{n.s.}	4,4*
CV(%)	32,11	23,31	25,32	64,11	14,71	4,92	14,97	7,42	12,98	15,86
Profundidade						10-20 cm				
E	2,75	38,5	1,50	0,22	1,75	4,4	3,00	2,05	5,08	40
FG	3,50	30,0	1,50	0,17	1,25	4,3	3,50	1,66	5,11	32
M	3,50	33,7	1,50	0,16	1,75	4,3	3,25	1,85	4,95	37
E+M	2,50	37,5	1,75	0,40	1,75	4,3	3,50	2,07	5,32	38
FG+M	3,25	43,0	1,25	0,23	2,00	4,3	3,50	1,63	5,08	32
F _{teste}	1,3 ^{n.s.}	1,1 ^{n.s.}	0,4 ^{n.s.}	2,2 ^{n.s.}	1,8 ^{n.s.}	0,6 ^{n.s.}	1,2 ^{n.s.}	0,7 ^{n.s.}	0,3 ^{n.s.}	1,5 ^{n.s.}
CV(%)	24,81	25,01	33,8	53,76	24,01	10,63	12,19	25,15	9,31	15,65

Tabela 1: Atributos químicos do solo em lavoura de milho silagem após dois anos com uso de plantas de cobertura cultivadas solteiras ou consorciadas em sistemas agroflorestais.

E: estilosantes; FG: feijão guandu; M: massai; E+M: estilosantes + massai; FG+M: feijão guandu + massai

Em contrapartida, algumas pesquisas têm observado efeito contrário, observando que as plantas de estilosantes possuem capacidade para contribuir com a acidificação dos solos (Perez et al., 2007; Santos et al., 2012). A acidificação de regiões de rizosfera no solo pelo estilosantes é atribuída a captação de cátions em excesso, especialmente pela grande absorção de Ca^{2+} e dependência de fixação biológica de nitrogênio, o que induz significativa extrusão de H^+ a partir de raízes para manter eletroneutralidade celular (Perez et al., 2007), entretanto, estas pesquisas têm sido realizadas com o *Stylosanthes guianensis*, cv. mineirão, uma espécie diferente da utilizada neste estudo. Os resultados com redução da acidez do solo obtidos pelas espécies *Stylosanthes macrocephala* (20%) e *Stylosanthes capitata* (80%), cv. campo grande, podem ter ocorrido por uma possível menor extrusão de prótons H^+ por esta espécie de leguminosa, tanto na absorção de cátions, como no processo de fixação biológica de nitrogênio.

Os incrementos de Ca^{2+} na solução do solo nos tratamentos com estilosantes proporcionaram aumentos nos valores de soma de bases (SB) em relação as demais plantas de cobertura e aumentos na saturação por bases (V%) em relação ao FG+M, na camada de 0-10 cm (Tabela 1). A alta ciclagem de Ca^{2+} promove aumentos nos valores de soma de bases, devido a maior participação deste cátion no complexo de troca com os colóides do solo (Nascimento et al., 2003; Andrioli & Prado, 2012).

A avaliação conjunta dos resultados obtidos para o tratamento com o estilosantes (pH CaCl_2 5,0, SB =2,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, V%=43) leva a interpretação de que o solo mantém atributos químicos que permitem o cultivo subsequente com espécies cultivadas de maior exigência nutricional ou de maior potencial produtivo, mesmo considerando o efeito na camada de 0-10 cm. Considerando a natureza química desse solo e a dificuldade de manter as coberturas em sistemas de plantio no cerrado, o resultado para uma leguminosa é satisfatório.

A ausência de significância ($p>0,05$) para profundidade 10-20 cm pode indicar que apesar da adição de resíduos de plantas de cobertura com diferentes composições nutricionais para o solo, os efeitos ocorreram apenas na camada superficial. Em camadas mais profundas, o efeito das plantas de cobertura pode ser inexpressivo (Pavinato et al., 2009), todavia, em algumas situações podem promover efeitos positivos em subsuperfície, por meio da ação dos sistemas radiculares profundos e agressivos das plantas de cobertura (Veras et al., 2016). No entanto, o manejo das plantas com cortes que eram mantidos à superfície não foi capaz de influenciar a camada de 10-20 cm no período observado.

De acordo com Santos et al., (2012), obter resultados apenas em profundidades superficiais em manejo do solo em sistema plantio direto quando as culturas de cobertura são cortadas e distribuídas de forma homogênea sobre a superfície do solo está relacionado ao aporte da biomassa vegetal e aos fatores climáticos do bioma cerrado, somando se estes aos processos biológicos de decomposição dos materiais orgânicos, favorecendo a mineralização dos nutrientes apenas na camada superficial do solo.

4 | CONCLUSÕES

O aumento nos teores de cálcio, valores de pH e saturação e soma de bases e a redução na acidez potencial (H+Al) na solução do solo sugere que o estilosantes cv. campo grande é uma cultura de cobertura viável quando se pretende melhorar estes atributos químicos do solo em sistema agroflorestal na região estudada.

O uso de leguminosas e gramíneas em consórcio não se mostrou efetivo em influenciar os atributos químicos do solo após dois ciclos de cultivo quando comparado ao uso do estilosantes em sistema agroflorestal.

Os atributos químicos do solo não são afetados pelo uso de plantas de cobertura na profundidade 10-20 cm em sistema agroflorestal.

REFERÊNCIAS

ANDRIOLI, I.; PRADO, R. M. Plantas de cobertura em pré-safra e adubação nitrogenada na fertilidade do solo em diferentes camadas, cultivado com milho em sistema de plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 3, p. 963-978, 2012.

COLLIER, L.S.; CASTRO, D.V.; DIAS NETO, J.J.; BRITO, D.R.; RIBEIRO, P.A.A. Manejo da adubação nitrogenada para o milho sob palhada de leguminosas em plantio direto em Gurupi, TO. **Ciência Rural**, v.36, n.4, p.1100-1105, 2006.

COLLIER, L.S.; KIKUCHI, F.Y.; BENÍCIO, L.P.F.; SOUSA, S.A. Consócio e sucessão de milho e feijão-de-porco como alternativa de cultivo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.3, p.306-313, 2011.

CORREIA, N. M.; GOMES, L. J. P. Soybean over sowing with *Urochloa brizantha* and *Panicum maximum* and the straw formation in a no-tillage system. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 1209-1218, 2016.

DAMOUR, G.; GUÉRIN, C.; DOREL, M. Leaf area development strategies of cover plants used in banana plantations identified from a set of plant traits. **European Journal of Agronomy**. v.74, p.103-111, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Campinas, v. 6, p. 36 - 41, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Estilosantes campo grande: Estabelecimento, manejo e produção animal**. 1. ed. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000. 8 pp

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009. 627 pp.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análises de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de**

Classificação de Solos. 3ª. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2013. 350 pp.

MODA, L. R.; SANTOS, C. L. R.; FLORES, R. A.; BORGES, B. M. M. N.; ANDRIOLI, I.; PRADO, R. M. Resposta do milho cultivado em sistema de plantio direto à aplicação de doses de nitrogênio e cultivo de plantas de cobertura em pré-safra. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 178-187, 2014.

MOREIRA, J. F. M.; COSTA, K. A. P.; SEVERIANO, E. C.; SIMON, G. A.; CRUVINEL, W. S.; BENTO, J. C. Nutrientes em cultivares de *Brachiaria brizantha* e Estilosantes em cultivo solteiro e consorciado. **Archivos de Zootecnia**. v. 62, n. 240, p. 513-523. 2013.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nas características químicas da matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.457-462, 2003.

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. A.; ASSIS, R. L.; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p.17-25, 2011.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo – decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:911-920, 2008.

PAVINATO, P. S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de cátions no solo alterada pelo sistema de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:1031-1040, 2009.

PEREIRA, G. A. C.; LIMA, L. R.; SILVA, J. A.; GALATI, R. L.; ZERVOUDAKIS, J. T.; ABREU, J. G.; JESUS, L. P.; SANTOS, V. A. C.; CENI, I.; CABRAL, L. S. Dry matter production and chemical composition of Massai grass submitted to nitrogen rates and cutting heights. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 2487-2498, 2016.

PEREZ, M. J.; SMYTH, T. J.; ISRAEL, D. W. Comparative effects of two forage species on rhizosphere acidification and solubilization of phosphate rocks of different reactivity. **Journal of Plant Nutrition**. v.30, n. 9, p. 1421-1439, 2007.

SANTOS, P. A.; SILVA, A. F.; CARVALHO, M. A. C.; CAIONE, G. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.2, p.123-134, 2010.

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; BECQUER, T. Atributos químicos e estabilidade de agregados sob diferentes culturas de cobertura em Latossolo do cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n.11, p.1171-1178, 2012.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos**. 3ª ed. Viçosa: Imprensa Universitária Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235 p.

SILVA, C.F.; LOSS, A.; CARMO, E.R.; PEREIRA, M.G.; SILVA, E.M. R.; MARTINS, M.A. Fertilidade do solo e substâncias húmicas em área de cava de extração de argila revegetada com eucalipto e leguminosas no norte fluminense. **Ciência Florestal**, v.25, n.3, p.547-561, 2015.

SILVA, D. S. N.; VENTURIN, N.; RODAS, C. L.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, R. P.; MELO, L. A. Growth and mineral nutrition of baru (*Dipteryx alata* Vogel) in nutrient solution. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.20, n.12, p.1101-1106, 2016.

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

TORRES, J. L. R.; CUNHA, M. A.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, D. M. S. Cultivo de feijão e milho em sucessão a plantas de cobertura. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 4, p. 117-125, 2014.

VERAS, M. S.; RAMOS, M. L. G.; OLIVEIRA, D. N. S.; FIGUEIREDO, C. C.; CARVALHO, A. M.; PULROLNIK, K.; SOUZA, K. W. Cover Crops and Nitrogen Fertilization Effects on Nitrogen Soil Fraction under Corn Cultivation in a No-Tillage System. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 40. 2016.

AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO PARA A CULTURA DO COQUEIRO NO VALE DO JURUÁ, ACRE

Rita de Kássia do Nascimento Costa

Engenheira Agrônoma. Cruzeiro do Sul - Acre

Edson Alves de Araújo

Universidade Federal do Acre, Campus Floresta

Cruzeiro do Sul - Acre

Maria Antônia da Cruz Félix

Engenheira Agrônoma. Cruzeiro do Sul - Acre

Sílvia Maria Silva da Costa

Agrônoma. Cruzeiro do Sul - Acre

Hugo Ferreira Motta Leite

Universidade Federal do Acre, Campus Floresta

Cruzeiro do Sul - Acre

Genilson Rodrigues Maia

Secretaria de Estado de Agricultura e Pecuária
do Acre

Cruzeiro do Sul, Acre

RESUMO: O coqueiro é uma cultura de larga expansão, no Brasil, duas variedades tem se destacado: o Gigante e a Anã. Embora tamanha sua relevância, há escassez de estudos sobre a avaliação da fertilidade e as práticas de manejo para região Amazônica. Desta forma o objetivo do presente trabalho foi avaliar a fertilidade do solo para o cultivo do coco na região do Vale do Juruá, que abrange os municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves. A metodologia utilizada consistiu na sistematização (Planilha Excel) de 72 análises químicas, coletadas em

áreas de plantio na profundidade de 20 cm da superfície, de modo a subsidiar a interpretação dos dados sobre a fertilidade dos solos. Desse total foram selecionadas 25 propriedades nas quais foram realizadas tradagens até 1 m de profundidade e verificadas características morfológicas, ambientais e coletadas informações com os produtores. Para a avaliação da fertilidade foram utilizados parâmetros de interpretação utilizados comumente no Acre. Constatou-se que a fertilidade natural dos solos, a partir dos dados analíticos, mostrou serem pobre quimicamente e associados a maiores proporções de alumínio trocável ($> 1 \text{ cmol} \cdot \text{dm}^{-3}$). Foi constatado baixo conteúdo de carbono orgânico em superfície, o que deve refletir na toxidez por alumínio trocável. Com relação às condições edáficas, foram constatadas condições favoráveis, no entanto é nítida a carência de práticas de uso e manejo do solo, a exemplo do uso de plantas de cobertura, o controle de plantas daninhas e o consórcio com plantas anuais nas entrelinhas de plantio.

PALAVRAS-CHAVE: fruticultura , fertilidade do solo, nutrientes.

ABSTRACT: The coconut is a tree of great expansion, in Brazil, two varieties have stood out: the Giant and the Dwarf. Although relevant, there is a paucity of studies on soil fertility assessment and management practices for the Amazon region. The aim of the present work was to evaluate

soil fertility for coconut tree in the Juruá Valley region, which covers the municipalities of Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima and Rodrigues Alves. The methodology used consisted in the systematization (Excel Sheet) of 72 chemical analyzes, collected in areas of planting at depth of 20 cm of the surface, in order to subsidize the interpretation of the data on the fertility of the soils. From this total, 25 sites were selected, in which trades were made up to 1 m depth and morphological and environmental characteristics were verified and information was collected from the farmers. For the evaluation of fertility, interpretation parameters commonly used in Acre were used. It was verified that the natural fertility of the soils, from the analytical data, showed to be poor chemically and associated with greater proportions of exchangeable aluminum ($> 1 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$). It was found low content of organic carbon on the surface, which should reflect on the exchangeable aluminum toxicity. Regarding soil conditions, favorable conditions have been observed, however, there is a lack of land use and management practices, such as the use of cover crops, weed control and the consortium with annual plants between planting lines .

KEYWORDS: fruticulture, soil fertility, nutrients

1 | INTRODUÇÃO

Cultura típica de clima tropical, originária do Sudeste Asiático, o coqueiro tem sido cultivado em cerca de 90 países. O avanço da cultura não se dá apenas pelos índices de produtividade, mas pela expansão de áreas cultivadas em regiões não tradicionais de cultivo. No Brasil, duas variedades ganham maior destaque: a Gigante e a Anã (PASSOS, 1998). Esta última é subdividida em três variedades: vermelha, amarela e verde.

O coco é caracterizado por ser uma cultura de muitas aplicações, tanto no consumo “in natura”, quanto no seu aproveitamento de subprodutos. Constitui-se em uma das principais culturas perenes, capaz de gerar um sistema autossustentável de exploração (BENASSI, 2006)

No Brasil, a produção de coco é utilizada, principalmente para a produção de alimentos industrializados contendo a farinha e o leite de coco (CUENCA, 1998). Apresenta uma série de vantagens agroeconômicas, sociais e ambientais, se comparada a outras culturas desenvolvidas na região Amazônica, vantagens estas que viabilizam a atividade tornando-a rentável, capaz de retornar o capital investido.

O coqueiro requer um clima quente, com média anual em torno de 27°C sendo que, a umidade relativa do ar inferior a 60% é prejudicial ao crescimento e o regime pluviométrico ideal é caracterizado por uma precipitação anual de 1.500mm (EMBRAPA, 2002).

Uma das características mais importantes para o desenvolvimento dessa cultura está relacionada à fertilidade do solo ainda que esta, possa resultar de causas naturais ou ser criada pela adição de nutrientes aos solos durante o cultivo.

A produtividade de um coqueiral está atrelada ao emprego de mudas de alta qualidade, e ao manejo adequado desde, a implantação da cultura até o período de exploração. A fertilização constitui um dos fatores que condicionam o crescimento e a produtividade

do coqueiro. A necessidade de fertilizantes do coqueiro deve ser determinada a partir de resultados experimentais e das análises de solo e folhas.

O coqueiro por sua vez, apresenta condições favoráveis de adaptação a solos de textura arenosa e bem drenados. Sua nutrição equilibrada constitui-se em um pré-requisito de fundamental importância para que se obtenha uma adequada produção.

A exploração agrícola promove uma série de alterações no solo, que vão desde a ciclagem de materiais orgânicos, até a acidificação do mesmo, modificando assim a absorção de nutrientes. Com a atividade agrícola, ocorre uma redução da fertilidade do solo, desta forma há necessidade de manejo por meio de práticas de calagem e de adubação para evitar a redução da produtividade e o empobrecimento químico do solo (RONQUIM, 2010).

Nas últimas décadas, o coqueiro deixou de ser uma cultura nordestina e abriu fronteira em regiões onde seu cultivo não era tradicional. No começo dos anos 1980, o Nordeste era responsável por 82,9 % da produção nacional. Atualmente, a região representa 70 % do total produzido, a Região Sudeste 15 % e a Região Norte 13 % (LINS, 2007)

Desta forma, é indissociável a estreita inter-relação entre fertilidade do solo e produtividade, visto que a aptidão agrícola é condicionada a disponibilização de nutrientes no solo. Embora seja de tamanha relevância as ações de manejo para tal cultura, há escassez de estudos sobre a avaliação da fertilidade e as práticas de manejo para região da Amazônia Ocidental.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho é avaliar a fertilidade do solo, as práticas de uso e manejo em áreas selecionadas de plantações de coco, junto a produtores rurais da região do Vale do Juruá e inseridos nos municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves, de modo a subsidiar práticas mais sustentáveis de uso e manejo para a cultura do coqueiro.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo abrangida neste trabalho compreende três municípios do Vale do Juruá, estado do Acre (Figura 1), sendo eles: Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima e Rodrigues Alves.

Cruzeiro do Sul localiza-se nas coordenadas geográficas: Latitude: 07° 37' 52" S, Longitude: 72° 40' 12" W, e com altitude pouco elevada 182 metros. Unidade de relevo com altitude média entre 150 e 270 m. Predominam relevos tabulares com declives suaves, à exceção de alguns trechos, como sua borda oeste, nos quais os declives são mais acentuados (ACRE, 2010).

No Vale do Juruá predominam os Argissolos em diferentes associações, embora seja encontrado, em menores proporções, Latossolos, Neossolos quartzarênicos, Espodosolos, Gleissolos, Luvisso, Plintossolo e Vertissolo (AMARAL et al., 2010).

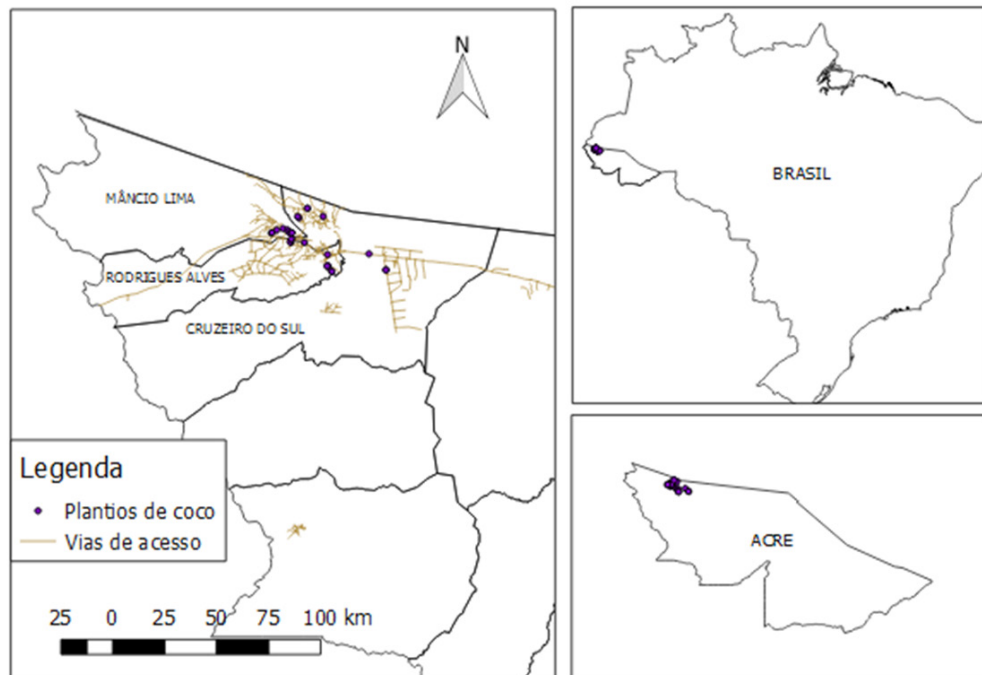


Figura 1. Localização das áreas de plantio de coco nos municípios de Cruzeiro do Sul, Rodrigues Alves e Mâncio Lima em relação ao Brasil e ao Acre.

A cidade de Mâncio Lima situa-se a 195 metros de altitude e possui as seguintes coordenadas geográficas Latitude: 07° 36' 51" S, Longitude: 72° 53' 45" W. Não existem estudos específicos para o município sobre o seu relevo, desta forma a geomorfologia é conhecida apenas em termos regionais. Considerando-se um relevo homogêneo, sem grandes desníveis de nivelamento.

O Estado do Acre mostra-se dividido em nove unidades geomorfológicas Sendo que o município de Mâncio Lima está dividido em quatro unidades: a Planície Amazônica, a Depressão marginal a Serra do Divisor, a Superfície Tabular de Cruzeiro do Sul e os Planaltos residuais da Serra do Divisor (ACRE, 2006).

Os solos que ocorrem no Município de Mâncio Lima são classificados em Latossolos, Argissolos, Luvisolos, Vertissolos, Gleissolos, Neossolos, na subordem Latossolo Amarelo, Argissolo Amarelo, Luvisolo Crômico e Luvisolo Hipocrômico, Vertissolo Cromado, Gleissolo Melânico e Neossolo Quartzarênico (ACRE, 2006)

Instituído pela Lei Estadual nº 1.032, de 28 de Abril de 1992 o município de Rodrigues Alves - Acre, localiza-se nas coordenadas centrais Latitude: 07° 44' 30" S e Longitude: 72° 38' 10" W, e uma área de 3318,5 Km². Vizinho dos municípios de Cruzeiro do Sul e Mâncio Lima, Rodrigues Alves se situa a 7 km a Sul-Oeste de Cruzeiro do Sul a maior cidade nos arredores. Sua população é de 12 428 habitantes e sua área é de 3 305 km² (IBGE, 2010).

Sistematização de Base de Dados com Informações Sobre a Fertilidade.

Foram utilizados dados analíticos de 72 análises físicas e químicas de rotina do solo, coletados nas profundidades de 0-20 cm da superfície, de áreas selecionadas com

plântio de coco na região e cedidas pela Secretaria de Estado de Agropecuária do Acre. Os dados foram sistematizados em uma planilha do software Excel de modo a subsidiar a interpretação e discussão dos dados sobre a fertilidade natural dos solos.

Os dados sistematizados referem-se a: teor de argila, pH em água, bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+), alumínio trocável (Al^{3+}), carbono orgânico, fósforo disponível, capacidade de troca de cátions (CTC) e as relações - soma de bases, saturação de bases (V%) e saturação de alumínio (m%).

Avaliação da Fertilidade do Solo

Para a avaliação da fertilidade foram utilizados os parâmetros de interpretação das análises química, empregados pelo laboratório de fertilidade de solo da Universidade Federal do Acre (AMARAL e SOUZA, 1997), e comumente usada por trabalhos de avaliação da fertilidade do solo no Estado (EMBRAPA, 1998)

Metodologia da Prospecção a Campo

A metodologia utilizada na prospecção a campo em 25 propriedades rurais com plantio de coco, consistiu na marcação de pontos em sensor GPS da sede da área rural, posteriormente prospecção com a utilização de trado holandês até 1m da superfície e coleta de informações morfológicas do solo, tais como cor, textura, drenagem, relevo conforme Santos et al. (2015). Além dos dados morfológicos, foram levantadas informações concernentes ao ambiente tais como o relevo, a drenagem entre outros. Através de entrevistas informais com os proprietários e, ou responsáveis pela área foram colhidas informações sobre as práticas de uso e manejo do solo nas diversas etapas da implantação da cultura. A classificação prévia dos solos com base nas prospecções realizadas, foi feito com base no atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Público Alvo nos Municípios

A área estudada englobou três municípios, na qual foram obtidas as seguintes proporções: dos 25 produtores visitados, 11 (44%) pertenciam ao município de Mâncio Lima e 7 (28%) de Rodrigues Alves e Cruzeiro do sul, respectivamente.

- Tamanho das Áreas dos Plantios

A área de produção do coqueiro do tipo anão cresce rapidamente no Brasil, onde se estima haver cerca de 50 mil hectares dedicados a essa variedade. Nos locais visitados, pode-se notar o predomínio de áreas pequenas, sendo que mais da metade não ultrapassam 2ha (Figuras 2 e 3). Isso se deve a mão-de-obra essencialmente familiar e na facilidade de escoamento dos produtos.

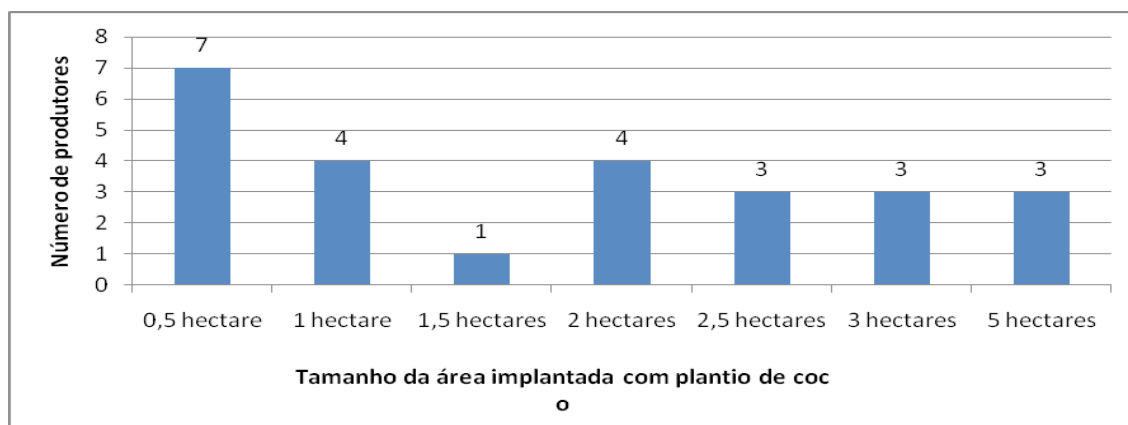


Figura 2. Tamanho das áreas implantadas com o cultivo de coco

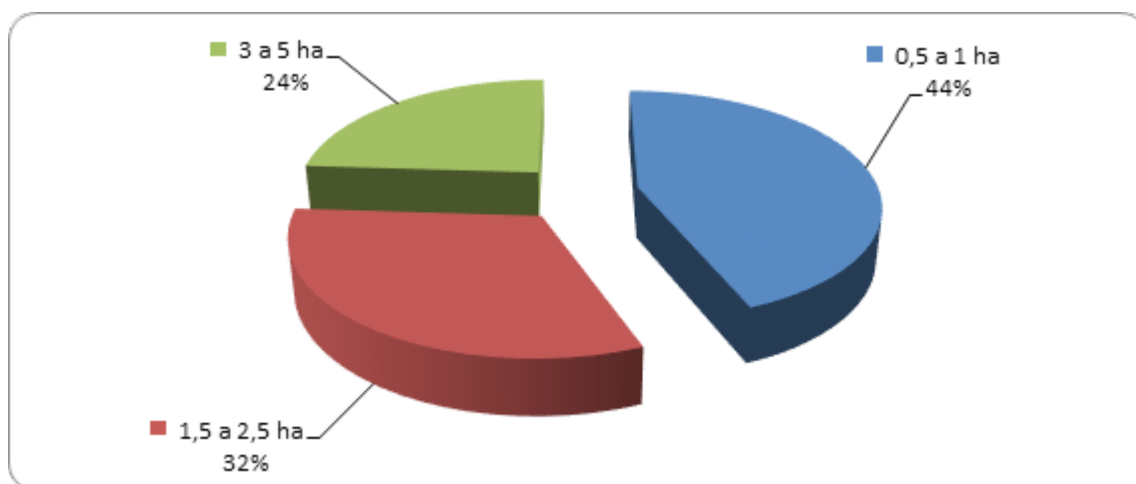


Figura 3- Distribuição percentual das áreas de plantio de coco de acordo com o tamanho das áreas (n=25)

- Espaçamentos

Os espaçamentos constatados a campo constituíram-se de 5x5m (8%), 7x7m (68%), 9x9m (4%) e os demais não souberam informar (Figura 4).

O espaçamento entre as plantas deve ser determinado considerando-se a variedade e objetivos do cultivo, por exemplo, se solteiro ou em consórcio. O arranjo espacial do plantio poderá ser feito em vários formatos dependendo da necessidade de cada situação.

De acordo com WADT (2005) o espaçamento de plantio, varia de acordo com o porte da planta, sendo recomendada 9x9m para variedades gigantes, 8,5x 8,5m para híbridos e 7,5 x 7,5m para as variedades anãs.

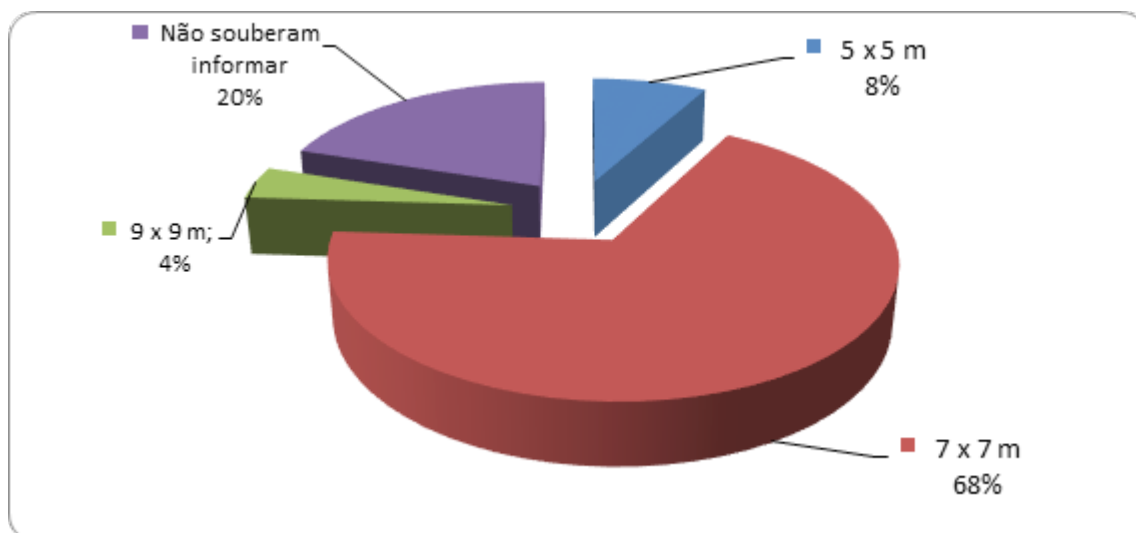


Figura 4 - Distribuição percentual dos espaçamentos utilizados nos plantios de coco selecionados (n=25)

- Consórcio

Para escolher a cultura de consórcio a ser implantada, deve-se levar em consideração as características climáticas, tipos de solo e demais condições agrônômicas, assim como o mercado regional.

O consórcio com a cultura do coqueiro é prática recomendável para pequenos produtores, como fonte de renda extra no período do plantio à produção (em torno de três anos e meio). O emprego de culturas de ciclo curto e perenes, portanto, é indicado para amenizar custos e bem adequado ao coqueiro, que tem espaçamento amplo.

Em campo foi constatado que apenas dez dos vinte e cinco produtores realizam o consórcio com culturas anuais, sendo estas: abacaxi, mandioca, mamão, melancia, feijão, laranja, cupuaçu e milho. Outros quinze, não realizam nenhum aproveitamento das estrelinhas do plantio (Figura 5). Acredita-se que o não aproveitamento das entrelinhas deve-se a falta de informação e assistência técnica.

Um consórcio indicado para estes produtores seria o plantio de leguminosas nas entrelinhas, pois fixa o nitrogênio da atmosfera e o incorpora no solo, serve de cobertura verde, além de aumentar a matéria orgânica, melhorando as características químicas, físicas e biológicas do solo.

Segundo dados da EMBRAPA (2002) deve-se evitar o consórcio com mamão, abacaxi e banana, pois são culturas que atraem o inseto causador da Broca do olho do coqueiro (*Rhynchophorus palmarum*)

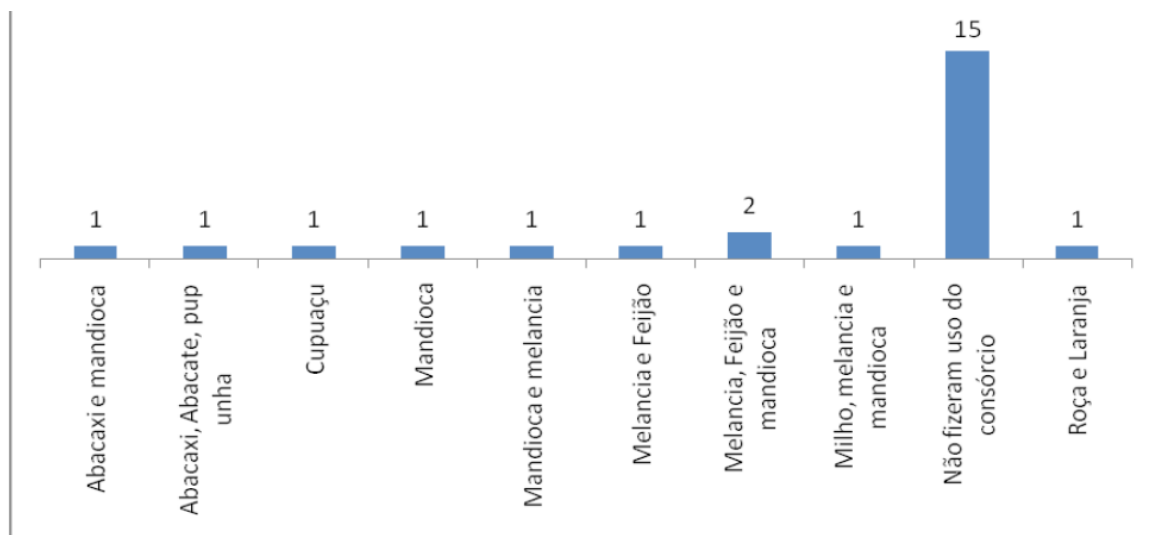


Figura 5 - Culturas utilizadas no consórcio com plantio de coco

- Relevo

Para o plantio do coqueiro recomendam-se áreas com relevo plano a suave ondulado (EMBRAPA, 2002). Nas áreas visitadas foi constatado o predomínio de relevo suavizado, ou seja, plano a suave ondulado (Figura 6). Esses resultados são condizentes com as classes de solos predominantes na região, ou seja, Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos (ACRE, 2006). Estes ocorrem em condições de relevo plano a suave ondulado.

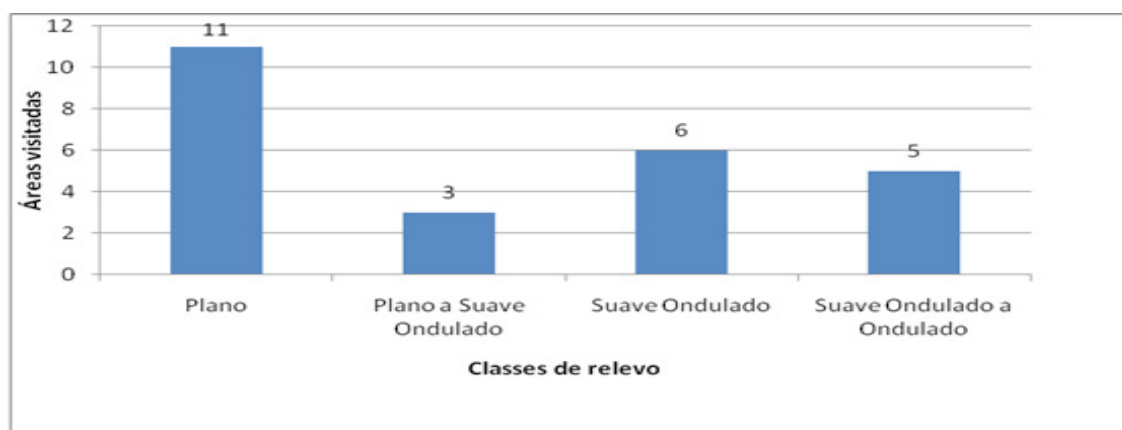


Figura 6 - Classes de relevo encontradas nas áreas selecionadas para estudo (n=25)

- Drenagem

Segundo Marinho et al. (2006) a baixa disponibilidade hídrica resulta em má drenagem do solo, na qual influencia entre outros aspectos, a absorção de nutrientes pelas plantas. A quase totalidade das áreas (23) encontravam-se em condições de solo bem drenado, os demais nas classes de moderadamente a mal drenado (Figura 7).

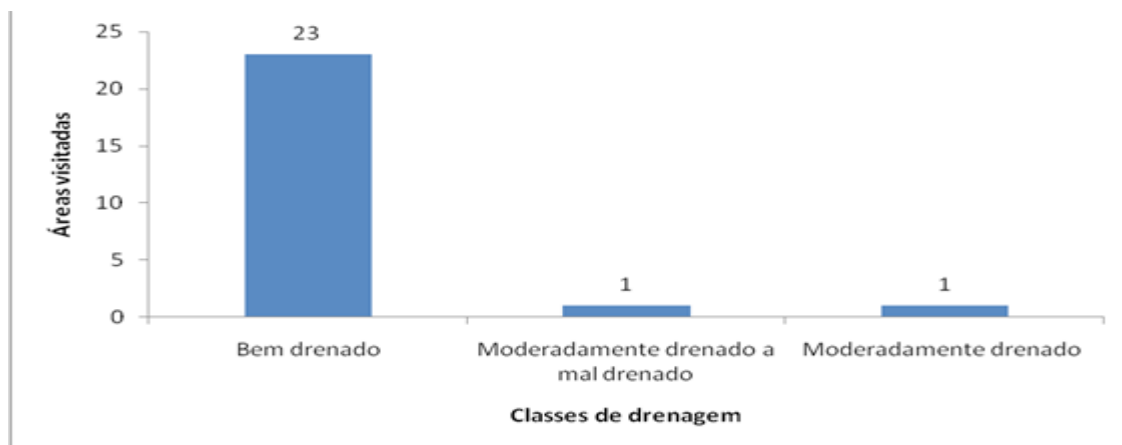


Figura 7 - Classes de drenagem encontradas nas áreas selecionadas para este estudo (n=25)

- Textura

Para o cultivo do coqueiro devem-se escolher áreas com textura areno-argilosa, ou levemente argilosa (solos de textura média), evitar solos rasos, pedregosos, extremamente argilosos e sujeitos a encharcamento (GOMES, 2003). Foi constatado a campo que, para o horizonte B, o predomínio foi das classes texturais média (15 a 35% de argila) e argilosa (entre 35 e 60% de argila) (Figura 8). Para o horizonte A o predomínio foi de textura arenosa (Figura 10).

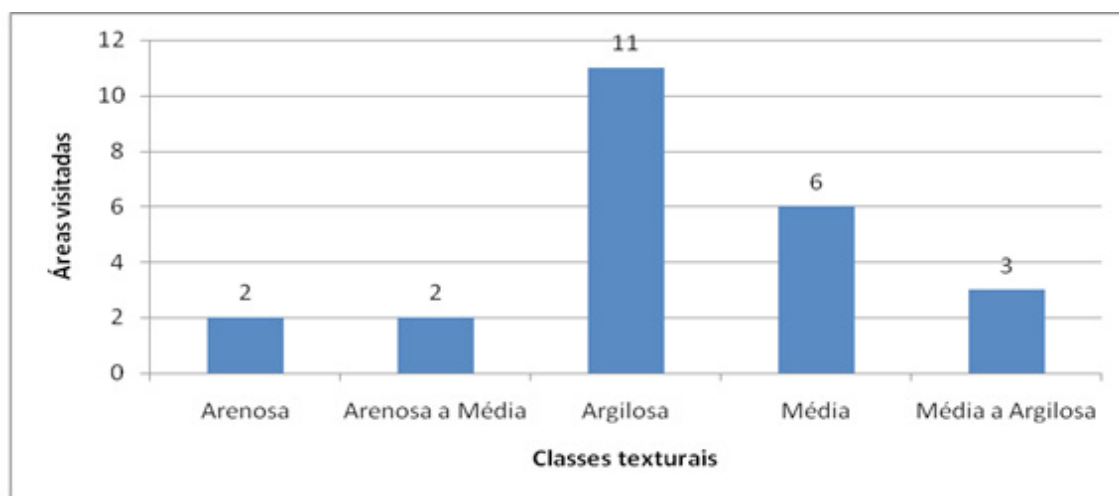


Figura 8 - Classes de textura do solo para o horizonte B encontradas nas áreas selecionadas para este estudo (n=25)

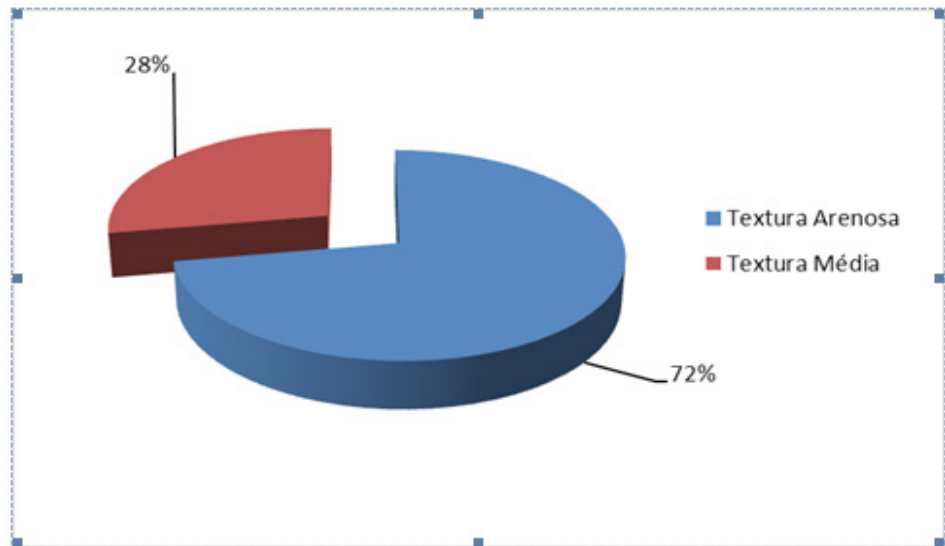


Figura 9 - Classes de textura do solo para o horizonte A encontradas nas áreas selecionadas para este estudo (n=25)

- Classes de Solo

Uma das classes de solos mais extensas do Brasil é a dos Argissolos. Ocorrem em áreas de relevos mais acidentados e dissecados, e possuem restrições relacionadas à fertilidade, ou seja, são solos com muito baixa a média fertilidade natural, em alguns casos, são susceptíveis a erosão.

Os Argissolos tendem a ser mais suscetíveis aos processos erosivos devido à relação textural presente nestes solos, que implica em diferenças de infiltração dos horizontes superficiais e subsuperficiais à erosão. Por serem susceptíveis a erosão, os Argissolos demandam práticas conservacionistas para o controle da erosão e a adoção de correção, adubação.

A partir dos produtores visitados, foi possível constatar que a maior proporção das classes de solos englobam a classe dos Argissolos (Figura 10). Vale salientar que, apesar de ser cultivado nos solos arenosos do litoral da Região Nordeste, o coqueiro vem sendo levado a região Norte aonde predominam solos argilosos (MARINHO et al., 2006).

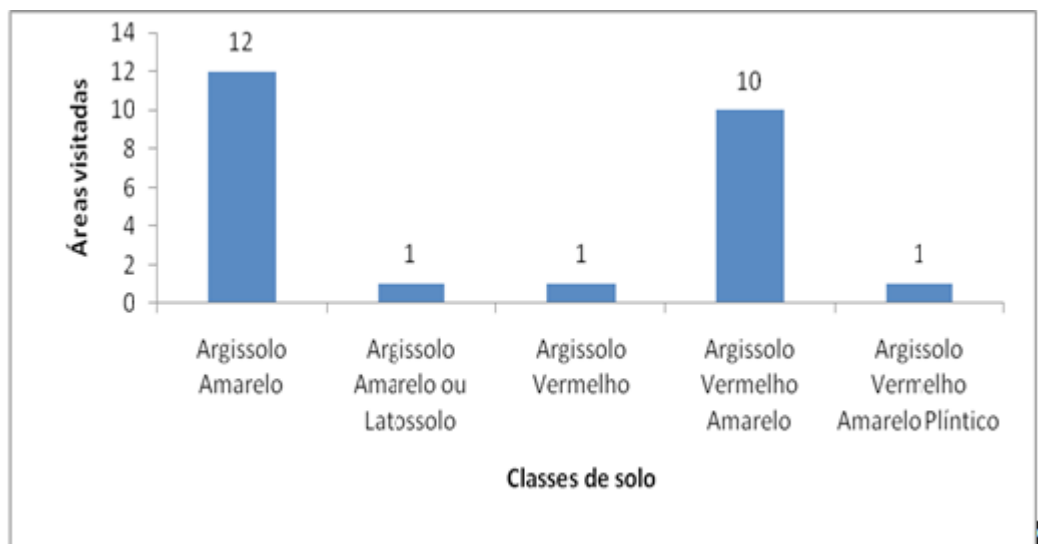


Figura 10 - Classes de solo encontradas nas áreas selecionadas para este estudo (n=25)

- Levantamento Base de Dados Cálcio (cmol/dm^3)

Das 72 análises químicas de rotina, constatou-se que 99% possuem cálcio em nível considerado baixo ($<2,0 \text{ cmol}/\text{dm}^3$) e apenas 1% na classe médio ($2,0$ e $6,0 \text{ cmol}/\text{dm}^3$) (Figura 11). De acordo com a Embrapa (2002) a baixa quantidade de Ca, resulta em folíolos com manchas amarelas arredondadas, tornando-se marrom no centro.

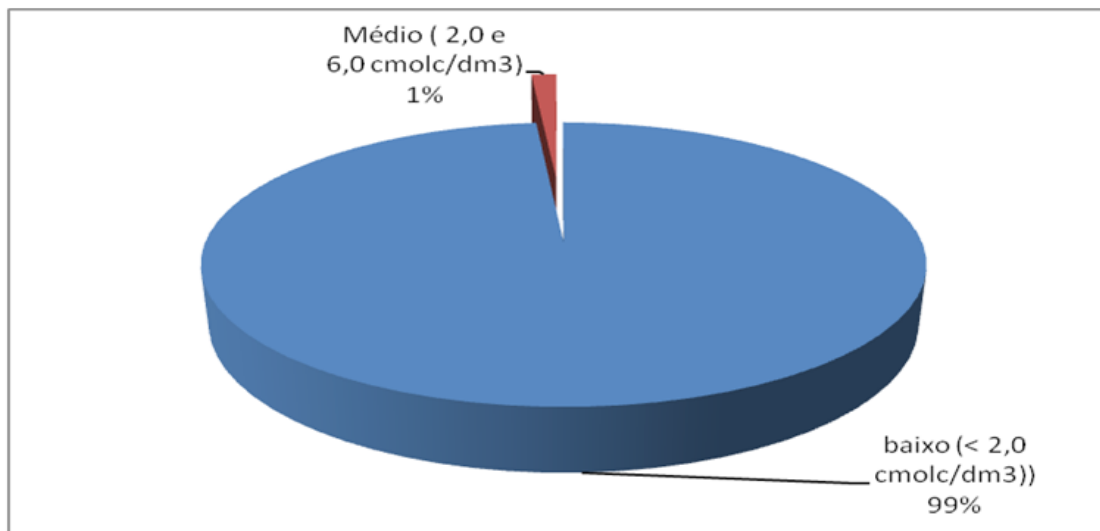


Figura 11. Distribuição percentual dos valores de Ca (cmol/dm^3) para 72 análises.

- Alumínio (cmol/dm^3)

Um dos principais responsáveis pela baixa produtividade das culturas, em solos ácidos é o alumínio, constituindo um fator limitante ao crescimento das plantas. Uma consequência do efeito nocivo dos níveis tóxicos de alumínio é a redução no crescimento radicular de plantas sensíveis, o que impede a absorção de água e nutrientes em profundidade pelo seu enraizamento superficial. Foi verificado que 85% das análises possuem alto teor de alumínio e 15% valor médio (Figura 12). Altos valores do mesmo implicarão na limitação do desenvolvimento das plantas.

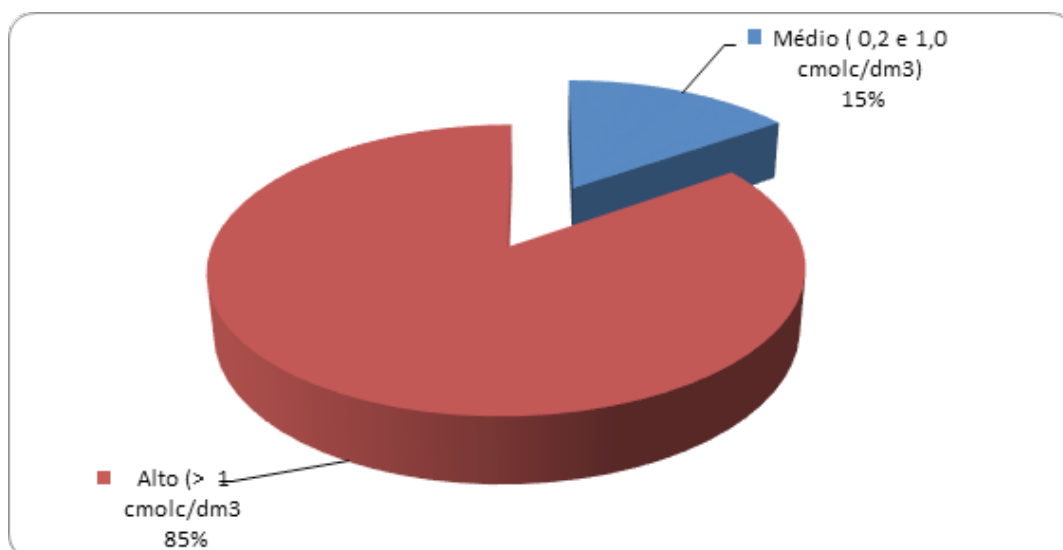


Figura 12. Distribuição percentual dos valores de Al (cmol/dm^3) para 72 análises.

- Magnésio (cmol/dm^3)

O Mg é imprescindível na formação de raízes, pois aumenta o sistema radicular, e amplia o acréscimo de açúcar em frutos e colmos. O sintoma de deficiência de magnésio é caracterizado pelo amarelecimento das folhas velhas na forma de clorose internerval.

A deficiência do magnésio afeta funções e estruturas nas plantas, sendo nível de clorofila, fotossíntese ou síntese proteica O principal nutriente da clorofila é o magnésio, sem ele as plantas não poderiam nutrir através dos raios do sol. Quando a deficiência torna-se crítica, ocorre necrose nas extremidades dos folíolos e manchas translúcidas.

Das 72 análises, 63 possuem Mg Baixo ($< 0,5\text{cmol}/\text{dm}^3$), 9 Médio (0,5 e $1,5\text{cmol}/\text{dm}^3$) conferindo assim 87% baixo, 13% médio (Figura 13).

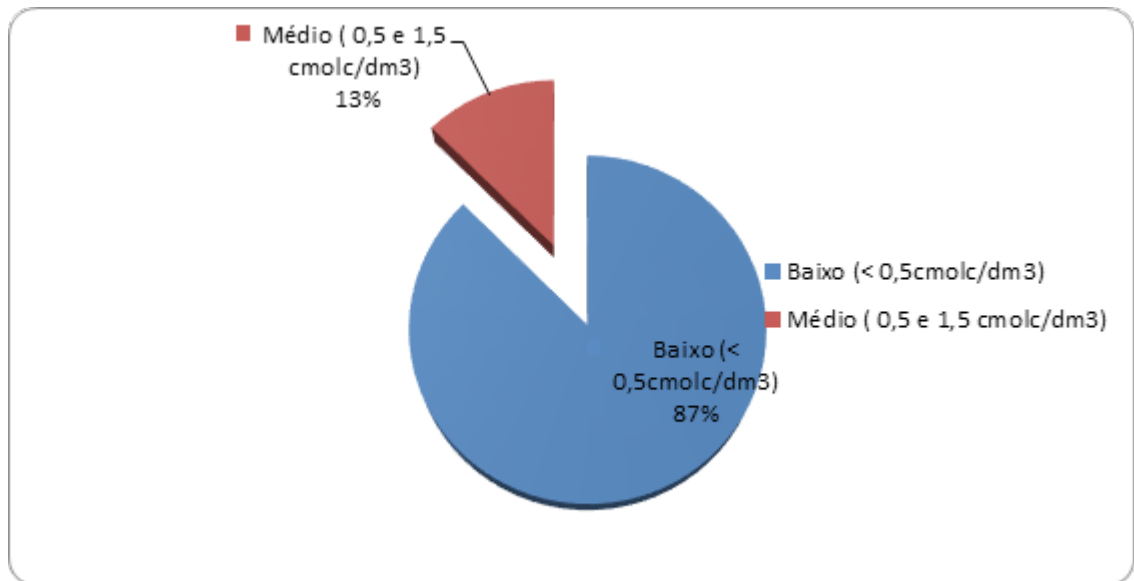


Figura 13– Distribuição percentual dos valores de Mg (cmol/dm^3) para 72 análises

- Potássio (cmol/dm^3)

O Potássio possui como funções no coqueiro a: translocação de açúcares, formação de amido e a abertura e fechamento dos estômatos.

Das 72 análises, 64 possuem K Baixo (0,0 a $0,11\text{cmol}/\text{dm}^3$), 7 médio ($0,11$ a $0,23\text{cmol}/\text{dm}^3$), 1alto ($0,23$ a $0,60\text{cmol}/\text{dm}^3$) conferindo assim 89% baixo, 10% médio e 1% alto (Figura 14).

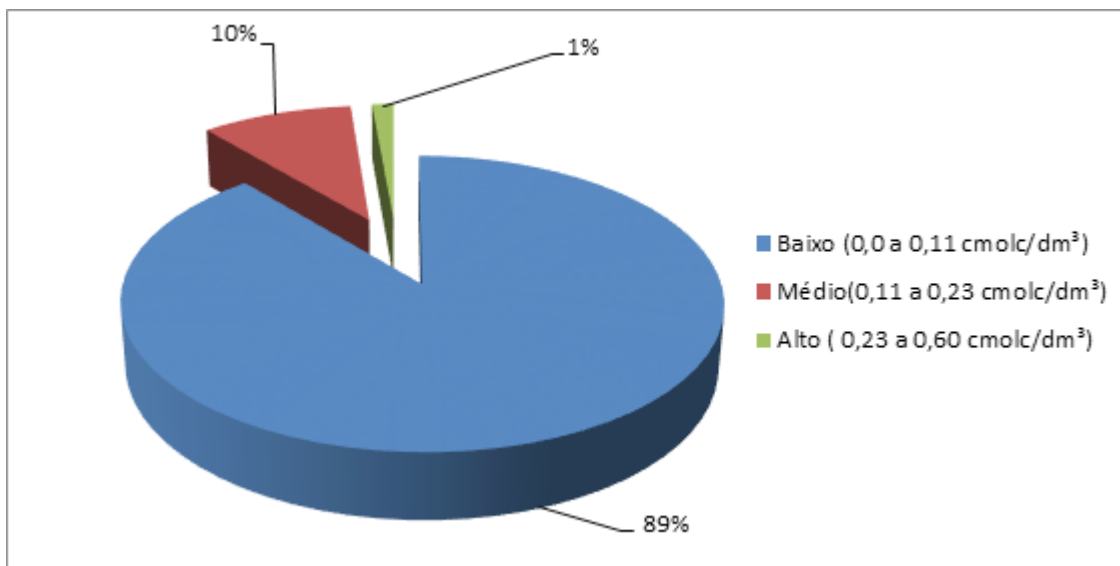


Figura 14 – Distribuição percentual dos valores de K (cmol_c/dm³) para 72 análises

- Carbono(dag/kg)

Das 72 análises, 59 possuem C Baixo (< 0,8 dag/kg), 10 Médio (0,8 a 1,4 dag/kg) 3 Alto (> 1,4 dag/kg) conferindo assim 82% muito baixo, 14% médio, 4% alto (Figura 15).

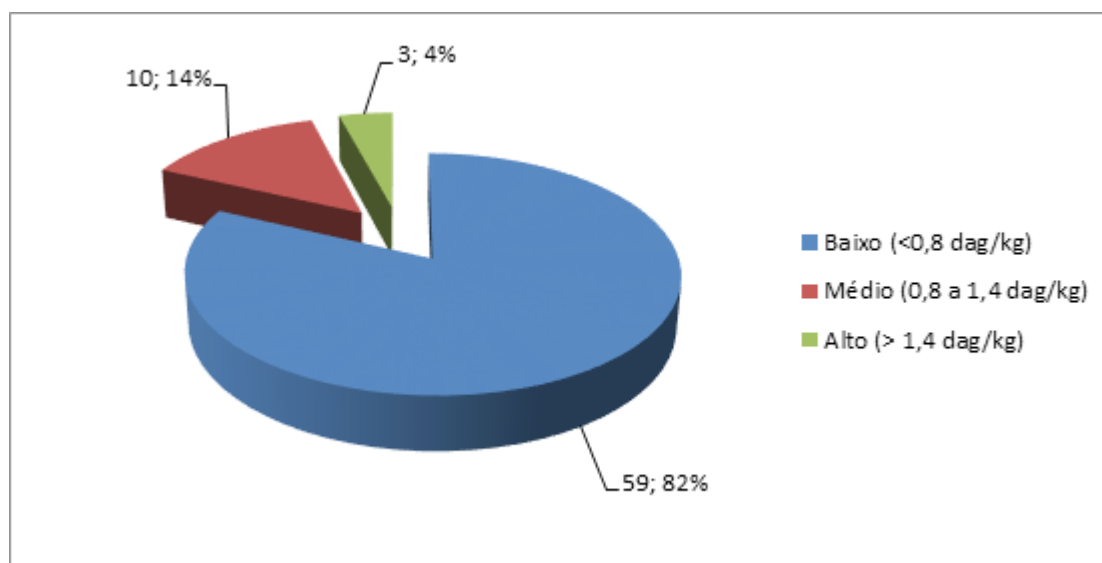


Figura 15 – Distribuição percentual dos valores de C (dag/kg) para 72 análises.

- Fósforo (mg/dm³)

A deficiência de Fósforo acarretará na diminuição do crescimento da planta e folhas com coloração verde mais escura.

Das 72 análises, 65 possuem P muito Baixo (0 a 2,99 mg/dm³), 5 baixo (3 a 9,99 mg/dm³), 1 médio (10 a 30 mg/dm³) e 1 alto (30 a 90 mg/dm³), conferindo assim 90% muito baixo, 7% baixo, 2% médio e 1% alto (Figura 16).

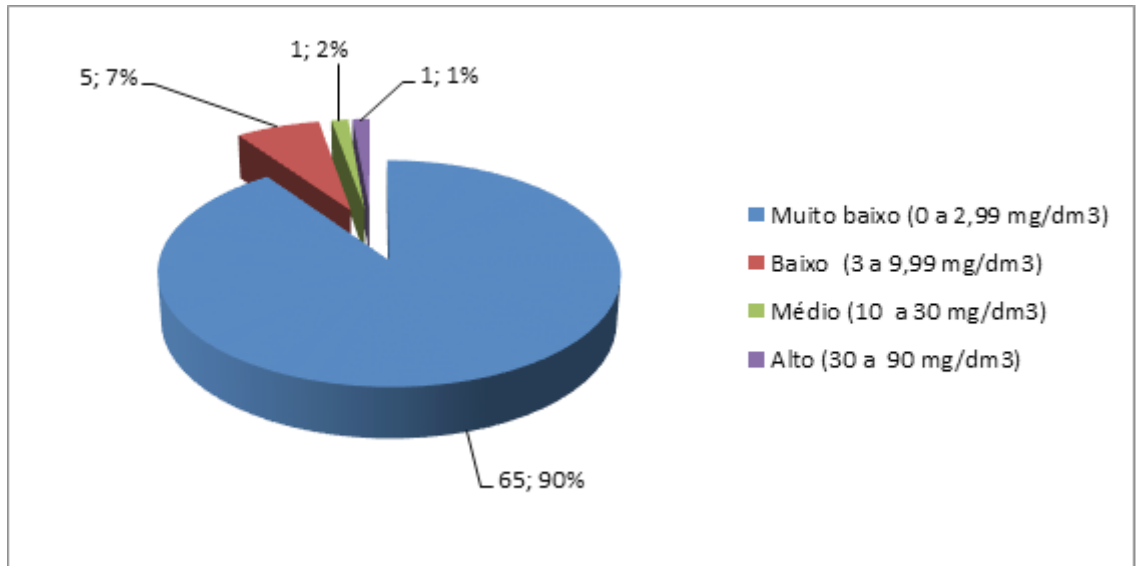


Figura 16 – Distribuição percentual dos valores de P (mg/dm³) para 72 análises.

- Soma De Bases (cmol_c/dm³)

Das 72 análises, 71 possuem soma de bases baixa <2 (cmol_c/dm³) e 1 soma de bases média de 2 a 5 (cmol_c/dm³), conferindo assim 99 % baixo e 1 % médio (Figura 17).

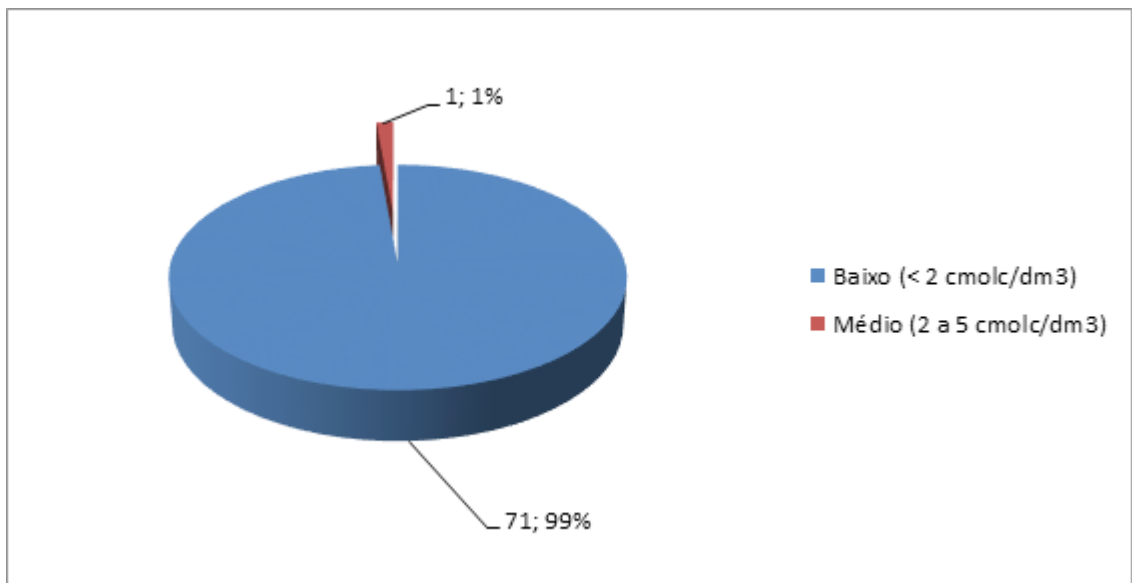


Figura 17– Distribuição percentual dos valores de SB (%) para 72 análises

- SATURAÇÃO DE BASES (%)

Das 72 análises, 68 possuem saturação de bases limitante, ou seja, <25 % e 4 muito baixo de 25 a 50, conferindo assim 94 % limitante e 6 % muito baixo (Figura 18).

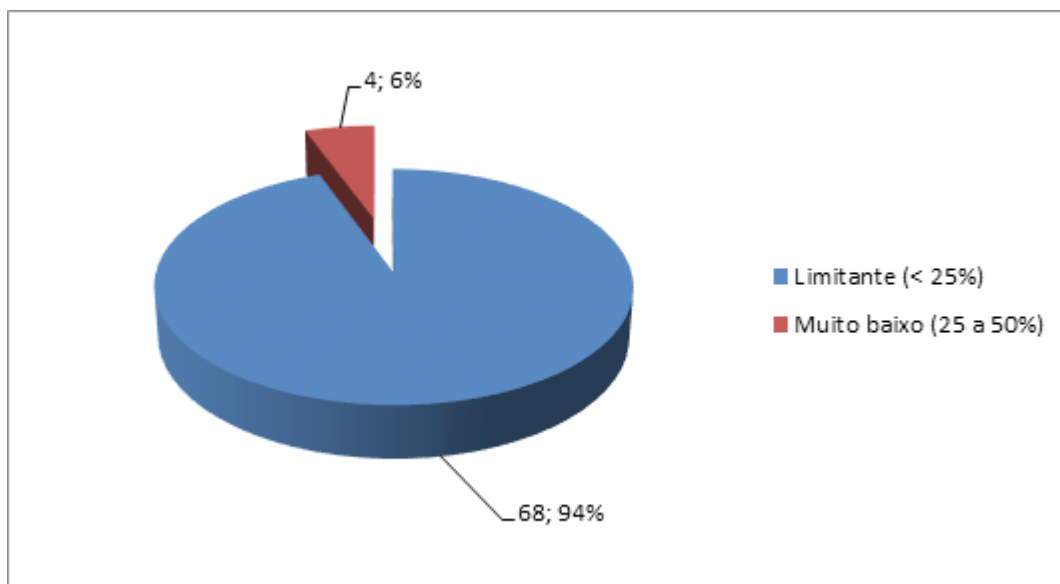


Figura 18 – Distribuição percentual dos valores de V (%) para 72 análises.

- CTC (cmol/dm^3)

Das 72 análises, 16 possuem CTC abaixo de $<4,5 \text{ cmol}/\text{dm}^3$, 55 CTC média e 1 alto, conferindo assim 22% baixo, 76% médio e 2% alto (Figura 19).

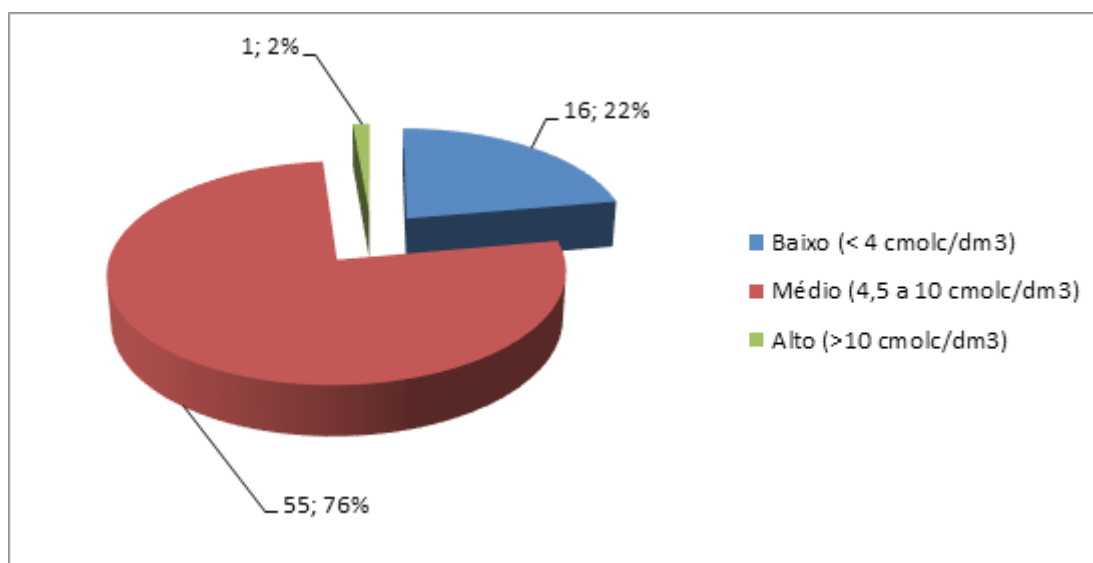


Figura 19 – Distribuição percentual dos valores de CTC (cmol/dm^3) para 72 análises

- Saturação por Alumínio (m%)

Das 72 análises, 2 possuem saturação por Al muito baixo, 3 considerado baixo, 12 médio (40.1 a 60%), 42 alto (60.1 a 80%) e 12 Muito Alto (> 80%) (Figura 20).

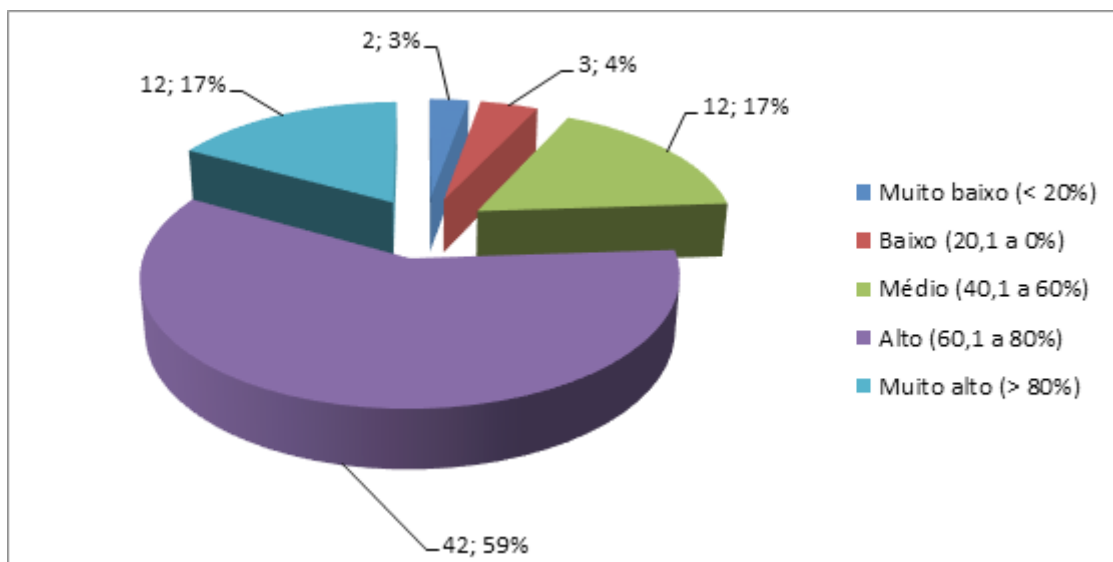


Figura 20 – Distribuição percentual dos valores de m% para 72 análises

4 | CONCLUSÃO

A fertilidade natural dos solos levantadas, a partir da base de dados, mostrou serem, em sua maioria, pobre quimicamente e associados a teores elevados de alumínio trocável. Além disso, foram encontrados baixos teores de matéria orgânica em superfície, o que deve refletir sobremaneira na atividade do alumínio trocável e aspectos relacionados aos baixos teores de nutrientes, na capacidade de armazenamento de água e na estruturação do solo.

Com relação às condições edáficas, para o cultivo do coqueiro nas áreas visitadas foram constatadas condições favoráveis de relevo, drenagem e textura do solo. No entanto, verificaram-se a carência de utilização de práticas de uso e manejo do solo, a exemplo do uso de plantas de cobertura, o controle de plantas daninhas e o consórcio com plantas anuais nas entrelinhas de plantio.

REFERÊNCIAS

ACRE – Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico Econômico. **Zoneamento Ecológico- Econômico do Acre**, Fase II, Documento síntese – escala 1:250.000. Rio Branco: SEMA, 2006. 355 p.

ACRE. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico - Econômico do Acre. **Zoneamento ecológico econômico do Acre**: fase II: documento síntese: escala 1:250.000. Rio Branco, AC: SEMA, 2010. 356 p.

AMARAL, E.F.; SOUZA, A.N. **Avaliação da fertilidade do solo no sudeste Acreano**: o caso do PED/MMA no município de Senador Guiomard. Rio Branco: Embrapa-CPAFAC, 1997. 32p. (Embrapa-CPAFAC, Documento 32).

ARAGÃO, W.M. **A importância do coqueiro-anão verde** s/d Disponível em: <<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 26 nov. 2013.

- BENASSI, A. C. **Caracterizações biométrica, química e sensorial de frutos de coqueiro variedade Anã Verde**. 2006. 98p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- CUENCA, M. A. G. Importância econômica do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (Ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2. ed. Aracaju: Embrapa-SPI, 1998. p. 17-56.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre. **Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de adubos e corretivos nas propriedades rurais do PED-BUJARI. Rio Branco: EMBRAPA; CPAF/AC, 1998. 20p. (Relatório Técnico).**
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema de Produção para a Cultura do Coqueiro: EMBRAPA; CPAF/SE, 2002. 63p.**
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- GOMES, F. P. Cultivo do coqueiro Anão: exigências climáticas e nutricionais. In: ZAMBOLIM, L. (Ed). **Manejo integrado: produção integrada fruteiras tropicais, pragas e doenças**. Viçosa: UFV, 2003. p. 95 – 111. (cap. 4).
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estados. Paraná. Cidades. Lavoura permanente 2010. **Produção de coco-da-baía**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=pr>. Acessado em 04 Dez 2013.
- LINS, P. M. P.; VIÉGAS, I. de J. M. Coqueiro. In: CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J. M.; BRASIL, E. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 262 p.**
- MARINHO, J. L. M.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Cultivo do coco “Anão Verde” irrigado com águas salinas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1277-1284, 2006.
- PASSOS, E.E.M. Ecofisiologia do coqueiro. In: FERREIRA, J.M S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L.A. (Eds.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2. ed. Aracaju: Embrapa-SPI, 1998. p. 65-72.
- Santos, R.D.; Santos, H.G.; Ker, J.C.; Anjos, L.H.C. & Shimizu, S.H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7o. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 100p.
- RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. EMBRAPA Monitoramento por Satélite. Campinas, SP, 2010.
- WADT, P. G. S. Recomendação de adubação para as principais culturas. In: WADT, P. G. S. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. p. 397-532.

CAPACIDADE MÁXIMA DE ADSORÇÃO DE FÓSFORO EM SOLOS DO TERRITÓRIO SERTÃO PRODUTIVO

Symone Costa de Castro

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano
Guanambi – BA

Elcivan Pereira Oliveira

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano
Guanambi – BA

Priscila Alves de Lima

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
Almenara – MG

Felizarda Viana Bebé

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano
Guanambi – BA

Resumo: As isotermas de adsorção descrevem quantitativamente a adsorção de fosfato à superfície dos minerais. A isoterma de Langmuir é a mais utilizada neste estudo, por permitir o cálculo da capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP). O objetivo do trabalho foi avaliar os parâmetros das isotermas de adsorção de P (Langmuir) e relacioná-la com atributos físicos e químicos de solos do Território Sertão Produtivo. Foram coletadas seis amostras de solo na camada de 0–20 cm, com variação dos atributos físicos e químicos. As amostras foram denominadas neste trabalho de A, B, C, D, E e F; sendo A e B coletadas no município de Candiba-BA e C, D,

E e F em Urandi-BA, em que os teores de argila variaram de 260, 220, 247, 265, 40 e 160 g k⁻¹, respectivamente. Foram determinados os teores de fósforo remanescente (P-rem), os parâmetros da equação de Langmuir em que obteve-se a CMAP e EAP (energia de adsorção de fosfato). A CMAP determinada para os solos apresentaram maiores valores quando os teores de argila também foram maiores o mesmo ocorreu para a EAP nos solos. Dos resultados obtidos, o P-rem e o teor de argila foram adequados para estimar a capacidade máxima de adsorção de fósforo. Vale ressaltar que não se obteve grande amplitude de CMAP entre os solos avaliados A e B com valores próximos, o que foi atribuído ao teor de argila similar entre os mesmos. Assim sendo, pode-se utilizar dos parâmetros que se correlacionaram com a CMAP para basear a reposição de fósforo no solo, desde que os atributos químicos e físicos dos solos sejam semelhantes aos deste estudo.

Palavras-Chave: fertilidade, argila, P-remanescente.

1 | INTRODUÇÃO

O fósforo é um dos macronutrientes primários essenciais ao crescimento das plantas, sendo absorvido pelas mesmas nas formas dos íons inorgânicos ortofosfatos (HPO_4^{2-} e H_2PO_4^-) (CORRALES, 2013). Apesar de ser o menos

absorvido pelas plantas, é o mais utilizado nas adubações, devido à deficiência natural deste elemento na maioria dos solos de regiões tropicais.

A carência de P em solos está relacionada à baixa concentração nas rochas que deu origem a estes solos, além da fixação aos colóides. Dentre os fatores que afetam a disponibilidade de fósforo para as plantas, destaca-se a adsorção específica ou quimiossorção, onde o fosfato presente no solo reage com os óxidos e hidróxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al). Além disso, a composição mineralógica dos solos, variações no pH (Potencial hidrogeniônico) e na quantidade de matéria orgânica (MO) influenciam neste processo (CHAVES et al., 2007).

O fósforo total no solo encontra-se nas formas orgânicas (Po) e inorgânicas (Pi), sendo o Po um reservatório importante na nutrição de plantas, principalmente em solos intemperizados e argilosos onde o fenômeno de adsorção se torna mais acentuado, devido à forte interação entre o fósforo e os óxidos de ferro e alumínio – presentes na fração argila. Estas ligações apresentam alta energia de ligação de fosfato (EAP) e conseqüentemente, maiores capacidades máximas de adsorção deste elemento (PINTO, 2012).

Para compreender a interação do fósforo (P) entre a fase sólida e a fase líquida do solo, são utilizadas isotermas de adsorção. Estas descrevem quantitativamente a adsorção de fosfato à superfície dos minerais. A isoterma de Langmuir é a mais utilizada neste estudo, por permitir o cálculo da capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP).

A análise da CMAP do solo permite a utilização dos adubos fosfatados de forma sustentável, uma vez que a avaliação de apenas um parâmetro do solo, como o teor de argila, não é suficiente para a determinação da quantidade de adubo a ser aplicada ao mesmo (PINTO, 2012). Quando há a utilização de apenas um atributo do solo na recomendação da adubação, ocorrem usos de quantidades desnecessárias, acarretando em danos ao ambiente, seja na contaminação de rios e lagos (eutrofização) ou mesmo na diminuição e/ou extinção das fontes de fosfatos naturais.

Devido à alta complexidade do fósforo no solo, muitos trabalhos têm sido realizados em diversas regiões do país (BOEIRA DE OLIVEIRA et al., 2014; CORRÊA et al., 2011; CRISPIM VILAR et al., 2010; FARIAS et al., 2009; RANNO et al. 2007). Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar os parâmetros das isotermas de adsorção de P (Langmuir) e relacioná-la com atributos físicos e químicos de solos do Território de Identidade Sertão Produtivo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em amostras de solos provenientes de áreas de cultivo da agricultura familiar em dois municípios do território de identidade Sertão Produtivo (Figura 1). Foram utilizadas seis amostras, as quais foram denominadas neste trabalho de A, B, C, D, E e F; sendo A e B do município de Candiba e C, D, E e F de Urandi.

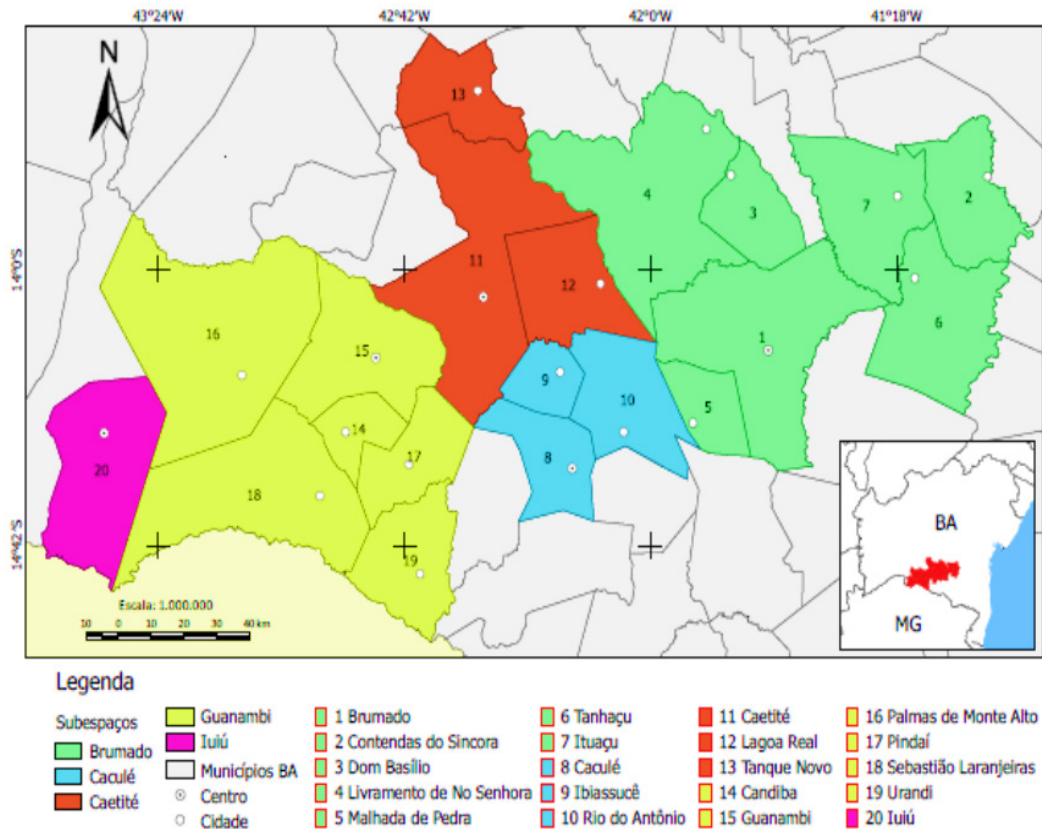


Figura 1. Mapa de localização do Território Sertão Produtivo. Fonte: PDTRSS (2016).

A amostragem do solo foi feita de forma aleatória na camada de 0-20 cm. Em cada área foram coletadas 5 amostras simples de solo com estrutura deformada com auxílio de um trado coletor tipo holandês. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas ao laboratório de Química e Física do Solo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi.

Foram determinados os seguintes atributos químicos: pH em água (1:2,5) determinado por potenciometria; Cálcio trocável - Ca^{2+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Magnésio trocável - Mg^{2+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Alumínio - Al^{3+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), extraídos do solo com solução de KCl; Potássio trocável - K^+ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Sódio trocável - Na^+ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), extraídos do solo com solução de Mehlich 1 e determinados por fotometria de chama; Fósforo disponível - P (mg dm^{-3}), extraído com Mehlich-1; Alumínio + Hidrogênio - Al+H ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), determinada pelo método do acetato de sódio e acetato de amônio 1mol L^{-1} ; conforme métodos descritos pela Embrapa (2009). Em seguida, foi determinada a capacidade de troca de cátions - T ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) de acordo com a equação 1:

$$T = S + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}) \quad (1)$$

Em que:

S = é a soma das bases Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

O teor de matéria orgânica do solo - MO (dag/kg) foi determinado conforme o método adaptado de Yeomans & Bremner utilizado por Mendonça & Matos (2005), enquanto que análise granulométrica foi feita de acordo com Ruiz (2010). Após as análises químicas e físicas, as unidades experimentais apresentaram os atributos da tabela 1.

Atributo	Solos					
	A	B	C	D	E	F
Areia (g kg ⁻¹)	670	730	729	695	800	680
Silte (g kg ⁻¹)	70,0	50,0	24,0	40,0	160	160
Argila (g kg ⁻¹)	260	220	247	265	40,0	160
pH ⁽¹⁾	6,40	6,40	6,18	4,81	6,27	5,28
Ca ²⁺ (²) (cmol _c dm ⁻³)	0,90	1,40	1,20	1,50	1,40	0,80
K ⁺ (³) (cmol _c dm ⁻³)	0,24	0,40	0,00	0,00	0,10	0,01
Na ⁺ (⁴) (cmol _c dm ⁻³)	0,05	0,06	2,28	2,40	0,00	0,00
Mg ²⁺ (⁵) (cmol _c dm ⁻³)	0,50	0,50	0,90	1,30	-	2,10
Al ³⁺ (⁶) (cmol _c dm ⁻³)	0,10	0,10	-	-	-	-
H + Al ⁽⁷⁾ (cmol _c dm ⁻³)	3,00	2,31	0,66	0,49	3,16	2,31
P ⁽⁸⁾ (mg dm ⁻³)	12,2	7,56	3,56	0,12	0,36	0,96
T ⁽⁹⁾ (cmol _c dm ⁻³)	5,00	4,71	5,04	5,69	-	5,37
MO ⁽¹⁰⁾ (dag kg ⁻¹)	0,30	0,35	2,17	1,64	0,45	0,34

Tabela 1. Atributos Químicos e Físicos das unidades experimentais.

⁽¹⁾ pH em água; ⁽²⁾ Ca²⁺ = cálcio trocável; ⁽³⁾ K⁺ = potássio trocável; ⁽⁴⁾ Na⁺ = sódio trocável; ⁽⁵⁾ Mg²⁺ = magnésio trocável; ⁽⁶⁾ Al³⁺ = alumínio trocável; ⁽⁷⁾ H + Al = acidez potencial; ⁽⁸⁾ P = fósforo disponível (extraído com Melhich-1); ⁽⁹⁾ T = capacidade de troca de cátions (CTC); ⁽¹⁰⁾ MO = Matéria Orgânica; (-) = Valores não determinados.

A metodologia empregada para a determinação do fósforo remanescente (P-rem) foi a descrita por Alvarez et. al (2000), onde a mistura solo (4,0 g) mais solução de cloreto de cálcio 0,01 mol L⁻¹ + P 60 mg (40 mL) foi deixada sob agitação durante 5 minutos e posteriormente decantada e feita a leitura do P na solução de equilíbrio. Os valores obtidos serviram de base para a determinação das doses utilizadas para a obtenção da capacidade máxima de adsorção (CMAP).

Para estimar a adsorção de fósforo, aproximadamente 4 g de TFSA (terra fina seca ao ar) dos diferentes solos foram mantidos em contato mediante agitação por 24 horas com 40 mL de solução de cloreto de cálcio 0,01 mol L⁻¹, contendo 0; 5; 10; 20; 40; 60; 80 e 100 mg de P, na forma de KH₂PO₄ (dihidrogenofosfato de potássio); o fósforo no sobrenadante foi determinado por espectrofotometria e o fósforo adsorvido foi determinado por meio da equação 2, conforme (CASAGRANDE & SOARES, 2009):

$$[]_{\text{ads.}} = [V_{\text{solução}}(C_0 - C_e)]/M_{\text{solo}} \quad (2)$$

Em que:

[]_{ads.} = concentração de fósforo adsorvida (mg kg⁻¹);

V_{solução} = volume da solução (L);

C₀ = concentração inicialmente adicionada (mg L⁻¹);

C_e = concentração remanescente na solução de equilíbrio (mg L⁻¹);

M_{solo} = massa da amostra de solo (kg).

Os valores de fósforo adsorvido e da concentração remanescente na solução de equilíbrio foram ajustados à equação de Langmuir, onde se pôde estimar a CMAP e a energia de adsorção do fósforo (EAP), utilizando-se a equação 3:

$$x/m = KbC/(1+KC) \quad (3)$$

Em que:

x/m = quantidade do íon adsorvida na fase sólida;

C = concentração do íon na solução de equilíbrio com a fase sólida;

K = constante – relacionada à energia de ligação;

b = capacidade máxima que a fase sólida pode adsorver do íon em estudo – CMAP do solo.

Os resultados obtidos, nas análises de adsorção de fósforo dos solos, foram ajustados a isoterma de Langmuir com o auxílio do programa Sigmaplot versão 10.0, um software que tem como objetivo obter os parâmetros da equação de Langmuir (SYSTAT SOFTWARE, 2006). Posteriormente, fez-se as correlações entre a Capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) obtida pela equação de Langmuir e alguns atributos químicos e físicos dos solos, utilizando a correlação simples de Pearson.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As quantidades de fósforo remanescente (P-rem) encontradas foram bastante próximas para os solos avaliados (com variação entre 44,7 a 59,7 mg L⁻¹), indicando que os mesmos apresentam capacidade de adsorção de fósforo similares. Este fato foi observado principalmente entre os solos A, B, C e D (tabela 2), o que pode ser atribuído aos teores de argila próximos entre os mesmos, com variação entre 220 e 265 g Kg⁻¹, uma vez que estudos indicam à argila como a principal responsável pelo fenômeno de adsorção de fósforo em solos (BOEIRA DE OLIVEIRA et al., 2014; MOREIRA et al., 2006; RANNO et al., 2007). Contudo, no presente estudo o solo com maior concentração de argila não foi o que apresentou maior CMAP, o que evidencia a influência do tipo de argila, óxidos e hidróxidos de Fe e Al na adsorção de fósforo.

SOLOS	P – rem ⁽¹⁾ (mg L ⁻¹)	CMAP (mg kg ⁻¹)	EAP ⁽²⁾	r ²⁽³⁾
A	45,9	300	0,121	0,98
B	49,3	310	0,115	0,90
C	46,6	330	0,149	0,98
D	44,7	329	0,142	0,97
E	55,9	222	0,041	0,95
F	59,7	117	0,061	0,82

Tabela 2. Fósforo remanescente, Capacidade máxima de adsorção de fósforo, Energia de adsorção de fosfato e coeficiente de determinação (r²) das unidades experimentais.

⁽¹⁾ P-rem = Fósforo remanescente; ⁽²⁾ EAP = Energia de Adsorção de Fosfato; ⁽³⁾ r² – Equação de Langmuir.

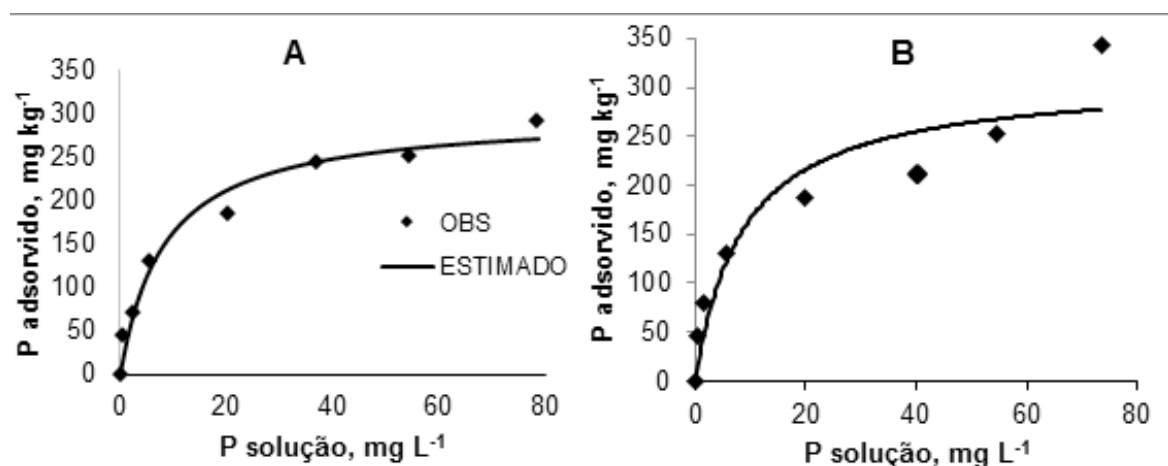
O teor de argila é muito importante para o estudo do solo, pois devido à sua grande área de superfície específica e carga, a argila é um local propício à ocorrência de diversas reações químicas e físicas (WHITE, 2009). No que se refere a quimiossorção de fósforo

(como é melhor denominado o processo de adsorção deste elemento no solo), esta ocorre devido a existência de cargas elétricas de superfície, comuns nos argilominerais e nos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio.

Além da quantidade, o tipo de argila é muito importante na análise da CMAP, pois as mesmas diferem na quantidade de minerais presentes (a fração argila é uma mistura de filossilicatos e de óxidos). Outro fator a se considerar é o pH, que afeta o tipo de carga existente no mineral. A caulinita (mais comum em solos de regiões tropicais), argilomineral de estrutura neutra, por exemplo, pode apresentar cargas positivas e negativas a depender do pH do meio (MEURER, 2012). De posse destas informações, infere-se que a pequena variação entre a CMAP e o teor de argila (tabelas 1 e 2) entre os solos E e F, deve-se possivelmente ao tipo de argila, que pode apresentar baixo teor de óxidos de ferro e alumínio.

Fazendo um comparativo entre dados obtidos no presente estudo e os obtidos por Ranno et al. (2007), fica evidente a contribuição do tipo de argila na adsorção de fósforo; para o solo C deste estudo, com teor de argila igual a 247 g kg^{-1} obteve-se uma CMAP de 330 mg kg^{-1} enquanto que o autor citado, estudando a adsorção de fósforo em solos de Várzea do Estado do Rio Grande do Sul obtiveram uma CMAP de 593 mg kg^{-1} , para um solo com teor de argila igual a 245 g kg^{-1} . Isso demonstra que a adsorção está relacionada ao tipo de coloide presente no solo, mais do que com a concentração de argila, o que é plausível, pois o solo C do presente estudo é de sequeiro, enquanto o solo de Várzea é alagado, indicando que o mesmo é mais intemperizado e conseqüentemente apresenta maior quantidade de óxidos de ferro e alumínio.

O solo com maior CMAP foi também o que apresentou maior EAP (Energia de Adsorção de Fosfato). Falcão e Silva (2004), estudando a adsorção de fósforo em solos da Amazônia central também evidenciaram este fato, ou seja, constataram uma correlação significativa e positiva entre a CMAP e a EAP. Esta energia representa a “força” das ligações entre o fósforo e os minerais do solo. Assim sendo, é de se esperar que solos com maiores capacidades de adsorção de fósforo apresentem maior energia de ligação. As isotermas de adsorção de Langmuir, utilizadas para determinar a capacidade máxima de adsorção de fósforo bem como a energia de adsorção de fosfato estão apresentadas na Figura 2.



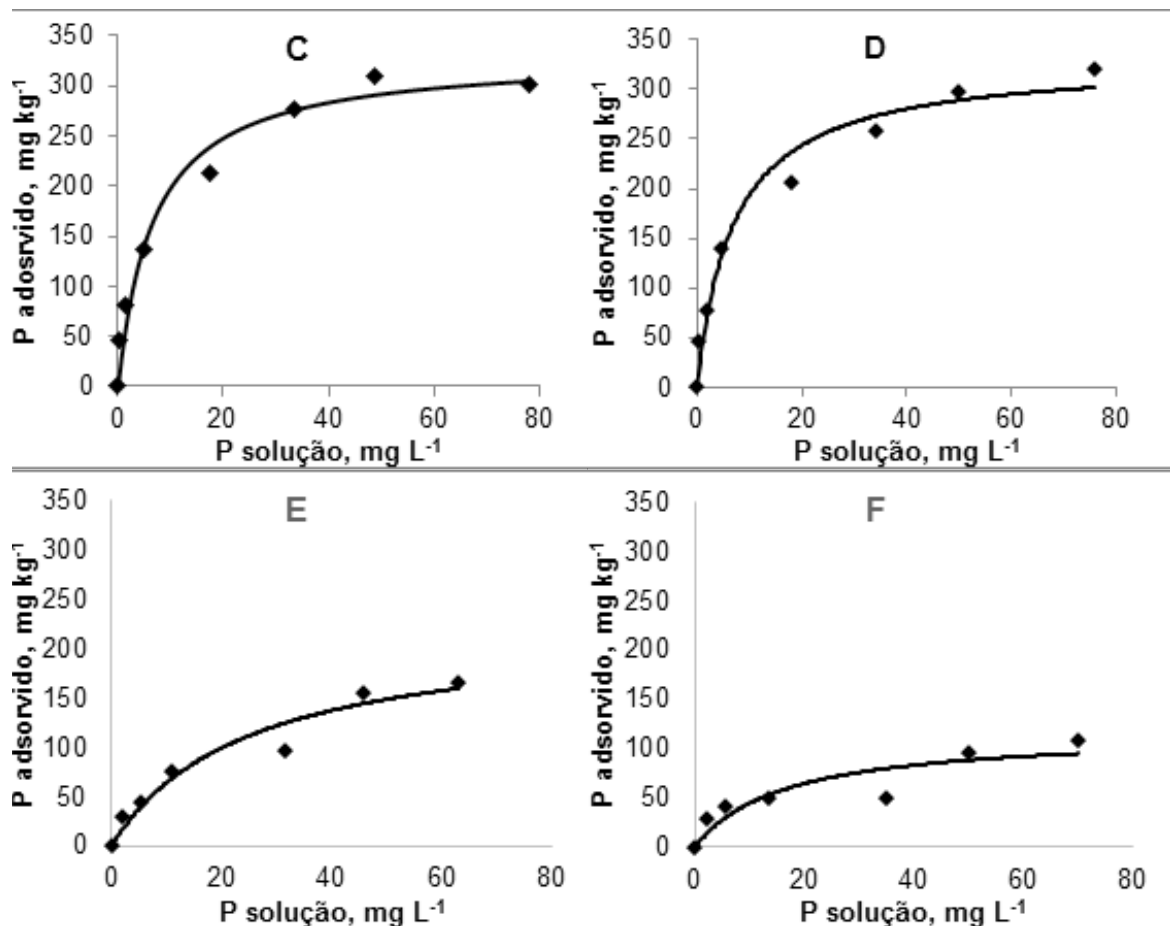


Figura 2. Isotermas de adsorção de fósforo obtidas em razão de diferentes doses deste elemento aplicadas aos solos.

Os dados referentes às correlações obtidas entre a capacidade máxima de adsorção de fósforo e alguns atributos químicos e físicos dos solos estão apresentados na tabela e figura 3. Estes dados foram obtidos utilizando-se a correlação linear simples de Pearson. Neste trabalho, considerou-se positiva as correlações cujas equações do gráfico CMAP versus atributo do solo obteve-se r^2 maior que 0,70, pois foram capazes de estimar a CMAP dos solos.

ATRIBUTO	OBS*.	r
Argila	6	0,63
Ca ²⁺	6	0,52
CTC	5	-0,23
P-rem	6	-0,95
P	6	0,43
H + Al	6	-0,48
MO	6	0,54

Tabela 3. Coeficientes de correlação linear simples (r) entre a CMAP e alguns atributos químicos e físicos dos solos.

*OBS = quantidade de solos avaliados.

O atributo do solo que melhor se relacionou com a CMAP foi o fósforo remanescente

(P-rem); a relação foi inversa ($r = -0,95$), indicando que quanto menor a CMAP maior o P-rem. A explicação para esta observação reside no fato de que o P-rem indica a quantidade de fósforo que permanece na solução de equilíbrio em resposta a uma concentração do mesmo adicionada ao solo (DONAGEMMA et al., 2008), ou seja, quanto maior a quantidade de fósforo que resta na solução de equilíbrio menor a quantidade adsorvida à fase sólida do solo.

Além do P-rem, a argila se correlacionou positivamente com a CMAP. A obtenção de correlação positiva e direta entre a CMAP e o teor de argila é encontrada em muitos trabalhos; Corrêa et al. (2011), por exemplo, estudando a adsorção de fósforo em dez solos do estado de Pernambuco encontrou uma correlação de 0,92, indicando que quanto maior o teor de argila maior a CMAP. No presente trabalho, de maneira geral, os solos com maiores CMAP foram também os que apresentaram maior concentração de argila, o que evidencia a contribuição dessa fração do solo neste processo.

Outro atributo que teve correlação com a CMAP foi o cátion trocável Ca^{2+} ($r = 0,52$), mantendo para alguns dos solos, uma relação direta com a CMAP, ou seja, para um alto valor de Ca^{2+} tem-se também um valor alto de CMAP, isso porque o fosfato pode reagir com o cálcio, presente no solo na forma de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, formando compostos insolúveis. A precipitação de fosfatos pelo hidróxido de cálcio, ocorrerá em pH elevado, do contrário, a precipitação terá maior influência do ferro e do alumínio (PINTO, 2012).

O pH exerce grande influência nas reações que ocorrem no solo, uma vez que no mesmo existem cargas dependentes de pH. Apesar dessa relação, não se obteve uma correlação entre a CMAP e esta variável do solo. Era de se esperar uma correlação positiva, pois a superfície dos óxidos de ferro e alumínio exibem carga positiva em condições de solos ácidos, por exemplo, atraindo ânions, principalmente os fosfatos. Moreira et al. (2006) avaliando a adsorção de fósforo em quatro solos do Ceará, também não encontrou correlação entre o pH e a CMAP, atribuindo o fato a maior influência dos óxidos de ferro no processo de adsorção.

Quanto a correlação entre a CMAP e a Capacidade de Troca de Cátions (CTC) dos solos, também não se obteve correlação ($r = -0,23$). A capacidade de troca de cátions, que é uma medida da quantidade de cátions trocáveis presentes no solo, pode ser obtido por meio da soma dos cátions ($\Sigma = \text{K}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Na}^+$) em condições de solos calcários (WHITE, 2009). Com o aumento da troca de cátions, haverá conseqüentemente, uma maior incidência de cargas negativas no solo, o que repelirá os ânions fosfatos. Desta forma, infere-se que solos com maior capacidade de troca de cátions terá menor CMAP. Os solos avaliados não apresentaram grande variação de CTC, o que permite constatar maior influência de outros fatores na CMAP destes solos, como a argila, por exemplo.

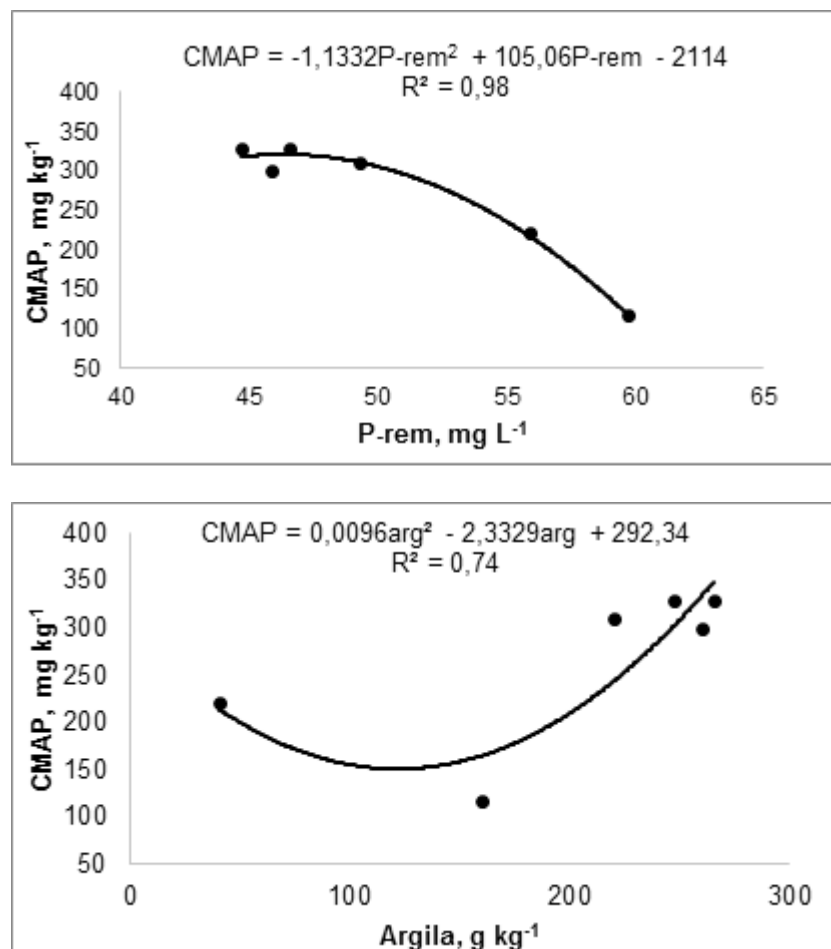
Outros atributos dos solos que não se correlacionaram com a CMAP foram a acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$), a matéria orgânica e o fósforo disponível. Contudo, foi observado que os solos com maiores CMAP apresentaram maiores valores de acidez potencial. A acidez potencial correspondente aos compostos e às substâncias que liberam H^+ (íons hidrogênio) ao solo, acidificando o meio (MEURER, 2012). A presença de Al^{3+} por exemplo, é mais

comum em solos ácidos e consequentemente com maiores CMAP.

Os solos que apresentaram maior teor de Matéria Orgânica (MO) foram os solos C e D, ambos, com maiores valores de CMAP. Segundo Souza et al. (2006), o aumento da MO pode interferir no processo de adsorção, reduzindo o mesmo, uma vez que as substâncias presentes na MO bloqueiam os sítios de carga positiva dos minerais secundários da fração argila. No entanto, no presente estudo isto não foi evidenciado, provavelmente, devido ao caráter ácido dos solos avaliados.

O fósforo disponível (extraído com solução extratora mellich-1) que representa a quantidade do elemento prontamente assimilável pelas plantas, apresentou ampla variação (0,12 - 12,2 mg dm⁻³), não se correlacionando com a CMAP, pois o solo D com CMAP de 329 mg kg⁻¹, apresentou o menor valor de fósforo disponível. Este fato justifica-se possivelmente, pela alta energia de adsorção de fósforo que este solo apresenta, impedindo que este elemento retorne à solução do solo.

Os gráficos, bem como as equações obtidas das correlações entre a CMAP e os atributos do solo (fósforo remanescente, argila e cálcio) podem ser vistas na figura 3. Ajustando-se as equações obtidas com estas correlações é possível estimar a CMAP.



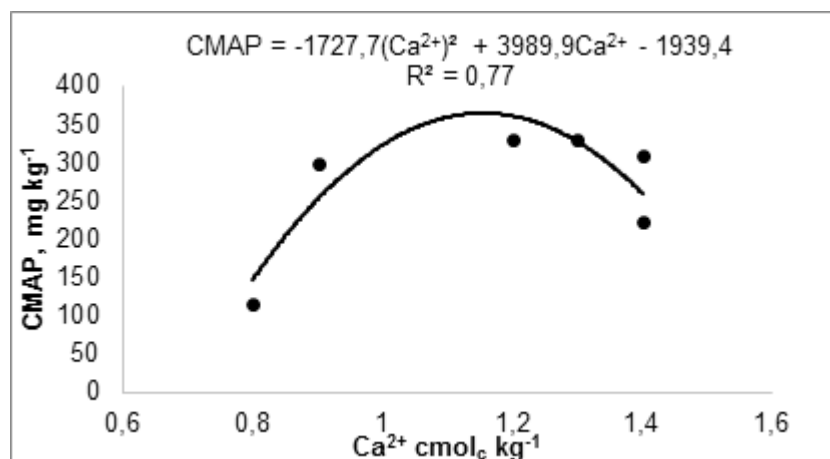


Figura 3. Correlações entre a Capacidade Máxima de Adsorção de fósforo e os atributos do solo: fósforo remanescente (P-rem), argila e cálcio (Ca²⁺).

Desta forma, fica evidente que compreender a dinâmica do solo é de fundamental importância para um manejo adequado do mesmo. Assim sendo, a caracterização química e física do solo se faz necessária para uma melhor avaliação deste ambiente como meio para o crescimento das plantas. Além disso, auxilia na investigação da necessidade de adição de fertilizantes, uma vez que os nutrientes presentes no mesmo sofrem processos que podem diminuir a sua disponibilidade às plantas, como no caso do fósforo, que é adsorvido pela fase sólida do solo através dos óxidos de ferro e alumínio presentes na fração argila.

4 | CONCLUSÃO

O fósforo remanescente (P-rem) foi o parâmetro mais adequado para estimar a capacidade máxima de adsorção de fósforo, seguido do teor de argila e do cátion trocável Ca²⁺.

Os parâmetros que se correlacionaram com a CMAP poderão ser utilizados como base para reposição de fósforo, em solos com atributos químicos e físicos semelhantes aos deste estudo, nas adubações fosfatada.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F. de; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.27-32, 2000.

BOEIRA DE OLIVEIRA, C. M.; COLPO GATIBONI, L.; MIQUELLUTI, D. J.; JOT SMYTH, T.; ALMEIDA, J. A. Capacidade máxima de adsorção de fósforo e constante de energia de ligação em Latossolo Bruno em razão de diferentes ajustes do modelo de langmuir. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 6, 2014.

CASAGRANDE, J. C; SOARES, M. R. Modelos Químicos de adsorção In: MELO, V. F & ALLEONI, L. R.

- F. (eds.) **Química e Mineralogia do Solo**. v. 2, 1º Ed., Viçosa, MG: SBSC, p. 131 – 160. 2009.
- CASTELLAN, G. W. **Fundamentos de físico-química**. Tradução: CRISTINA, M.P; ROBERTO, B.F. Rio de Janeiro, LTC, 2012.
- CHAVES, L. G; CHAVES, I. B.; MENDES, J. S. Adsorção de fósforo em materiais de Latossolo e Argissolo. **Revista Caatinga**, v. 20; p. 104-111, 2007.
- CORRÊA, R. M.; NASCIMENTO, C. W; ROCHA, A. T. Adsorção de fósforo em dez solos do Estado de Pernambuco e suas relações com parâmetros físicos e químicos. **Acta Scientiarum Agronomy. Maringá**, v. 31, n. 1, p. 153-159, 2011.
- CORRALES, R. A. Avaliação e Calibração de extratores de fósforo em três diferentes ordens de solo da Costa Rica. **Dissertação (mestrado)** – Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”. Piracicaba, 2013.
- CRISPIM VILAR, C.; SARAIVA DA COSTA, A. C.; HOEPERS, A.; SOUZA JUNIOR, I. G. D. Capacidade máxima de adsorção de fósforo relacionada a formas de ferro e alumínio em solos subtropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, 2010.
- DONAGEMMA, G. K. et al. Solution equilibrium phosphorus in clay and silt fractions of oxisols after particle size analysis pre-treatments. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 04, p. 1785-1791, 2008.
- EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.
- FARIAS, D. R.; OLIVEIRA, F. H.; SANTOS, D.; ARRUDA, J. A.; HOFFMANN, R. B. & NOVAIS, R. F. Fósforo em Solos Representativos do Estado da Paraíba. I – Isotermas de Adsorção e Medidas do Fator Capacidade de Fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:623-632, 2009.
- KLEIN, C. & AGNE, S. A. A. Fósforo: de nutriente à poluente. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, V. 8, 2012. (e-ISSN: 2236-1170).
- MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análise**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 107p.
- MEURER, E. J. **Fundamentos da Química do Solo**. 3ª ed. Porto Alegre, Evangraf, 2012. 580p.
- MOREIRA, F. L. M.; MOTA, F. O. B.; CLEMENTE, C. A.; AZEVEDO, B. M. A.; BOMFIM, G. V. Adsorção de fósforo em solos do Estado do Ceará. **Revista Ciências Agrônômica**, v. 37, n.1, p. 7-12, 2006.
- NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, L. M.; CORRÊA, M. M.; FERNANDES, E. I. & IBRAIMO, M. M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do alto Parnaíba (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:953-964, 2004.
- PINTO, F.A. Sorção e dessorção de fósforo em solos de cerrado. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, 2012.

PDTRSS. **Plano de Desenvolvimento Territorial Rural Sustentável e Solidário do Território Sertão Produtivo**. Guanambi: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, 2016, 60p.

RANNO, S. K.; SILVA, L. S.; GATIBONI, L. C.; RHODEN, A. C. Capacidade de Adsorção de Fósforo em Solos de Várzea do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31: 21-28, 2007.

RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (SILTE + ARGILA). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:297-300, 2005.

SOUZA, R. F.; FAQUIN, V.; TORRES, P. R. F.; BALIZA, D. P. Calagem e Adubação Orgânica: Influência na Adsorção de Fósforo em Solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:975-983, 2006.

SHRIVER, D. F.; ATKINS, P. W. **Química Inorgânica**. (Tradução: Maria Aparecida B. Gomes). 3° ed. Bookman, 2003.

VALLADARES, G. S.; PERERIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia, Campinas**, Vol. 6, n. 1, p. 111-118, 2003.

WHITE, R. **Princípios e Práticas da Ciência do Solo: O solo como um recurso natural**. 4ª ed. Andrei Editora, São Paulo, 2009.

DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES EM LATOSSOLO VERMELHO APÓS O USO DE SORGO E CROTALÁRIA NA ADUBAÇÃO VERDE¹

Cláudia Fabiana Alves Rezende

Trabalho de Iniciação Científica. Bolsista da UniEvangélica/FUNADESP
claudia7br@msn.com;

Thiago Rodrigues Ramos Faria

UniEvangélica, Av. Universitária Km. 3,5 - Cidade Universitária - Anápolis - GO CEP: 75083-515.
Anápolis, GO
professorthiagor@gmail.com;

Simone Janaina da Silva Moraes

UniEvangélica, Av. Universitária Km. 3,5 - Cidade Universitária - Anápolis - GO CEP: 75083-515.
Anápolis, GO
sijanaina@yahoo.com.br;

Luciana Francisca Crispim

UniEvangélica, Av. Universitária Km. 3,5 - Cidade Universitária - Anápolis - GO CEP: 75083-515.
Anápolis, GO
ciana1990@gmail.com;

Kamilla Menezes Gomides

UniEvangélica, Av. Universitária Km. 3,5 - Cidade Universitária - Anápolis - GO CEP: 75083-515.
Anápolis, GO
kamillagomides@hotmail.com;

Karla Cristina Silva

UniEvangélica, Av. Universitária Km. 3,5 - Cidade Universitária - Anápolis - GO CEP: 75083-515.
Anápolis, GO
karlacristinas1011@gmail.com

RESUMO: A adubação verde consiste na prática de uso de espécies vegetais em rotação, sucessão ou consorciação com outras culturas comerciais, objetivando melhoria, manutenção e recuperação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a interferência do sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) e da crotalária (*Crotalaria ochroleuca* G. Don) nas propriedades químicas do solo logo após a retirada dos adubos verdes. Cada tratamento foi constituído de um adubo verde: trat. 1 - sorgo solteiro; trat. 2 - *crotalária* solteira; trat. 3 - sorgo + *Crotalária* (na entrelinha); trat. 4 - testemunha (área de *pousio*). O experimento foi constituído por DIC, com quatro tratamentos e cinco repetições. Foi retirada uma amostra de solo antes da instalação dos experimentos. As amostras de solo para a segunda avaliação de fertilidade em cada área avaliada foi retirada após as plantas atingirem 50% da floração. Cada parcela utilizada foi amostrada a fim de se observar a variação de acordo com cada tratamento utilizado no experimento. A maior produção de massa verde e seca é apresentada pelo sorgo, tanto consorciado como solteiro. A maior quantidade de nutrientes presentes no solo foi observada no consórcio sorgo+crotalária. O sorgo e a crotalária se apresentam como boas opções para o uso em rotação de culturas no sistema plantio direto.

¹ Trabalho de Iniciação Científica. Bolsista da UniEvangélica/FUNADESP; 2UniEvangélica, Av. Universitária Km. 3,5 - Cidade Universitária - Anápolis - GO CEP: 75083-515. Anápolis, GO.

PALAVRAS-CHAVE: ciclagem; fertilidade do solo; sistema plantio direto.

ABSTRACT: Green manuring is the practice of using plant species in rotation, succession or intercropping with other cash crops, aiming improvement, maintenance and recovery of physical, chemical and biological soil. This study aimed to evaluate the interference of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sunnhemp (*Crotalaria ochroleuca* G. Don) in the chemical properties of the soil after the removal of green manures. Each treatment consisted of a green manure: trat. 1 - single sorghum; trat. 2 - single sunnhemp; trat. 3 - sorghum + Sunnhemp (between lines); trat. 4 - control (resting area). The experiment consisted of DIC, with four treatments and five replications. It was removed from a soil sample before installing the experiments. The soil samples for the second fertility evaluation in each area evaluated was removed after the plants have reached 50% flowering. Each plot was sampled used in order to observe the variation according to each treatment used in the experiment. The increased production of green and dry matter is presented by sorghum, both syndicated and single. The greatest amount of nutrients present in the soil was observed in sorghum + sunnhemp. Sorghum and sunnhemp present themselves as good options for use in crop rotation under no-tillage system.

KEYWORDS: cycling; soil fertility; tillage.

1 | INTRODUÇÃO

A adoção de sistemas de cultivo e de gestão que conservam e continuamente introduzem matéria orgânica no solo (M.O.) é fundamental para preservar as características químicas, físicas e biológicas do solo (Calegari et al, 2006;. Tavares Filho & Tessier, 2010). O sistema plantio direto (SPD) é considerado como alternativa viável para a preservação ou até o incremento da M.O., e tem promovido melhorias em sua agregação (Domingos et al., 2009; Braida et al., 2010; Steiner et al., 2011). Além de aumentar a atividade alimentar da comunidade edáfica e a velocidade de decomposição dos resíduos agrícolas depositados sobre o solo, que são fatores que interferem diretamente na dinâmica da ciclagem de nutrientes e no manejo dos cultivos agrícolas (Steffen et al., 2014).

A rotação de culturas é uma das características essenciais do SPD; o seu uso é recomendado por aumentar a estabilidade dos agregados do solo, além de disponibilizar mais carbono (C) ao solo quando é cultivada uma gramínea ou de fixar nitrogênio (N) atmosférico quando é cultivada uma leguminosa (Venske Filho et al., 2008).

As diferentes espécies de adubos verdes bem como seus resíduos tendem a causar importantes efeitos na fertilidade do solo, sendo que seus principais efeitos são: acúmulo de M.O. ao longo dos anos; incremento na formação de ácidos orgânicos, fundamentais no processo de solubilização dos minerais do solo (Calegari, 1998).

O uso de plantas como forma de cobertura, é uma alternativa para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, devido à capacidade de absorver nutrientes das camadas subsuperficiais do solo e liberandos pela decomposição dos seus resíduos

(Bernardes et al., 2010). Boer et al. (2007) trabalhando com o acúmulo e a liberação de macronutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura na entressafra, em condições de Cerrado, observou que as maiores quantidades de nutrientes acumulados na fitomassa das plantas de cobertura foram observadas no milho e no capim-pé-de-galinha. O potássio (K) foi o nutriente acumulado em maior quantidade no milho e que as maiores taxas de liberação de nutrientes foram observadas nos resíduos culturais do amaranho, o que evidencia a importância das plantas utilizadas como adubo verde na ciclagem de nutrientes.

Segundo Barreto & Fernandes (2001), a crotalaria ocreleuca (*Crotalaria ochroleuca* G. Don), leguminosa anual de crescimento determinado, arbustiva, com hábito ereto, tem apresentado boa adaptação às condições de solo e clima. Tem o caule ereto semi-lenhoso. Apresenta uma expressiva proporção de caule na composição da biomassa da parte aérea e as folhas são estreitas. A combinação de gramíneas com leguminosas favorece principalmente a melhoria das características físicas e químicas dos solos (Tisdall & Oades, 1980).

As vantagens esperadas do consórcio de espécies de plantas de cobertura, em relação ao cultivo isolado, são: maior produção de matéria seca, acúmulo de nutrientes e proteção ao solo. Existem relatos de estímulo à fixação biológica de N pela leguminosa quando a gramínea esgota o N disponível no solo; utilização mais eficiente da água e nutrientes por sistemas radiculares com distribuição diferente; decomposição mais lenta da biomassa que apresenta relação C/N intermediária; proteção mais duradoura do solo; fornecimento e N sincronizado com a necessidade da cultura em sucessão e aumento na M.O. do solo (Giacomini et al., 2003; Faria et al., 2007; Silva, 2007, Andrade Neto, 2010).

Assim o presente estudo se torna relevante, tanto para fundamentar pesquisas direcionadas para as grandes culturas, como para a utilização de produtores rurais que visam a agroecologia e a sustentabilidade do sistema agrícola. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a interferência do sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) e da Crotalaria (*Crotalaria ochroleuca* G. Don) nas propriedades químicas do solo logo após a retirada dos adubos verdes.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica, localizado nas coordenadas geográficas, Latitude 16°19'36"S e Longitude 48°27'10"W, com altitude 1.017m. O clima da região é classificado de acordo com Köppen como Aw (tropical com estação seca) com mínima de 18 °C e máxima de 32 °C, com chuvas de outubro a abril e precipitação pluviométrica média anual de 1.450 mm e temperatura média anual de 22 °C, em um solo de exploração agrícola.

O solo está classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (Embrapa, 2013), de textura média. A área experimental estava sob o sistema de plantio direto há dois anos,

com o plantio de milho na safra anterior. As espécies utilizadas como adubos verdes foram: sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L.) e a *Crotalária* (*Crotalaria ochroleuca* G. Don).

Para verificar a fertilidade na área experimental, foram retiradas cinco amostras simples de solo para formar uma composta na profundidade de 0 a 20 cm para análise química, conforme os resultados da Tabela 1, antes da implantação do experimento segundo metodologia Embrapa (1997).

pH	Ca	Mg	Al	CTC	H+Al	K	P	S	V
CaCl ₂	----- cmol _c dm ⁻³ -----				----- mg dm ⁻³ -----				%
5,0	1,9	0,6	0,0	6,6	3,8	103,0	4,5	13,1	42,07

Zn	B	Cu	Fe	Mn	Argila	Silte	Areia	M.O.	C. Org.
----- mg dm ⁻³ -----				----- % -----					
1,67	0,4	2,5	48,5	27,3	42,0	14,0	44,0	2,4	1,4

Tabela 1- Resultado da análise química do solo antes da implantação das culturas em área sob sistema de plantio direto, Anápolis, GO.

Cada tratamento foi constituído de um adubo verde: tratamento 1 - sorgo solteiro; tratamento 2 - *Crotalária* solteira; tratamento 3 - sorgo + *Crotalária* (na entrelinha); tratamento 4 - testemunha (área de pousio). O experimento foi constituído por um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e cinco repetições.

Cada parcela foi constituída de vinte linhas de 10,0 m de comprimento x 4,0 m de largura, e espaçadas de 0,65 m. Os sulcos de plantio foram abertos com semeadora-adubadora. A área foi dessecada com os herbicidas glifosato (3,0 L ha⁻¹) + basagran (1,6 Kg ha⁻¹) para o plantio.

O adubo utilizado foi o adubo 05-25-15 (300 Kg ha⁻¹) e as sementes de sorgo (Volumax) foram tratadas com uma mistura comercial pronta contendo o inseticida Fipronil, do grupo pirazol, e os fungicidas piraclostrobina do grupo das estrubirulinas e metil tiofanato, do grupo dos benzimidazois, seletivo para a cultura, que quando utilizado em tratamento de sementes protege as plântulas contra o ataque de pragas, e fungos de sementes no período inicial de desenvolvimento da cultura.

O plantio da *Crotalária* foi realizado no dia 11 de novembro, correspondendo a área de 0,25 ha (tratamento 2). O plantio do sorgo em consorcio com a crotalária (tratamento 3) foi realizado no dia 17 de novembro, correspondendo à área de 0,25 ha.

O plantio do sorgo solteiro ocorreu no dia 01 de dezembro, correspondendo à área de 0,25 ha. Nessa área devido a alta infestação de braquiária, foi necessário uma segunda dessecação com os herbicidas Basagran 2,0 L ha⁻¹ e Amplo 1,5 L ha⁻¹. A cobertura nitrogenada, no sorgo em consorcio com a crotalária e no sorgo solteiro, foi realizada 15 dias após o plantio da cultura com 300 Kg ha⁻¹ de uréia (45% N).

Durante as coletas descartou-se a bordadura e as avaliações foram realizadas na área interna de cada parcela com o adubo verde. Quando as espécies de adubos verdes atingiram 50% de floração, foram retirados da área. Os adubos verdes devem ser incorporados ao

solo, de preferência, após o florescimento e antes da frutificação, para garantir a adição de uma grande quantidade de material vegetal.

A amostra de solo para a segunda avaliação de fertilidade em cada área avaliada foi retirada após esse período. Cada parcela utilizada foi amostrada a fim de se observar a variação de acordo com cada tratamento utilizado no experimento.

Os dados obtidos foram comparados através da análise de variância, utilizando o teste F; as médias foram comparadas pelo teste Tukey e Dunnett a 5% de probabilidade. O software utilizado foi o Assistat 7.7 (Silva e Azevedo, 2009).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Alvarenga et al. (2001) relatam que a camada de palha sobre o solo é essencial para o sucesso do SPD. A palhada cria um ambiente favorável às condições físicas, químicas e biológicas do solo, contribuindo para o controle de plantas daninhas, a estabilização da produção e a recuperação ou manutenção da qualidade do solo. A baixa produtividade da massa verde da crotalária e do sorgo consorciados, pode ser atribuída a provável competição por espaço devido a alta densidade de plantio (Tabela 2).

Tratamentos	MASSA VERDE		MASSA SECA	
	t ha ⁻¹			
Sorgo Cons.	29,95	b	20,02	a
Crotalária cons.	17,82	b	8,08	b
Sorgo Solt.	53,96	a	27,06	a
Crotalária Solt.	51,28	a	2,80	b
Teste F	12,04	**	16,10	**
CV(%)	29,23		42,50	

Tabela 2. Resultados de massa verde e massa seca do sorgo e crotalária em cultivo solteiro e consorciados, cultivados em Anápolis, GO.

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

No consórcio sorgo+crotalária, o sorgo contribuiu com 71% da produção total de matéria seca do consórcio. Quando se observa a massa verde se destaca a baixa produção observada no consórcio, para o sorgo e crotalária, pode estar associada a rápida ocupação inicial da leguminosa, proporcionando maior sombreamento sobre o sorgo, aumento a competição pelos fatores de crescimento. Entretanto, a produção obtida foi superior a 6,0 t ha⁻¹, a qual, segundo Darolt (1998), é a quantidade mínima de massa de matéria seca a ser produzida em um sistema de rotação de cultura, para que sejam assegurados os efeitos benéficos da palhada quanto à manutenção e/ou melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo.

A elevada produção de massa verde da *crotalária solteira* (Tabela 2), observada em campo, deve-se ao rápido estabelecimento e elevada taxa inicial de crescimento, demonstra que essa espécie está adaptada às condições ambientais do Cerrado. O que a torna apta a

ser utilizada como adubo verde ou em rotação de culturas em áreas agrícolas comerciais, o que também foi observado por Perin et al. (2004), trabalhando com *Crotalaria juncea*.

As faixas de concentração dos macronutrientes no solo descritas por Souza & Lobato (2004) foram utilizadas como referência, verificando-se que no presente estudo os valores de M.O. quantificados apresentaram valores de adequado a alto. O pH CaCl_2 apresentou valores considerados dentro da faixa adequada. O Mg apresentou valores considerados adequados, enquanto que o Ca no sorgo solteiro foi considerado baixo, enquanto que nos demais tratamentos na faixa considerada adequada.

O P apresentou valores no consórcio sorgo+crotalária na faixa considerada baixa e os demais tratamentos foram considerados muito baixos. O K considerado médio nos tratamentos com sorgo e no consórcio sorgo+crotalária e nos demais adequado a alto. Enquanto que o S foi considerado baixo no tratamento com crotalária e médio nos demais tratamentos.

A principal vantagem do emprego de espécies leguminosas na adubação verde é reduzir a aplicação de N via adubo químico, pois essas plantas fixam N do ar, através de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, enriquecendo o solo com esse macronutriente (Silva et al., 2002). Há uma relação íntima entre o teor de M.O. no solo e o N disponível para as plantas, mais de 90% do N do solo está na forma orgânica.

Foi observado um aumento de M.O. em todos os tratamentos no solo quando comparado antes da instalação das culturas (Tabela 3). Segundo Almeida et al. (2008), o uso de plantas de cobertura e a rotação de gramíneas e leguminosas devem ser incentivados, visto que as raízes de leguminosas em associação simbiótica com bactéria do gênero rizóbio fixam N_2 e aumentam a concentração deste nutriente no solo, favorecendo, assim, maior produção de fitomassa pelas plantas. O sistema radicular das gramíneas introduz carbono via rizodeposição e morte das raízes, contribuindo para o incremento do teor de MO, o que é desejável por ser a M.O. a principal responsável pela CTC.

O teor de M.O. no solo variou de 2,24% a 3,49% (Tabela 3), sendo que o tratamento que mais incorporou M.O. no sistema foi a crotalária, o que evidencia que a utilização de leguminosas promove a melhoria na fertilidade do solo, principalmente quanto ao N, nutriente mais exigido no desenvolvimento da maioria das plantas cultivadas (Carneiro et al., 2008).

Trat.	pH		Ca		Mg		Al		H+Al		K		P	
	CaCl ₂				cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³			
antes da instalação	5,0	a	1,90	a	0,60	a	0,00	b	3,80	ab	103,00	a	4,50	b
sorgo+crotalária	5,1	a	1,70	ab	0,60	a	0,00	b	3,30	b	50,00	bc	8,57	a
sorgo solteiro	5,0	a	1,40	b	0,50	a	0,00	b	3,30	b	41,00	c	2,07	cd
crotalária solteira	4,9	a	1,80	ab	0,50	a	0,10	a	4,10	a	58,00	b	2,86	c
pousio	5,1	a	1,50	ab	0,60	a	0,00	b	3,30	b	59,00	b	1,00	d
teste F	1,27	ns	1,88	ns	0,63	ns	9,86	**	9,07	**	26,76	**	119,83	**

CV(%)	3,31	20,42	27,92	155,32	7,76	16,63	15,89							
Trat.	Zn	B		Cu		Fe		Mn	Mat. Org.		S			
		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³			%		mg dm ⁻³			
antes da instalação	1,67	a	0,40	a	2,50	ab	48,50	b	27,30	a	2,40	c	13,10	a
sorgo+crotalária	1,78	a	0,09	c	1,89	c	50,80	b	27,00	a	3,23	ab	7,77	b
sorgo solteiro	0,64	b	0,23	b	2,07	bc	48,20	b	20,90	bc	2,32	c	4,34	c
crotalária solteira	1,63	a	0,19	bc	2,17	bc	65,50	a	17,30	c	3,49	ab	2,86	d
pousio	0,51	b	0,21	b	2,79	a	40,70	c	22,60	b	3,01	b	6,86	b
teste F	16,37	**	15,78	**	10,05	**	39,37	**	20,78	**	20,41	**	321,11	**
CV(%)	27,32		27,78		11,29		6,38		9,02		8,81		7,05	

Tabela 3. Atributos químicos do Latossolo Vermelho após a retirada dos adubos verdes sorgo e/ou crotalária, cultivados em Anápolis, GO.

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

Pott et al. (2007) defendem a hipótese de que determinadas espécies de adubos verdes têm potencial diferente de mobilização de P, seja ele proveniente de rochas apatitas, ou do P adsorvido aos óxidos Fe e Al, podendo-se combinar recomendações técnicas de adubação fosfatada com a utilização de adubos verdes para melhorar a eficiência da fosfatagem, bem como para incrementar o potencial produtivo de áreas degradadas, através do processo de reciclagem de nutrientes.

Bekele et al. (1983) ressaltam que as leguminosas têm característica de melhor solubilização do P quando comparadas às gramíneas, porém, observou-se que à leguminosa (crotalária) teve comportamento semelhante à gramínea (sorgo), diferenciando-se do pousio e do consórcio sorgo+crotalária, evidenciando que tanto a crotalária como o sorgo tem potencial de crescimento em solo pobres em P, com potencial da fertilidade do solo.

A quantidade de P contida nos tratamentos variou de 1,00 a 8,57 mg dm⁻³ (Tabela 3), sendo que o consórcio sorgo+crotalária foi a que apresentou o maior valor, com um aumento de 88% em relação a área de pousio, discordando do colocado por Heinrichs et al. (2000), de que as plantas daninhas também podem contribuir para o aumento da disponibilidade de nutrientes.

Os valores de pH, Ca, Mg, Al, H+Al, não apresentaram valores discrepantes no solo com o uso dos adubos verdes (Tabela 3). Normalmente, o Ca e o Mg aumentam em solução, por ocasião da adição de resíduos vegetais em solos com pH menor que 6,0 (McColl & Pohlman, 1986), o que não foi observado mesmo com o pH variando de 4,9 a 5,1. Uma provável resposta seria a complexação desses nutrientes no resíduo e o não aumento da disponibilidade do nutriente presente na camada superficial do solo.

A absorção de K apresenta um padrão diferente em relação à de N e à de P no sorgo, com a máxima absorção ocorrendo no período de desenvolvimento vegetativo, com elevada taxa de acúmulo nos primeiros trinta a quarenta dias de desenvolvimento, com

taxa de absorção superior ao de N e P, sugerindo maior necessidade de K na fase inicial (Coelho et al., 2002). Observou-se uma redução significativa da quantidade de K no solo, quando comparado como Ca e Mg, que coincide com o destacado por Coelho et al. (2002).

Pode se observar que a demanda de K pelo sorgo foi superior a demanda da crotalária (Tabela 1), a incorporação da palhada ao solo devolve parte dos nutrientes, principalmente K, Ca e Mg, contidos na palhada (Coelho et al., 2002). Também cabe salientar aqui que a quantidade de K presente nas plantas é, na maioria das vezes, bem superior às quantidades tanto de Ca como de Mg (Pavinato e Rosolem, 2008).

Algumas plantas, como o milheto, o nabo forrageiro, a triticale e a crotalária, liberam o K numa intensidade elevada (Rosolem et al.; 2003, Crusciol et al., 2005), outras, porém, como o sorgo, liberam numa intensidade bastante baixa (Rosolem et al., 2003). Perin et al. (2010) afirmam que o sorgo poderia ser empregado em situações de maior período decorrido entre o manejo das espécies de cobertura e a semeadura da cultura subsequente podendo, portanto, atender à demanda inicial das culturas em sucessão.

Verificou-se interação do teor de S no solo e os adubos verdes usados (Tabela 3), destacando o tratamento com crotalária ($2,86 \text{ mg dm}^{-3}$) que apresentou menor concentração no solo, redução de 78% em relação a área antes da instalação ($13,10 \text{ mg dm}^{-3}$) dos adubos verdes. Trivelin et al. (2002) afirmam que a crotalária apresenta uma maior exigência pelo S comparada as gramíneas (arroz), o que foi observado neste trabalho, onde S remanescentes no solo foi maior na área consorciada e no cultivo sorgo solteiro.

As faixas de concentração dos micronutrientes no solo descritas por Souza & Lobato (2004) foram utilizadas como referência, verificando-se que no presente estudo os valores de B foram considerados baixo no tratamento com crotalária e sorgo+crotalária e médio nos demais. O Zn foi considerado baixo no sorgo e médio nos demais tratamentos. Os demais micronutrientes avaliados no estudo na camada superficial foram considerados altos.

Em relação aos micronutrientes, de acordo com Faquin (2001), as dicotiledôneas absorvem maior quantidade de B que as monocotiledôneas. O que não foi observado neste trabalho, pois o remanescente do B no solo com o sorgo solteiro foi maior que o da crotalária, sendo que na área com sorgo+crotalária se observou o menor residual do nutriente.

Por outro lado, as gramíneas possuem maior capacidade de absorção de Zn, podendo o consórcio entre gramíneas e leguminosas, além de aumentar o fornecimento de N na decomposição, associar as maiores capacidades de ciclagem de B e Zn (Faquin, 2001). A área com o sorgo solteiro foi a que apresentou a menor quantidade de Zn remanescente no solo, afirmando a grande demanda de nutriente pelas gramíneas. Por outro lado o consórcio sorgo+crotalária não imobilizou o nutriente, que permaneceu no complexo de troca do solo.

De acordo com Teixeira et al. (2003), os teores de Cu, Mn e Zn são afetados pelo teor de M.O., visto que a M.O. é uma das principais fontes desses nutrientes no solo. O área com consórcio sorgo+crotalária apresentou o menor teor de Cu ($1,89 \text{ mg dm}^{-3}$), não sendo estatisticamente diferente dos cultivos solteiros, o que pode enfatizar a demanda do

nutriente pelo sorgo e crotalária, já que a área de pousio ($2,79 \text{ mg dm}^3$) apresentou maiores valores no solo (Tabela 3). Essa variabilidade pode estar associada tanto a fertilidade natural do solo como a absorção do nutriente pelas culturas, visto que não foi realizada adubação com micronutrientes na área.

O Fe, assim como o Mn, são os elementos que aparecem em maiores quantidades nos solos (Fadigas et al., 2002) e a disponibilidade desses elementos depende muito mais das condições de pH, pois a atividade do Fe em solução decresce com o aumento do pH (Borket et al., 2001). No tratamento com crotalária foi observado o menor pH (4,9) e a maior quantidade de Fe no solo ($65,50 \text{ mg dm}^3$), o oposto foi observado para o Mn que apresentou o menor valor ($17,30 \text{ mg dm}^3$).

O maior teor de M.O. (3,49 %) na crotalária, não refletiu em menor atividade do Fe no solo, como o que foi observado por Teixeira et al. (2003), que relataram uma menor atividade do Fe devido ao poder complexante da M.O. Já o Mn apresentou, novamente, comportamento diferente do Fe, com menor valor observado neste tratamento, o que destaca o comportamento diferenciado dos íons metálicos no solo devido a presença da M.O.

5 | CONCLUSÕES

A maior produção de massa verde e seca é apresentada pelo sorgo, tanto consorciado como solteiro. A maior quantidade de nutrientes presentes no solo foi observado no consórcio sorgo+crotalária. O sorgo e a crotalária são boas opções para o uso em rotação de culturas no sistema plantio direto.

REFERÊNCIAS

Almeida VP, Alves MC, Silva EC & Oliveira SA (2008) **Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo vermelho de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 32:1227-1237.

Alvarenga RC, Cabezas WAL, Cruz JC & Santana DP (2001) **Plantas de cobertura de solo para sistema de plantio direto.** Informe agropecuário, Belo Horizonte, 22:25-36.

Andrade Neto RC, Miranda NO, Duda GP, Góes GB & Lima AS (2010) **Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, 14:124-130.

Barreto AC & Fernandes M F (2001) **Recomendações técnicas para o uso da adubação verde em solos de tabuleiros costeiros.** Embrapa Tabuleiros Costeiros. Aracaju – SE.

Bekele T, Cino BJ, Ehlert PAI, Van Der Mass AA & Diest AV (1983) **An evaluation of plant-borne factor promoting the solubilization of alkaline rock phosphate.** Plant Soil, Dordrecht, 75:361-378.

Boer CA, ASSIS RL, Silva GP, Braz AJBP, Barroso ALL, Cargnelutti Filho A & Pires FR (2007)

Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, p.1269-1276, 2007.

Bernardes TG, Silveira PM, Mesquita MAM, Aguiar R A & Mesquita GM (2010) **Decomposição da biomassa e liberação de nutrientes dos capins braquiária e mombaça, em condições de cerrado.** Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, 40:370-377.

Braida JA, Reichert JM, Reinert DJ & Veiga M (2010) **Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 14:131-139.

Borkert CM, Pavan MA & Bataglia OC (2001) **Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: ferro e manganês.** In: Ferreira ME, Cruz MCP, Van Raij B & Abreu CA (Eds.). Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq/ FAPESP/POTAFOS, p.151-186.

CALEGARI A (1998) **Espécies para cobertura de solo.** In: Darolt MR (Org). Plantio direto: pequena propriedade sustentável. Londrina: Iapar, p.65-93.

Calegari A, Castro Filho C, Tavares Filho J, Ralisch R & Guimarães MF (2006) **Melhoria da agregação do solo através do sistema plantio direto.** Semina: Ciência Agrária., 27:147-158.

Carneiro MAC, Cordeiro MAS, Assis PCR, Moraes ES, Pereira HS, Paulino HB & Souza ED (2008) **Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado.** Bragantia, 67:455-462.

Coelho AM, Waquil JM, Karam D, Casela CR & Ribas PM (2002) **Seja o doutor do seu sorgo.** Informações Agronômicas, 100:1-12, Encarte.

Crusciol CAC, Cottica RL, Lima EV, Andreotti M, Moro E & Marcon E (2005) **Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 40:161-168.

Darolt MR (1998) **Princípios para implantação e manutenção de sistemas.** In: Darolt MR (Ed.) Plantio direto: pequena propriedade sustentável. Londrina, Iapar, (Circular, 101). p.16-45.

Domingos MMM, Gasparetto NVL, Nakashima P, Ralisch R & Tavares Filho J (2009) **Estrutura de um Nitossolo Vermelho latossólico eutroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e floresta.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:1517-1524.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (1997) Centro Nacional de Pesquisas de Solos (Rio de Janeiro). **Manual de métodos de análises de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro, 212 p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (2013) Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 353 p.

Fadigas FDS, Amaral Sobrinho NMBD, Mazur N, Anjos LHCD & Freixo AA (2002) **Concentrações naturais de metais pesados em algumas classes de solos brasileiros.**

Faquin V (2001) **Nutrição mineral de plantas.** Lavras: UFLA/Faepe, 182p.

Faria CMB, Costa ND & Faria AF (2007) **Atributos químicos de um Argissolo e rendimento de**

melão mediante o uso de adubos verdes, calagem e adubação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31:299-307.

Giacomini SJ, Aita C, Vendruscolo ERO, Cubilla M, Nicolos, RS & Fries MR (2003) **Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27:325-334.

Heinrichs R, Gava GJC & Monteiro MR (2000) **Produção de adubos verdes cultivados em solo podzólico durante o período de entressafra no Estado de São Paulo.** Científica, 28:115-124.

Mccoll JG & Pohlman AA (1986) **Soluble organic acids and their chelating influence on Al and other metal dissolution from forest soils.** In: Acidic Precipitation. Springer Netherlands, p. 1971-1981.

Pavinato PS & Rosolem CA (2008) **Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, p. 911-920.

Perin A, Santos RHS, Urquiaga S, Guerra JGM & Ceco NPR (2004) **Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39:35-40.

Perin A, Santos RHS, Urquiaga CSS, Guerra JGM & Gusmão LA (2010) **Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalária e milho solteiros e consorciados.** Revista Ceres, 57:274-281.

Pott CA, Müller MML. & Bertelli PB (2007) **Adubação verde como alternativa agroecológica para recuperação da fertilidade do solo.** Revista Ambiente, 03: 51-63.

Rosolem CA, Calonego JC, Foloni JSS (2003) **Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27:355-362.

Silva JAA, Vitti GC, Stuchi ES & Sempionato OR (2002) **Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranja-pêra.** Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, 24:225-230.

Silva FAS & Azevedo CAV (2009) Principal Components **Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance.** In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers.

Silva DME (2007) **Influência dos sistemas de exploração agrícola convencional e orgânico em cana-de-açúcar.** Fortaleza: UFC. 72p. Tese Doutorado

Sousa DMG & Lobato E (2004) **Cerrado: correção do solo e adubação.** Planaltina: Embrapa Cerrados.

Steffen GPK, Steffen R, Trentin E, Antonioli ZI & Jacques RJS (2014) **Atividade biológica e persistência de resíduos culturais depositados sobre a superfície de solo submetido à aplicação de Penergetic®.** In: FERTBIO, 2014, Araxá. Fertilidade e biologia do solo: integração e tecnologias para todos.

Steiner F, Pivetta LA, Castoldi G, Costa MSSM & Costa LAM (2011) **Carbono orgânico e carbono**

residual do solo em sistema de plantio direto, submetido a diferentes manejos. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, 6:401-408.

Tavares Filho J & Tessier D (2010) **Effects of different management systems on porosity of Oxisols in Paraná, Brazil.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34:899-906.

Teixeira IR, Souza CD, Borém A & Silva GD (2003) **Variação dos valores de pH e dos teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em profundidade em Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes sistemas de preparo de solo.** Bragantia, v. 62, 1:119-126.

Tisdall JM & Oades JM (1980) **The management of ryegrass to stabilize aggregates of a red-brown earth.** Australian Journal of Soil Research, Victoria, 18:415-22

Venske Filho SP, Feigl BJ, Piccolo MC, Siqueira Neto M & Cerri CC (2008) **Biomassa microbiana do solo em sistema de plantio direto na região de Campos Gerais - Tibagi, PR.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 32:599-610.

EFEITO DO BIOSSÓLIDO SOBRE A FERTILIDADE DO SOLO DE PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA - RJ

Nágila Maria Guimarães de Lima Santos

Engenheira agrônoma autônoma, condução e elaboração de projetos, Alagoa Grande - Paraíba

Oclizio Medeiros das Chagas Silva

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Florestais, Lavras - Minas Gerais

Ernandes Silva Barbosa

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Fitotecnia Seropédica - Rio de Janeiro

Fernando Ramos de Souza

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Fitotecnia Seropédica - Rio de Janeiro

Gean Correa Teles

Secretaria Municipal de Agricultura do Município de Barcarena - Pará.

Lucas Santos Santana

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia Agrícola, Lavras - Minas Gerais

RESUMO: Pela composição rica em matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, o bio sólido tem sido sugerido para a aplicação na agricultura como condicionador e fertilizante do solo, pois seu uso é considerado alternativa viável, do ponto de vista econômico e ambiental, tornando-se atraente e estratégico recuperar a qualidade do solo com o uso desse componente. Este trabalho teve como objetivo monitorar os efeitos do bio sólido sobre a

fertilidade do solo, aplicado em três propriedades rurais de Seropédica-RJ. As aplicações foram realizadas em 2014 nos sítios das Pedrinhas, Uberaba e Xavier. Para o monitoramento da fertilidade do solo foram coletadas amostras de terra nas profundidades de 0-0,1m; 0,1-0,2m e 0,2-0,4m. As análises químicas das amostras foram realizadas no Departamento de Solos do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, utilizando-se os métodos preconizados pela Embrapa. Os resultados obtidos indicaram efeito positivo da utilização do resíduo. No sítio das Pedrinhas, houve melhoria nos teores de fósforo, e um leve aumento nas quantidades de potássio e carbono orgânico. Já no sítio Uberaba houve incremento nos teores de cálcio, carbono orgânico e fósforo e diminuição nos valores de alumínio e aumento do pH. No sítio Xavier houve elevação no valor de pH, e acréscimo nos teores de Ca, Mg, P, K e carbono orgânico. De uma forma geral, os solos apresentaram condutividade elétrica menor que $600 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Não foram detectados impactos ambientais negativos onde houve aplicação, e o monitoramento permite avaliar adequadamente a destinação final desses resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Nutrientes; Qualidade do solo; Resíduo.

ABSTRACT: Due to the composition rich in organic matter, nitrogen and phosphorus, biosolids have been suggested for application in agriculture as

soil conditioner and fertilizer, since their use is considered as a viable alternative from an economic and environmental point of view, becoming attractive and to recover the quality of the soil with the use of this component. This study aimed to monitor the effects of biosolids on soil fertility, applied to three rural properties in Seropédica-RJ. Applications were made in 2014 at the Pedrinhas, Uberaba and Xavier sites. For soil fertility monitoring soil samples were collected at depths of 0-0.1m; 0.1-0.2m and 0.2-0.4m. The chemical analyzes of the samples were carried out in the Department of Soils of the Institute of Agronomy of the Federal Rural University of Rio de Janeiro, using the methods recommended by Embrapa. The results indicated a positive effect of the waste utilization. In the Pedrinhas site, there was an improvement in phosphorus levels, and a slight increase in the amounts of potassium and organic carbon. In the Uberaba site there was an increase in the levels of calcium, organic carbon and phosphorus and a decrease in aluminum values and increase of pH. At the Xavier site there was an increase in pH, and increase in Ca, Mg, P, K and organic carbon contents. In general, the soils presented electrical conductivity lower than 600 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. No negative environmental impacts were detected where the residue was applied, and monitoring allows to properly evaluate the destination of these wastes.

KEYWORDS: Nutrients; Soil quality; Residue.

1 | INTRODUÇÃO

O crescente crescimento populacional, desenvolvimento econômico, urbanização e a própria revolução tecnológica vêm sendo seguidos por mudanças nos modos de produção, consumo e no estilo de vida da população (GOUVEIA, 2012). Neste cenário ocorre também um aumento na produção de resíduos sólidos como o lodo de esgoto ou biossólido, principalmente nos grandes centros urbanos (IBGE; 2010). Nesse contexto, as Estações de tratamento de esgotos (ETE's) têm papel essencial, na coleta de resíduos domiciliares e industriais que são potencialmente nocivos à saúde humana, tratando-os, e dessa forma evitando também que esses poluentes cheguem aos corpos hídricos (BETTIOL & CAMARGO, 2006).

O lodo de esgoto (LE) é um resíduo urbano, de caráter predominantemente orgânico, semissólido, com teores variáveis de componentes inorgânicos, obtido do tratamento de águas residuais (CASSINI et al., 2003). Após passar pelo processo de transformações microbianas, higienização e estabilização, o lodo de esgoto passa a ser designado biossólido (GUEDES et al., 2006). Esses tratamentos são necessários para adequar os efluentes aos padrões de lançamento impostos pela legislação. As escolhas para destinação final desse material devem estar contempladas no planejamento das ETE's e devem atender aos aspectos técnicos, econômicos, ambientais e legais, em conformidade com a resolução CONAMA N° 375/2006 (ALAMINO, 2010).

O processo de tratamento dos resíduos de uma ETA/ETE (estação de tratamento de água/ estação de tratamento de esgoto), segundo o programa de pesquisas em saneamento básico (PROSAB) é complexo e oneroso podendo representar de 20% a 60% dos custos de

operação destas unidades, porém se faz necessário, haja visto o grande volume de resíduo gerado, principalmente nas grandes cidades. Grande parte destes resíduos são destinados aos aterros sanitários, porém, com o estabelecimento das diretrizes e metas estipuladas pela política nacional de resíduos sólidos, passou-se a buscar medidas ambientalmente responsáveis para que esse resíduo seja processado e higienizado de forma apropriada, para a destinação final (CASSINI et al., 2003).

Alguns produtores rurais de Seropédica, região conhecida como distrito areeiro (Seropédica-Itaguaí-RJ), retiram as camadas sedimentares superficiais das suas propriedades, para extraírem areia, por ser uma maneira mais rápida de se obter renda. Essa ação contribui para a perda de matéria orgânica, redução da fertilidade do solo e impacta negativamente a biota do solo, afetando o desenvolvimento das espécies vegetais na área. Uma das maneiras de atenuar o impacto da retirada das camadas superficiais do solo é por meio da adição de constituintes ricos em matéria orgânica.

Pela composição rica em matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, o lodo de esgoto tem sido fortemente sugerido para a aplicação na agricultura como condicionador e fertilizante do solo, pois seu uso é considerado uma das alternativas mais viáveis, do ponto de vista econômico e ambiental (RIBEIRINHO et al., 2012). Torna-se atraente a estratégia de se recuperar a qualidade do solo com o uso desse componente, devido este apresentar características desejáveis. Os benefícios que podem ser obtidos com sua aplicação estão relacionados à reciclagem da matéria orgânica e o aporte de nutrientes no solo, melhorando suas propriedades físicas, químicas e biológicas e, por conseguinte a produtividade agrícola.

A reciclagem agrícola de resíduos de estações de tratamentos vem ganhando notoriedade em nível mundial, desde que estes não contenham níveis inadequados de metais pesados e contaminantes patogênicos. A adoção de alternativas de higienização que reduzam a condição de material contaminante se faz necessário ao uso agrícola, colocando assim à disposição do produtor rural um insumo de baixo custo e com excelentes qualidades agrônômicas (ANDREOLI et al., 1999).

Dentro deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo monitorar os efeitos do bioestabilizado proveniente de estação de tratamento de efluentes industriais sobre a fertilidade do solo, aplicado em propriedades rurais no município de Seropédica-RJ.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, foi realizada a caracterização química e biológica do bioestabilizado, de acordo com a resolução CONAMA, no qual este resíduo atendeu aos parâmetros da legislação, sendo classificado como de excelente qualidade para disposição agrícola. O bioestabilizado foi aplicado em três terrenos de agricultores no município de Seropédica-RJ, na dosagem correspondente à 130 Mg/ha (base seca). Estas áreas foram identificadas pelos nomes: Sítio das Pedrinhas, Sítio Uberaba e Sítio Xavier.

As aplicações foram realizadas entre setembro a dezembro de 2014, nos sítios

Pedrinhas e Uberaba, e entre agosto a setembro de 2014 no sítio Xavier. Após a descarga, o produto foi espalhado de forma homogênea, com o auxílio de um trator com lâmina, seguindo-se de aração por volta de 0,2m de profundidade e posterior gradagem cruzada para melhor incorporação do resíduo. Após serem realizadas as aplicações nas áreas, foi cultivado pastagem de braquiária, para o pastejo direto de bovinos.

O monitoramento foi realizado a fim de verificar a influência da aplicação do resíduo. Nesse âmbito, as coletas de amostras de terra foi um instrumento adequado para a realização das análises químicas.

Com o intuito de avaliar as possíveis alterações da fertilidade do solo nas áreas, foram coletadas amostras de terra nas camadas correspondentes às profundidades de 0-0,1m; 0,1-0,2m e 0,2-0,4m. Foram coletadas 20 amostras simples em cada camada estudada. Essas amostras foram homogeneizadas formando assim uma amostra composta. Posteriormente as amostras foram secas a sombra, destorroadas e peneiradas em peneiras com malha de dois mm, obtendo-se assim, a terra fina seca ao ar (TFSA) sendo esta encaminhada ao laboratório de Fertilidade do Solo da UFRRJ, onde foram realizadas as análises químicas.

As análises compreenderam as determinações de cálcio, sódio, magnésio, potássio, alumínio, acidez potencial, fósforo, carbono orgânico e pH em água, análises essas pertinentes para obtenção dos índices S (somatório de bases), T (aproximadamente a CTC do solo) e V% (saturação de bases). Os métodos empregados foram os preconizados pela Embrapa solos (DONAGEMA et al., 2011).

As coletas foram realizadas em março de 2015 (1ª coleta) e abril de 2016 (2ª coleta). O início do monitoramento foi estabelecido nestas datas em razão de ser necessário um tempo adequado para efeito dos resíduos no solo.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros analisados estão divididos por sítio e expressos nas tabelas de 1 a 3, e também no gráfico 1. Os teores de Na, Ca, Mg, H+Al, S e T estão apresentados como cmolc. dm⁻³, V em %, pH em unidades de pH, carbono orgânico em g. dm⁻³ e os de P e K mg. dm⁻³.

Os resultados das análises, originalmente obtidos para as camadas de solo nas profundidades de 0,0-0,1; 0,1-0,2m e 0,2-0,4m foram convertidos para a camada de 0-0,2m, a fim de conferir simplicidade na apresentação dos dados obtidos, não alterando a avaliação dos dados em estudo.

3.1 Sítio das Pedrinhas

Na tabela 1 estão apresentados os resultados obtidos das análises realizadas para este sítio. Os resultados obtidos indicaram efeito positivo da utilização do resíduo na fertilidade, para alguns parâmetros deste solo, destacando-se o aumento expressivo no teor

de fósforo, e um leve aumento nas quantidades de potássio e carbono orgânico. Oliveira et al. (2009) estudando o desenvolvimento de mamoneira, concluíram que biossólido aumentou a fertilidade do solo, pela elevação dos teores de matéria orgânica, elevando o crescimento e a produção de biomassa desta planta.

Parâmetros	Sítio Pedrinhas - 1ª coleta		2ª coleta	
	Controle	Biossólido	Controle	Biossólido
Na	0,07	0,16	0,039	0,107
Ca	1,35	1,2	1,25	1,45
Mg	0,75	0,72	2,7	1,55
H+ Al	7,2	6,42	2,9	3,65
Al	0,7	1,11	0,45	0,2
pH	4,98	4,68	5,58	5,59
C. org.	11,35	13,7	17,2	18,9
P	25	116	11,5	42
K	39	40	12	26,5
S	2,27	2,19	4	3,17
T	5,87	8,62	6,9	5,92
V	40,4	25,55	57,88	53,67

Tabela 1- Resultados das análises na camada 0-0,2m para o sítio das Pedrinhas.

De acordo com Melo e Marques (2000) o biossólido contribui para a melhoria no estado de agregação das partículas do solo, diminuição da densidade e aumento na aeração e retenção de água quando se considera os aspectos físicos. Quanto relacionado aos aspectos químicos, a aplicação deste resíduo propiciou a elevação dos teores de fósforo (SILVA et al., 2002), de carbono orgânico (CAVALLARO et al., 1993), da fração húmica da matéria orgânica, do pH, e também influi na condutividade elétrica (OLIVEIRA et al., 2002).

Ao avaliar as alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de biossólido, Nascimento et al. (2004) constataram que a aplicação de doses crescentes desse constituinte promoveu diminuição do pH e aumento nos teores de matéria orgânica, nitrogênio total, fósforo, sódio, cálcio e magnésio dos solos. Valores semelhantes foram encontrados para esse estudo, para alguns parâmetros, principalmente fósforo e carbono orgânico.

3.2 Sítio Uberaba

Quando analisada a tabela 2 nota-se que houve um efeito positivo da aplicação do biossólido, e a apreciação dos resultados obtidos indica que houve incremento nos teores de cálcio, pH, carbono orgânico e fósforo e diminuição nos valores de alumínio para esta referida área de estudo.

Parâmetros	Sítio Uberaba - 1ª coleta		2ª coleta	
	Controle	Biossólido	Controle	Biossólido
Na	0,06	0,29	0,0035	0,049
Ca	0,95	1,63	0,6	1,1
Mg	0,5	0,83	1,5	1,4
H+ Al	3,05	3,48	3,15	2,15
Al	0,65	0,1	0,4	0,3
pH	5	5,65	5,57	5,62
C. org.	10,28	14,88	10,6	14,75
P	24	139	31,5	52
K	17	36	34,5	12,5
S	1,56	2,83	2,2	2,57
T	4,61	6,3	5,35	4,72
V	33,88	47,28	41	56,1

Tabela 2- Resultados das análises na camada 0-0,2m para o sítio Uberaba.

Ao avaliar o efeito da aplicação do biossólido na cultura do milho Trannin et al. (2005) constataram que este contribuiu para o aumento da fertilidade do solo, e conseqüentemente aumento da produtividade dessa cultura, e que a equivalência em produtividade se equiparou com a adubação mineral. Araújo et al. (2009) estudando o efeito de biossólido na nutrição de *Brachiaria decumbes*, observaram que a adubação com este composto, supre a demanda de N para esta cultura, comparando-se com a fonte de N mineral.

3.3 Sítio Xavier

No sítio Xavier devido a problemas de ordem técnica foi possível à realização de apenas uma coleta. Os resultados dispostos na tabela 3, mostra-nos que com a aplicação de biossólido, houve aumento no valor de pH e acréscimo nos teores de Ca, Mg, P, K e carbono orgânico, contribuindo para o aumento da soma de bases, valor T (CTC) e saturação de bases. A aplicação de lodo de esgoto tratado promoveu maior altura e acúmulo de biomassa seca em plantas da espécie gramínea *Digitaria ciliares* (LOPES et al., 2007), provavelmente associado a melhoria da fertilidade do solo. É importante ressaltar que houve diminuição nos valores de H + Al e Al. Estes ao se encontrarem altos, constituem como fator limitante ao crescimento e desenvolvimento da maioria dos cultivos agrícolas (MIGUEL et al., 2010).

Parâmetros	Sítio Xavier 1ª coleta	
	Controle	Biossólido
Na	0,26	0,82
Ca	0,95	1,3
Mg	0,5	0,7
H+ Al	3,78	3,58
Al	1,45	0,53
pH	4,93	5,05
C. org.	5,8	7,95
P	15	75
K	24	35
S	1,77	2,91
T	5,54	6,49
V	31,97	45,18

Tabela 3- Resultados das análises na camada 0,0-0,2m para o sítio Xavier.

No gráfico 1 encontram-se os valores obtidos de condutividade elétrica de cada sítio. Os valores mais expressivos foram detectados nas áreas onde foi aplicado o resíduo, ao passo que nos tratamentos controle os valores foram menores. Para o sítio Xavier essa variável não foi avaliada.

De uma forma geral estes solos apresentaram condutividade elétrica menor que $600 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 25°C , podendo se considerar que sob as condições ambientais estudadas não há risco de salinização nas referidas áreas do estudo.

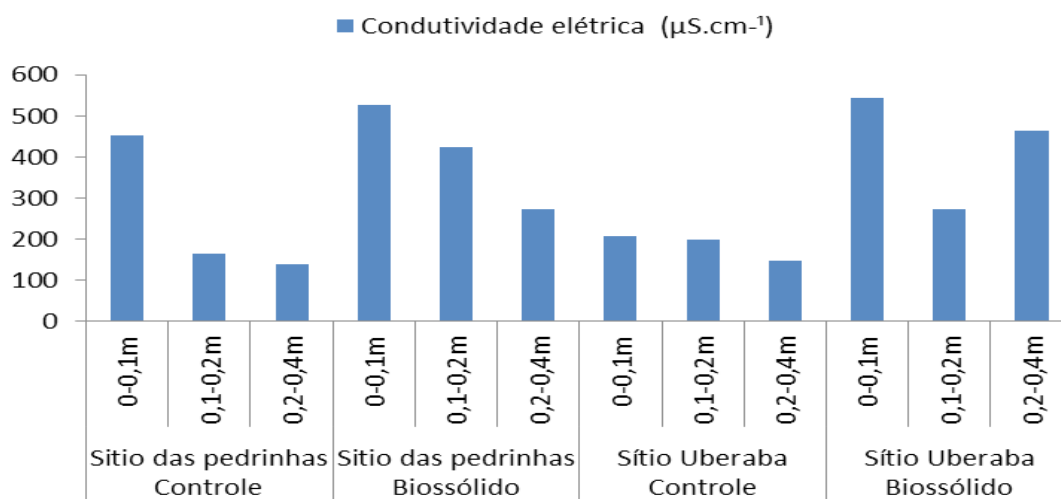


Gráfico 1- Condutividade elétrica nas áreas para cada camada: 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,4m.

De acordo com Richards (1954), valores de condutividade elétrica, em extrato de saturação maiores que $2.000 \mu\text{S cm}^{-1}$, caracterizam solos salinos. Quando a concentração está acima do valor ideal, isso pode afetar o crescimento e o desenvolvimento das plantas devido à ocorrência de toxidez de alguns íons, desequilíbrios nutricionais e, principalmente, pelas dificuldades na absorção de água e nutrientes ocasionadas pelo aumento da pressão osmótica da solução do solo (Marschner, 1995).

Ao avaliar os efeitos de aplicações sucessivas de biossólido em um Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar, Oliveira et al. (2002) constataram que as aplicações de doses crescentes desse resíduo promoveram, em ambos os anos agrícolas, aumentos na condutividade elétrica do solo, porém não houve indícios de efeitos cumulativos sobre esta variável.

4 | CONCLUSÕES

Nos sítios Pedrinhas, Uberaba e Xavier, a aplicação dos resíduos provocou o fornecimento de fósforo em quantidade comparáveis àqueles ofertados pela adubação mineral.

Na maioria dos sítios, a aplicação do resíduo elevou os teores de fósforo, potássio, carbono orgânico e cálcio. Além da elevação do pH e diminuição dos valores de alumínio e acidez potencial.

O aporte do biossólido elevou a condutividade elétrica, mas em níveis abaixo dos 600 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ não comprometendo a qualidade do solo das áreas.

Não foram detectados impactos ambientais deletérios nas áreas onde houve aplicação do resíduo. O monitoramento nestas áreas permite avaliar adequadamente a destinação dos resíduos em áreas agrícolas.

REFERÊNCIAS

ALAMINO, R. C. J. **Utilização de lodo de esgoto como alternativa sustentável na recuperação de solos degradados: Viabilidade, avaliação e biodisponibilidade de metais.** Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 221 f, 2010.

ANDREOLI, C. V.; BERNERT, P. M.; FABIANO, F.; FERREIRA, A. D. D. **Aceitabilidade pública da utilização do lodo de esgoto na agricultura da região metropolitana de Curitiba.** Sanare, Curitiba, v.12, n.12, p.43-52, jul./dez. 1999.

ARAÚJO, F. F.; GIL, F. C.; TIRITAN, C. S. **Lodo de esgoto na fertilidade do solo, na nutrição de *Brachiaria decumbens* e na atividade da desidrogenase.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v.39, p.1-6, 2009.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura.** Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006. 349p.

CASSINI, S. T.; VAZOLLER, R. F.; PINTO, M. T. Introdução. In: CASSINI, S. T. (Coord.). **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás.** Rio de Janeiro: Prosab, p. 1-9. 2003.

CAVALLARO, N.; PADILLA, N.; VILLARRUBIA, J. **Sewage sludge effects on chemical properties of acid soils.** Soil Sci, 156:63-70, 1993.

DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos.** 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

GOUVEIA, N. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social.** Ciênc. saúde coletiva, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012.

GUEDES, M. C.; ANDRADE, C. A.; POGGIANI, F. **Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 30:267-280, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico,** PNSB -2008. Rio de Janeiro: IBGE; 2010.

LOPES, J. C.; CATEN A.; LIMA R. V.; ALVEZ A. F. C. **Crescimento de *Digitaria ciliaris* em solo tratado com lodo de esgoto bruto e corrigido.** Magistra, Cruz das Almas, v. 19, n. 2, p. 127-134, 2007.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** London, Academic Press, 1995. 889p.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O. **Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas.** In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O.A., eds. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.109-141.

MIGUEL, P. S. B.; GOMES, M. F. T.; ROCHA, W. S. D. da; MARTINS, C. E.; CARVALHO, C. A. de; OLIVEIRA, A. V. de. **Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos.** Centro de Ensino Superior Revista v. 24. Juiz de Fora, 2010.

NASCIMENTO, C. W. A. **Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto.** R. Bras. Ci. Solo, 28:385-392, 2004.

OLIVEIRA, F.C.; MATIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; ROSSETO, R. **Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana de açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC.** R. Bras. Ci. Solo, 26:505-519, 2002.

OLIVEIRA, J. P. B.; LOPES J. C.; ALEXANDRE, R. S, JASPER, A. P. S.; SANTOS, L. N. S.; OLIVEIRA, L. B. **Efeito do lodo de esgoto no desenvolvimento inicial de duas cultivares de mamona em dois tipos de solos.** Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal 6(2): 174-180, 2009.

RIBEIRINHO, V. S.; MELO, W. J.; SILVA, D. H.; FIGUEIREDO, L. A.; MELO, G. M. P. **Fertilidade do solo, estado nutricional e produtividade de girassol, em função da aplicação de lodo de esgoto.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v.42, p.166-173, 2012.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis improvements of saline and alkaline soils.** Washington, Department of Agriculture, 1954. 160p.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. **Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no distrito federal. II- aspectos qualitativos, econômicos e práticos de seu uso.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v, 26, p-497-503. 2002.

TRANNIN, I. C.; de B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. **Avaliação agrônômica de um biossólido industrial para a cultura do milho.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.40, n.3, p.261-269, mar. 2005.

RENEWAL OF THE ADSORPTIVE POWER OF PHOSPHORUS IN OXISOL

Gustavo Franco de Castro

Universidade Federal de Viçosa, Campus Viçosa
Viçosa- Minas Gerais

Jader Alves Ferreira

Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio
Paranaíba
Rio Paranaíba- Minas Gerais

Denise Eulálio

Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio
Paranaíba
Rio Paranaíba- Minas Gerais

Allan Robledo Fialho e Moraes

Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio
Paranaíba
Rio Paranaíba- Minas Gerais

Jairo Tronto

Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio
Paranaíba
Rio Paranaíba- Minas Gerais

Roberto Ferreira Novais

Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio
Paranaíba
Rio Paranaíba- Minas Gerais

RESUMO: A fixação de fósforo (P) no solo é uma grande preocupação para a comunidade científica, dadas as reservas limitadas deste nutriente. Este trabalho estuda a possibilidade de renovação do poder de fixação de P em solos. As amostras foram coletadas nas profundidades de 0-20 e

20-40 cm em um Latossolo Vermelho. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com esquema fatorial de 2 solos x 4 doses de P x 4 tempos de contato, com três repetições. Subamostras de cada tratamento foram submetidas a análises de P remanescente (P-rem) e P disponível. Para avaliar a possível difusão de P para o interior dos agregados do solo, eles foram selecionados a partir da camada de 0-20 cm dos tratamentos sem P, e com a aplicação de 2250 mg dm⁻³ de P aos 5 e 90 dias de contato. Os agregados foram analisados por microscopia eletrônica de varredura. O P disponível indicou que, para as doses aplicadas, o teor de P diminuiu com o aumento do tempo de contato do fertilizante fosfatado com os solos. A diminuição da P-rem com o aumento do tempo de contato do solo com a fonte P é uma indicação do aumento da capacidade máxima de adsorção de P. A distribuição uniforme de P no interior dos agregados, em menos de cinco dias de tempo de contato, indica que a renovação do poder de adsorção de P no solo, como uma reação lenta, passa por mecanismos adicionais para que este elemento migre para o interior das estruturas do solo.

PALAVRAS-CHAVE: P ocluso, Difusão de P, Residual de P, Fertilização fosfatada

ABSTRACT: Phosphorus (P) fixation in soil, is of great concern to the scientific community given

the limited reserves of this nutrient. This work studies the possibility of renewing the fixation power of P in soils. Samples were collected at the depths of 0-20 and 20-40 cm in a Oxisol. A completely randomized experimental design was used, with a factorial scheme of 2 soils x 4 doses of P x 4 times of contact, with three repetitions. Subsamples of each treatment were subjected to analyses of P remaining (P-rem) and P available. To evaluate the possible diffusion of P to the interior of the soil aggregates, they were selected from the 0-20 cm layer of the treatments without P, and with the application of 2250 mg dm⁻³ of P at 5 and 90 days of contact. The aggregates were analyzed by scanning electron microscopy. The P available indicated that for the applied doses the P contents decreased with the increase in the contact time of the phosphate fertilizer and soils. The decrease in P-rem with the increase in contact time of the soil with the P source is an indication of the increase the maximum adsorption capacity of P. The uniform distribution of P in the interior of the aggregates, at less than five days of contact time, indicates that the renewal of the adsorptive power of P in the soil, as a slow reaction, passes through additional mechanisms for this element to migrate to the interior of the soil structures.

KEYWORDS: P-occluded, Diffusion of P, Residual of P, Phosphating fertilization.

1 | INTRODUCTION

Over a century ago, Heck (1934) said that many soils, particularly those of lateritic formation, presented little response from plants when fertilized with a soluble source of P. The initial thinking that these soils were not deficient in this nutrient was gradually replaced by the finding of their rapid fixation in forms little or not available to plants and that higher P doses were necessary to meet soil demand as a drain competitive with the plant for this nutrient (Menezes-Blackburn et al. 2016; Roy et al. 2016).

When searching the Internet today for “phosphorus dynamic in the soil” or “phosphorus in the plant”, more than 11 million results are found for the first and more than one million were found for the second search. Despite intense research work on this nutrient however there remains even today a question similar to that of the past century: Why Cerrado soils, particularly those more weathered and clayey, which received massive fertilizations with P since century ago, are still unable to dispense the traditional application of large doses of P, as used in previous years of cultivation? Some of these regions, such as PADAP (Alto Paranaíba Directed Settlement Program) created in 1973 in the municipalities of Rio Paranaíba, São Gotardo, Ibiá and Campos Altos (Santos et al. 2013), in Minas Gerais, are cultivated in Oxisols, usually three crops annually, in succession (soy, wheat and corn) and receive annually around a t ha⁻¹ of P₂O₅. Why has there not been saturation of the sorptive power of these soils with P?

In these soils, the Fe and Al oxyhydroxides, and with lower expression the kaolinite, are the principal oxyhydroxides responsible for P adsorption (Yoon et al. 2014; Bortoluzzi et al. 2015). In this process, the added P is adsorbed by the solid phase, with the velocity of adsorption and the total quantity adsorbed being dependent of the mineralogical

and chemical characteristics of the adsorbent (Fontes and Weed 1996), the chemical characteristics of the adsorbate (Oliveira et al. 2014) and the degree of saturation of the soil with P (Rheinheimer et al. 2003; Barrow 2008;). Thus, soils may adsorb values around 0.415 mg g⁻¹ (Barbieri et al. 2013) 2.930 mg g⁻¹ (Mesquita Filho and Torrent 1993) and even 4.0 mg cm⁻³ of P (Ker 1995), with the latter value being equivalent to a phosphating with a soluble source, incorporated in the 0-20 cm layer, corresponding to 18.4 t ha⁻¹ of P₂O₅.

When the phosphate soluble fertilizers are applied to the soils, a rapid reaction occurs, characterized by the initial adsorption of P followed by a slow adsorptive reaction, which reduces the efficiency of the fertilizers over time (Barrow 1974; Mendoza 1992). The explanations found in the literature for this slow and continuous reaction include the formation of additional covalent bonds either bidentate or binuclear bonds (Novais and Smyth 1999; Yang et al. 2013; Barrow 2015), diffusive penetration (diffusion) of the P into the aggregates, pores and imperfections in the mineral crystals or between crystallographic domains of the soil minerals (Barrow 1983; Madrid and De Arambarri 1985; Willett et al. 1988; Torrent et al. 1992; Ruan and Gilkes 1996; Barrow 2015; Barrow and Debnath 2014).

There are references in the literature that prefer the term “P-occluded” to refer to slow adsorption and consequent “disappearing” of P in the soils. According to various authors (Smeck 1985; Yang et al. 2013), P-occluded refers to P physically encapsulated by secondary minerals such as Fe and Al oxyhydroxides. Similarly, Walker and Syers (1976) defined it as a form of P incorporated in layers or coatings formed by the deposition of compounds of Fe and Al. This P-occluded formation follows parallel to the development (weathering) of the soils (Walker and Syers 1976; Smeck 1985; Crews et al. 1995; Izquierdo and Houlton 2013), requiring periods of geologic time (Smeck 1985) of up to 22 thousand years, as suggested by Walker and Syers (1976). According to many of these authors, when the final state of soil development is reached, only two forms of P remain: stable organic-P and the P-occluded, with this being considered unavailable to plants. Smeck (1985) states that even soils with good initial P availability may arrive at a point where the supply of this element may become inadequate, due to P-occluded formation. At this point, the plants would depend only on the mineralization of the organic-P to meet their metabolic requirements. Bolland and Baker (1998) found that the P of one dose applied 20 years ago was essentially no longer available when evaluated after that time period but, on the other hand, increased the effectiveness of a new dose of added P.

Thus, the probable mechanisms involved in the renewal of the adsorptive power of P in the soils, in a more intense way than the more weathered soils, such as in the Oxisols, are summarized in diffusion of P in solution to the interior of aggregates or pores of minerals of the soil and the occlusion of the P-labile (P non-occluded) previously adsorbed, by the deposition of secondary minerals on this adsorption surface. It may be further speculated that the formation of additional covalent bonds to the former would reduce the initial adsorptive power of the soil, given the consumption of a second bond for the formation

of non-labile or P-occluded. According to Barrow and Debaath (2014), although enormous quantities of P are applied to the agricultural soils of the world, little is known about maintaining the supply of this nutrient for the plants.

Thus, the objective of this work was to evaluate the possible renewal of the adsorptive power of P in Oxisol, subjected to different doses of P at different contact times with the soil.

2 | MATERIALS AND METHODS

The experiment was done in the laboratory, at ambient temperature (20-30 °C), at the Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Rio Paranaíba Campus, in Rio Paranaíba, Minas Gerais State, Brazil. The soil used was a Oxisol (USDA 1999), collected in the region of Patos de Minas, in area under a natural forest. The choice of a natural forest an uncultivated area for soil collection is because of soil use and management practices, such as liming, phosphating fertilization, among others, which interfere with chemical and physical characteristics of the soil, with potential to modify results in the present work.

Samples were collected at the depths 0-20 and 20-40 cm, then air dried, ground, and passed through a sieve with a 2 mm mesh, obtaining air-dried fine earth (ADFE). Samples were sent to the Laboratory of Soil Analysis of the Federal University of Viçosa, for chemical and physical characterization of the samples (Table 1).

The mineralogical composition of the soils was determined by X-ray diffraction (XRD). The XRD analyses of the samples, in the form of powder, were done using a graphite crystal with a monochromator to select the radiation of the $\text{Cu-K}_{\alpha 1}$ with $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ and a step of $0.02 \text{ }^\circ\text{s}^{-1}$ on a Shimadzu XRD-6000, with a scanning angle between 4 and $70 \text{ }^\circ 2\theta$.

To evaluate the renewal of the adsorptive power of P of the soils, the treatments were composed of different doses of P and times of contact. Acompletely randomized experimental design was used, in factorial scheme of 2 soils x 4 doses of P x 4 times of contact, with three repetitions, totaling 96 samples.

The total P doses used were 0, 250, 750 and 2250 mg dm^{-3} . The source of P was the MonoAmmonic Phosphate (MAP) with 61 % of P_2O_5 and 12 % of N. The source was solubilized in 90 mL of distilled water and then added to soils (0.5 dm^3) and homogenized. The experimental units were transferred to dry plastic bags (12 x 25 cm), and the water content was increased to Field Capacity (FC). The individual weight of each sample was obtained with the objective of always keeping the humidity close to FC. Finally, the experimental units were incubated in triplicate for 5, 30, 60 and 90 days.

Attribute	Soil _{layer} (0-20 cm)	Soil _{layer} (20-40 cm)
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	6.04	6.18
P (mg dm^{-3})	32.20	26.80
K (mg dm^{-3})	200	98
Ca^{2+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	12.74	7.73
Mg^{2+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	4.16	3.19
Al^{3+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0.00	0.00

H+Al (cmol _c dm ⁻³)	5.40	5.30
SB (cmol _c dm ⁻³)	17.41	11.17
t (cmol _c dm ⁻³)	17.41	11.17
T (cmol _c dm ⁻³)	22.81	16.47
V (%)	76.30	67.80
m (%)	0.00	0.00
MO (dag kg ⁻¹)	6.91	4.22
P-rem (mg L ⁻¹)	11.90	5.70
Course sand (kg kg ⁻¹)	0.118	0.121
Fine sand (kg kg ⁻¹)	0.086	0.100
Silt (kg kg ⁻¹)	0.238	0.210
Clay (kg kg ⁻¹)	0.558	0.569
Texture classification	Clay	Clay

Table 1 – Chemical and physical characterization of the samples of soil

P = Mehlich-1; H + Al = potential acidity; SB = sum of bases; t = effective capacity of cation exchange; T = capacity of exchange of cations at pH = 7; V = saturation by bases; m = saturation by aluminum; OM= organic matter; P-rem = P remaining.

During the contact period the samples were monitored weekly by means of weighing, aiming to maintain the humidity initially applied. After the contact period, the samples were dried in a controlled environment at 35 °C for 5 days. The soils were again passed through a sieve with a 2 mm mesh and then homogenized.

Subsamples of each treatment were subjected to analyses of P remaining (P-rem), and P available by the extractors Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3) and Anionic resin (AR). P-rem was obtained according to the methodology described by Alvarez V. et al. (2000), shaking for 5 min 10 cm³ of soil with 100 mL of solution of CaCl₂ 10 mmol L⁻¹, containing 60 mg L⁻¹ of P. After shaking the solution remained at rest for 16 h, to determine the P-rem. In the extraction by the M-1 (HCl 0.05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0.0125 mol L⁻¹) was used a 1:10 soil:solution relation, with shaking for 5 min in a horizontal shaker at 200 rotations per min (rpm) and left at rest for 16 h, according to Braga and Defelipo (1974). The P was extracted by the M-3 (CH₃COOH 0.2 mol L⁻¹ + NH₄NO₃ 0.25 mol L⁻¹ + NH₄F 0.015 mol L⁻¹ + HNO₃ 0.013 mol L⁻¹ + EDTA 0.001 mol L⁻¹) (Mehlich 1984), also in the 1:10 soil:solution relation, with agitation for 5 min in a horizontal shaker at 200 rpm and 16 h of rest. Analyses of P-available by the AR (Amberlite IRA-402) followed the procedures proposed by Raji et al. (2001). The P in the solutions extracted by the different methods were measured by colorimetry, on a molecular absorption spectrophotometer of the phospho-molybdc complex with ascorbic acid reduction.

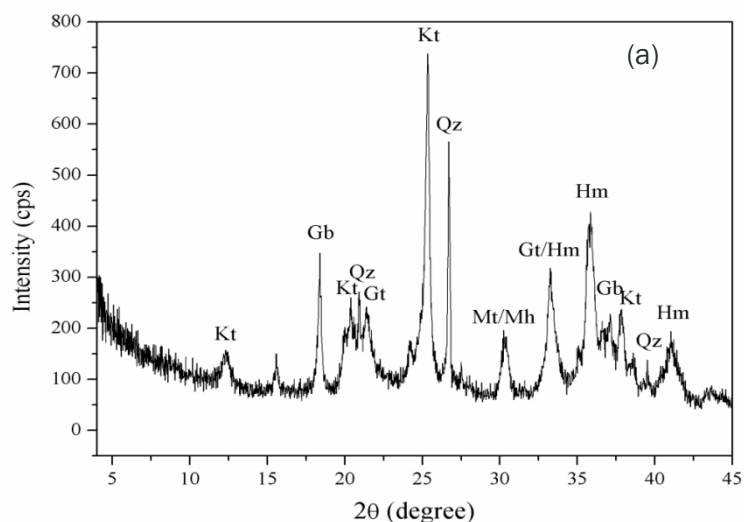
To evaluate the possible diffusion of P to the interior of the aggregates of the soils, aggregates were selected from the 0-20 cm layer. We chose to evaluate the aggregates of the treatments without the application of P, in comparison to the aggregates with the application of 2250 mg dm⁻³ of P at 5 and 90 days of contact, totaling three samples. Slides were made of the aggregates by means of impregnation with polyester resin and later ultra-polishing, obtaining final sections for later analysis. The final sections of the aggregates were analyzed and photographed on a scanning electron microscope (SEM) and elemental

microanalysis spectrometer (EMS). The areas selected for the three samples of aggregates included their external and internal parts, with the objective of obtaining microchemical maps that indicate the diffusion of P to the interior of the aggregates.

Results were subjected to variance analysis and analysis of regression. In this analysis were evaluated the available P contents as a function of the contact time of the P source with the respective soil doses.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

The X-ray diffractograms in the 0-20 and 20-40 cm soil layers presented a profile characteristic of the Oxisols, with the presence of minerals such as hematite, gibbsite, goethite and kaolinite (Figure 1). The predominance, quantity and quality of these clay materials are important factors to be considered in evaluating the phenomena of P adsorption (Neto et al. 2009) and its impact on the availability of this nutrient for the plants (Novais and Smyth 1999). Although there are works in the literature that correlate P adsorption with the soil clay content (Fernández R et al. 2008; Barbieri et al. 2013; Oliveira et al. 2014), in tropical conditions, principally the Fe and Al oxyhydroxides and kaolinite are responsible for P adsorption (Fontes and Weed 1996; Yoon et al. 2014; Bortoluzzi et al. 2015). In these conditions, soils with clayey texture are characterized by presenting a higher adsorption (Motta et al. 2002; Fink et al. 2014; Oliveira et al. 2014) and their intensity and magnitude may influence the source or sink of soil P for the plants (Pinto et al. 2013).



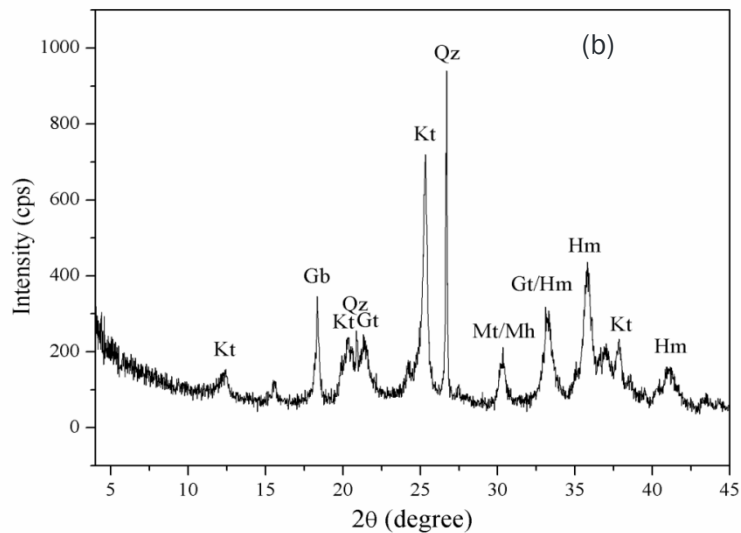


Figure 1 –X-ray diffractograms for: (a) sample from 0-20 cm soil layer and (b) sample from 20-40 cm soil layer. Kt = kaolinite; Gb = gibbsite; Qz = quartz; Gt = goethite; Mt = magnetite; Mh = maghemite; Hm = hematite.

The P contents obtained by M-1, M-3 and AR for the doses 250, 750 and 2250 mg dm⁻³, decreased, in a general way, with the increase of the contact time of the source of P with the soils (Table 2). By individually analyzing the doses of applied P and the different contact times, it is possible to observe, by means of regression analysis, the influence of the time of the contents of available P obtained by the different extractors used (Table 3). As stated, those values tend to decrease with the increase in contact time for the majority of the cases, but for the treatments where there was no application of the P, time did not significantly influence the contents of P, as expected (Table 3). According to Fernández R. et al. (2008), the minerals of the soil, principally goethite and gibbsite, directly influence the development of non-labeled forms of P. The P associated to these minerals may become occluded, in the interior of the clay minerals (Gustafsson et al. 2012). Barrow (1974) and Mendoza (1992) hypothesized that when fertilizing the soils with phosphate, a rapid reaction occurs, where the initial adsorption of P, followed by a slow adsorptive reaction, may reduce the efficiency of phosphate fertilization over time. According to Parfitt (1979), that slower adsorption step is dependent on time and characterized by P diffusion to the interior of aggregates, from pores and crystallographic imperfections, making the P unavailable to plants. According to Novais and Smyth (1999), that process may be described as the probable aging of P in the clayey soils.

P dose (mg dm ³)																
0				250				750				2250				
Contact Time (days)																
5				30				60				90				
P-available (mg dm ⁻³)																
Extrac- tor																
M-1 (0- 20 cm)	25.10	23.54	24.56	26.47	54.53	49.14	48.69	45.68	141.76	127.89	117.18	110.85	604.22	578.66	561.13	510.01
M-3 (0- 20 cm)	12.75	10.79	9.26	9.55	22.26	16.54	16.07	14.99	59.31	43.57	43.37	35.07	318.87	251.39	166.01	160.73
AR (0- 20 cm)	76.47	78.50	74.77	75.80	153.57	146.60	137.73	123.29	363.97	325.77	312.63	269.93	1147.57	1078.80	897.40	847.40
M-1 (20-40 cm)	18.35	17.74	18.54	18.45	40.65	39.38	40.93	37.73	112.79	102.56	101.10	96.72	540.68	504.89	499.78	467.65
M-3 (20-40 cm)	6.29	7.42	7.40	8.08	11.44	10.20	11.83	9.64	35.26	33.33	28.69	28.40	186.75	149.14	145.27	131.36
AR (20- 40 cm)	74.00	68.23	69.53	68.80	156.07	136.07	132.77	117.23	338.23	322.87	292.90	246.07	1143.67	1046.50	952.47	771.17
P-rem (mg L ⁻¹)																
0-20 cm	11.20	10.91	11.01	11.09	12.84	12.04	12.35	11.28	21.28	19.45	15.32	16.79	43.96	37.41	34.23	32.21
20-40 cm	5.68	5.40	5.89	5.22	11.28	9.53	7.24	7.56	16.88	13.75	11.73	10.73	37.35	31.02	28.11	25.97

Table 2 –P content extracted by Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3), Anionic resin (AR) and P-remaining (P-rem) as a function of the application of increasing P doses in the 0-20 and 20-40 cm layers of a Oxisol at different contact times

Dose (mg dm ⁻³)	Equation	R ²	p
	Soil (0-20 cm)		
	Mehlich-1		
0	M-1 = 24.029 + 0.019 ^{ns} T	0.333	0.422
250	M-1 = 53.831 - 0.093 [°] T	0.872	0.065
750	M-1 = 141.073 - 0.360* [*] T	0.960	0.020
2250	M-1 = 612.371 - 1.056* [*] T	0.955	0.022
	Mehlich-3		
0	M-3 = 12.362 - 0.038 ^{ns} T	0.792	0.109
250	M-3 = 20.988 - 0.076 ^{ns} T	0.740	0.139
750	M-3 = 56.968 - 0.251 [°] T	0.837	0.084
2250	M-3 = 314.323 - 1.947* [*] T	0.901	0.050
	Anionic resin		
0	RA = 77.358 - 0.021 ^{ns} T	0.242	0.507
250	RA = 156.541 - 0.351** ^{**} T	0.981	0.009
750	RA = 365.806 - 1.032* [*] T	0.960	0.020
2250	RA = 1168.466 - 3.798* [*] T	0.953	0.023
	Soil (20-40cm)		
	Mehlich-1		
0	M-1 = 18.078 + 0.004 ^{ns} T	0.179	0.577
250	M-1 = 40.846 - 0.025 ^{ns} T	0.410	0.360
750	M-1 = 111.221 - 0.171 [°] T	0.862	0.071
2250	M-1 = 539.350 - 0.781* [*] T	0.924	0.039
	Mehlich-3		
0	M-3 = 6.443 + 0.018 [°] T	0.841	0.082
250	M-3 = 11.383 - 0.013 ^{ns} T	0.220	0.531
750	M-3 = 35.501 - 0.088* [*] T	0.906	0.048
2250	M-3 = 180.212 - 0.586 [°] T	0.829	0.089
	Anionic resin		
0	RA = 72.359 - 0.048 ^{ns} T	0.452	0.328
250	RA = 154.798 - 0.415* [*] T	0.923	0.039
750	RA = 350.097 - 1.083* [*] T	0.965	0.017
2250	RA = 1175.636 - 4.263* [*] T	0.979	0.011

Table 3- Simple linear regression between the P contents obtained by Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3) and Anionic resin (AR) as a function of the contact times of the P source with the soil at its respective doses in the 0-20 and 20-40 cm layers of a Oxisol

^{ns} = not significant. °, * and **, significant at 10, 5 and 1 %, by the t test. T = contact time.

In research done by Oliveira (2010), the sensitivity of the extractors M-1, M-3 and AR were also shown in relation to different contact times and P doses. In that study, the author added increasing doses of P (0 to 600 mg Kg⁻¹ of soil) in soils with contents from close to zero up to 800 g Kg⁻¹ of clay, also testing different contact times (1, 30, 90 and 180 days). In the experimental units with 800 g Kg⁻¹ of clay, 30 days of contact and P dose of 600 mg Kg⁻¹ of soil, the authors found extractions of 5.36, 1.17 and 4.75 % of total P added for the

extractors M-1, M-3 and AR. Thus, as demonstrated by Oliveira (2010), the results found in this work confirmed a lower efficiency of fertilization with the increase in contact time between the soil and the source of P. For these authors, there was a strong tendency to decrease the available P with the increased contact time of the phosphate fertilizer and the soil, which suggests the renewal of the adsorptive power of the clayey soils, and particularly of those richer in Fe and Al oxyhydroxides.

A complementary analysis that helps in evaluating of the adsorptive power of the soils is P-rem. According to Alvarez V. et al. (2000), this measurement may present significant correlation with the soil buffer capacity (SBC) and with the maximum adsorptive capacity of phosphate (MACP). In all experimental units, P-rem was analyzed after the contact time (Table 2). The P-rem values in the 0-20 cm layer were higher than those found in the 20-40 cm layer, consistent with its higher organic matter (OM) content (Table 1). The higher OM content in the soil surface horizons may influence the P adsorptive processes. The organic acids present in the OM may reduce P adsorption by direct competition with P by blocking the adsorption sites and may increase the availability of P for the plants (Andrade et al. 2004; Guppy et al. 2005). In this sense, the highest OM contents on the surface horizons interfere in the P-rem analyses.

The P-rem values of the 0-20 cm soil layer presented significant changes with time only for the 2250 mg dm⁻³ dose (Table 4). In the 20-40 cm layer, there was significance for the doses 250, 750 and 2250 mg dm⁻³ at the different contact times (Table 4). The mean increase of the P-rem values for the soils of the two layers, with the increase of the P dose from 0 to 2250 mg dm⁻³, indicate the saturation of the adsorption power of the soils (Table 2). On the other hand, for that higher P dose, the decrease of the mean value of P-rem with the increase of the contact time from 5 to 90 days indicates the renewal of the P adsorption power of the soils (Table 2).

The decrease in P-rem with the increased equilibrium time of the soil with the source of P is an indication of the increase of the SBC or MACP values of the soil, as observed in the literature (Fernández R. et al. 2008). The increase of this value implies higher P demand for plant growth and development. In other words, a renewal of the adsorptive power of P by the soil.

The variation in the percentage of P measured by EDS for the three aggregates was 3.61, 5.09 and 5.20 % for aggregates 1, 2 and 3 (Table 5).

The SEM images and the P distribution maps in the soil aggregates are presented in Figure 2. Those maps indicate a uniform distribution of P in the aggregate mass and not only on the aggregate surface, consistent with an apparently unsatisfactory contact time of only five days, for a more intense diffusion.

A study on the effect of the phosphate contact time on the adsorption and migration (diffusion) of phosphate for the interior of ferridrite and goethite particles showed that the adsorption was complete for the goethite at three days of contact, remaining constant up to 260 days, and six days with the ferridrite (Willett et al. 1988). These relatively low contact times indicate the time required for phosphate to migrate to the interior of the particles of

the Fe minerals. Large goethite crystals and their few pores caused the phosphate to have rapid access to the surface of this mineral and causes lower migration to the interior of the particles, reaching equilibrium rapidly. This migration of the phosphate throughout the particle in six days of contact with the source of P, although with a small but perceptible presence of phosphate in the center of the particles, occurred after a rapid initial adsorption of this anion.

In the present work (Figure 2), a uniform P distribution was observed in the soil aggregates even at the shortest contact time tested (five days) of the P source with the soil and did not visibly differ from the 90 day contact time. This result is consistent with those obtained for ferridrite and goethite by Willett et al. (1988), with rapid and total migration of P in less than five days. The slow P adsorption reactions in soils certainly involve additional mechanisms for P diffusion to the interior of soil structures, restricting availability for plants, since for the sample of the 20-40 cm soil layer, P-rem decreased linearly with contact time up to the longest time tested (90 days) for all applied doses (Table 4).

Dose (mg dm ⁻³)	Equation	R ²	p
	Soil (0-20 cm)		
0	P-rem = 11.083 - 0.006 ^{ns} T	0.040	0.800
250	P-rem = 12.832 - 0.015 ^{ns} T	0.736	0.142
750	P-rem = 21.036 - 0.061 ^{ns} T	0.712	0.156
2250	P-rem = 43.107 - 0.133* ^o T	0.910	0.046
	Soil (20-40cm)		
0	P-rem = 5.692 - 0.003 ^{ns} T	0.150	0.612
250	P-rem = 11.060 - 0.046 ^o T	0.835	0.086
750	P-rem = 16.558 - 0.071* ^o T	0.929	0.035
2250	P-rem = 36.547 - 0.128* ^o T	0.912	0.044

Table 4 –Simple linear regression between the P-remaining (P-rem) content as a function of the contact times of the P source with the soil at its respective doses in the 0-20 and 20-40 cm layers of a Oxisol

^{ns} = not significant. ^o and *, significant at 10 and 5 % by the t test. T = contact time.

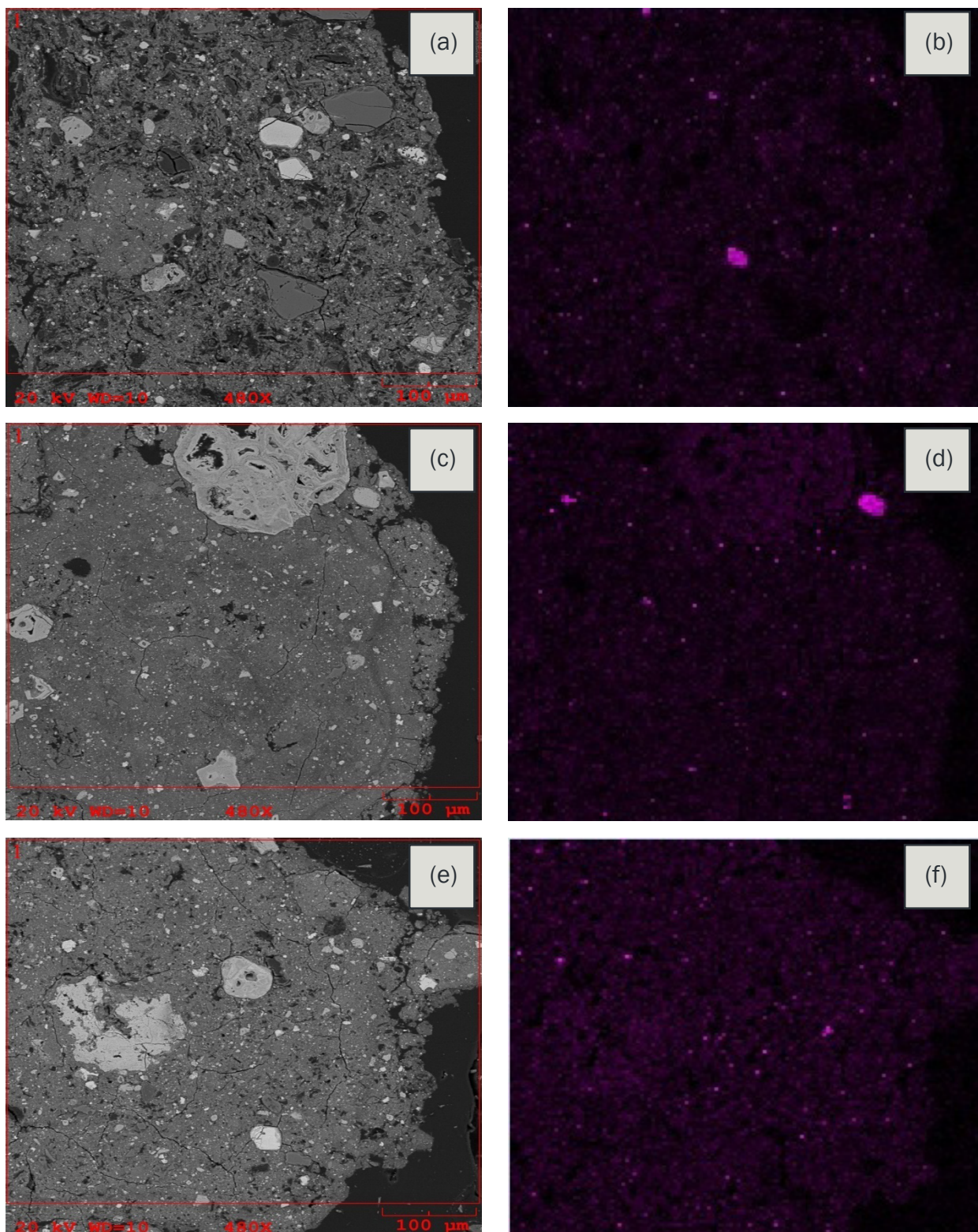


Figure 2 – Images obtained by SEM and microchemical maps of EDS of P for (a) and (b) Aggregate without addition of phosphate fertilizer; (c) and (d) Aggregate after 5 days of contact and 2250 mg dm^{-3} total P dose; (e) and (f) Aggregate after 90 days of contact and 2250 mg dm^{-3} total P dose.

Aggregate	Mg (%)	Al (%)	Si (%)	P (%)	Ca (%)	Fe (%)
1	1.51	29.28	29.87	3.61	3.40	32.34
2	1.35	36.16	24.41	5.09	1.06	31.94
3	1.35	29.22	22.46	5.20	1.51	40.26

Table 5 - EDS data for aggregates analyzed

1 = aggregate without addition of phosphate fertilizer; 2 = aggregate after 5 days of contact and 2250 mg dm^{-3} P dose; 3 = aggregate after 90 days of contact and 2250 mg dm^{-3} P dose.

4 | CONCLUSIONS

The P content obtained by M-1, M-3 and AR showed decreases with the increase of contact time of the phosphate fertilizer and the soils.

The P-rem values in the 0-20 cm soil layer, with higher OM content, presented significant decreases over the contact times only for the 2250 mg dm⁻³ dose. In the 20-40 cm soil layer, with lower OM content, all doses and contact times were significant. The decrease in P-rem with the increased contact time of the soil with the P source is an indicator of the increase of values of the SBC or of the MACP of the soil, implying higher P demand by plants or renewal of the adsorptive power of P in the soil.

The uniform distribution of P in the interior of the aggregates, even at the shortest contact time studied (five days), indicate that the renewal of the adsorptive power of the soil, as a slow reaction, passed through additional mechanisms for this element to migrate to the interior of the soil structures.

REFERENCES

Alvarez, V.V.H.; Novais, R.F.; Dias, L.E.; Oliveira, J.A. **Determinação e uso do fósforo remanescente**. Viçosa: Soc. Bras. Ci. Solo, 2000;25:27-33. (Boletim Informativo).

Andrade, F.V.; Schaefer, C.E.G.R.; Correa, M.L.T.; Mendonça, E.S. **Carbon stocks in Brazilian Latosols (Oxisols) from different morphoclimatic regions and management systems**. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2004; 35:2125-2136.

Barbieri, D.M.; Marques Júnior, J.; Pereira, G.T.; La Scala, N.; Siqueira, D.S.; Panosso, A.R. **Comportamento dos óxidos de ferro da fração Argila e do fósforo adsorvido, em diferentes sistemas de colheita de cana-de-açúcar**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2013;37:1557–1568.

Barrow, N.J. **The slow reactions between soil and anions. 1. Effects of soil, temperature and water content of a soil on the decrease in effectiveness of phosphate for plant growth**. Soil Science, 1974;118:380–385.

Barrow, N.J. **A mechanistic model for describing the sorption and desorption of phosphate by soil**. Journal of Soil Science, 1983;34:733-750.

Barrow, N.J. **The description of sorption curves**. Journal of Soil Science, 2008;59:900-910.

Barrow, N.J.; Debnath, A. **Effect of phosphate status on the sorption and desorption properties of some soils of northern India**. Plant and Soil, 2014;378:383-395.

Barrow, N.J. **Soil phosphate chemistry and the P-spaing effect of previous phosphate application**. Plant and Soil, 2015;397:401-409.

Bolland, M.D.A.; Baker, M.J. **Phosphate applied to soil increases the effectiveness of**

subsequent applications of phosphate for growing wheat shoots. Australian Journal of Experimental Agriculture, 1998;38:865-869.

Bortoluzzi, E.C.; Pérez, C.A.S.; Ardisson, J.D.; Tiecher, T.; Caner, L. **Occurrence of iron and aluminum sesquioxides and their implications for the P sorption in subtropical soils.** Applied Clay Science, 2015;104:196–204.

Braga, J.M.; Defelipo, B.V. **Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal.** Revista Ceres, 1974;21:73-85.

Crews, T.E.; Kitayama, K.; Fownes, J.H.; Riley, R.H.; Herbert, D.A.; Dombois-Mueller, D.; Vitousek, P.M. **Changes in soil phosphorus fractions and ecosystem dynamics across a long chronosequence in Hawaii.** Ecology, 1995;76:1407-1424.

Fernández, R.I.E.; Novais, R.F.; Nunes, F.N.; Ker, J.C. **Reversibilidade de fósforo não-lábil em solos submetidos à redução microbiana e química. II - Extrações sucessivas do fósforo pela resina de troca aniônica.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2008;32:2319-2330.

Fink, J.R.; Inda, A.V.; Bayer, C.; Torrent, J.; Barrón, V. **Mineralogy and phosphorus adsorption in soils of south and central-west Brazil under conventional and no-tillage systems.** Acta Scientiarum, 2014; 36:379-387.

Fontes, M.P.F.; Weed, S.B. **Phosphate adsorption by clays from Brazilian Oxisols: relationships with specific surface area and mineralogy.** Geoderma, 1996;72:37-51.

Guppy, C.N.; Menzies, N.W.; Blamey, F.P.C.; Moody, P.W. **Do decomposing organic matter residues reduce phosphorus sorption in highly weathered soils?** Soil Science Society of America Journal, 2005; 69:1405-1411.

Gustafsson, J.P.; Mwamila, L.B.; Kergoat, K. **The pH dependence of phosphate sorption and desorption in Swedish agricultural soils.** Geoderma, 2012;189-190:304-311.

Heck, A.F. **Phosphate fixation and penetration in soils.** Soil Science, 1934;37:343-356.

Izquierdo, J.E.; Houlton, B.Z. **Evidence for progressive phosphorus limitation over long-term ecosystem development: Examination of a biogeochemical paradigm.** Plant and Soil, 2013;367:135-147.

Ker, J.C. **Mineralogia, sorção e dessorção de fosfato, magnetização e elementos traços de latossolos do Brasil** [Dissertação]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 1995.

Madrid, L.; De Arambarri, P. **Adsorption of phosphate by two iron oxides in relation to their porosity.** Journal of Soil Science, 1985;58:523-530.

Mehlich, A. **Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant.** Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1984;15:1409-1416.

Mendoza, R.E. **Phosphorus effectiveness in fertilized soils evaluated by chemical**

solutions and residual value for wheat growth. Fertilizer Research, 1992;32:185- 194.

Menezes-Blackburn, D.; Zhang, H.; Stutter, M.; Giles, D.C.; Darch, T.; George, T.S.; Shand, C.; Lumsdon, D.; Blackwell, M.; Wearing, C.; Cooper, P.; Wendler, R.; Brown, L.; Haygarth, P.M. **A holistic approach to understanding the desorption of phosphorus in soils.** Environmental Science Technology, 2016;50:3371-3381.

Mesquita Filho, M.V.; Torrent, J. **Phosphate sorption as related to mineralogy of a hydrosequence of soils from the cerrado region (Brazil).** Geoderma, 1993;58:107-123.

Motta, P.E.F.; Curi, N.; Siqueira, J.O.; Raij, B.V.; Neto, A.E.F.; Lima, J.M. **Adsorção e formas de fósforo em latossolos: influência da mineralogia e histórico de uso.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2002;26:349-359.

Neto, D.E.S.; Oliveira, A.C.; Freire, F.J.; Freire, M.B.G.S.; Nascimento, C.W.A.; Rocha, A.T. **Extração de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar e suas relações com a capacidade tampão.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2009; 13:840-848.

Novais, R.F.; Smyth, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** 1nd ed. Viçosa: UFV, DPS; 1999.

Oliveira, C.M.B.; Gatiboni, L.C.; Miquelluti, D.J.; Smyth, T.J.; Almeida, J.A. **Capacidade máxima de adsorção de fósforo e constante de energia de ligação em latossolo bruno em razão de diferentes ajustes do modelo de Langmuir.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2014;38:1805-1815.

Oliveira, C.M.B. **Comportamento dos métodos Mehlich-1, Mehlich-3 e Resina trocadora de ânions frente ao poder tampão do solo e à utilização de fosfatos naturais** [Dissertação]. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina; 2010.

Parfitt, R.L. **Anion adsorption by soils and soil materials.** Advances in Agronomy, 1979;30:1-50.

Pinto, F.A.; Souza, E.D.; Paulino, H.B.; Curi, N.; Carneiro, M.A.C. **P-sorption and desorption in Savanna Brazilian soils as a support for phosphorus fertilizer management.** Ciência e Agrotecnologia, 2013;37:521-530.

Raij, B.V.; Andrade, J.C.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônomo; 2001.

Rheinheimer, D.S.; Anghinoni, I.; Conte, E. **Sorção de fósforo em função do teor inicial e de sistemas de manejo de solos.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2003;27:41-49.

Roy, E.D.; Richards, P.D.; Martinelli, L.A.; Coletta, L.D.; Rafaela, S.; Lins, M.; Vazquez, F.F.; Willig, E.; Spera, S.A.; VanWey, L.K.; Porder, S. **The phosphorus cost of agricultural intensification in the tropics.** Nature Plants (Letters), 2016;2:1-6.

Ruan, H.D.; Gilkes, R.J. **Kinetics of phosphate sorption and desorption by synthetic**

aluminous goethite before and after thermal transformation to hematite. Clay Minerals, 1996;31:63-74.

Santos, M.A.; Barbieri, A.F.; Machado, C.J.; Carvalho, J.A.M. **Programa de assentamento dirigido do Alto Paranaíba: o marco inicial do processo de ocupação do cerrado brasileiro.** Revista Brasileira de Educação e Cultura, 2013;8:17-43.

Smeck, N.E. **Phosphorus dynamics in soils and landscapes.** Geoderma, 1985;36:185-199.

Torrent, J.; Schwertmann, U.; Barron, V. **Fast and slow phosphate sorption by goethite-rich natural materials.** Clays and Clay Minerals, 1992;40:14-21.

USDA – Soil Survey Staff. 1999. **Soil Taxonomy – A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey.** 2nd ed. USDA. Washington. 871 pp.

Walker, T.W.; Syers, J.K. **The fate of phosphorus during pedogenesis.** Geoderma, 1976;15:1-19.

Willett, I.R.; Chartres, C.J.; Nguyen, T.T. **Migration of phosphate into aggregated particles of ferrihydrate.** Journal of Soil Science, 1988;39:275-282.

Yang, X.; Post, W.M.; Thornton, P.E.; Jain, A. **The distribution of soil phosphorus for global biogeochemical modeling.** Biogeosciences, 2013;10:2525-2537.

Yoon, S.Y.; Lee, C.G.; Park, J.Á.; Kim, J.H.; Kim, S.B.; Lee, S.H.; Choi, J.W. **Kinetic, equilibrium and thermodynamic studies for phosphate adsorption to magnetic iron oxide nanoparticles.** Chemical Engineering Journal, 2014;236:341-347.

ANÁLISE DE SOLOS EM TOPOSSEQUÊNCIA NA FAZENDA EXPERIMENTAL DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE CARATINGA-MG

Athos Alves Vieira

Universidade Federal de Viçosa – UFV.
Departamento de Solos e Nutrição de Plantas –
Viçosa, Minas Gerais.

Kleber Ramon Rodrigues

Centro Universitário de Caratinga – UNEC.
Caratinga, Minas Gerais.

Leopoldo Concepción Loreto Charmelo

Centro Universitário de Caratinga – UNEC.
Caratinga, Minas Gerais.

Alessandro Saraiva Loreto

Centro Universitário de Caratinga – UNEC.
Caratinga, Minas Gerais.

João Luiz Lani

Universidade Federal de Viçosa – UFV.
Departamento de Solos e Nutrição de Plantas –
Viçosa, Minas Gerais.

RESUMO: A necessidade de conhecer os tipos de solos de uma determinada área implica em estabelecer práticas conservacionista criando subsídios para possíveis planejamentos ambientais, direcionando ao manejo adequado da mesma. Com este trabalho objetivou-se realizar a caracterização das propriedades físicas dos solos a partir de uma topossequência, presente na fazenda experimental do Centro Universitário de Caratinga, localizada no município de Caratinga/MG. Para procedimento das análises físicas do solo utilizou-se o Manual de Métodos de Análise de solo do Centro Nacional de Pesquisa de Solos da EMBRAPA, 1997. Foi realizado trabalho de

campo onde foram estudados 3 perfis de solos. Em relevo forte ondulado no divisor topográfico foi realizado o P1, em relevo plano em área de várzea o P2, e em relevo suave ondulado no terço médio o P3. Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, os solos estudados foram classificados como: P1 LATOSSOLOS VERMELHOAMARELOS Distrófico Típicos (LVAd), P2 GLEISSOLOS HÁPLICOS Ta Distrófico Típicos (GXVe) e P3 LATOSSOLOS AMARELOS Eutrófico Típicos (Lae). Com o resultado das análises foi possível definir as frações granulométricas de cada horizonte dos perfis estudado. A determinação das análises físicas do solo permite conhecer melhor a estrutura e porosidade, além de outros atributos relacionados com a condição ambiental de sobrevivência da planta, do sistema radicular e a dinâmica da água no solo, indicando assim melhores formas de manejo e conservação dos solos.

PALAVRAS-CHAVE: Classificação, perfis de solo; manejo.

1 | INTRODUÇÃO

A física do solo objetiva um entendimento básico do solo e seu papel no sistema geofísico da superfície terrestre com todas as inter-relações com os processos cíclicos. (Klar, 1984). A fase sólida ocupa cerca de 50% do volume do solo e

é constituída por minerais e por material orgânico, onde são encontradas partículas de formas e tamanhos variáveis, (Meurer, 2006). Raramente encontra-se um solo que seja constituído de uma só fração granulométrica, dando origem as classes texturais, que buscam definir as diferentes combinações da areia, silte e argila. (Santos et al., 2013).

A avaliação da textura do solo, pode ser feita em campo ou laboratório. Em campo pode ser estimada, através de sensações táteis. Ao ser molhado sem excesso de água, o solo apresenta algumas características, onde a fração areia manifesta sensação de aspereza, o silte maciez e a argila maciez e plasticidade e pegajosidade. No laboratório, a amostra é dispersa numa suspensão e, por peneiramento e sedimentação, se determina exatamente a proporção de areia, argila e por diferença a de silte.

A textura do solo influencia, portanto na capacidade de infiltração da água, na evaporação, capacidade de suprimento de nutrientes pelas plantas dentre outros. O nitrogênio torna-se mais disponível à medida que a textura se torna mais fina. A fase líquida é constituída por água acrescida de minerais e compostos orgânicos nela dissolvidos, formando a solução do solo. (Meurer, 2006).

Desta forma, este trabalho objetivou realizar as análises físicas de solos, baseado em uma topossequência, afim de conhecer suas propriedades e gerar informações relevantes e posteriormente relacionar com as condições ambientais presente na fazenda, buscando melhor forma de conservação e manejo dos solos.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A fazenda experimental do UNEC III está inserida na área que abrange a microbacia do córrego dos Bertoldos, localizada na margem esquerda do Rio Caratinga, afluente do Rio Doce no município de Caratinga, na parte Leste do estado de MG, Brasil, situada nas coordenadas geográficas obtidas através da utilização de um GPS Garmim modelo Etrex 10 sendo: 19°43' 57.40" de latitude sul e 42°8' 14.10" de longitude oeste (Figura1).

Após coleta das amostras realizada em trabalho de campo, as mesmas foram encaminhadas para o laboratório de análise de solos do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) em convênio com a Cooperativa de cafeicultores da região de Caratinga (COOPERCAFÉ) e com o Centro Universitário de Caratinga. O laboratório está localizado na fazenda experimental do UNEC campus III.

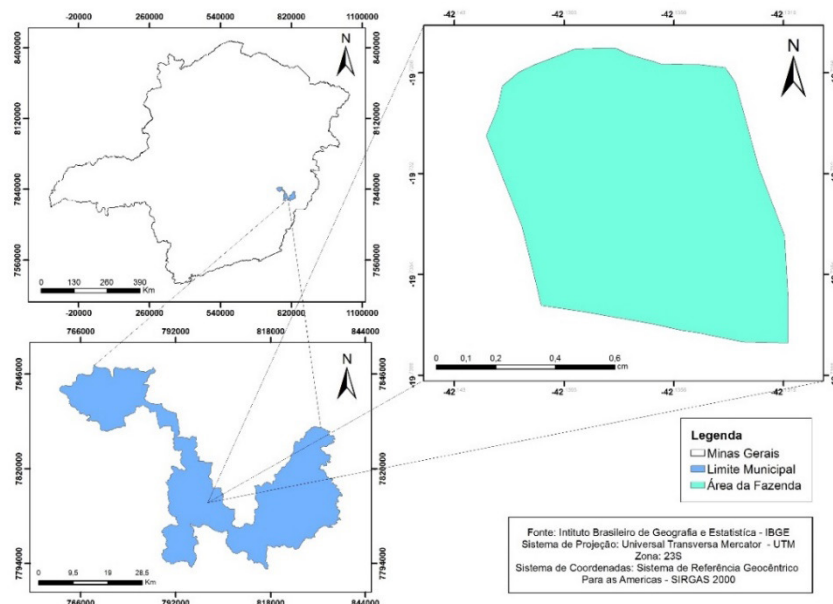


Figura 1: Localização da área onde foi realizado o trabalho. Elaboração: Vieira (2015).

As amostras foram espalhadas devidamente em recipiente separado e próprio, onde foram destorradas como o auxílio de um rolo de madeira e posta para secagem ao ar livre durante 24h. Após secagem das amostras as mesmas foram passadas separadamente na peneira com malha de 2mm de diâmetro constituindo a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). Com a porção da amostra fina de solo foram realizados os procedimentos das análises físicas, como descrito no Manual de Métodos de Análise de solo do Centro Nacional de Pesquisa de Solos (EMBRAPA, 1997). A partir dos resultados, a análise física (granulométrica) permitirá determinar a quantidade de areia (grossa e fina), silte e argila no solo.

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, empregando-se solução de NaOH 0,1 mol/L. A areia fina e grossa foi separada por tamisação, secadas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte foi calculado correspondendo ao complemento dos percentuais para 100% e a argila foi separada por sedimentação gravitacional (EMBRAPA, 1997).

2.1 Tratamentos e amostragens

Para os parâmetros comparativos das análises físicas foram utilizados como base a cartilha de Análise do Solo: Determinação, cálculos e interpretação (EPAMIG, 2012). Os resultados de análise granulométricas podem ser expressos em porcentagem (%), dag/kg de solo ou g/kg de solo. Após obtenção dos valores, pode-se definir a classe textural a que pertence o solo. Duas classificações podem ser usadas a simplificada ou a detalhada. A classificação simplificada (Tabela 1), considera somente o teor de argila contemplando quatro classes.

Teor de Argila	Classificação
0-16,0	Arenoso
16,1 - 32,0	Franco (médio)
32,1 - 60,0	Argiloso
> 60,0	Muito argiloso

Tabela 1: Classificação simplificada do teor de argila.

Fonte: EPAMIG (2012).

A classificação detalhada, considera os teores das três frações e contempla 13 classes, conforme (Tabela 2), sendo esta a classificação utilizada neste trabalho.

Argila	Partículas unitárias		Classificação
	Silte Areia		
----- (%) -----			
60 - 100	0 - 40	0 - 40	Muito argiloso
40 - 60	0 - 40	0 - 55	Argiloso
35 - 55	0 - 20	45 - 65	Argila-arenosa
40 - 60	40 - 60	0 - 20	Argila-siltosa
20 - 35	0 - 28	45 - 80	Franco-argilo-arenosa
27 - 40	60 - 72	20 - 45	Franco-argilosa
27 - 40	60 - 72	0 - 20	Franco-argilo-siltosa
8 - 28	27 - 50	22 - 52	Franca
0 - 20	0 - 50	42 - 80	Franco-arenosa
0 - 28	50 - 80	20 - 50	Franco-siltosa
0 - 12	80 - 100	0 - 20	Siltosa
0 - 15	0 - 30	70 - 100	Areia-franca
0 - 10	0 - 15	85 - 100	Arenosa

Tabela 2: Classificação detalhada das classes texturais

Fonte: EPAMIG, 2012

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises físicas dos horizontes permitiram conhecer melhor a estrutura e porosidade, além de outros atributos relacionados com a condição ambiental de sobrevivência da planta, do sistema radicular e a dinâmica da água no solo. De maneira geral os resultados apresentam a qualidade e degradação do solo relacionado com o seu uso. A (Tabela 3) apresenta os resultados das análises físicas.

Granulimetria %							
Areia							
Hz Símbolo	Prof. (Cm)	Grossa	Fina	Silte	Argila	Silte/Argila	Classe textural
P1 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico – LVAd							
A1	0-19	20	20	49	11	4,45	Franco
A2	19-28	21	20	45	14	3,21	Franco
A3	28-59	18	28	50	4	12,5	Franco-Siltosa
AB	59-86	17	23	57	3	19	Franco-Siltosa
Bw1	86-115	61	71	46	14	3,28	Areia
Bw2	115-134	22	14	53	11	4,81	Franco-Siltosa
Bw3	134-150	17	26	42	15	2,8	Franco
P2 - GLEISSOLO HÁPLICO Distrófico típico – GXVe							
A	0-20	32	41	22	5	4,4	Franco-Arenosa
AB	20-31	26	26	36	12	3	Franco
AC	31-50	52	50	16	14	1,14	Areia
Cg1	50-69	23	35	35	7	5	Franco-Arenosa
Cg2	69-85	21	33	41	5	8,2	Franco-Arenosa
P3 - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico típico LVAe							
BA	0-20	23	12	55	10	5,5	Franco-Siltosa
Bi1	20-60	23	16	59	2	29,5	Franco-Siltosa
Bi2	60-120	20	20	48	12	4	Franco
Bi3	120-155	25	17	46	12	3,83	Franco

Tabela 3: Características físicas dos solos da fazenda experimental do UNEC – Caratinga/MG.

Fonte: Adaptado do Laboratório de Análise de Solos do MAPA; COPERCAFÉ e UNEC (2015).

O perfil 1 foi aberto no terço superior, em relevo forte ondulado, a 630 m de altitude, sob área de pastagem, sendo classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico – LVAd (Figura2), com classe oscilando de Franco (horizontes A1, A2 e Bw3), Franco-Siltosa (A3, AB e Bw2) a Areia (Bw1). O Perfil apresentou teores de areia grossa variando de 17% nos horizontes AB e Bw3 a 61% no horizonte Bw1, o teor de areia fina variando de 14% no horizonte Bw2 a 27% no Horizonte Bw1 oscilando entre os horizontes. A maior concentração de silte dos perfis analisados, foi encontrado no horizonte AB, 57%, sendo a média geral do perfil de 48,85%. A fração argila variou de 3% no horizonte AB a 15% no horizonte Bw3 onde apresentou seu teor máximo. Ao longo do perfil foi possível observar o horizonte diagnóstico B latossólico (Bw1 a Bw3), horizontes mais homogêneos e maduros, o que indica solo mais intemperizado/lixiviado, com fração de argila de 14% no Bw1, longe do índice de textura argilosa que é >35%.

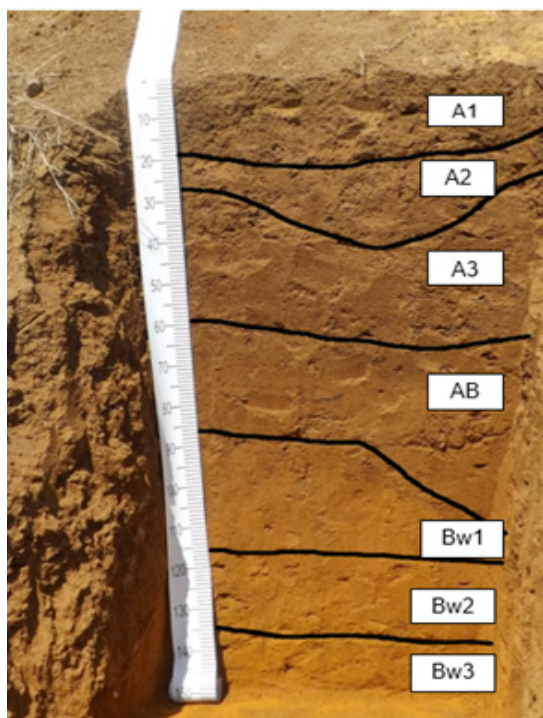


Figura 2: LATOSSOLO VERMELHO- AMARELO Distrófico típico LVAd.

Fonte: Vieira (2015).

O perfil 2 foi aberto a 555 m de altitude, em relevo plano onde predomina pastagem, em área de várzea, sendo classificado como GLEISSOLO HÁPLICO Distrófico típico – GXvd, com classe textural oscilando de Franco-arenosa (horizonte A Cg1 e Cg2), areia (AC) a franco (AB). Possui teores de área grossa variando de 21% no horizonte Cg2 a 52% no horizonte AC, o teor de área fina variando de 26% a 50% oscilando entre os horizontes. A maior concentração de silte dos horizontes analisados, foi encontrado no Cg2 41%, sendo a menor concentração de 16% encontrada no horizonte AC. A fração argila variou de 5% (horizonte A e Cg2) a 14% (AC).

No perfil analisado foram retirados torrões representativos, (Figura 3) para manipulação e definição de sua estrutura. A partir do arranjo estrutural coletado em cada horizonte, foi possível definir o horizonte AC e Cg1 como blocos subangulares e Cg2 como blocos angulares. Blocos angulares, são unidades estruturais dos torrões que apresentam faces planas e ângulos vivos na maioria dos vértices, já os blocos subangulares, apresentam mistura de faces arredondadas e planas, com muitos vértices arredondados.

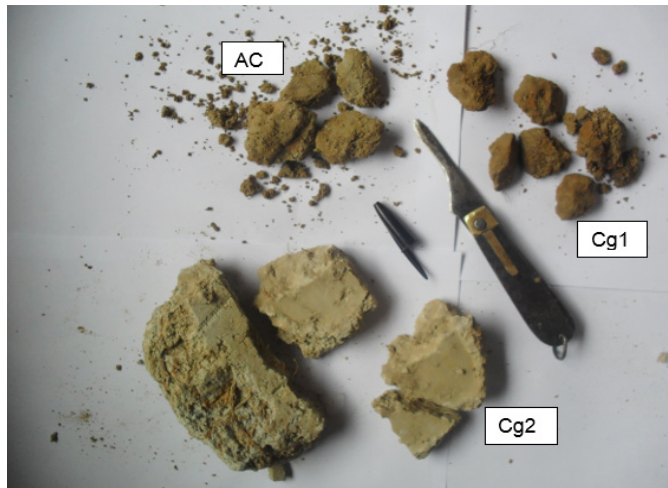


Figura 3: Arranjo estrutural do P2. Fonte: Vieira (2015).

Sua gênese está relacionada ao hidromorfismo, solo saturado por água, ou excesso de umidade, como foi possível detectar na abertura da trincheira. O perfil apresentado foi aberto em relevo abaciado, sendo formado sobre influência de sedimentos de natureza aluvionares e coluvionares, apresentando ao longo do perfil padrões heterogêneos com poucos mosqueados (Figura 4).

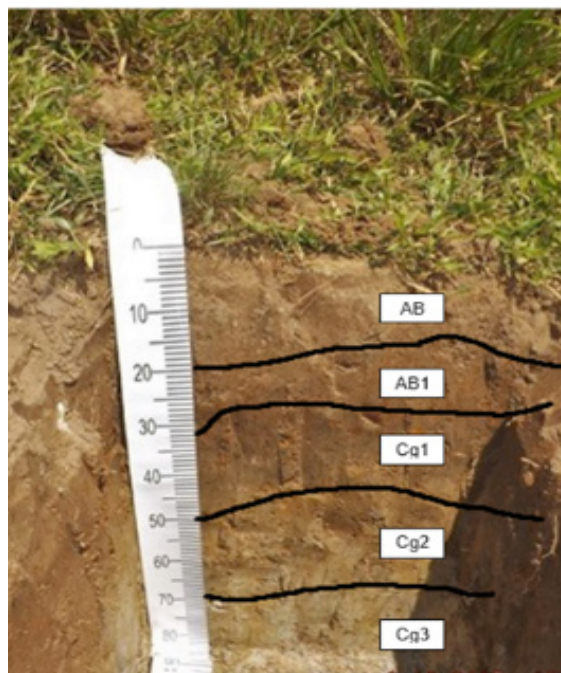


Figura 4: GLEISSOLO HÁPLICO Distrófico típico -GXvd.

Fonte: Vieira (2015).

O perfil 3 foi aberto no terço médio a 585 m de altitude, em relevo suave ondulado, em área de encosta com plantação de bambu e mata regenerada, área usada antigamente para o plantio de café. Sendo classificado como LATOSSOLO AMARELO Eutrófico típico LVAe (Figura 5), com classe textural oscilando de Franco-Siltoso (horizontes BA e Bw1) a Franco (Bw2 e Bw3). Possui teores de área grossa variando de 23% nos horizontes BA e Bw1, 20% no horizonte Bw2 e 25% Bw3, o teor de área fina variando de 12% no horizonte BA a 20% no Horizonte Bw2 oscilando entre os horizontes. A maior concentração de silte dos perfis

analisados, foi encontrado no horizonte Bw1, 59%, sendo a mínima 46% Bw3. A fração argila variou de 2% no horizonte Bw1 a 12% no horizonte Bw2 e Bw3 onde apresentou seu teor máximo. Ao longo do perfil é possível observar o horizonte diagnóstico B latossólico (Bw1 a Bw3), horizontes mais homogêneos e maduros, o que indica solo mais intemperizado/lixiviado, com fração de argila de 2% no Bw1, longe do índice de textura argilosa que é >35%.

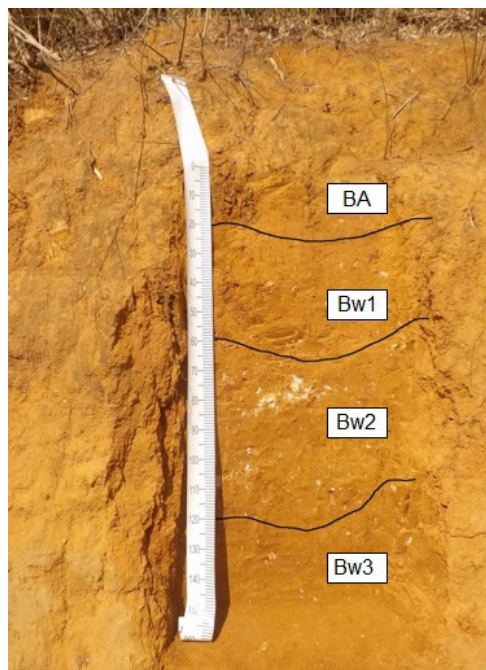


Figura 5: LATOSSOLO AMARELO Eutrófico típico LAe.

Fonte: Vieira (2015).

A abertura das trincheiras e a realização da leitura da paisagem na área de estudo, permitiram identificar as classes de solos existentes, relacionado estas com as características dos pedoambientes ao longo da topossequência, sendo possível realizar inferências quanto a problemas ambientais presentes na fazenda (Tabela 4).

Unidades geoambientais	Morfologia	Pedoambientes	Uso do solo	Riscos ambientais
Topos encostas	Forte ondulado	Latossolo vermelho Amarelo	Pastagem	Pressão exercida pelo manejo do gado, erosão laminar, interferência na dinâmica hidrológica, assoreamento dos rios.
Várzea	Plano e Suave	Gleissolos	Pastagem	Obstrução dos poros do solo, falta de mata ciliar, interferência na dinâmica hidrológica, assoreamento do corpo hídrico.
Encostas	Suave Ondulado	Latossolo Amarelo	Cobertura Vegetal de bambu.	Incêndio em época de estiagem, erosão por "splash"/erosão laminar.

Tabela 4: Características dos Pedoambientes e Problemas ambientais associados

Fonte: Rodrigues, 2004. Adaptado Vieira, 2015

Pode ser observado problemas relacionados devido a uso de áreas para pastagem de bovinos, causando a compactação dos solos dificultando a infiltração da água no solo aumentando assim o escoamento superficial lixiviando os minerais e a matéria orgânica do solo. A falta de mata ciliar, pode ocasionar assoreamento dos cursos d'água, perda de solo por ação física ou antrópica, erosão por "splash", onde a ação da energia da gota d'água da chuva lança partículas para baixo e para cima, agindo diretamente no solo devido a falta de cobertura vegetal, ocasionando também erosão laminar, interferindo na dinâmica dos recursos hídricos.

CONCLUSÕES

O LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO aberto no divisor topográfico de acordo com o resultado da granulometria foi identificado horizontes com características predominantes de Franco e Franco siltoso o que dá ao solo uma textura arenosa sendo este mais lixiviado e pobre em minerais devido ação de intemperismo. Segundo perfil um GLEISSOLO HÁPLICO aberto em área de várzea com presença de deposição de sedimentos, apresentou resultado de granulometria como Franco-arenosa. O terceiro perfil LATOSSOLO AMARELO diferentemente do primeiro e do segundo perfil aberto, apresentou características granulométricas como Franco-siltosa a Franco.

Os Latossolos apesar de pobres em minerais são muito utilizados para a agricultura, isso ocorre devido a ação do homem que através de manejo e adubação correta conseguem dá a estes tipos de solos condições necessárias para cultivo.

Com a caracterização dos solos foi possível realizar inferências a problemas ambientais associados na fazenda, permitindo identificar locais suscetíveis a erosão devido a exposição do solo. Poderão ser criadas medidas para um melhor manejo da área evitando assim maiores danos provenientes da má utilização do solo.

REFERÊNCIAS

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 1997.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG. **Análise do Solo: Determinação, cálculos e interpretação**. FAPEMIG. Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Governo de Minas. Lavras: EPAMIG, 2012.

KLAR A. E.; **A água no sistema Solo – Planta – Atmosfera**/Antônio Evaldo Klar. São Paulo: Nobel, 1984.

MEURER, E. J. **Fundamentos de Química do solo**. 3º. Ed./ Editor. Porto Alegre: Evangraf, 2006.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

ENSAIOS DE CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA E DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE SOLOS EM ÁREA DEGRADADA POR EROSÃO LINEAR

Alyson Bueno Francisco

RESUMO: Este capítulo apresenta as propriedades de condutividade hidráulica saturada e a composição mecânica de solo degradado por boçoroca, numa área do município de Rancharia-SP. Para determinar a condutividade hidráulica saturada de campo (K_{sat}) foi utilizado o método apresentado por Reynolds e Elrich (1985) com o emprego do permeâmetro de Guelph. Para analisar a composição mecânica foi empregado o método da pipeta proposto por Freire (2006). As diferenças nas propriedades mecânicas e de condutividade hidráulica de campo entre os horizontes superficiais (horizonte A) e os horizontes subjacentes (horizonte B) indicam uma forte tendência de relação entre a parcela de fração argila e a condutividade hidráulica ($R^2 = 0,9969$). A coesão e a permeabilidade da fração argila podem favorecer o escoamento subsuperficial e risco de desenvolvimento da erosão linear em boçoroca.

PALAVRAS-CHAVE: permeâmetro de Guelph; textura; permeabilidade; condutividade.

ABSTRACT: This chapter presents the properties of saturated hydraulic conductivity and mechanical composition of soil degraded by gully, an area of the municipality of Rancharia to determine

the field saturated hydraulic conductivity (K_{sat}) used the method presented by Reynolds and Elrich (1985) with the use of the permeameter of Guelph. To analyze mechanical composition was employed the pipette method proposed by Freire (2006). The differences in mechanical properties and field hydraulic conductivity between the superficial horizons (horizon A) and the underlying horizons (horizon B) indicate a strong tendency of relationship between the portion of clay fraction and the conductivity hydraulics ($R^2 = 0.9969$). Cohesion and the permeability of the clay fraction subsurface drainage may favour and risk of development of linear erosion in gully.

KEYWORDS: Guelph permeameter; texture; permeability; conductivity.

1 | INTRODUÇÃO

A recuperação de áreas degradadas pela erosão hídrica e as práticas conservacionistas precisam ser orientadas por estudos sobre as propriedades físicas e hidrológicas dos solos.

Em relação às propriedades físicas, os solos com estrutura granular, geralmente como ocorrem nos Latossolos, apresentam alta porosidade favorecendo a infiltração no solo; situação diferenciada nos solos com estrutura prismática ou em blocos, geralmente como ocorre em horizonte B textural de Argissolos, apresentam

baixa porosidade e retenção de água no solo (FREIRE, 2006).

Geralmente, os solos afetados pelo desenvolvimento de voçorocas possuem propriedades que ao longo do perfil pedológico podem contribuir com a concentração de fluxos de água subsuperficiais e geração de erosão tubular interna. Solos com alto gradiente textural, geralmente com a presença de horizonte B com maior teor de argila em relação ao horizonte A, são mais propícios ao desenvolvimento de escoamentos superficiais e consequente perda acelerada de solos (SALOMÃO, 1999).

Sobre as propriedades hidrológicas do solo, a condutividade hidráulica é entendida como a facilidade de transmissão de água no solo (fluxo), sendo influenciada pela porosidade e pelo estado de umidade do solo, e o valor máximo (saturada) ocorre quando o solo encontra-se saturado. A condutividade hidráulica saturada é influenciada pela quantidade de ar aprisionado nos macroporos do solo e isto depende da textura e da estrutura do solo (MESQUITA; SOARES, 2004).

O objetivo deste trabalho é apresentar a vulnerabilidade ao escoamento subsuperficial e à formação de erosão interna em solos de numa área degradada através de dados sobre as propriedades mecânicas (composição mecânica, classe textural e estrutura) e a condutividade hidráulica saturada.

2 | ÁREA DE ESTUDO

A microbacia do Córrego do Grito que possui uma área de aproximadamente 657,14 ha, sendo cerca de 272,60 ha localizados no perímetro urbano de Rancharia (41,48% da microbacia) e destes 176,35 ha encontram-se urbanizados (26,34% da microbacia). O leito do Córrego do Grito possui uma extensão de 2.250 m de comprimento. O ponto mais elevado da microbacia possui uma cota de 548 m e o ponto mais baixo da microbacia possui uma cota de 417 m.

A área degradada pela boçoroca do Córrego do Grito está localizada no setor sudoeste do perímetro urbano da cidade de Rancharia, sendo a boçoroca do Córrego do Grito possuindo uma área de aproximadamente 17.000 m², com 415 m de comprimento e larguras que variam de 15 m a 80 m (dados de outubro de 2015).

A área de estudo está localizada numa área degradada pela boçoroca do Córrego do Grito, no município de Rancharia-SP (Figura 1).

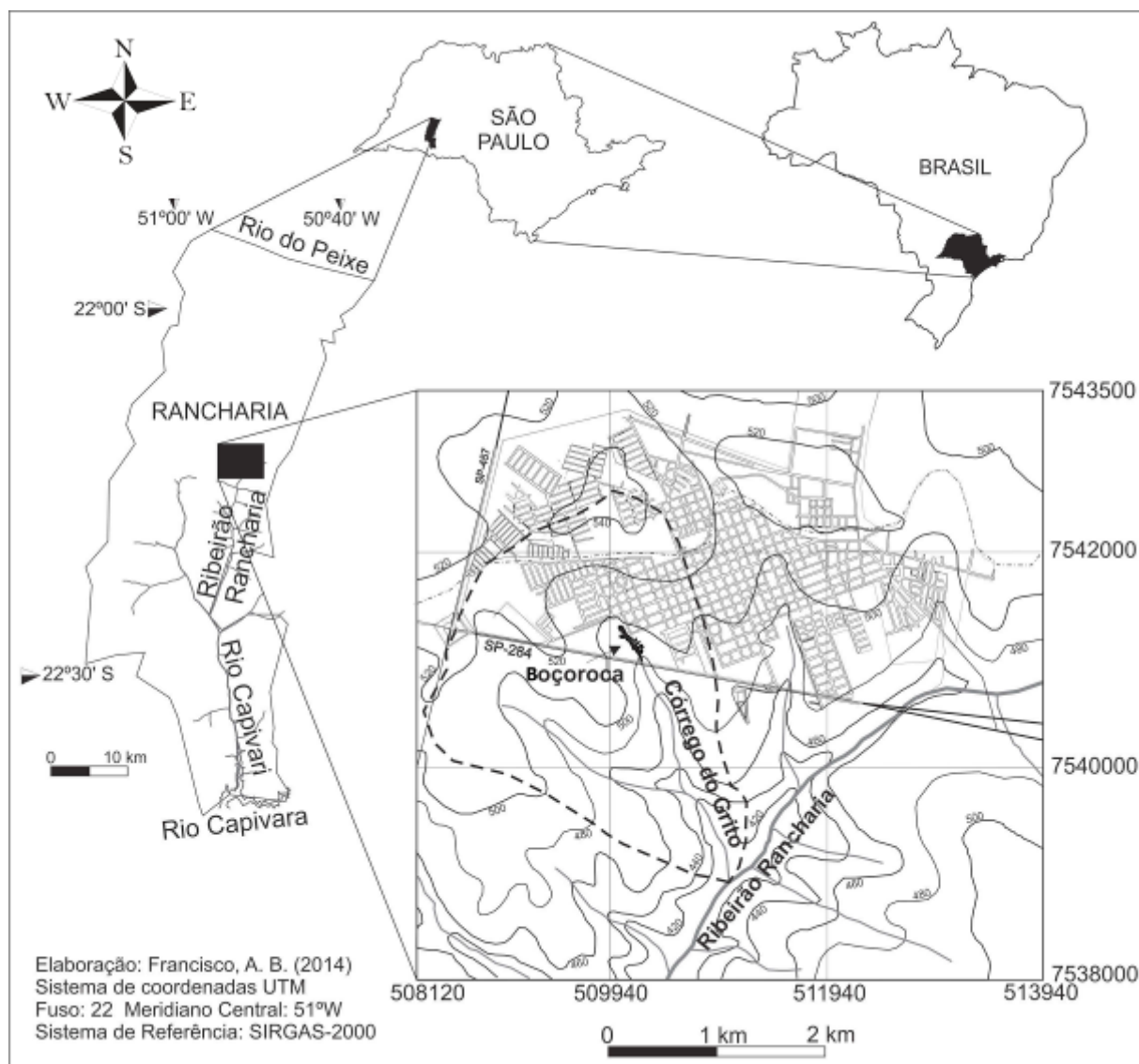


Figura 01 – Mapa da microbacia e da boçoroca do Córrego do Grito

Fonte: Francisco (2017, p. 19).

De acordo com o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al., 1999), na microbacia do Córrego do Grito os solos predominantes são o Latossolo Vermelho e o Argissolo Vermelho-Amarelo.

Em relação os solos predominantes e suas relações com o boçorocamento, os Latossolos, ao estarem presentes em cabeceiras de drenagem de elevados gradientes hidráulicos subterrâneos, podem ser suscetíveis ao boçorocamento. Ao possuírem uma textura relativamente homogênea ao longo do perfil pedológico, os Latossolos podem apresentar perda em grande volume devida ação da erosão tubular interna (“piping”) sendo esta condição agravada pela concentração de escoamentos superficiais nos perfis homogêneos arenosos em condições de uso e ocupação (SALOMÃO, 1994).

Sobre o comportamento hidrológico no perfil dos Latossolos, Queiroz Neto (2002, p. 85) ressalva:

[...] as coberturas latossólicas não apresentam restrição ao fluxo interno das soluções. A disposição difusa do lençol freático no sopé das vertentes não determina sítios de maior

sensibilidade à erosão. Somente o uso inadequado dos solos é capaz de desencadear processos intensos de erosão pelo escoamento concentrado.

Em relação aos Argissolos, Perusi (2001) considera que são suscetíveis à erosão pelo gradiente textural e pela mudança textural abrupta, uma vez que o horizonte B textural apresenta menor permeabilidade, favorecendo o escoamento superficial em relação à infiltração das águas pluviais. Outro aspecto relevante sobre a suscetibilidade à erosão desta classe de solos é a compactação gerada pelo pisoteio do gado ou práticas agrícolas inadequadas ao solo da área, o que contribui para as perdas significativas por erosão laminar e linear. Os valores de erodibilidade do horizonte superficial dos Argissolos da região de Presidente Prudente são estimados em 0,051 Mg/ha/ano. Para os Latossolos, os valores estimados foram de 0,016 Mg/ha/ano (FREIRE; GODOY; CARVALHO, 1992).

3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a coleta das amostras de solo foram selecionados os perfis pedológicos e adotados os procedimentos de Santos et al. (2005). Ao se tratar de perfis localizados nos taludes de ravinas, foi removida uma camada de aproximadamente 40 cm ao longo do perfil pedológico. Com o uso do martelo pedológico, foram identificados os horizontes dos quatro perfis, como mostra o mapa da figura 02.

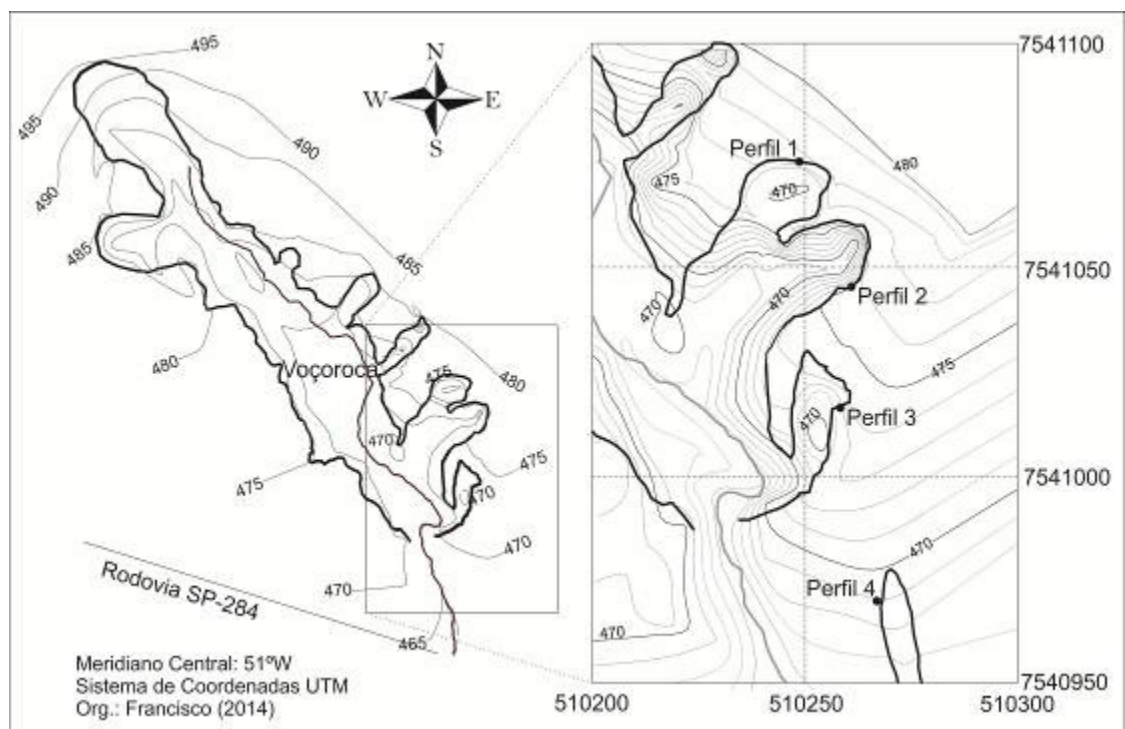


Figura 02 – Localização dos perfis pedológicos identificados

Fonte: Francisco (2017, p. 92).

Para a análise mecânica das amostras foi adotado o método da pipeta conforme a proposta de Freire (2006). Neste método é adotada a dispersão da amostra com o uso de hidróxido de sódio. Após a separação dos agregados pelo agente dispersante, uma

quantidade de 10 g de amostra é lavada com água destilada sobre uma peneira de malha de 0,062 mm, cuja amostra com areia permanece sobre a peneira, e o restante contendo argila e silte migra para uma proveta numa solução de 1.000 ml. Aplicando a Lei de Stokes para o cálculo do tempo de sedimentação do silte, após o tempo de sedimentação a argila é coletada na proveta com o auxílio de uma pipeta. Após as amostras das frações de areia e argila serem mantida numa temperatura de 105° C em estufa, essas foram pesadas numa balança analítica. As classes texturais foram identificadas conforme o Diagrama Textural do *United States Department Agriculture* (SOIL SURVEY STAFF, 1951 apud FREIRE, 2006).

Na determinação da condutividade hidráulica saturada de campo (K_{sat}) foi adotado o método do permeâmetro de Guelph proposto por Reynolds e Elrich (1985). No campo o permeâmetro foi mantido em pontos com uma cavidade de 60 cm no solo. O procedimento é adotado para uma altura de 05 cm e altura de 10 cm do tubo de ar do permeâmetro. Após o preenchimento da garrafa de Mariotte com água, num intervalo de 02 minutos são realizadas as leituras do nível da água até que ocorra a estabilidade do nível, ou seja, que permaneça o mesmo nível em três leituras.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coleta das amostras foi realizada em quatro perfis pedológicos localizados na margem esquerda da boçoroca do Córrego do Grito, como mostra a figura 03.

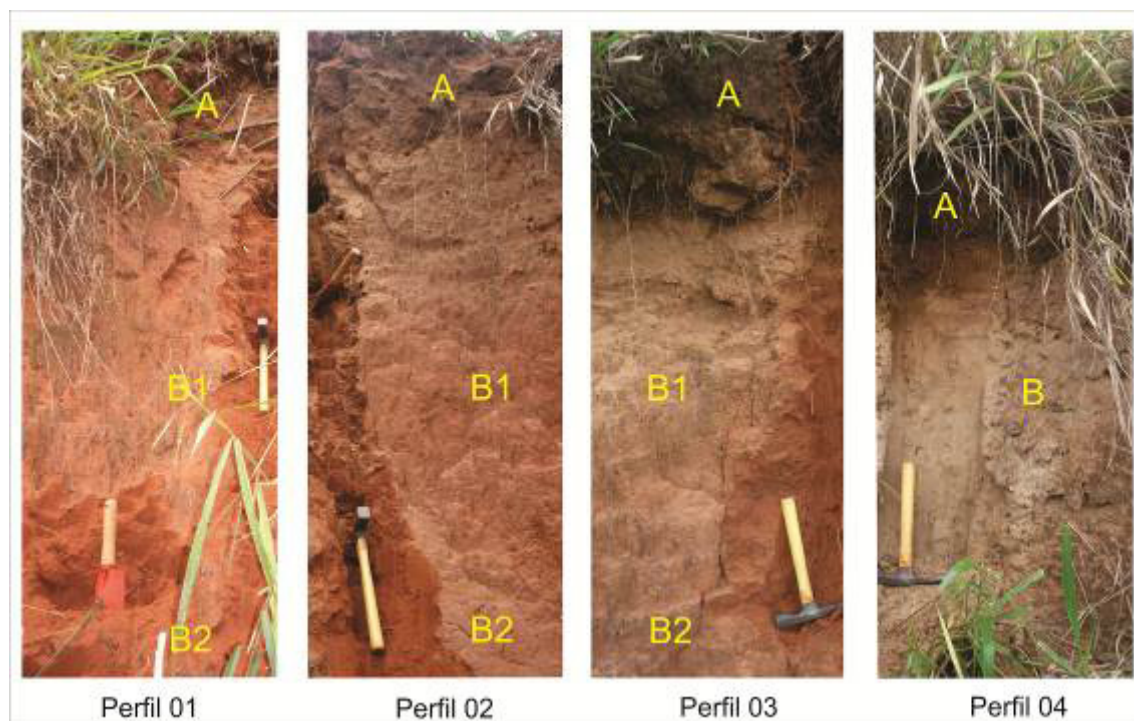


Figura 03 – Perfis pedológicos e horizontes diagnosticados

Fonte: Francisco (2017, p. 93).

A tabela 1 apresenta a composição mecânica (textural) distribuídas em cada horizonte descrito.

Perfil	Horizonte	Argila (g, Kg ⁻¹)	Areia (g, Kg ⁻¹)	Silte (g, Kg ⁻¹)
01	A	123,0	843,0	44,0
	B1	219,0	771,0	10,0
	B2	230,6	739,0	30,4
02	A	081,3	911,2	07,5
	B1	194,1	755,4	50,5
	B2	227,9	691,4	80,7
03	A	078,6	889,2	32,2
	B1	261,3	712,2	26,5
	B2	114,0	850,0	36,0
04	A	064,0	902,0	34,0
	B	005,8	913,0	02,9

Tabela 01 – Frações granulométricas nos horizontes pedológicos

Fonte: Francisco (2017, p. 94).

Os dados da tabela 1 mostram o gradiente textural pelo aumento da presença de argila nos horizontes subjacentes (B1 e B2) dos perfis 01 e 02 apresentando certa homogeneidade e transição gradual entre os horizontes, condições que podem indicar a presença de Latossolos.

No perfil 03 destaca-se a presença de mais de 25% de argila na composição mecânica no horizonte B1 com uma transição abrupta entre o horizonte A e o horizonte B1, sendo um indicativo de Argissolo devida presença desse horizonte B textural. A presença desse horizonte B textural de baixa drenagem pode acarretar o desenvolvimento de erosão tubular interna entre o horizonte superficial (A) e o horizonte B1.

No perfil 04 nota-se a presença de percentuais acima de 90% de areia na composição textural, sendo um indicativo de hidromorfia conforme apresenta coloração cinza e localização em baixa vertente.

A tabela 2 mostra os dados de estrutura e classes texturais dos horizontes pedológicos identificados na área degradada.

Perfil	Horizonte/ Espessura (cm)	Estrutura	Classe <u>textural</u>
01	A (0-85)	Granular	Areia franca
	B1 (85-145)	Granular	Franco <u>argilo</u> arenosa
	B2 (145-265)	Blocos	<u>Franco arenosa</u>
02	A (0-65)	Granular	Areia franca
	B1 (65-145)	Blocos	Franco <u>argilo</u> arenosa
	B2 (145-300)	Blocos	<u>Franco arenosa</u>
03	A (0-25)	Granular	Areia franca
	B1 (25-85)	Blocos	Franco <u>argilo</u> arenosa
	B2 (85-200)	Blocos	Areia franca
04	A (0-30)	Granular	Arenosa
	B (30-100)	Granular	Arenosa

Tabela 02 – Classes texturais dos horizontes pedológicos

Elaboração: Francisco, A. B. (2018)

Nos perfis 02 e 03 ocorre a presença de horizonte subjacente B1 com estrutura em blocos e classe textural franco argilo e arenosa, apresentando uma diferença nas condições de porosidade e conseqüentemente no fluxo e drenagem das águas nos perfis, visto que os horizontes superficiais apresentam estrutura granular e classe textural areia franca. Em relação ao perfil 04, a presença da estrutura granular e da classe textural arenosa apresenta as condições de alta porosidade.

A tabela 3 mostra os índices de condutividade hidráulica apresentados nos quatro perfis pedológicos.

Perfil	Horizonte	Condutividade hidráulica saturada (cm.s ⁻¹)
01	B1	0,0082
02	B1	0,0086
03	B1	0,0075
04	B	0,0110

Tabela 3 – Condutividade hidráulica saturada nos horizontes pedológicos.

Elaboração: Francisco, A. B. (2018)

A partir dos índices de condutividade hidráulica saturada é possível considerar valores próximos da fração argila nos perfis 1, 2 e 3. Essa situação se difere no perfil 04 com aproximadamente 0,6% da fração argila no horizonte diagnóstico e 0,011 cm.s⁻¹

de condutividade hidráulica, sendo aproximadamente 22% maior do que a condutividade hidráulica identificada no perfil O2.

Os índices de condutividade hidráulica saturada de campo apresentaram uma regressão linear de 0,997 com relação aos dados da fração argila, como mostra o gráfico da figura 04.

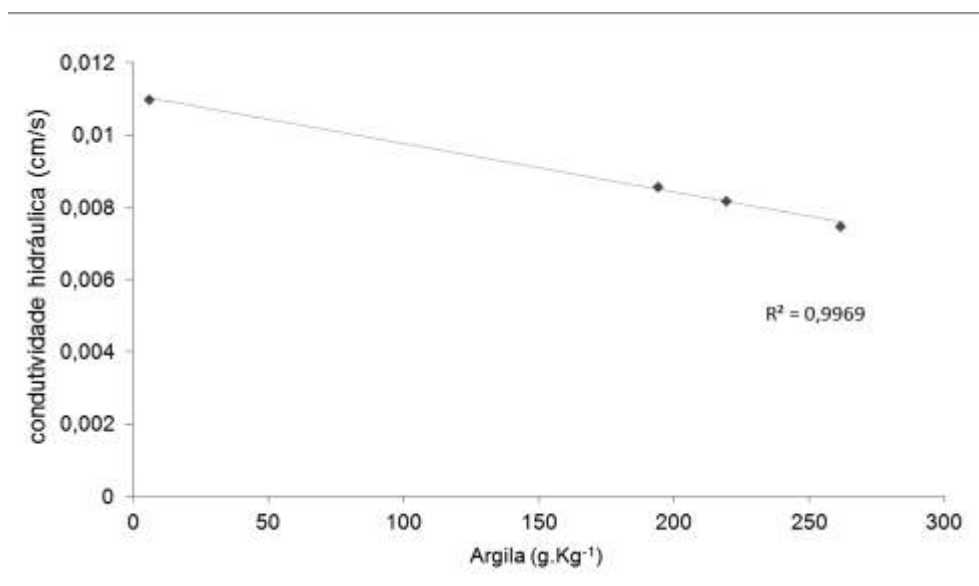


Figura 04 – Gráfico de relação entre condutividade hidráulica e fração argila

Elaboração: Francisco, A. B. (2018)

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A composição mecânica obtida por meio de método laboratorial e os dados de campo sobre a estrutura do solo favorecem um melhor entendimento sobre a condutividade hidráulica obtida com método de campo (permeâmetro).

Na área de estudo foi constatada a presença de gradiente textural nos horizontes superficiais com propriedades que indicam baixa porosidade e conseqüente tendência de formação de escoamentos subsuperficiais que podem favorecer o desenvolvimento da erosão tubular interna, típica de áreas de voçorocamento.

Este indicativo de queda das taxas de permeabilidade nos horizontes subjacentes sugere a necessidade de adoção de práticas conservacionistas para evitar a compactação dos horizontes superficiais e necessidade de presença da cobertura vegetal preservada para favorecer a infiltração em detrimento dos escoamentos superficiais.

REFERÊNCIAS

FREIRE, O. **Solos das regiões tropicais**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2006.

FREIRE, O.; GODOY, M. C. T. F.; CARVALHO, W. A. Erodibilidade de alguns solos do oeste do estado de São Paulo. **Revista de Geografia**, São Paulo, n.11, p. 77-87, 1992.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Escala: 1: 500.000, Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1999.

PERUSI, M. C. **Alterações antrópicas de Argissolos decorrentes do uso e manejo e reflexos da densidade demográfica do município de Anhumas-SP**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

REYNOLDS, W. D.; ELRICK, D. E. In situ measurement of field-saturated hydraulic conductivity, sorptivity, and the α parameter using the Guelph Permeameter. **Soil Science**, Baltimore, v. 140, n. 4, p. 292-302, 1985.

SALOMÃO, F. X. T. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP)**: regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural. Tese (Doutorado em Geografia Física), Universidade de São Paulo, 1994, 220 f.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Alan Mario Zuffo Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é pesquisador pelo Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD/CAPES) na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS/Cassilândia (MS). Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavourapecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Fábio Steiner Engenheiro Agrônomo (Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/2007), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (UNIOESTE/2010), Doutor em Agronomia - Agricultura (Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA, Universidade Estadual Paulista – UNESP/2014, Botucatu). Atualmente, é professor e pesquisador da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, atuando nos Cursos de Graduação e Pós-Graduação em Agronomia da Unidade Universitária de Cassilândia (MS). Tem experiência na área de Agronomia - Agricultura, com ênfase em fitotecnia, fisiologia das plantas cultivadas, manejo de culturas, sistemas de produção agrícola, fertilidade do solo, nutrição mineral de plantas, adubação, rotação de culturas e ciclagem de nutrientes, atuando principalmente com as culturas de soja, algodão, milho, trigo, feijão, cana-de-açúcar, plantas de cobertura e integração lavoura-pecuária. E-mail para contato: steiner@uems.br

SOBRE OS AUTORES

Alessandro Saraiva Loreto Professor do Centro Universitário de Caratinga – UNEC; Graduação: Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil. Mestrado: Engenharia Civil Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil. Grupo de pesquisa: Construção Civil, Saneamento Básico, Meio Ambiente, Geotecnia. E-mail para contato: Alessandroloreto@hotmail.com

Alexandre Daniel Schneider Técnico em Agropecuária pelo Centro Estadual de Educação Profissional Manoel Moreira Pena; Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Paraná - UFPR, Setor Palotina; Grupo de Estudos e Pesquisa em Fixação Biológica e Microrganismos de Interesse Agrícola e Ambiental (FIXTEC); E-mail para contato: alexandred.schneider@gmail.com

Allan Robledo Fialho e Moraes Professor da Universidade Federal de Viçosa; Graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa; Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa; Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa; E-mail para contato: allanrfm@yahoo.com.br.

Alyson Bueno Francisco Graduado em Geografia com Licenciatura Plena (2007) e Bacharelado (2008), Mestre em Geografia (2011) e Doutor em Geografia (2017) pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de Presidente Prudente. Foi bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo nas modalidades de iniciação científica, mestrado e doutorado. Atuou em tutoria no ensino à distância em cursos de especialização lato-sensu e como técnico em órgão público municipal. Possui autoria individual em 3 livros, 8 artigos e 3 capítulos de livros. Atua em pesquisas na área de Geografia Física, com ênfase em erosão urbana, monitoramento de perdas de solo, experimentos de controle de erosão, cartografia em grandes escalas e metodologia da ciência.

Amanda Silva Barcelos Graduação: Bacharel em Química, pelo Centro Universitário de Caratinga, UNEC, Caratinga, Brasil; Graduação em andamento em Administração. Universidade do Estado de Minas Gerais, UEMG, Brasil. E-mail para contato: amandamutum@gmail.com

André Junior Ogliari Graduação em Agronomia pela Universidade Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAECÓ). Mestrando em Ciências Ambientais pela Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ); E-mail para contato: andre_ogliari@unochapeco.edu.br.

Antônio Mauricélio Duarte da Rocha Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará; Engenheiro Agrônomo – Servidor público municipal de Iguatu-CE

Athos Alves Vieira Graduação: Engenharia Ambiental e Sanitária, pelo Centro Universitário de Caratinga, UNEC, Caratinga, Brasil. Mestrado: (Agronomia) Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa – MG; Grupo de pesquisa: Pedometria, Gênese e Classificação de Solos, Geoprocessamento, Saneamento Básico, Meio Ambiente; Bolsista Produtividade em Pesquisa pela Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). E-mail para contato: athosalvesvieira@hotmail.com

Bruna Bandeira Do Nascimento Graduanda em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás; Grupo de pesquisa: Sinfert; Email para contato: brunabandeira.ufg@gmail.com

Bruna Iohanna Santos Oliveira Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Bahia (UFBA); Mestrado em Ciências Ambientais pela Universidade Federal da Bahia (UFBA); Grupo de pesquisa: Sistemática e Ecologia de Fungos – UFRN; Bolsista Produtividade em Pesquisa pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB); E-mail para contato: buhiohanna@gmail.com.

Bruno Tomio Goto Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN); Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Sistemática e Evolução da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN); Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Mestrado em Biologia de Fungos pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Doutorado em Biologia de Fungos pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Grupo de pesquisa: Sistemática e Ecologia de Fungos; Bolsista Produtividade em Pesquisa pelo CNPq – nível 2; E-mail para contato: brunogoto@hotmail.com.

Camila Viana Vieira Farhate Engenheira Agrônoma formada pela Universidade Estadual de Maringá - UEM (2012), mestra e doutoranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, área de concentração de água e solo, com linha de pesquisa em Planejamento, Manejo, Conservação e Recuperação de Solos. Durante a graduação atuou como monitora das disciplinas de Gênese e Morfologia de Solos. Durante o mestrado foi bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Durante o mestrado e doutorado participou do programa de estágio em docência na disciplina FA481 - Características e Propriedades do Solo. Atuou como coorientadora de seis projetos de iniciação científica, dentre os quais um se encontra em andamento, e dois projetos de conclusão de curso. Participou de uma banca de trabalho de conclusão de curso. Publicou 52 trabalhos em eventos científicos, teve onze artigos publicados em revistas indexadas. Atualmente atua na área de agricultura conservacionistas, com ênfase em sistema de preparo do solo, rotação de culturas e estoque de carbono.

Carlos Levi Anastacio dos Santos Mestre em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Ceará; Doutorando em Ciência do Solo na Universidade Federal do Ceará; Bolsista da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta Professora da Universidade Comunitária da Região de Chapecó; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ); Graduação em Agronomia pela Universidade do Estado de Santa Catarina Centro de Ciências Agroveterinárias (UDESC/CAV); Mestrado em Ciência do solo pela Universidade do Estado de Santa Catarina Centro de Ciências Agroveterinárias (UDESC/CAV); Doutorado em Agronomia pelo Programa de Solos e Nutrição de Plantas da Universidade de São Paulo (ESALQ); Grupo de pesquisa: Alternativas de Produção Sustentável para a Agricultura Familiar; E-mail para contato: carolmaluche@unochapeco.edu.br.

Cláudia Fabiana Alves Rezende Membro de corpo docente do Curso de Agronomia da UniEVANGÉLICA; Graduação em Agronomia; Mestrado e Doutorado pela Universidade Federal de Goiás; Grupo de Pesquisa em Sociedade, Políticas Públicas e Meio Ambiente; Email: claudia7br@msn.com

Denise Eulálio Graduação em Química pela Universidade Federal de Viçosa; E-mail para contato: deniseeulalio.de@gmail.com.

Diego Silva dos Santos Técnico em Agropecuária pelo Colégio Agrícola Estadual Adroaldo Augusto Colombo; Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Paraná - UFPR, Setor Palotina; Grupo de Estudos e Pesquisa em Fixação Biológica e Microrganismos de Interesse Agrícola e Ambiental (FIXTEC); E-mail para contato: diegosds01@gmail.com

Edson Alves de Araújo Professor da Universidade Federal do Acre, Campus Floresta. Graduação em Engenharia Agrônoma, pela Universidade Federal do Acre, UFAC; Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV); Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV); Grupo de pesquisa: Manejo e conservação de solo e água no bioma Amazônico. E-mail para contato: earaujo.ac@gmail.com.

Elcivan Pereira Oliveira Graduação em Engenharia agrônoma pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi-BA; Mestrando em Produção vegetal pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi-BA; Grupo de pesquisa: Agroecologia e Ciência do solo; E-mail para contato: elcivan_gbi@hotmail.com

Eliane de Paula Clemente Pesquisadora da Embrapa Solos; Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa, Mestrado em Ciências Florestais pela Universidade Federal de Viçosa, Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa, Grupo de pesquisa: Rede Geo-ilhas; E-mail para contato: eliane.clemente@embrapa.br

Elisandro Pires Frigo Professor da Universidade Federal do Paraná - UFPR, Setor Palotina; Graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; Mestrado em Engenharia Agrícola (Engenharia de Sistemas Agroindustriais) pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE; Doutorado em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA/UNESP;

Elisete Guimarães Professora Titular Aposentada da Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Câmpus Francisco Beltrão-PR. Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação: Em Engenharia Ambiental PPGA da Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Câmpus Francisco Beltrão-PR; Graduação: Química pela PUC-PR, 1986; Mestrado: Química Inorgânica pela UFPR, 1997; Doutorado: Química Inorgânica pela UFPR, 2006; Grupo de pesquisa: GRGEA - Geoquímica, Radiometria e Geoinformação para Estudo Ambiental - UTFPR. E-mail para contato: guimaraes@utfpr.edu.br

Elston Kraft Graduação em Agronomia pela Universidade Universidade Comunitária da Região de Chapecó(UNOCHAECÓ). Mestrando em Ciência do Solo pela Universidade do Estado de Santa Catarina - Centro de Ciências Agroveterinárias (UDESC/CAV); E-mail para contato: elston@unochapeco.edu.br.

Elton Eduardo Novais Alves Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa; Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa; Grupo de pesquisa: Alterações de propriedades físicas, químicas e biológicas em solos sob diferentes sistemas de manejo; E-mail para contato: elton.alves@ufv.br

Ernandes Silva Barbosa Possui diploma de Técnico em Zootecnia pelo Instituto Federal Goiano -

Campus Ceres (2010). Graduiu-se em Agronomia no ano de 2016 pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, onde foi bolsista de Iniciação Científica, trabalhando com atributos químicos do solo sob pastagem manejada com calagem e gessagem em superfície. Foi também monitor da disciplina fertilidade do solo, atuando com amostragem e coleta de solos para fins de recomendação de calagem e adubação corretiva. Atualmente é estudante do curso de Pós-graduação em Fitotecnia pela UFRRJ, desenvolvendo o trabalho de pesquisa com impacto de herbicidas na fixação biológica de nitrogênio, junto à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Everton Martins Arruda Professor da Universidade de Rio Verde; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás; Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal de Uberlândia; Doutorado em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás; Email para contato: arruda.solos@gmail.com

Fábio Soares de Oliveira Graduação: Bacharel em Agronomia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unaí – Unaí-MG

Felizarda Viana Bebé Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi-BA; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Produção vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi-BA; Graduada em Agronomia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia; Mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal Rural de Pernambuco; Doutorado em Ciências do Solo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco; Grupo de pesquisa: Agroecologia e Ciência do solo. E-mail para contato: felizvb@hotmail.com

Fernando Ramos de Souza Possui graduação em Agronomia (2015) e mestrado em Fitotecnia (2017) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fertilidade do solo, trabalhando com amostragem e coleta de solos para fins de recomendação de calagem e adubação corretiva, trabalhou com adubação verde e controle de nematoides e manejo de plantas daninhas nas principais culturas de interesse econômico. Atualmente cursa doutorado no Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da UFRRJ.

Florisvalda da Silva Santos Professora da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB); Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB); Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA); Doutorado em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA); Grupo de pesquisa: Teclim – UFSB; E-mail para contato: flvsantos@ufsb.edu.br.

Gean Corrêa Teles Possui graduação em Agronomia (2017) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fertilidade do solo, trabalhando com amostragem e coleta de solo para fins de recomendação de calagem e adubação corretiva, trabalhou com adubação verde e manejo de plantas daninhas na cultura do feijão caupi. Trabalhou com extensão rural e assessoria a produtores agrícolas familiares. Atualmente é engenheiro Agrônomo da Secretária Municipal de Agricultura do Município de Barcarena - PA.

Genilson Rodrigues Maia Agrônomo da Secretaria Estadual de Agricultura e Pecuária do Acre (SEAP). Atualmente Secretário Municipal de Agricultura, Pesca e Abastecimento (SEMAPA) do município de Cruzeiro do Sul, Acre. Graduação em Engenharia Agrônômica, pela Universidade Federal do Acre,

(UFAC); E-mail para contato: semapaczs@gmail.com.

Guilherme Mascarello Graduação em Agronomia pelo Centro Universitário Assis Gurgacz; Mestrado em Agronomia Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE; Grupo de pesquisa: Grupo de estudos e pesquisa avançadas em fitotecnia; Bolsista CAPES; guilherme.smacarello@gmail.com

Guilherme Peixoto de Freitas Técnico em Agropecuária pelo Colégio Agrícola Estadual Adroaldo Augusto Colombo; Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Paraná - UFPR, Setor Palotina; Grupo de Estudos e Pesquisa em Fixação Biológica e Microrganismos de Interesse Agrícola e Ambiental (FIXTEC); E-mail para contato: guilhermefreitasufpr@gmail.com

Gustavo Franco de Castro Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de São João Del Rei; Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa; E-mail para contato: gustavofcastro@ymail.com.

Hellen Elaine Gomes Pelissaro Graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- UFMS; Mestrado em Produção Vegetal pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- UFMS; Doutorado em Produção Vegetal pela Universidade Federal da Grande Dourados- UFGD; Pós Doutorado em Biotecnologia pela Universidade Católica Dom Bosco- UCDB. E-mail: gomespelissaro@gmail.com

Helton Aparecido Rosa Professor do Centro Universitário Assis Gurgacz – FAG; Graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE; Mestrado em Energia na Agricultura pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE; Doutorando em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE; helton.rosa@hotmail.com

Hugo Ferreira Mota Leite Professor da Universidade Federal do Acre, Campus Floresta. Graduação em Engenharia Agrônômica, pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR); Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Ceará (UFC); Doutorando em andamento em Agronomia (Agricultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. Grupo de pesquisa: Agroecologia de desenvolvimento local - Amazônia Ocidental; E-mail para contato: hugo.ufac@gmail.com.

Ingrid Nehmi de Oliveira Tem formação de Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (2014) e atualmente é aluna no Mestrado com ênfase em água e solos em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual de Campinas. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola com ênfase em Pós-Colheita e Água e Solos.

Jader Alves Ferreira Graduação em Química pela Centro Universitário de Patos de Minas; Técnico em Química pela Universidade Federal de Viçosa; E-mail para contato: jader_professor@hotmail.com.

Jaedson Cláudio Anunciato Mota Professor Adjunto III da Universidade Federal do Ceará; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará

Jairo Tronto Professor da Universidade Federal de Viçosa; Graduação em Química pela Universidade de São Paulo; Mestrado em Química pela Universidade de São Paulo; Doutorado em Química pela Universidade de São Paulo; E-mail para contato: jairotronto@ufv.br.

Jhonatan Rafael Wendling Técnico em Agropecuária pelo Centro Estadual de Educação Profissional Manoel Moreira Pena; Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Paraná - UFPR, Setor Palotina; Grupo de Estudos e Pesquisa em Fixação Biológica e Microrganismos de Interesse Agrícola e Ambiental (FIXTEC); E-mail para contato: jhonatanhartmannufpr@gmail.com

João Luiz Lani Professor da Universidade Federal de Viçosa – UFV; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa. Graduação: Agronomia. Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, Brasil; Graduação: Direito. Faculdade de ciências e Tecnologia de Viçosa, UNIVIÇOSA, Brasil; Mestrado (Agronomia) Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa – MG; Doutorado (Agronomia) Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa – MG; Grupo de pesquisa: Gênese e Classificação de Solos, Meio Ambiente, Educação ambiental, Direito ambiental. Bolsista Produtividade em Pesquisa pela Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). E-mail para contato: lanil@ufv.br

Julio Caetano Tomazoni Professor Titular da Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Câmpus Francisco Beltrão-PR; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação: Em Engenharia Ambiental PPGA da Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Câmpus Francisco Beltrão-PR; Graduação: Geografia pela Facibel-PR, 1988 ; Mestrado: Geologia Ambiental pela UFPR, 2003; Doutorado: Química Inorgânica pela UFPR, 2006; Grupo de pesquisa: GRGEA - Geoquímica, Radiometria e Geoinformação para Estudo Ambiental - UTFPR. E-mail para contato: caetano@utfpr.edu.br

Kamilla Menezes Gomides Graduação em Agronomia pela UniEVANGÉLICA

Karla Cristina Silva Graduanda em Agronomia pela UniEVANGÉLICA

Khadija Jobim Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN); Mestrado em Sistemática e Evolução pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN); Doutorado em Sistemática e Evolução pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN); Grupo de pesquisa: Sistemática e Ecologia de Fungos – UFRN; E-mail para contato: khadija_jobim@hotmail.com.

Kleber Ramon Rodrigues Professor do Centro Universitário de Caratinga – UNEC; Graduação: Geografia Bacharelado Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Brasil. Graduação: Geografia. Licenciatura Fundação Educacional de Caratinga, FUNEC, Brasil; Mestrado profissional em Meio Ambiente e Sustentabilidade. Centro Universitário de Caratinga, UNEC, Brasil; Doutorado: (Agronomia) Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa – MG; Grupo de pesquisa: Gênese e Classificação de Solos, Saneamento Básico, Meio Ambiente, Geoprocessamento; E-mail para contato: krr_ctga@hotmail.com

Leandro do Prado Wildner Pesquisador do Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (CEPAF); Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI); Membro do corpo

docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ); Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); Mestrado em Agronomia pela Universidade do Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); E-mail para contato: leandrowildner@gmail.com.

Leila Salmória Graduação: Engenharia Ambiental pela UTFPR, Câmpus Francisco Beltrão-PR; Grupo de pesquisa: GRGEA - Geoquímica, Radiometria e Geoinformação para Estudo Ambiental - UTFPR.

Lenon Henrique Lovera Formado Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul em 2013, mestrado pela faculdade UNESP de ilha solteira em 2015 e atualmente doutorando pela Feagri - UNICAMP. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Física do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: qualidade química do solo, variabilidade espacial, sistema plantio direto e manejo do solo.

Leonardo Rodrigues Barros Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Goiás; Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás; Doutorando em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás; E-mail para contato: barros.solos@gmail.com

Leonardo Santos Collier Professor Adjunto da Universidade Federal de Goiás; Membro do corpo docente do Programa em Pós-graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Doutorado em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Pós-doutorado em Agronomia pela Forschungszentrum Julich GmbH, JULICH, Alemanha. Email para contato: collierufg@gmail.com

Leonardo Saviatto Graduação em Agronomia pelo Centro Universitário Dinâmica das Cataratas – UDC; leonardo_saviatto@hotmail.com

Leopoldo Concepción Loreto Charmelo Professor do Centro Universitário de Caratinga – UNEC; Graduação: Agronomia. Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil. Mestrado: Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil; Doutorado: (Agronomia) Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa – MG; Grupo de pesquisa: Gênese e Classificação de Solos, Saneamento Básico, Meio Ambiente; E-mail para contato: loreto@funec.com.br

Liovando Marciano da Costa Professor da Universidade Federal de Viçosa; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; Mestrado em Fitotecnia-Solos pela Universidade Federal de Viçosa; Ph.D. in Agronomy-Soil Science University of Missouri-Columbia (USA); Pós Doutorado em Geology na University of Missouri-Columbia (USA); Grupo de pesquisa: Alterações de propriedades físicas, químicas e biológicas em solos sob diferentes sistemas de manejo; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq (1C). E-mail para contato: liovandomc@yahoo.com.br

Luana Patrícia Pinto Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Paraná - UFPR, Setor Palotina; Mestranda em Engenharia Agrícola (Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Campus Cascavel. Grupo de Estudos e Pesquisa em Fixação Biológica e Microrganismos de Interesse Agrícola e Ambiental

(FIXTEC); E-mail para contato: luana.kozak@gmail.com

Luana Patrícia Pinto Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Paraná - UFPR, Setor Palotina; Mestranda em Engenharia Agrícola (Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Campus Cascavel; Grupo de Estudos e Pesquisa em Fixação Biológica e Microrganismos de Interesse Agrícola e Ambiental (FIXTEC); E-mail para contato: luana.kozak@gmail.com

Lucas Mateus Hass Técnico em Administração pelo Colégio Estadual João Manoel Mondrone; Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Paraná - UFPR, Setor Palotina; Grupo de Estudos e Pesquisa em Fixação Biológica e Microrganismos de Interesse Agrícola e Ambiental (FIXTEC); E-mail para contato: lucasmateushass@gmail.com

Lucas Santos Santana Possui formação acadêmica em engenharia agrônoma pela Universidade Estadual do Mato Grosso (UNEMAT) 2011, conta com experiência nas áreas de Geodésia, levantamentos topográficos, sensoriamento remoto e monitoramento de elementos da natureza. Participou de projetos de licenciamento ambiental e regularização fundiária nos estados do AP, BA, SP e MT, possui habilidades em softwares de SIG e CAD. Atualmente atua como bolsista pela CNPQ no programa de mestrado em engenharia agrícola (DEG), da Universidade Federal de Lavras (UFLA), envolvido em pesquisas de sensoriamento remoto e monitoramento de lavouras por meio de veículos aéreos não tripulados (VANT).

Luciana Francisca Crispim Graduação em Agronomia pela UniEVANGÉLICA

Luciana Grange Professora da Universidade Federal do Paraná - UFPR, Setor Palotina; Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade Estadual de Londrina - UEL; Doutorado em Genética pela Universidade Federal do Paraná - UFPR; Especialização e Pós-doutorado em Bioética pela UEL/UNESCO; Coordenadora do Grupo de Estudos e Pesquisa em Fixação Biológica e Microrganismos de Interesse Agrícola e Ambiental (FIXTEC); E-mail para contato: lucianagrangegmail.com

Luciana Grange Professora da Universidade Federal do Paraná - UFPR, Setor Palotina; Graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual de Londrina; Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade Estadual de Londrina - UEL; Doutorado em Genética pela Universidade Federal do Paraná - UFPR; Especialização e Pós-doutorado em Bioética pela UEL/UNESCO; Coordenadora do Grupo de Estudos e Pesquisa em Fixação Biológica e Microrganismos de Interesse Agrícola e Ambiental (FIXTEC); E-mail para contato: lucianagrangegmail.com

Marco Antonio Bacellar Barreiros Professor da Universidade Federal do Paraná - UFPR, Setor Palotina; Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Estadual de Londrina; Mestrado em Ciência Animal pela Universidade Estadual de Londrina; Doutorado em Biologia Celular e Molecular pela Fundação Oswaldo Cruz;

Marco Antonio Bacellar Barreiros Professor da Universidade Federal do Paraná - UFPR, Setor Palotina; Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Estadual de Londrina; Mestrado em Ciência Animal pela Universidade Estadual de Londrina; Doutorado em Biologia Celular e Molecular pela Fundação Oswaldo Cruz;

Maria Antônia da Cruz Félix Agrônoma. Universidade Federal do Acre, Campus Floresta. Graduação em Engenharia Agrônômica, pela Universidade Federal do Acre, Campus Floresta; E-mail para contato: mariaantonia2014czs@gmail.com

Mariana de Resende Machado Possui graduação em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais (2013), mestrado em Geografia e Análise Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (2016), e atualmente está cursando o doutorado pela mesma instituição desenvolvendo tese acerca da evolução quaternária da paisagem das ilhas oceânicas brasileiras. Integrou o projeto de extensão do CEFET-MG, atuando como professora de Geografia no curso Pré - Vestibular CIP. Ademais, é integrante dos grupos de pesquisas: GIPE - Grupo Integrado de Pesquisas do Espinhaço, atuando na linha de pesquisa de Unidades de Conservação e do Grupo de Pesquisa TRADO - Interações Pedogeomorfológicas e Indicadores Ambientais, atuando nas linhas de alteração superficial, pedogênese e laterização e relação entre solos e paisagens: morfologia, funcionamento, uso e ocupação.

Mariana Gonçalves dos Reis Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; Mestrado em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa; Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa; Grupo de pesquisa: Sistemas e Modelos de em Biomas Agrícolas e Florestais; E-mail para contato: mariana.reis@ufv.br

Marivaine da Silva Brasil Professor da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; Mestrado em Ciência do Solo pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Doutorado em Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Grupo de pesquisa: Microbiota do Mato Grosso do Sul e Fixação Biológica de Nitrogênio; E-mail para contato: marivaine.brasil@ufms.br

Matheus de Sousa Graduação em Agronomia pelo Centro Universitário Assis Gurgacz; matheus_iracema@hotmail.com

Matheus Santin Padilha Graduação em Agronomia pela Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAECÓ). Mestrando em Produção Vegetal pela Universidade do Estado de Santa Catarina - Centro de Ciências Agroveterinárias (UDESC/CAV); E-mail para contato: matheus_santin@hotmail.com

Mayara Santana Zanella Aluna de pós-graduação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; Trabalhando atualmente com microbiologia do solo dando ênfase em atividade microbiana do solo e micorrização. E-mail para contato: may_tate@hotmail.com

Nágila Maria Guimarães de Lima Santos Possui graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2016). Experiência em agronomia na área de Fertilidade do solo. Foi monitora da disciplina de Fertilidade do solo entre 2014 e 2016, trabalhando com amostragem e coleta de solos para fins de recomendação de calagem e adubação corretiva. Trabalhou com adubos verdes durante a graduação e monitoramento de resíduos de agroindústrias em propriedades rurais. Atualmente atua como engenheira agrônoma autônoma com experiência em elaboração e execução de projetos de arborização urbana e controle de formigas cortadeiras no estado do Paraná. É credenciada pelo INCRA-PB para elaborar projetos nessa região.

Nathalia Toller Marcon Acadêmica Programa de Pós-Graduação: Em Engenharia Ambiental PPGA da Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Câmpus Francisco Beltrão-PR Graduação: Engenharia Ambiental pela UTFPR, Câmpus Francisco Beltrão-PR; Mestrado: Em andamento; Grupo de pesquisa: GRGEA - Geoquímica, Radiometria e Geoinformação para Estudo Ambiental - UTFPR

Oclizio Medeiros das Chagas Silva Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2016). Título de Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal do Pará (2010). Foi membro do Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão (CEPE) e do Diretório Central dos Estudantes (DCE) da UFRRJ e do Núcleo Interdisciplinar de Extensão entre 2012 e 2013. Foi monitor da disciplina de Fertilidade do Solo entre 2015 e 2016, atuando com recomendação de calagem e de fertilizantes. Atualmente cursa Pós-graduação em nível de mestrado em Ciências Florestais na UFLA, desenvolvendo pesquisas com dosagem de adubos fosfatados para espécies pioneiras e utilização da palha de café como substrato para produção de mudas de espécies florestais. E-mail para contato: omflorestal@hotmail.com

Oswaldo Julio Vischi Filho Possui graduação em Engenharia Agrônômica pela Faculdade de Agronomia e Zootecnia “Manoel Carlos Gonçalves” do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal (1984), graduação em Administração de Empresas pelo Centro Regional Universitário Espírito Santo do Pinhal (1992) e mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Área de concentração: Construções Rurais e Ambiente (2002). Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), área de concentração: Água e Solo (defesa da Tese em 5/12/2014). Trabalha na Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Coordenadoria de Defesa Agropecuária (desde 1994), sendo o responsável pelo Programa de Fiscalização do Uso e Conservação do Solo no Estado de São Paulo (desde 2001). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Manejo e Conservação do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: conservação do solo e da água, solo, bacias hidrográficas, fiscalização da lei do uso e conservação do solo e conservação do solo. Ingressou no Curso de Doutorado da Feagri/Unicamp com objetivo de encontrar respostas e ou parâmetros para os graves problemas de compactação que acometem os canaviais brasileiros, pois, a intensa mecanização das etapas de produção de cana-de-açúcar contribui para a compactação do solo e pode reduzir a produtividade da cultura, fato evidente e comprovado pelos relatórios emitidos, pelo setor sucroenergético, para as últimas safras de cana-de-açúcar, no Brasil. A pesquisa avaliou a capacidade de suporte de carga que pode ser considerada como o limite desse solo para não sofrer danos irreversíveis em sua estrutura. É relevante informar que a capacidade de suporte de carga foi relacionada com as áreas e as pressões de contato dos rodados com o solo e essas informações foram avaliadas de forma conjunta e se utilizadas, permitem preservar a estrutura do solo e contribuem para o dimensionamento correto das máquinas e equipamentos a serem utilizados no campo visando a sustentabilidade do sistema. Trabalhos científicos com esse foco ainda são raros para a cultura da cana-de-açúcar no Brasil.

Pablo de Azevedo Rocha Técnico da Universidade Federal do Espírito Santo; Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Viçosa; Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa; Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa; Grupo de pesquisa: Alterações de propriedades físicas, químicas e biológicas em solos sob diferentes sistemas de manejo; E-mail para contato: pab_zulu@yahoo.com.br.

Patricia Nogueira Graduação em Agronomia pela Universidade Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAECÓ). Mestrando em Agronomia pela Universidade de Passo Fundo (UPF). E-mail para contato patriciaqbo@unochapeco.edu.br.

Priscila Alves de Lima Professora substituta do Instituto Federal do Norte de Minas, *Campus Almenara-MG*; Graduada em Engenharia Agrônômica pela Universidade Universidade Federal do Espírito Santo; Mestrado em Ciências do Solo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco; Doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares pela Universidade Federal de Pernambuco; E-mail para contato: priscilaea@hotmail.com

Rafael Fernandes Oliveira Graduação: Bacharel em Agronomia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unaí – Unaí-MG

Raimundo Nonato de Assis Júnior Professor Titular da Universidade Federal do Ceará; Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará

Rilner Alves Flores Professor Adjunto da Universidade Federal de Goiás; Membro do corpo docente do Programa em Pós-graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Tocantins; Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista; Grupo de pesquisa: NutriHerb; Email para contato: rilner1@hotmail.com

Rita de Kássia do Nascimento Costa Agrônoma. Universidade Federal do Acre, Campus Floresta Graduação em Engenharia Agrônômica, pela Universidade Federal do Acre, Campus Floresta; Especialização em Gestão, Auditoria e Licenciamento Ambiental pela UNOPAR; E-mail para contato: kassiaczs2014@gmail.com.

Roberto Ferreira Novais Professor da Universidade Federal de Viçosa; Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa; Doutorado em Ciências do Solo pela North Carolina State University; E-mail para contato: rfnovais@ufv.br

Romário Crisóstomo de Oliveira Aluno de pós-graduação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; Trabalhando atualmente com os efeitos da inoculação de bactérias promotoras de crescimento vegetal em *Jacaratia corumbensis* O. kuntze (Jaracatiá); E-mail para contato: romario.cbio@hotmail.com

Sebastião Ferreira de Lima Professor da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; Graduação em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; Mestrado em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Federal de Lavras; Doutorado em Fitotecnia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal de Viçosa. E-mail para contato: sebastiao.lima@ufms.br

Silene Tais Brondani Graduação em Agronomia pelo Centro Universitário Assis Gurgacz; Bolsista Cnpq 2015-2016; Aluna especial de Mestrado pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE; silenetais@outlook.com

Silvia Maria Silva da Costa Agrônoma. Universidade Federal do Acre, Campus Floresta. Graduação em Engenharia Agrônoma, pela Universidade Federal do Acre, Campus Floresta; E-mail para contato: silviaczsbol.com.br

Simone Janaina da Silva Moraes Membro de corpo docente do Curso de Agronomia da UniEVANGÉLICA; Graduação em Engenharia Agrícola; Mestrado pela Universidade Estadual de Goiás; Grupo de Pesquisa em Sociedade, Políticas Públicas e Meio Ambiente

Sônia Cristina Jacomini Dias Professora da Faculdade de Ciência e Tecnologia de Unaí (FACTU); Graduação em Ribeirão Preto, SP, pela Universidade Barão de Mauá; Mestrado em Brasília, DF, pela Universidade Católica de Brasília; crisdias.dias@gmail.com

Symone Costa de Castro Licenciatura em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus Guanambi-BA*; Mestranda em Química Orgânica Pela Universidade Federal do Oeste Baiano; E-mail para contato: symone.castro@ifbaiano.edu.br

Thiago Rodrigues Ramos Farias Membro de corpo docente do Curso de Agronomia da UniEVANGÉLICA; Graduação em Agronomia; Mestrado pela Universidade de Brasília; Grupo de Pesquisa em Sociedade, Políticas Públicas e Meio Ambiente

Vanderli Luciano da Silva Técnico administrativo da Universidade Federal de Goiás; Graduação em Tecnólogo em Gestão Ambiental pela Faculdade Delta e Engenheiro Agrônomo pela Faculdade Montes Belos; Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Goiás; Doutorando em Zootecnia pela Universidade Federal de Goiás; Email para contato: lucianoagroufg@gmail.com

Warley Batista da Silva Graduação: Bacharel em Agronomia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unaí – Unaí-MG. Graduação: Bacharel em Sistemas de Informação pela Faculdade CNEC / INESC – Unaí-MG

Zigomar Menezes de Souza Possui Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Amazonas (1998), Mestrado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2000) e Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2004). Atualmente é Professor Doutor da Universidade Estadual de Campinas (Faculdade de Engenharia Agrícola). Está atuando na área de Engenharia Agrícola com ênfase em Física do Solo e Manejo e Conservação do Solo, nas seguintes áreas de pesquisa: agricultura de precisão, cana-de-açúcar, atributos do solo, variabilidade espacial e mecânica do solo.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-03-1

