

Solos nos Biomas Brasileiros

3

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)



 **Atena**
Editora

Ano 2018

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)

Solos nos Biomas Brasileiros 3

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

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

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

S689 Solos nos biomas brasileiros 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Solos nos Biomas Brasileiros; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-010-0

DOI 10.22533/at.ed.100181412

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

CDD 631.44

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

2018

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

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Solos nos Biomas Brasileiro*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu volume III, apresenta, em seus 17 capítulos, conhecimentos tecnológicos para Ciências do solo na área de Agronomia.

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

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

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

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

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

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE ALUNOS DE UMA ESCOLA PÚBLICA DE NÍVEL MÉDIO DA CIDADE DE NATAL/RN	
<i>Daniel Nunes da Silva Júnior</i>	
<i>João Daniel de Lima Simeão</i>	
<i>Martiliana Mayani Freire</i>	
<i>Éric George Morais</i>	
<i>Anna Yanka de Oliveira Santos</i>	
<i>Sandja Celly Leonês Fonsêca</i>	
DOI 10.22533/at.ed.1001814121	
CAPÍTULO 2	12
POTENCIAL AGRONÔMICO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS DE LIBERAÇÃO CONTROLADA NA CULTURA DO MILHO	
<i>Rafael Gomes da Mota Gonçalves</i>	
<i>Dérique Biassi</i>	
<i>Danielle Perez Palermo</i>	
<i>Juliano Bahiense Stafanato</i>	
<i>Everaldo Zonta</i>	
DOI 10.22533/at.ed.1001814122	
CAPÍTULO 3	19
PRODUTIVIDADE DE COLMOS E ÍNDICE DE MATURAÇÃO EM CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADA SOB ADUBAÇÃO NITROGENADA E MOLÍBDICA	
<i>Diego Moura de Andrade Oliveira</i>	
<i>Renato Lemos dos Santos</i>	
<i>Victor Hugo de Farias Guedes</i>	
<i>José de Arruda Barbosa</i>	
<i>Maria José Alves de Moura</i>	
<i>Nayara Rose da Conceição Lopes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.1001814123	
CAPÍTULO 4	27
PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO SOB DIFERENTES USOS DO SOLO	
<i>Lidiane Martins da Costa</i>	
<i>Marta Sandra Drescher</i>	
DOI 10.22533/at.ed.1001814124	
CAPÍTULO 5	37
QUANTIFICAÇÃO DE ÓXIDOS DE FERRO EM SOLOS DO CERRADO DO ESTADO DO AMAPÁ	
<i>Evelly Amanda Bernardo de Sousa</i>	
<i>Iolanda Maria Soares Reis</i>	
<i>Nagib Jorge Melém Júnior</i>	
<i>Ivanildo Amorim de Oliveira</i>	
<i>Laércio Santos Silva</i>	
<i>Ludmila de Freitas</i>	
DOI 10.22533/at.ed.1001814125	

CAPÍTULO 6 46

QUANTIFICAÇÃO DE ÓXIDOS DE FERRO, ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS SOLOS EM DIFERENTES ECOSISTEMAS DO ESTADO DO AMAPÁ

Evelly Amanda Bernardo de Sousa
Iolanda Maria Soares Reis
Nagib Jorge Melém Júnior
Laércio Santos Silva
Ivanildo Amorim de Oliveira
Ludmila de Freitas

DOI 10.22533/at.ed.1001814126

CAPÍTULO 7 57

REORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL DE UM ARGISSOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

Leonardo Pereira Fortes
Marcelo Raul Schmidt
Tiago Stumpf da Silva
Michael Mazurana
Renato Levien

DOI 10.22533/at.ed.1001814127

CAPÍTULO 8 67

RESPOSTA DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM GIRASSOL NO INÍCIO DO ESTÁDIO VEGETATIVO

Samara Ketely Almeida de Sousa
Maria Nusiene Araújo de Lima
Karolainy Souza Gomes
Wendel Kaian Oliveira Moreira
Krishna de Nazaré Santos de Oliveira
Raimundo Thiago Lima da Silva

DOI 10.22533/at.ed.1001814128

CAPÍTULO 9 79

RESPOSTA DE PLANTAS DE RÚCULA A DOSES CRESCENTES DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA MANDIOCA

Martiliana Mayani Freire
Gleyse Lopes Fernandes de Souza
Éric George Moraes
Ellen Rachel Evaristo de Moraes
Gabriel Felipe Rodrigues Bezerra
Gualter Guenther Costa da Silva

DOI 10.22533/at.ed.1001814129

CAPÍTULO 10 89

RETORNO DE NUTRIENTES VIA DEPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA FOLIAR DE *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (CATINGUEIRA)

José Augusto da Silva Santana
Luan Henrique Barbosa de Araújo
José Augusto da Silva Santana Júnior
Camila Costa da Nóbrega
Juliana Lorensi do Canto
Claudius Monte de Sena

DOI 10.22533/at.ed.10018141210

CAPÍTULO 11 99

USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA ANÁLISE DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO COMO SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO EM MARABÁ-PA

Silvio Angelo Rabelo
Josué Souza Passos
Nicolau Akio Kubota
Stephanie Regina Costa Almeida
Daiane da Costa Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.10018141211

CAPÍTULO 12 107

VARIABILIDADE E CORRELAÇÃO ESPACIAL DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE NEOSSOLOS, NUMA CATENA DO PAMPA GAÚCHO

Jéssica Santi Boff
Julio César Wincher Soares
Claiton Ruviano
Daniel Nunes Krum
Pedro Maurício Santos dos Santos
Higor Machado de Freitas
Lucas Nascimento Brum

DOI 10.22533/at.ed.10018141212

CAPÍTULO 13 117

VARIABILIDADE ESPACIAL DA ACIDEZ POTENCIAL ESTIMADA PELO pH SMP EM NEOSSOLOS COM CULTIVO DA SOJA

Guilherme Guerin Munareto
Claiton Ruviano

DOI 10.22533/at.ed.10018141213

CAPÍTULO 14 127

VARIABILIDADE ESPACIAL DA PROFUNDIDADE DO SOLO E SUAS RELAÇÕES COM OS ATRIBUTOS DO TERRENO, NUMA CATENA DO PAMPA

Daniel Nunes Krum
Julio César Wincher Soares
Claiton Ruviano
Lucas Nascimento Brum
Jéssica Santi Boff
Higor Machado de Freitas
Pedro Maurício Santos dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.10018141214

CAPÍTULO 15 138

VARIABILIDADE ESPACIAL DO FÓSFORO, POTÁSSIO E DA MATÉRIA ORGÂNICA DE NEOSSOLOS, SOB CAMPO NATIVO E SUAS RELAÇÕES ESPACIAIS COM OS ATRIBUTOS DO TERRENO

Daniel Nunes Krum
Julio César Wincher Soares
Claiton Ruviano
Lucas Nascimento Brum
Jéssica Santi Boff
Higor Machado de Freitas
Pedro Maurício Santos dos Santos
Gabriel Rebelato Machado

DOI 10.22533/at.ed.10018141215

CAPÍTULO 16 149

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA ACIDEZ POTENCIAL ESTIMADA PELO PH SMP DE NEOSSOLOS, APÓS A INSERÇÃO DA CULTURA DA SOJA, COM PREPARO CONVENCIONAL.

Lucas Nascimento Brum

Guilherme Favero Rosado

Julio César Wincher Soares

Claiton Ruviano

Daniel Nunes Krum

Jéssica Santi Boff

Higor Machado de Freitas

Pedro Maurício Santos dos Santos

Vitória Silva Coimbra

DOI 10.22533/at.ed.10018141216

CAPÍTULO 17 160

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO E SUAS RELAÇÕES COM DIFERENTES PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

Jéssica Santi Boff

Julio César Wincher Soares

Claiton Ruviano

Daniel Nunes Krum

Pedro Maurício Santos dos Santos

Higor Machado de Freitas

Lucas Nascimento Brum

Matheus Ribeiro Gorski

DOI 10.22533/at.ed.10018141217

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 172

PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE ALUNOS DE UMA ESCOLA PÚBLICA DE NÍVEL MÉDIO DA CIDADE DE NATAL/RN

Daniel Nunes da Silva Júnior

Universidade Federal de Viçosa
Viçosa – Minas Gerais

João Daniel de Lima Simeão

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Norte
Natal - Rio Grande do Norte

Martiliana Mayani Freire

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife – Pernambuco

Éric George Morais

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Macaíba – Rio Grande do Norte

Anna Yanka de Oliveira Santos

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Macaíba – Rio Grande do Norte

Sandja Celly Leonês Fonsêca

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Macaíba – Rio Grande do Norte

RESUMO: O estudo e caracterização da percepção ambiental é ferramenta importante para traçar metodologias de reeducação ambiental. De forma geral, cada indivíduo possui percepções diferentes frente às ações sobre o meio. O objetivo desse trabalho foi avaliar a percepção ambiental de alunos de uma escola pública, com ênfase à percepção dos indivíduos quanto ao recurso natural solo. A pesquisa

foi realizada na Escola Estadual Professor Varela Barca, localizada na cidade de Natal / RN. Foram realizadas visitas a escola a fim de realizar divulgação do trabalho e sensibilização dos alunos a participar. Em seguida, foi aplicado questionário do tipo misto (perguntas abertas e fechadas), abordando a temática meio ambiente, natureza e solo. Depois, foi realizada entrevista coletiva semiestruturada, em contexto muito semelhante ao de uma conversa informal, onde buscou-se dirigir a discussão dos temas de maior importância, fazendo perguntas adicionais para elucidar questões que não ficaram claras, para auxiliar na constatação das respostas dadas ao questionário. De modo geral, os alunos mostraram consciência mínima sobre os conceitos ambientais e a importância do solo. Observou-se que a maioria dos alunos percebe a natureza como sendo fauna e flora e reconhece o meio ambiente como sendo o local que habitamos. Os alunos possuem conhecimento mínimo do solo, mostrando reconhecimento empírico da importância deste recurso para a natureza e, ou meio ambiente. Contudo, constatou-se ser importante a realização de campanhas de conscientização e educação em solos.

PALAVRAS-CHAVE: educação em solos, meio ambiente, recursos naturais.

ABSTRACT: The study and characterization of

environmental perception is an important tool to draw up environmental re-education methodologies. In general, each individual has different perceptions regarding actions on the environment. The objective of this work was to evaluate the environmental perception of students of a public school, with emphasis on the individuals' perception about soil as natural resource. The research was carried out at the State School Professor Varela Barca, located in the city of Natal / RN. Visits were made to the school in order to publicize the work and raise the awareness of students to participate. Then, a mixed type questionnaire (open and closed questions) was applied, addressing the theme of environment, nature and soil. After, a semi-structured collective interview was held, in a very similar context to an informal conversation, where it was tried to direct a discussion of the subjects of greater importance, asking additional questions to elucidate questions that were not clear, to assist in verifying the answers given to the questionnaire. In general, students showed minimal awareness of environmental concepts and the importance of soil. It was observed that most students perceive nature as being fauna and flora and recognize the environment as being the place we inhabit. Students have minimal knowledge of the soil, showing empirical recognition of the importance of this resource to nature and environment. However, it was found important to carry out awareness campaigns and education in soils.

KEYWORDS: Education in soils, environment, natural resources.

INTRODUÇÃO

O estudo e caracterização da percepção ambiental é ferramenta importante para traçar metodologias de reeducação ambiental. Cada indivíduo possui percepções e comportamentos diferentes frente às suas ações sobre o meio. Isso se dá pelo fato de que cada indivíduo possui formas diferentes de perceber o meio ao seu redor e os elementos que o compõem. É neste sentido que Faggionato (2002) sugere que as respostas e as manifestações caracterizam-se configuram-se conformam-se como resultados das percepções, dos processos cognitivos, dos julgamentos e das expectativas de cada indivíduo.

Existem diversas metodologias para se estudar a percepção ambiental e alguns trabalhos buscam não apenas o entendimento do que o indivíduo percebe, mas promover a sensibilização, bem como o desenvolvimento do sistema de percepção e compreensão do ambiente. Estes trabalhos são importantes ao passo que fornecem informações sobre a percepção dos indivíduos envolvidos, possibilitando criar metodologias de reeducação ambiental.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais: Meio Ambiente - PCN (1997) como orientação às escolas brasileiras apresenta que Educação Ambiental deve perpassar todo o contexto didático-pedagógico por configurar uma dimensão da realidade cotidiana, inclusive, sendo a vivência do educando a contextualização iniciativo do debate ambiental, podendo configurar um Tema Transversal, compondo, assim, o

currículo escolar. O documento expõe que este processo deve abranger sucessivamente uma dimensão planetária:

A perspectiva ambiental deve remeter os alunos à reflexão sobre os problemas que afetam a sua vida, a de sua comunidade, a de seu país e a do planeta. Para que essas informações os sensibilizem e provoquem o início de um processo de mudança de comportamento, é preciso que o aprendizado seja significativo. (BRASIL, 1997, p. 189).

Arroyo sobre currículo entende como documento que tem como “princípio garantir direitos à cidadania, à justiça, à igualdade, à humanidade” (2014, p. 65) conduzindo o discente a postura crítica, assim sendo, configura-se como notória a importância de a Educação Ambiental compor a estrutura curricular, visto que, a criticidade deve ser exercida também frente ao debate da Sustentabilidade.

Segundo Kindel (2012) a Educação Ambiental faz-se necessária a partir do momento em que o homem se colocou na condição de “dono do mundo” e a natureza passou a ser quantificada e até mesmo mercantilizada, tal como, frente a urgência da reflexão feita em Silva (2005, p. 91):

Nas sociedades de “modernidade avançada”, como o são as sociedades ocidentais hoje, a perspectiva fisiocêntrica – que concebe a natureza como um recurso que tem valor em si mesma – foi substituída por uma perspectiva antropocêntrica, na qual a natureza se torna o quadro de práticas socioeconômicas a serviço do bem-estar do homem.

Assim sendo, é preciso permitir que os estudantes conheçam a dinamicidade do mundo para tanto o debate deve ser presente na escolarização além das disciplinas das Ciências da Natureza, pois trata-se de um debate histórico, social, econômico e político, que exige posicionamento crítico.

Configura-se um cenário que exige ir além da informação e permitir uma formação da consciência ambiental, ou seja, a estruturação de uma Educação planetária, complexa (MORIN, 2000), que percebe o educando como ser humano de múltiplas dimensões, que dissemina a necessidade de preservar a natureza, mas sem negligenciar ou apresentar em segundo plano os porquês disso (MENDONÇA JÚNIOR, 2012).

A educação básica, segundo os princípios legisladores, especialmente, a Lei de diretrizes e Bases da Educação – LDB 9.394 de 1996, assume o compromisso de oferecer aos brasileiros em formação básica com conhecimentos teóricos e condições para o pleno exercício da cidadania e esta prática deve abranger também o uso consciente de recursos naturais, a construção sustentável.

Ademais, Mendonça Júnior (2012), apresenta que a Educação Ambiental tem dimensão política prática e militante, ao passo que, alia-se aos movimentos ambientalistas como solução possível para problemas ambientais contemporâneos, especialmente, ao realizar a conscientização e mobilização para mudança social. Junto a isso, Dias (2000) apresenta que exercer cidadania é agir e transformar a sociedade, assim sendo, identificar e definir problemas ambientais, propor estratégias

de correções, pensar soluções é exercício da cidadania e deve ser impulsionada e direcionada pela instituição escolar.

Frente a isso, o objetivo da Educação Ambiental no contexto escolar é segundo Giesta (2002, p. 159) promover “O desenvolvimento de hábitos, atitudes e conhecimentos que levam a uma mudança de posicionamento dos cidadãos no ambiente natural”, à medida que provoca transformação o debate na escola, segundo Dias (2000, p. 99): “deve permitir a compressão da natureza complexa do meio ambiente e interpretar a interdependência entre os diversos elementos que formam o ambiente, com vistas a utilizar racionalmente os recursos do meio”.

A Lei 9.795 de 1999 *Dispõe sobre a educação ambiental, institui a política nacional de educação ambiental e dá outras providências*, figura-se como marco singular no que tange a Educação Ambiental, ao passo que, centraliza o ambiente escolar como espaço primordial do desenvolvimento da reflexão e problematização das questões ambientais, como essencial critério à cidadania, visto que, como ressalta Saito (2002) a PNEA referenciada tem forte preocupação social quando apresenta como princípios básicos a vinculação entre ética, educação, trabalho e práticas sociais.

Ademais, em atenção a Legislação nacional educacional e a emergência do debate da Educação Ambiental será exequível uma Escola comprometida com a Vida, com o Meio Ambiente configurando uma “ecopedagogia”, como sugere Ruscheinsky (2002, p. 63), que conduz os discentes constituir uma nova cultura que percebe a rua, a lagoa e praia como extensão da casa. Ou ainda uma Pedagogia da Fraternidade Ecológica, difundida em Souza (2011) que objetiva a sustentabilidade partindo da vivência da ética do gênero humano na relação com a natureza.

Diante disso, objetivou-se com este trabalho avaliar a percepção ambiental de alunos de uma escola pública, com ênfase à percepção dos indivíduos quanto ao recurso natural solo

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa trata-se de um estudo etnográfico, realizado com estudantes de médio de uma escola pública estadual. O local do estudo foi a Escola Estadual Professor Varela Barca, localizada na zona norte da cidade do Natal / RN. Participaram do estudo 48 estudantes do nível médio (do 1º ao 3º ano).

O trabalho consistiu na aplicação de questionário do tipo misto, contendo perguntas abertas (discursivas) e fechadas (objetivas) (BONI e QUARESMA, 2005). Previamente, foi realizada visita a escola, para apresentação da proposta à direção e para os professores. Foi realizada, por parte da direção da escola, divulgação do trabalho aos alunos, a fim de sensibilizá-los a participar. A participação dos alunos para responder ao questionário foi totalmente voluntária.

O estudo da percepção ambiental deu-se em dois momentos: aplicação do

questionário e entrevista coletiva semiestruturada. Inicialmente, os alunos receberam um questionário contendo 12 questões, sendo duas questões abertas (discursivas) e 10 questões fechadas (objetivas), e foi solicitado que o respondessem de acordo com seus conhecimentos. Os estudantes foram orientados a marcar apenas uma alternativa para as questões objetivas, que dispunha de três alternativas: a) sim; b) não; c) não sei. Adicionalmente, no cálculo das frequências relativa e acumulada, considerou-se a opção “não respondeu” às questões em que os alunos não marcaram nenhuma das alternativas. Quanto as perguntas discursivas, foram orientados a respondê-las objetivamente, de forma direta com poucas palavras.

Após responderem o questionário, foi realizado momento de entrevista coletiva semiestruturada, em contexto muito parecido com de uma conversa informal, buscando direcionar a discussão para a temática do estudo. Oportunamente, foram feitas perguntas adicionais, para esclarecer o entendimento da forma como os alunos percebiam as questões em discussão. Durante a fala dos alunos, foram anotadas as palavras chaves, para, em seguida, comparar com as respostas dadas aos questionários (questões discursivas). Neste momento, sempre que possível, foi solicitado aos alunos que justificasse sua opinião quanto às questões objetivas.

O processamento dos dados constou da análise das frequências absoluta (somatório do número de respostas em cada alternativa) e relativa (%). As respostas dadas às questões discursivas foram agrupadas considerando as palavras chaves de cada resposta. As respostas das questões abertas foram analisadas de modo a identificar “palavras-chave” para o entendimento da resposta dada à questão. As respostas foram agrupadas de acordo com as palavras de maior frequência observada. Respostas outras que não continham palavras-chaves que permitissem agrupá-las nas alternativas anteriores foram computadas na opção “outros”. De igual modo às questões objetivas, no cálculo das frequências relativa e acumulada, considerou-se a opção “não respondeu” às questões em que os alunos não responderam.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudantes apresentaram certa confusão quanto aos conceitos de natureza e meio ambiente. A maioria dos alunos associou o conceito de natureza (Tabela 1.A) a “fauna e a flora” (39,58 %) e a “seres vivos” (20,83 %). Porém, uma quantidade considerável dos estudantes (33,33 %) emitiu conceitos outros que não puderam ser agrupados a essas definições.

Apenas 29,17 % dos alunos que participaram do estudo responderam que o meio ambiente é o “lugar onde habitamos, trabalhamos, estudamos e vivemos”, permitindo inferir que, desse modo, conseguem enxergar o ser humano como integrante do meio ambiente (Tabela 1.B). Grande parte dos estudantes considera que o meio ambiente é composto por “plantas e animais” (12,5 %) e por “seres vivos” (16,67 %). Por outro lado, 31,25 % dos alunos emitiram conceitos que não permitiu agrupar nas respostas

anteriores.

A. O que é natureza?			B. O que é meio ambiente?		
Palavras chave	Frequência		Palavras chave	Frequência	
	Absoluta	Relativa		Absoluta	Relativa
Ecosistemas	1	2,08%	Onde habitamos	14	29,17%
Fauna e flora	19	39,58%	Plantas e animais	6	12,50%
Seres vivos	10	20,83%	Seres vivos	8	16,67%
Outros	16	33,33%	Outros	15	31,25%
NR	2	4,17%	NR	5	10,42%
TOTAL	48	100,00%	TOTAL	48	100,00%

Tabela 1. Questões discursivas (abertas) do questionário a respeito dos conceitos de natureza (A) e meio ambiente (B)

Outros: respostas que não apresentaram palavras que permitisse agrupá-las nas alternativas anteriores. NR: não respondeu.

A escola possui um importante papel social, não apenas enquanto espaço de disseminação do conhecimento, mas também de formação crítica e responsável. Uma dessas importantes questões é a que se refere o uso racional dos recursos naturais, inclusive do solo, e sua relevância para a construção do meio do meio ambiente. No que se refere a mudanças de hábitos e de percepções, acredita-se que a Educação Ambiental pode oferecer condições para a prevenção de processos de degradações ambientais (SILVA et al., 2015).

Os resultados em percentual (frequência relativa) das questões objetivas são apresentados na Figura 1. A maioria dos estudantes (92 %) afirmou conhecer o que é o solo (Figura 1 C). Durante a entrevista coletiva, os estudantes comumente emitiram conceito de solo associado às funções que o solo desempenha, como por exemplo “é o lugar onde a gente anda”, ou ainda, “ é o lugar em que as plantas crescem; lugar que a gente planta os alimentos” (texto entre aspas trata-se de síntese das respostas colhidas durante a entrevista coletiva semiestruturada).

Quanto ao conhecimento sobre a relação do solo com a natureza e, ou com o meio ambiente (Figura 1D), observou-se que 96% dos alunos afirmaram saber dessa relação. Entretanto, no momento da entrevista coletiva, os alunos tiveram dificuldade em estabelecer ou exemplificar ideias concisas e claras quanto a este assunto. Muitos afirmaram que o solo “é importante para sustentar a vida” e que o solo é um “integrante – faz parte – da natureza”. De modo geral, os alunos demonstraram entendimento do solo como integrador de sistemas (animais e vegetais), estabelecendo suas relações com a natureza, principalmente por meio das funções desempenhadas por ele.

A falta de conhecimento por parte dos alunos a respeito dos solos é perceptível na Figura 1E, uma vez que 58,62 % responderam não saber como o solo se forma e apenas 39,66 % afirmaram saber sobre a origem do solo. Ao serem questionados a este respeito, a maior parte dos alunos relacionou a formação do solo (pedogênese) com a decomposição de plantas e animais. Apenas alguns alunos foram capazes de

demonstrar em suas falas que a formação do solo está relacionada diretamente com a decomposição de uma rocha (material de origem), e a maioria deles demonstrou desconhecer a participação de fatores ambientais como chuva, vento, relevo, animais e vegetação para a formação do solo.

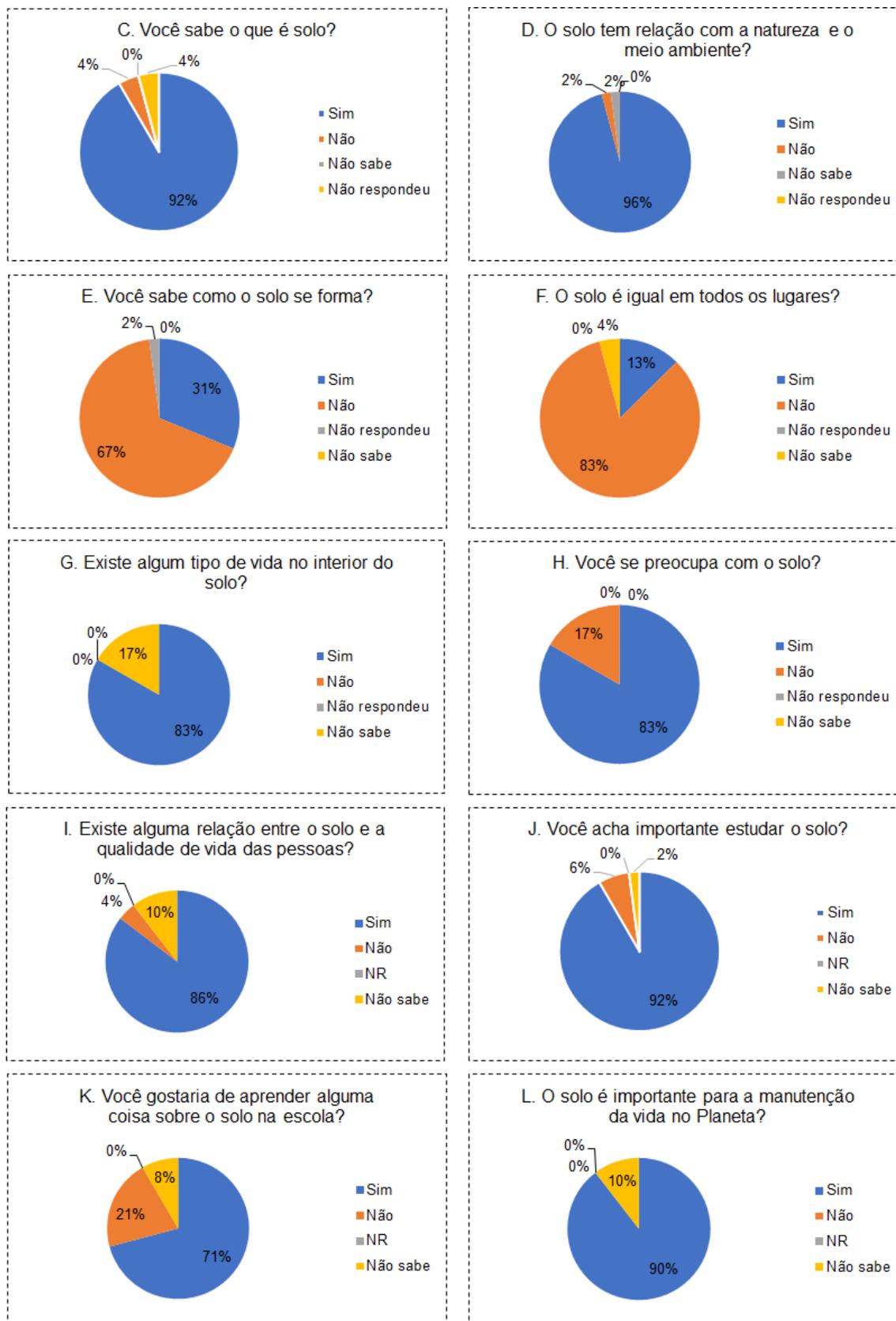


Figura 1. Frequências relativas (%) das questões fechadas (objetivas) com ênfase na percepção do recurso natural solo

Na Figura 11 os estudantes avaliaram a importância do meio ambiente e a relação com a qualidade de vida do indivíduo, inclusive ele próprio. Trata-se de uma visão considerada integradora, possibilitando o reconhecimento da necessidade do solo enquanto espaço de vivência, fonte de recursos, espaço de lazer e contemplação e principalmente enquanto parte do próprio indivíduo (SILVA et al., 2015). Deste modo, o apontamento feito pela maioria dos estudantes (86 %) evidencia a importância nos processos de planejamento e efetivação das intervenções por meio do conhecimento do solo. Neste sentido, a Educação Ambiental é um instrumento educacional imensamente necessário, de modo que contribui na construção de identificações e especificações para tal conceito (NOGUEIRA et al., 2015).

Quando indagados sobre a importância de estudar o solo, 44 % dos estudantes entrevistados relataram considerar importante estudar o solo, seguido por 3 % que apontaram ser irrelevante estudar o solo. Estes dados assemelham-se aos resultados encontrados por Santos e Benevides (2015), apontaram, em estudo semelhante, que 100 % dos alunos entrevistados relataram considerar o solo como elemento importante para a vida. No momento da entrevista, perguntou-se aos alunos por qual motivo eles supunham ser importante estudar os solos. Novamente, a justificativa dos estudantes esteve atrelada as funcionalidades do solo, principalmente às funções ambientais desempenhadas pelo solo.

De forma ampla, durante a entrevista coletiva semiestruturada, não se ouviu diretamente, e não ficou nítido perceber, por meio da fala dos alunos, conhecimento do termo sustentabilidade. Parece que os estudantes que participaram do estudo desconhecem a relação do solo com a sustentabilidade ambiental, dos sistemas produtivos e, em última análise, para a sustentabilidade da vida humana na terra. Contudo, como este não era diretamente o objetivo deste trabalho, não foram realizadas questões adicionais para conduzir a entrevista para esse sentido.

O tempo destinado ao ensino do solo, muitas vezes é nulo ou desprezado a uma escala menor, tanto na área urbana como rural, e a falta desse conhecimento sobre o assunto aumenta a degradação (LIMA et al., 2007; PEREIRA, et al., 2017). Esses autores defendem que um maior aprofundamento sobre solos pode motivar mais consciência ambiental nos alunos, colaborando assim na mitigação da degradação desse recurso. Para Silva et al. (2015), a Educação Ambiental pode oferecer condições para a prevenção de processos de degradações ambientais. Nesse contexto, a escola possui um importante papel social, não apenas enquanto espaço de disseminação do conhecimento, mas também de formação crítica e responsável. Uma dessas importantes questões é a que se refere o uso racional do solo e sua relevância fundamental para a construção do meio.

Em um trabalho semelhante a este, Tiso et al. (2015) encontraram resultados parecidos, onde 77% dos estudantes afirmaram saber o que é o solo, e 55% dos alunos desconheciam sobre esse assunto. Para esses autores, trabalhos como estes são importantes para compreender as dificuldades de alunos em relação a conteúdos

sobre a formação, os tipos, uso e conservação de solos.

Silva e Inácio (2015), relataram que 100% dos estudantes entrevistados relataram considerar o solo como fator importante, atrelando a importância à agricultura e economia. Desse modo, evidencia-se a importância de mostrar aos estudantes, já na educação básica, quais são funções do solo e como ele é importante para o ambiente, para o Homem e, conseqüentemente, para a vida.

CONCLUSÕES

De modo geral, os alunos mostraram consciência mínima sobre os conceitos ambientais e a importância do solo. Contudo, constatou-se ser importante a realização de campanhas de conscientização ambiental e educação em solos.

REFERÊNCIAS

BONI, V.; QUARESMA, S. J. **Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais**. Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC Vol. 2 no 1 (3), janeiro-julho/2005, p. 68-80.

BRASIL. **Lei No 9.394**, DE 20 DE DEZEMBRO DE 1996.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais : meio ambiente, saúde** / Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília : MEC, 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro091.pdf>>. Acesso em: 20, ago, 2018.

BRASIL. **Resolução No 4**, DE 13 DE JULHO DE 2010.

CHARLOT, B. **Da relação com o saber às práticas educativas**. São Paulo: Cortez. 2013.

DIAS L.S., LEAL A.C.; CARPI JUNIOR S.; **Educação Ambiental: conceitos, metodologia e práticas** / Leonice Seolin Dias, Antonio Cezar Leal e Salvador Carpi Junior (Orgs.) – Tupã: ANAP, 2016. 187 p ; il. Color. 29,7 cm.

DIAS, Genebaldo Freire. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. 6ª ed. São Paulo: Gaia, 2000.

DULLEY, R. D. **Noção de natureza, ambiente, meio ambiente, recursos ambientais e recursos naturais**. Agric. São Paulo, São Paulo, v. 51, n. 2, p. 15 26, jul./dez. 2004.

FAGGIONATO, S. **Percepção ambiental**. Texto disponibilizado em 2002. Disponível em: <http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m_a_txt4.html>. Acesso em: 23 de nov. de 2015.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17a ed. Rio de Janeiro: Paz e terra, 1987.

GIESTA, Nágila Carporlíngua. **Histórias em Quadrinhos: recursos da Educação Ambiental Formal e Informal**. In.: RUSCHEINSKY, Aloísio (org.) Educação Ambiental: Abordagens múltiplas. Porto Alegre: Artmed, 2002.

KINDEL, Eunice Aita Isaia. **Educação Ambiental nos PCN**. In.: LISBOA, Cassiano Pamplona; KINDEL, Eunice Aita Isaia (Orgs.) Educação AMniental : da teoria á prática. Porto alegre: Mediação,

LEI Nº 9.394, DE 2º DE DEZEMBRO DE 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.** Disponível: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/lei9394_ldbn1.pdf> . Acesso em 20, ago, 2018.

LEI Nº 9.795, DE 27 DE ABRIL DE 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a política nacional de educação ambiental e dá outras providências.**

Disponível: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/124434.pdf>> . Acesso em: 20, ago, 2018.

LIMA, V. C.; LIMA, M. R. de; MELO, V. de F. **O solo no meio ambiente: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio.** Universidade Federal do Paraná. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola. Curitiba, 2007.

MEDERIOS, A. B.; MENDONÇA, M. J. S. L.; SOUSA, G. L.; OLIVEIRA, I. P. **A Importância da educação ambiental na escola nas séries iniciais.** Revista Faculdade Montes Belos, V. 4, n. 1, Setembro/2011.

MENDONÇA JÚNIOR, Milton de Souza. **Ecologia e Educação ambiental: Temas para um diálogo conceitual.** In.: LISBOA, Cassiano Pamplona; KINDEL, Eunice Aita Isaia (Orgs.) Educação Ambiental : da teoria à prática. Porto alegre: Mediação, 2012.

MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro.** Trad.: Catarina Eleonora F. da Silva e Jeanne Sawaya, 2ª edi. São Paulo: Cortez ; Brasília, DF: UNESCO, 2000.

MUGGLER, C. C. **Educação em solos em movimento: do discurso à prática.** Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 39, n. 2, p. 16-19, maio/ago. 2014.

OKAMOTO, J. **Percepção ambiental e comportamento.** São Paulo: Makenzie, 2003.

OLIVEIRA, L. F.; COSTA, R. C. R.. **Sociologia para jovens do século XXI.** Rio de Janeiro: Imperial Novo Milênio, 2016.

PEREIRA, Alexandre Nicolette Sodrê Oliveira; MARQUES, Jean Dalmo de Oliveira; PAES, Lucilene da Silva. **Percepção ambiental sobre sustentabilidade do solo.** Educere - Revista da Educação da Unipar, [s.l.], v. 17, n. 1, p.93-120, 29 ago. 2017. Universidade Paranaense. <http://dx.doi.org/10.25110/educere.v17i1.2017.6286>.

RUSCHEINSKY, Alísio. **As Rimas da Ecopedagogia: uma perspectiva ambientalista.** In.: RUSCHEINSKY, Aloísio (org.) Educação Ambiental: Abordagens múltiplas. Porto Alegre: Artmed, 2002.

SAITO, Carlos Hiroo. **Política Nacional de educação ambiental e construção da Cidadania;/ Desafios contemporâneos.** In.: RUSCHEINSKY, Aloísio (org.) Educação Ambiental: Abordagens múltiplas. Porto Alegre: Artmed, 2002.

SILVA, M. P. et al. **Análise da influência dos aspectos sociais na percepção ambiental da população residente na microbacia do córrego do mineirinho, Município de São Carlos-SP.** Eixo, Brasília-df, v. 2, n. 4, p.91-99, jul./dez. 2015.

SILVA, Marta Cassaro da; HAINARD, François. **O Ambiente: Uma urgência interdisciplinar.** Campinas: Papyrus, 2005.

SILVA, S. C.; PIZA, A. A. P.; VIEIRA, F. C. B. **Percepção ambiental de estudantes do 6º ano do ensino fundamental sobre o meio ambiente.** VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 8, n. 6, 2012,

p. 197-205.

SORRENTINO, M.; TRABJER R. **Políticas de Educação Ambiental do Órgão Gestor**. In.: LIPAI, Enilda et al (Org.) Vamos cuidar do Brasil: conceitos e práticas em educação ambiental na escola. Brasília: UNESCO, 2007.

SOUZA, Samir Cristiano. **Pedagogia da Fraternidade Ecológica: educação para sustentabilidade ambiental**. In.: SEABRA, Giovanni (Org.) Educação Ambiental no Mundo Globalizado: Uma ecologia de riscos, desafios e resistência. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 2011.

TISO, L; SILVA, A. B; TISO, M. R; MOLINA, A. M. P.; HERRERA, L. I. **Percepção de estudantes do CEJA sobre o tema: solos**. III Seminário de Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos. Cáceres, v. 2, n. 1, 2015.

POTENCIAL AGRONÔMICO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS DE LIBERAÇÃO CONTROLADA NA CULTURA DO MILHO

Rafael Gomes da Mota Gonçalves

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Departamento de Solos. Seropédica-RJ.

Dérique Biassi

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Departamento de Solos. Seropédica-RJ.

Danielle Perez Palermo

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Departamento de Solos. Seropédica-RJ.

Juliano Bahiense Stafanato

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Departamento de Solos. Seropédica-RJ.

Everaldo Zonta

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Departamento de Solos. Seropédica-RJ.

RESUMO: A utilização de fertilizantes de liberação controlada permite que ocorra menores perdas de nutrientes e aumentam a eficiência de utilização pelas plantas. No presente trabalho, avaliou-se, em casa de vegetação, a eficiência de fertilizantes nitrogenados de liberação controlada no desenvolvimento de milho em comparação com fertilizantes convencionais. Foram avaliados seis fertilizantes: PPSCU (ureia revestida com polímero e enxofre), Nitro Gold (NG – ureia revestida com enxofre), Meister (ureia revestida com resina de acetato vinil etileno e polietileno), Kimcoat (ureia revestida com polímero), Ureia

e Sulfato de Amônio na dosagem de 100kg/ha. Analisou-se massa seca de planta, acúmulo de N na planta após 60 dias de cultivo e N total residual no solo. O delineamento experimental utilizado foi o arranjo inteiramente casualizado. O fertilizante Meister foi o que resultou em uma maior quantidade de N total residual no solo, já o maior acúmulo de N pelas plantas e maior massa seca foi observado no tratamento que recebeu o sulfato de amônio.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*, revestimento, Nitrogênio.

APOIO FINANCEIRO: UFRRJ, FAPUR e PETROBRAS.

INTRODUÇÃO

Grande parte dos fertilizantes nitrogenados aplicados no solo não são aproveitados pelas culturas. As fontes de N são as que sofrem mais interferência uma vez que esse nutriente apresenta uma dinâmica complexa no sistema solo-planta, além de ser um dos mais absorvidos pelas plantas. De acordo com alguns estudos, a recuperação do N proveniente do fertilizante, especialmente provindo da ureia, é relativamente baixa, atingindo níveis de aproveitamento de menos que 50%. O Brasil é um dos maiores consumidores de adubo do mundo, só em 2013 aproximadamente cinco

milhões de toneladas de ureia foram utilizados, representando mais da metade da matriz de adubos nitrogenados no país, sendo que, deste total, mais de 70% são oriundas de importações (Cantarella, 2018).

Em áreas de cultivo intensivo a recuperação ou o uso eficiente dos nutrientes pelas culturas é relativamente baixo. Essa ineficiência de fertilizantes pode contribuir para a degradação do meio ambiente. Estima-se que o uso eficiente de nitrogênio para a produção mundial de cereais seja somente de 33 % (Raun & Johnson, 1999). Sendo assim uma parte do N aplicado ao solo e que não é aproveitado pelas plantas poderá ser perdida para o ambiente através de volatilização, lixiviação, desnitrificação e escoamento superficial.

Atualmente, as indústrias e a pesquisa buscam novos métodos de melhorar a eficiência de utilização dos nutrientes pelas plantas (Trenkel, 2010). Dentre os métodos atualmente empregados, destaca-se o uso de revestimento com polímeros e/ou enxofre (fertilizantes de liberação controlada). Estes são agregadas sobre o grânulo de ureia, para proteger o fertilizante contra rápida hidrólise evitando transformações de NH_4^+ para as formas de NH_3 e NO_3^- , formas essas passíveis de perdas por volatilização e lixiviação respectivamente (Shaviv, 2000; Trenkel, 2010).

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo de diferentes tipos de fertilizantes nitrogenados de liberação controlada quanto ao desenvolvimento de plantas de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, no município de Seropédica ($22^\circ 45' 33'' - \text{S}$ e $43^\circ 41' 50'' - \text{O}$), em casa de vegetação com temperatura e umidade controlada.



Figura 1. Destacado em amarelo: casa de vegetação onde foi conduzido o experimento; em vermelho: Instituto de Agronomia da UFRRJ; em azul: departamento de solos da UFRRJ. Fonte: Google Earth, 2018.

O solo foi proveniente de um Planossolo Háplico (textura arenosa), sendo coletado nos primeiros 20 cm de profundidade. Após coleta o solo foi peneirado em malha de 4 mm e posteriormente realizado análise química no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos/UFRRJ, segundo os procedimentos descritos pelo Manual de Métodos de Análise de Solo (Embrapa, 1997) (Tabela 1). Após o solo foi incubado com calcário para que elevasse o pH do solo a 6,5.

Solo	Na	Ca	Mg	H + Al mol _c /dm ³	Al	S	T	V	m	n	pH	Corg	P	K
									%		1:2,5	%	mg/L	
Planossolo T. Arenosa	0,052	2,5	1,2	0,7	0,00	3,91	4,57	86	0	0	6,5	0,88	31	62

Tabela 1. Resultados da análise química do solo com pH corrigido, onde m-saturação por Al; n-saturação por Na.

Na tabela 2 temos os seis fertilizantes avaliados: PPSCU (ureia revestida com polímero e enxofre), Nitro Gold (NG – ureia revestida com enxofre), Meister (ureia revestida com resina de acetato vinil etileno e polietileno), Kimcoat (ureia revestida com polímero), Ureia e Sulfato de Amônio na dosagem de 100kg/ha.

Tratamentos	Características	% N
Meister	Ureia revestida com resina de acetato vinil etileno e polietileno liberação sigmoidal	44,4
Kimcoat	Ureia revestida com polímero biodegradável	42,4
PPSCU	Ureia revestida com polímero e enxofre	29
Nitro Gold	Ureia revestida com enxofre	37
Ureia	Ureia granulada	47,9
Sulfato de Amônio	Sulfato de amônio cristal	21,6

Tabela 2. Características dos diferentes tipos de fertilizantes nitrogenados.

As unidades experimentais consistiram em vasos plásticos com capacidade para 10 kg de solo. O delineamento experimental utilizado foi o arranjo inteiramente casualizado, com seis fertilizantes nitrogenados, um tipo de solo de textura arenosa (Planossolo), uma dose de N (100 kg ha⁻¹), um tratamento controle absoluto (sem adição de N) e três repetições, totalizando 21 unidades experimentais. Foi realizada uma adubação corretiva com fósforo e potássio nos solos contidos nos vasos, nas doses de 120 e 90 kg de P₂O₅ e K₂O respectivamente via aplicação de superfosfato simples e cloreto de potássio.

No momento do plantio foi realizada uma adubação nitrogenada de semeadura na dose de 20 kg/ha. Foi realizado desbaste sete dias após emergência das plantas, deixando apenas duas plantas por vaso. Os diferentes tratamentos (fertilizantes nitrogenados) foram aplicados (100 kg N ha⁻¹) quando as plantas de milho apresentavam 5 folhas completamente expandidas (V5). A coleta foi realizada 60 dias após o plantio.

A análise dos dados foi realizada, utilizando-se o programa SAEG 9.1. Os dados

foram submetidos a análise variância sendo efetuada por meio de teste F e o teste de comparação de médias por teste de Tukey a 5 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificando o acúmulo de N pelas plantas de milho após 60 dias de cultivo referente à aplicação dos diferentes fertilizantes nitrogenados (Figura 2), verificamos que o tratamento que recebeu o sulfato de amônio foi o que resultou em um maior acúmulo de N, diferindo significativamente dos demais. A ureia perolada apresentou acúmulo de N pelas plantas de milho inferior somente ao sulfato de amônio e significativamente superior aos fertilizantes nitrogenados de liberação controlada. Dentre os diferentes fertilizantes de liberação controlada, verifica-se na figura 2 que eles não diferiram estatisticamente entre si, apresentando-se de forma semelhante ao tratamento controle (sem adição de N).

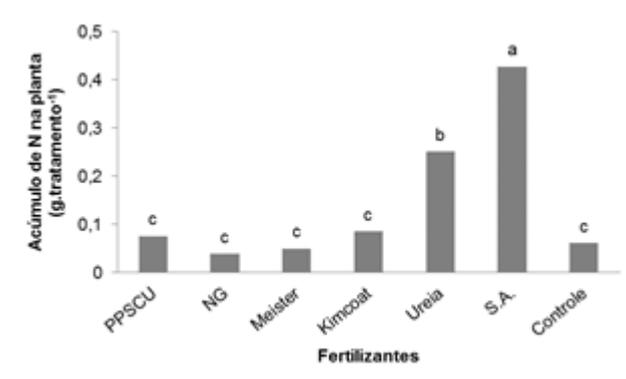


Figura 2. Acúmulo de N na planta após 60 dias de cultivo referente à aplicação dos diferentes fertilizantes nitrogenados

Quanto ao acúmulo de massa seca (g) de plantas de milho após 60 dias de cultivo, verificamos na figura 3 que houve diferença significativa entre os diferentes tratamentos. O maior acúmulo de N pelas plantas de milho como apresentado na figura 2 refletiu em um maior crescimento e desenvolvimento das plantas de milho para o sulfato de amônio. Os fertilizantes de liberação controlada PPSCU (ureia revestida com polímero e enxofre), Nitro Gold (NG – ureia revestida com enxofre) e Kimcoat (ureia revestida com polímero) não diferiram entre si, porém apresentaram resultados semelhantes estatisticamente a ureia perolada. O produto de liberação controlada Meister (ureia revestida com resina de acetato vinil etileno e polietileno) foi o que resultou em um menor crescimento e desenvolvimento das plantas de milho.

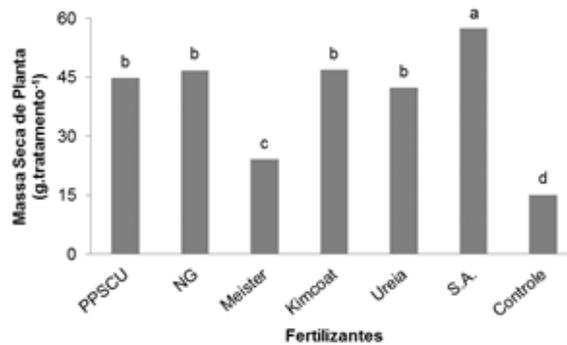


Figura 3. Acúmulo de massa seca de plantas após 60 dias de cultivo referente à aplicação dos diferentes fertilizantes nitrogenados.

O fertilizante de liberação controlada Meister (ureia revestida com resina de acetato vinil etileno e polietileno) foi a que resultou em uma maior quantidade de N total residual no solo, diferindo significativamente dos demais (Figura 4). Este resultado observado para o Meister reflete o pouco acúmulo de N pelas plantas de milho observado para este tratamento (Figura 2), assim como ocasionando o menor crescimento e desenvolvimento das plantas de milho, como observado na figura 3. Os demais fertilizantes de liberação controlada, assim como a ureia perolada, sulfato de amônio e o tratamento controle (sem adição de N) não diferiram entre si quanto à quantidade total de N no solo (Figura 4).

Os menores acúmulos de N nas plantas de milho ao final de 60 dias de cultivo podem ser explicados possivelmente pelo fato da adubação dos diferentes fertilizantes nitrogenados ter ocorrido quando as plantas apresentavam 5 folhas completamente expandidas (V5), o que ocorreu aos 32 dias após plantio. Dessa forma os 28 dias restantes entre a aplicação dos diferentes tratamentos e a sua colheita não foram suficientes para que pudesse ocorrer tempo suficiente para que o N contido nos fertilizantes de liberação controlada pudesse se encontrar disponível para as plantas.

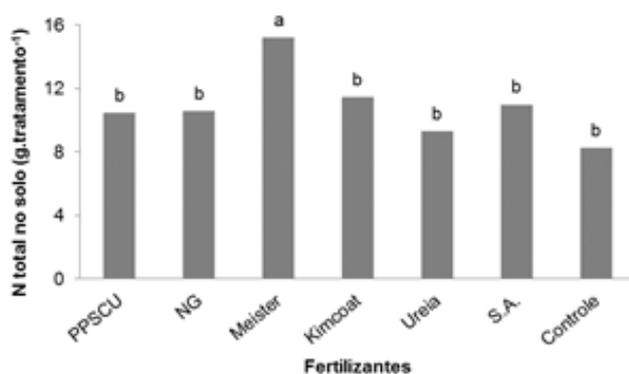


Figura 4. N total residual no solo após 60 dias de cultivo referente à aplicação dos diferentes fertilizantes nitrogenados.

O sulfato de amônio por possuir baixa tendência de perdas voláteis de N e baixa taxa de nitrificação, além de ser uma fonte econômica de enxofre (24% S), características estas que proporcionam vantagens agronômicas, levando, com

frequência, a rendimentos elevados como também a melhoria na qualidade do produto agrícola. Além disso, o S contido no sulfato de amônio melhora a absorção e o aproveitamento do N pelas culturas devido à sinergia positiva entre esses nutrientes (Collamer et al., 2007).

Em relação ao fertilizante de liberação controlada Meister que apresentou um dos menores acúmulos de N e conseqüentemente no menor crescimento e desenvolvimento da planta de milho ocorreu em função deste produto apresentar a ureia revestida com poliolefinas (revestimentos altamente impermeável) e com resina de acetato vinil etileno e polietileno (agente de liberação) (Goertz, 1993). De acordo com o fabricante o fertilizante Meister utilizado é de liberação sigmoidal de nutrientes. A sincronização do fornecimento de nutrientes com a demanda da planta utilizando um modelo de liberação sigmoidal de nutrientes irá fornecer uma nutrição ideal para o crescimento das plantas reduzindo as perdas (Shaviv & Mikkelsen, 1993). Assim em virtude do curto espaço de tempo entre a adubação e a colheita não foi suficiente para a disponibilização de parte do N contido no fertilizante Meister, proporcionando então em uma maior quantidade total de N residual no solo.

CONCLUSÃO

O maior acúmulo de nitrogênio pelas plantas e maior massa seca das plantas foi observado no tratamento que recebeu o sulfato de amônio.

O tempo de 60 dias de cultivo para avaliar a eficiência de fertilizante de liberação controlada foi relativamente curto.

O fertilizante de liberação controlada Meister é o que apresentou uma maior quantidade residual de N no solo, sendo este o de liberação mais lenta de nutrientes.

REFERÊNCIAS

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R.. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. Milho: nutrição e adubação. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2008. 204p.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. (Eds.). Fertilidade do solo. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 375-470.

COLLAMER, D.J.; GEARHART, M.; FRED, L. Sulfato de amônio. Informações Agrônomicas, n.120, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

GANDEZA, A.T., S. SHOJI, AND L. YAMADA. 1991. Simulation of crop response to polyolefin-coated urea: I. Field dissolution. Soil Sci. Soc. Am. J. 55:1462-1467.

GOERTZ, H.M. (1993): Controlled Release Technology. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol.7 Controlled Release Technology (Agricultural), pp. 251-274.

RAUN, W. R. and Johnson, G. V. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agron J. 91: 357-363.

SHAVIV, A. 2000. Advanced in controlled-release fertilizers. Adv. Agron. 71:1-49.

SHAVIV, A., and MIKKELSEN, R.L. (1993). Slow release fertilisers for a safer environment maintaining high agronomic use efficiency. Fert. Res. 35, 1-12.

STAFANATO, J.B.; GOULART, R.S.; ZONTA, E.; LIMA, E.; MAZUR, N.; PEREIRA, C.G.& SOUZA, H.N. Volatilização de amônia oriunda de ureia pastilhada com micronutrientes em ambiente controlado. Revista Brasileira de Ciência Solo, 37:726-732, 2013.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TRENKEL, M. E. Slow-and controlled-release and stabilized fertilizers: An option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010. 163 p.

PRODUTIVIDADE DE COLMOS E ÍNDICE DE MATURAÇÃO EM CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADA SOB ADUBAÇÃO NITROGENADA E MOLÍBDICA

Diego Moura de Andrade Oliveira

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife-PE

Renato Lemos dos Santos

Instituto Federal de Pernambuco
Vitória de Santo Antão

Victor Hugo de Farias Guedes

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”
Jaboticabal-SP

José de Arruda Barbosa

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”
Jaboticabal-SP

Maria José Alves de Moura

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”
Jaboticabal-SP

Nayara Rose da Conceição Lopes

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”
Jaboticabal-SP

RESUMO: O molibdênio (Mo) favorece a absorção e a assimilação de nitrogênio (N) pelas plantas. Desse modo, a suplementação de Mo à cana-de-açúcar pode promover aumento da produção e biomassa. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adubação nitrogenada e molíbdica no índice

de maturação e na produtividade da cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido em campo, do IFPE- Campus Vitória de Santo Antão. Foi utilizado o genótipo de cana-de-açúcar RB 92579. O cultivo da cana foi submetido a quatro doses de Mo (0, 100, 200 e 400 g ha⁻¹), e três níveis de nitrogênio (0, 60 e 120 kg ha⁻¹), compondo um arranjo fatorial (3 x 4), com quatro repetições, perfazendo um total de 48 unidades experimentais, dispostas no delineamento em blocos casualizados. Os dois sulcos localizados nas extremidades da área útil foram utilizados para realização das amostragens destrutivas e os dois sulcos centrais para as amostragens não destrutivas. Aos 240 e 270 DAP, foi realizada a avaliação da produtividade de colmos por hectare (TCH) e do índice de maturação (I.M). As avaliações de produtividade, os incrementos foram mínimos na presença de N (60 kg ha⁻¹). Quando se aplicaram 120 kg ha⁻¹ de N, a máxima produtividade foi obtida com 200 g ha⁻¹ de Mo. Nas duas avaliações, os valores do índice de maturação foram mínimos na presença de N (60 kg ha⁻¹). A adubação nitrogenada associada à adubação molíbdica, promoveu maior produtividade da cana-de-açúcar. O IM da cana-de-açúcar aumentou com a maior disponibilidade de N.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum spp.*, TCH, Molibdênio, Assimilação de N.

ABSTRACT: Molybdenum (Mo) favors the uptake and assimilation of nitrogen (N) by plants. Thus, the supplementation of Mo to sugarcane can promote increased production and biomass. The objective of this work was to evaluate the effect of nitrogen and molybdc fertilization on ripening index and sugarcane productivity. The experiment was conducted in the field, from IFPE-Campus Vitória de Santo Antão. The sugarcane genotype RB 92579 was used. The cane culture was submitted to four doses of Mo (0, 100, 200 and 400 g ha⁻¹) and three nitrogen levels (0, 60 and 120 kg ha⁻¹), with a factorial arrangement (3 x 4), with four replications, making a total of 48 experimental units, arranged in a randomized block design. The two grooves located at the ends of the useful area were used to perform the destructive samplings and the two central grooves for the no destructive samplings. At 240 and 270 DAP, the yield of stems per hectare (TCH) and maturation index (I.M) were evaluated. The productivity evaluations, the increments were minimal in the presence of N (60 kg ha⁻¹). When 120 kg ha⁻¹ of N was applied, the maximum yield was obtained with 200 g ha⁻¹ of Mo. In the two evaluations, the values of the maturation index were minimal in the presence of N (60 kg ha⁻¹). Nitrogen fertilization associated with molybdc fertilization promoted higher sugarcane yield. The IM of sugarcane increased with the higher availability of N.

KEYWORDS: Saccharum spp., TCH, Molybdenum, N Assimilation.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é um tradicional produtor de cana-de-açúcar, sendo responsável por mais de 50% do açúcar comercializado mundialmente (CONAB, 2016). Na safra 2016/2017 o Brasil foi responsável pelo processamento de 657,2 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, tendo uma produção de 38,69 milhões de toneladas de açúcar, 11,07 bilhões de toneladas de litros de etanol anidro e 16,73 bilhões de litros de etanol hidratado. Isso tudo em uma área de aproximadamente 9,05 milhões de hectares. Diante desta contextualização, Pernambuco foi considerado o sétimo produtor nacional, em uma área cultivada de 243,7 mil hectares, tendo uma produtividade média de 48,53 t ha⁻¹ (CONAB, 2016).

Devido à importância para o País, centros de melhoramento vegetal selecionam anualmente genótipos de elevada produtividade e qualidade (LIMA NETO et al., 2013). Desta forma, se observa a necessidade de se conhecer as suas demandas nutricionais.

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais absorvidos pela cultura. Assim, alterações negativas na sua disponibilidade e na sua absorção levam a redução da produtividade (OLIVEIRA et al., 2010). No meio ambiente, as plantas podem ter sua necessidade pelo N atendida basicamente de duas formas, pela absorção do N mineral na forma de nitrato ou amônio, ou pela fixação biológica de nitrogênio (FBN). Entretanto, os métodos bioquímicos envolvidos são diversificados e dependentes da forma como a planta absorveu o elemento (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2000).

Ao se considerar a absorção de nitrato, como via preferencial de absorção de N, e a FBN como fontes de N de importância para a cana-de-açúcar, duas enzimas

envolvidas neste processo. Para a assimilação de nitrato, a enzima redutase do nitrato atribui-se papel de relevada importância. Quando a ação desta enzima é diminuída, o N na forma de nitrato não é reduzido a amônio e, conseqüentemente, não poderá ser utilizado na composição de aminoácidos e proteínas, ou seja, sua assimilação decresce. Do mesmo modo, a FBN só é possível pela ação da enzima nitrogenase, presente nas bactérias fixadoras de N. Contudo, para que estas enzimas atuem de forma otimizada um micronutriente precisa ser fornecido de forma adequada, o molibdênio (Mo) (OLIVEIRA, 2012).

Assim, quando uma planta está deficiente em molibdênio, o metabolismo do N é alterado, principalmente quando a forma predominante no solo é a nítrica, havendo redução da assimilação de N, com conseqüente redução do crescimento e da produtividade (KAISER et al., 2005). Oliveira (2012) avaliando o efeito da interação da adubação nitrogenada e molíbdica sobre a produtividade da cana-de-açúcar, observou incrementos positivos na produtividade de colmos pela aplicação combinada de N e de Mo. Segundo o autor a produção obtida com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N foi à mesma da combinação de 60 kg ha⁻¹ de N e 200 g ha⁻¹ de Mo. Alvarez e Wutke (1963), analisando a aplicação de 31 micronutrientes no estado de São Paulo adquiriram resultados em que a utilização de Mo elevando os valores de 3 a 12 t ha⁻¹ em relação à testemunha.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada e molíbdica no índice de maturação e na produtividade da cana-de-açúcar.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em campo próximo ao setor da Agricultura II, no campus Vitória de Santo Antão do IFPE, localizado na propriedade Terra Preta s/n, na cidade de Vitória de Santo Antão-PE.

A cidade se situa na mesorregião da Mata Pernambucana, com coordenadas geográficas de 08° 07' 05" de latitude sul e 35° 17' 29" de longitude oeste, a 156 m de altitude, distando 45,1 km da capital do Estado, Recife. O município se encontra na zona de transição climática dos tipos: Aws e As, segundo classificação de Koeppen, com ligeira predominância do segundo, quente e úmido com chuvas máximas de abril a agosto e pluviosidade média anual de 1.309 mm ano⁻¹, com médias térmicas anuais de 27°C (CPRM, 2005).

Para a condução do experimento foi utilizado o genótipo de cana-de-açúcar RB 92579, tendo sido cedida pela Estação Experimental de cana-de-açúcar do Carpina. O cultivo da cana-de-açúcar foi submetido a quatro doses de molibdênio (0, 100, 200 e 400 g ha⁻¹) e três níveis de nitrogênio (0, 60 e 120 kg ha⁻¹), compondo um arranjo fatorial (3 x 4), utilizando-se de quatro repetições, perfazendo um total de 48 unidades experimentais. As parcelas foram dispostas no delineamento em blocos casualizados.

Tanto as doses de N quanto de Mo foram aplicadas em fundação. A aplicação de Mo foi feita no fundo do sulco com os colmos sementes, com a utilização de um pulverizador costal de 20 L, com vazão nominal de 200 L ha⁻¹. Como fonte de N foi utilizada a ureia e para o Mo, o molibdato de sódio. O preparo do solo foi realizado com aração e gradagem, com o auxílio do trator, além da utilização de um sulcador para abertura de sulcos de 0,20 cm de profundidade. As parcelas forma compostas de seis sulcos de 0,8 m de comprimento, espaçados por 0,8 m.

A adubação fosfatada foi realizada considerando o teor de P disponível e a textura do solo de acordo com Simões Neto et al. (2011). Para o suprimento de P, foi utilizado como fonte o superfosfato triplo. Para o K, a recomendação foi feita com base na expectativa de produção para produtividades acima de 100 t ha⁻¹, utilizando valor médio observado em trabalhos de K₂O, na ordem de 1,4 kg t⁻¹ de cana (ORLANDO FILHO et al 1980; OLIVEIRA et al, 2010).

As avaliações foram realizadas nos quatro sulcos centrais, desprezando-se um metro em cada extremidade, os dois sulcos localizados nas extremidades da área útil foram utilizados para realização das amostragens destrutivas ao longo do ciclo da cultura e os dois sulcos centrais para as amostragens não destrutivas no final do experimento.

Aos 240 e 270 dias após o plantio (DAP) foi realizada a avaliação da produtividade de colmos por hectare (TCH) e do índice de maturação (I.M). A variável TCH foi estimada pelo produto da massa de três colmos por parcela, sendo aferida em dinamômetro digital, e o numero de plantas por metro em cada parcela útil. Para estimar o índice de maturação foi utilizado um refratômetro de campo para a medição do °Brix no 5º internódio da ponta (abaixo do ponto de quebra) e na base do colmo. A relação existente entre o °Brix da ponta e da base indica o IM, pelos seguintes valores: menor que 0,6 (cana verde), 0,6 a 0,84 (em maturação), 0,85 a 1 (madura) e maior que 1 (declínio de maturação). Foram feitas essas avaliações em três colmos de cada parcela útil.

Os dados foram submetidos à análise de variância em função das doses de Mo e de N, em cada tempo. Quando se observou efeito significativo (Teste F, p<0,05) foi realizada análise de regressão em função das doses de Mo, sendo selecionando o modelo que melhor representou o fenômeno, aquele com maior valor de coeficiente de determinação (R²) e significância dos parâmetros até 5% pelo teste t.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da produtividade (TCH) e os dados do índice de maturação (I.M) da cana-de-açúcar, nos diferentes níveis de N, em função das doses de Mo, se ajustaram ao modelo quadrático, nas avaliações (Figura 1, 2, 3 e 4).

Aos 240 dias após o plantio (DAP), o incremento médio no TCH da cana planta,

na presença de N (60 kg ha⁻¹), na presença de 100 g ha⁻¹ de Mo, foi de 41 t ha⁻¹. Quando comparada com o tratamento de 120 Kg ha⁻¹ de N, a máxima produtividade foi alcançada com 200 g ha⁻¹ de Mo, obtendo-se 43 t ha⁻¹ (Figura 1).

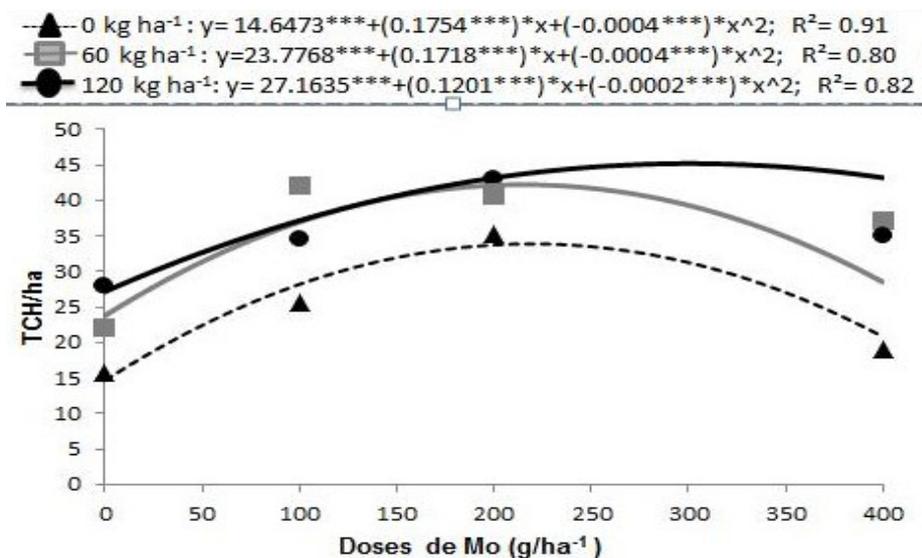


Figura 1. Produtividade de colmos de cana-de-açúcar (TCH), aos 240 dias após o plantio, no ciclo da cana planta, em três níveis de N, 0, 60 e 120 kg ha⁻¹, sob diferentes doses de Mo (0, 100, 200, 400 g ha⁻¹).

Aos 270 dias após o plantio (DAP), o incremento médio de produtividade na presença de 60 kg ha⁻¹ de N, na presença de 400 g ha⁻¹ de Mo, foi de 36 t ha⁻¹. Quando comparada com o tratamento de 120 Kg ha⁻¹ de N, na dose de 200 g ha⁻¹ de Mo, obteve uma produtividade de 49 t ha⁻¹(Figura 2).

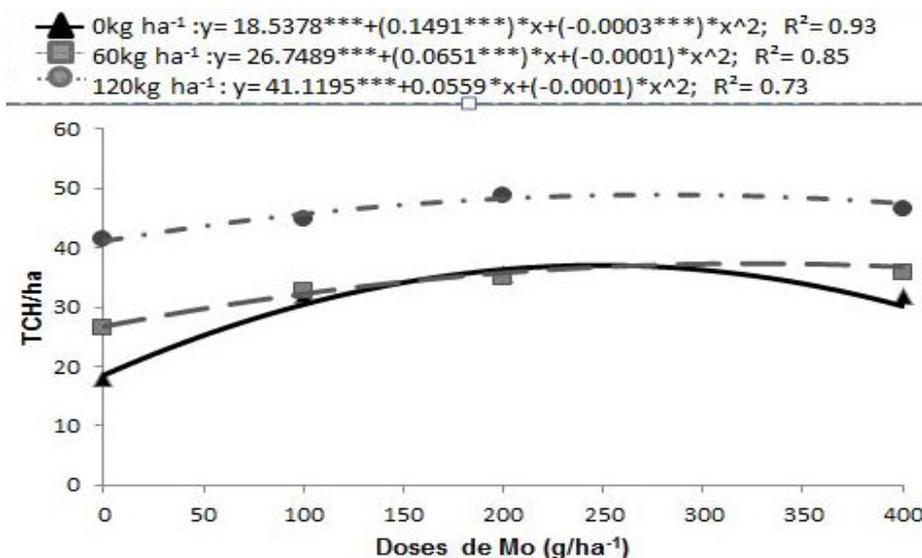


Figura 2. Produtividade de colmos de cana-de-açúcar (TCH), aos 270 dias após o plantio, no ciclo da cana planta, em três níveis de N, 0, 60 e 120 kg ha⁻¹, sob diferentes doses de Mo (0, 100, 200, 400 g ha⁻¹).

Azeredo et al. (1986), avaliando 135 unidades experimentais, referentes a adubação nitrogenada em cana planta, observaram resultados significativos em apenas 19 delas.

Nas avaliações de produtividade, os incrementos foram mínimos na presença de N (60 kg ha^{-1}). Quando se aplicaram 120 kg ha^{-1} de N, a máxima produtividade foi obtida com 200 g ha^{-1} de Mo, os valores estimados no incremento da produtividade foram significativos.

Assim obtendo-se maiores produtividades com a presença da adubação nitrogenada e molíbdica, é provável que o Mo por atuar na assimilação de N e na fixação do N na cana planta, tenha promovido maior absorção do nutriente e com isso, aumentou o desenvolvimento da parte aérea da cultura, levando a ganho de produtividade.

Aos 240 DAP, o incremento médio no índice de maturação (I.M) da cana planta, na presença de N (60 kg ha^{-1}), na ausência de 0 g ha^{-1} de Mo, foi de 0,36. Quando comparado com o tratamento de 120 Kg ha^{-1} de N, na dose de 0 g ha^{-1} de Mo, obteve um índice de maturação de 0,41 (Figura 3).

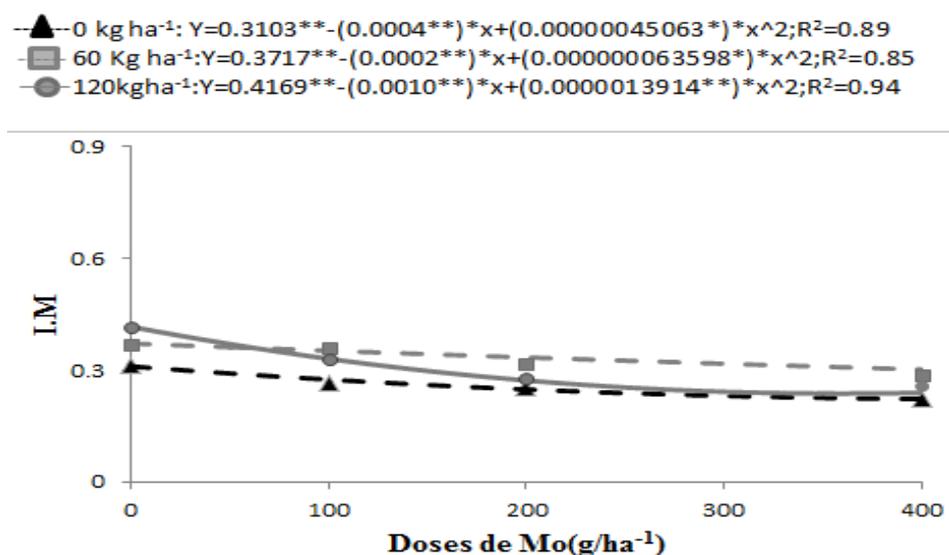


Figura 3. Índice de maturação (I.M), aos 240 dias após o plantio, no ciclo da cana planta, em três níveis de N, 0, 60 e 120 kg ha^{-1} , sob diferentes, doses de Mo (0, 100, 200, 400 g ha^{-1}).

Aos 270 dias após o plantio DAP, o incremento médio no índice de maturação da cana planta, na presença de N (60 kg ha^{-1}), na ausência de 0 g ha^{-1} de Mo, foi de 0,72. Quando comparado com o tratamento de 120 Kg ha^{-1} de N, o índice de maturação alcançou o valor máximo com 0 g ha^{-1} de Mo, obtendo-se uma maturação de 0,8 (Figura 4).

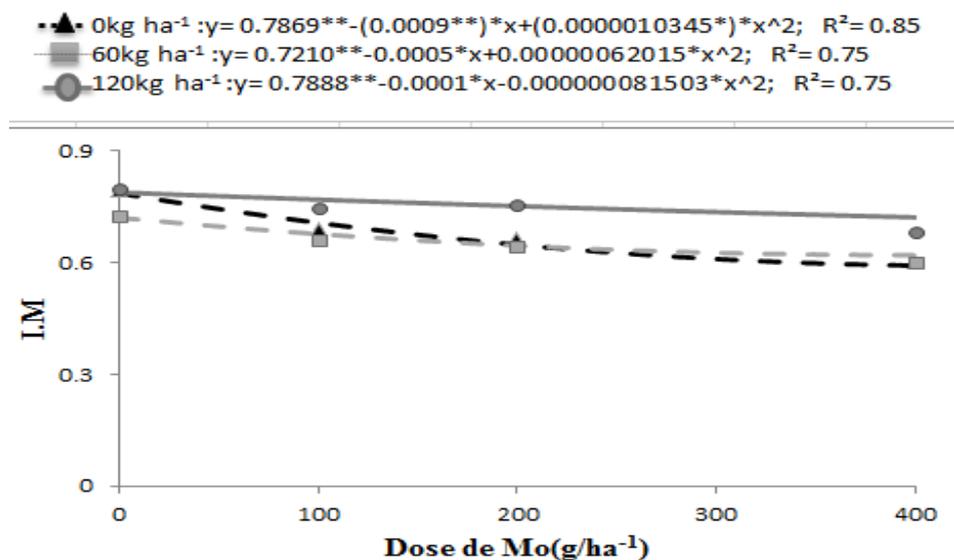


Figura 4. Índice de maturação (I.M), aos 270 dias após o plantio, no ciclo da cana planta, em três níveis de N, 0, 60 e 120 kg ha⁻¹, sob diferentes doses de Mo (0, 100, 200, 400 g ha⁻¹).

Nas duas avaliações, os valores do índice de maturação foram mínimos na presença de N (60 kg ha⁻¹). Quando se aplicaram 120 kg ha⁻¹ de N, o máximo I.M, foi obtido com 0 g ha⁻¹ de Mo.

Assim obtendo-se o valor máximo do índice de maturação com a presença da adubação nitrogenada na ausência da adubação molíbdica, é provável que o N por atuar na absorção iônica de outros nutrientes, aumentou a porcentagem de sólidos solúveis do caldo, elevando o índice de maturação.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adubação molíbdica promoveu aumento de produtividade na ausência da adubação nitrogenada.

A adubação nitrogenada associada à adubação molíbdica promoveu maior produtividade e reduziu o índice de maturação da cana-de-açúcar no primeiro ciclo.

REFERÊNCIAS

ALAVAREZ, V; WUTKE, A. C. P. Adubação da cana-de-açúcar. IX. Experimentos preliminares com micronutrientes. **Bragantia** 22:647-650, 1963.

AZEREDO, D. F.; BOLSANELLO, J; WEBWE, H.; VIEIRA, J. R. Nitrogênio em cana-planta doses e fracionamento. **STAB**. Açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, v. 4, n. 5, p. 25-29, 1986.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.2, p.365- 372, 2000.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de Vitória de Santo Antão, estado de Pernambuco. Recife: PRM/PRODEEM, 2005.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Terceiro Levantamento da Safra brasileira 2016/2017 de Cana-de-Açúcar e sua Destinação (açúcar, álcool e outros). **Boletim técnico**, disponível em http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_12_19_09_02_49_boletim_cana_portugues_-_3o_lev_-_2014-15.pdf Acesso em 28 de dezembro 2017.

KAISER, B. N. et al. The Role of Molybdenum in Agricultural Plant Production. **Annals of Botany**, v. 96, p. 745–754, 2005.

LIMA NETO, J. F. et al. Avaliação agroindustrial e parâmetros genéticos de clones UFRPE de cana-de-açúcar no litoral norte de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 18, n. 1, p. 8–13, 2013.

OLIVEIRA, A. C. DE. **Interação da adubação nitrogenada e molíbdica em cana-de-açúcar**. [s.l.] Universidade Federal Rural de Pernambuco - Recife, 2012.

OLIVEIRA, E. C. A. DE et al. Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1343–1352, 2010.

ORLANDO FILHO, J. ; HAAG, H.P.; ZAMBELLO JUNIOR, E. Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana- de-açúcar, variedade CB41-76, em função da idade, em solos do estado de São Paulo. PLANAULSUCAR, Piracicaba: fev. 1980. p. 1-128. **Boletim Técnico**, n. 2.

SIMÕES NETO, D. E. et al. Níveis críticos de fósforo em solos cultivados com cana-de- açúcar em Pernambuco. **Revista Ceres**, v. 58, n. 6, p. 802–810, 2011.

PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO SOB DIFERENTES USOS DO SOLO

Lidiane Martins da Costa

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Santiago – RS

Marta Sandra Drescher

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul
São Luiz Gonzaga-RS

RESUMO: A mudança de uso das terras, por meio dos sistemas agropecuários alicerçados em práticas não conservacionistas, contribui para a redução da qualidade das propriedades físicas do solo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico submetido a diferentes usos do solo, identificando o impacto da mudança de uso da terra de áreas remanescentes do Bioma Pampa sobre a estrutura do solo. O estudo foi realizado no município de São Luiz Gonzaga-RS sendo avaliadas a densidade, porosidade total, microporosidade, macroporosidade e a resistência mecânica do solo à penetração. Os tratamentos foram compostos por seis usos do solo: campo nativo (Bioma Pampa), pastagem perene, transição, sistema integração lavoura-pecuária, plantio direto e sistema plantio direto. As avaliações foram realizadas nas profundidades de 0-0,07; 0,07-0,15; 0,15-0,22m, em delineamento inteiramente

casualizado com quatro repetições. Os resultados obtidos indicaram que na camada superficial, os tratamentos avaliados não diferiram em nenhuma propriedade. Quando comparados ao campo nativo os demais usos do solo apresentaram, na camada 0,07-0,15 m, alterações na estrutura do solo com a elevação da densidade, alcançando valores restritivos para a produtividade da cultura da soja, e redução da porosidade total e macroporosidade, com o incremento da microporosidade e da resistência a penetração. Na camada de 0,15-0,22 m, campo nativo apresentou a menor resistência à penetração e maior macroporosidade. Esse resultado indica que a conversão do campo nativo para os diferentes usos do solo alterou as propriedades físicas avaliadas com a degradação da estrutura do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Bioma Pampa, estrutura do solo, manejo do solo.

ABSTRACT: Land use change through agricultural systems based on non-conservation practices contributes to the reduction of the quality of soil physical properties. The present work aims to evaluate the changes in soil physical properties of an Oxisol submitted to different soil uses to identifying the impact of the land use change on the soil structure of the Pampa Biome remaining areas. The study was carried out in São Luiz Gonzaga-RS and

evaluated the density, total porosity, microporosity, macroporosity and soil mechanical resistance to penetration. The treatments were composed of six soil uses: native field (Pampa Biome), perennial pasture, transition, crop-livestock integration system, no-till and no-tillage system. The evaluations were performed at depths of 0-0.07; 0.07-0.15; 0.15-0.22 m in a completely randomized design with four replications. The results indicated that in the superficial layer, the evaluated treatments did not differ in any property. Compared to the native field, other evaluated soil uses presented, in the 0.07-0.15 m layer, changes in soil structure with increasing density, reaching restrictive values for soybean crop yield and reduction of total porosity and macroporosity, with the increase of microporosity and penetration resistance. In the layer of 0.15-0.22 m, native field showed the lowest penetration resistance and higher macroporosity. This result shows that the conversion of the native field to the different soil uses changed the evaluated soil physical properties with the degradation of the soil structure.

KEY WORDS: Pampa Biome, soil structure, soil management.

1 | INTRODUÇÃO

Os campos do Pampa gaúcho durante muito tempo foram ocupados com a pecuária extensiva de grande escala, devido ao seu importante resultado econômico, o que permitiu sua conservação. Porém, a progressiva introdução e expansão das monoculturas e das pastagens com espécies exóticas têm levado a uma rápida degradação e descaracterização das paisagens naturais do Bioma Pampa (MMA, 2018), elevando a perda de espécies naturais, comprometendo os serviços ambientais proporcionados pela vegetação campestre, fazendo-se necessárias práticas agrícolas conservacionistas que minimizem esse impacto.

O uso intensivo da terra, ocasionado pelo atual cenário do agronegócio brasileiro, alicerçado em práticas não conservacionistas, tem contribuído, entre outros, para a redução da qualidade do solo. Entende-se por qualidade do solo, a capacidade deste funcionar regulando-se aos limites dos ecossistemas respondendo ao manejo e resistindo à degradação, aliando produtividade, qualidade ambiental, saúde humana e animal (Vezzani & Vielniczuk, 2009). Desta forma, faz-se necessário desenvolver sistemas produtivos que possam aliar produtividade a sustentabilidade ambiental, preocupando-se com a preservação dos recursos naturais, a sustentabilidade agrícola e a qualidade do solo nestes sistemas (Vezzani & Vielniczuk, 2009).

A perda da qualidade física do solo através da compactação, tem sido considerada como um dos principais fatores responsáveis pela queda da produtividade das culturas agrícolas (Klein *et al.*, 2009). A intensificação do processo de compactação está associada diretamente ao sistema de manejo do solo adotado (Drescher *et al.*, 2016), aliado às práticas agrícolas não conservacionistas que provocam alterações em sua estrutura. A resistência mecânica do solo à penetração, juntamente com a distribuição do espaço poroso, são atributos físicos do solo que podem limitar o crescimento do

sistema radicular e a produtividade das culturas (Oliveira *et al.*, 2015), uma vez que, influenciam as condições de crescimento e aeração do sistema radicular, infiltração e disponibilidade de água para as plantas (Reichert *et al.*, 2007).

Sistemas de uso e manejo que possibilitem a adição de compostos orgânicos ao solo podem trazer benefícios para a qualidade física (Oliveira *et al.*, 2015), uma vez que a matéria orgânica exerce papel importante na formação e estabilização dos agregados do solo (Tisdall & Oades, 1982). Todavia, as práticas de manejo empregadas na produção agrícola não têm garantido o adequado aporte de biomassa ao solo. Esta inferência está fundamentada nos dados estatísticos publicados pelo IBGE (2017), os quais demonstram que, dos 44 milhões de hectares cultivados com espécies produtoras de grãos na safra de verão de 2015, apenas 14 milhões de hectares foram cultivados na safra de inverno, ou seja, apenas 14 milhões de hectares receberam, pelo menos, duas safras em um único ano agrícola. Neste sentido, enfatiza-se que ampla maioria das áreas utilizadas para produção de grãos no País não contemplam diversificação de culturas na condição de que haja produção de fitomassa em quantidade, qualidade e frequência compatíveis com a demanda biológica do solo.

Como alternativa à falta de opção de culturas comerciais, que possibilitem uma diversificação da produção e adequada rotação de culturas, com ciclagem de nutrientes no período de outono/inverno, produtores do Sul do Brasil optam pela introdução do sistema de produção com integração lavoura-pecuária, que se caracteriza pela alternância entre a produção de grãos e pastejo de animais em uma mesma área. Entretanto, em decorrência do pisoteio exercido pelos animais, há preocupação com a compactação superficial nesse sistema de manejo, a qual é agravada em condições de baixa altura de manejo da pastagem (Leão *et al.*, 2004), bem como com baixa quantidade de resíduo vegetal sobre o solo (Silva *et al.*, 2000).

A diversidade de usos do solo em sistemas agropecuários é característica marcante da região das Missões do estado do Rio Grande do Sul (Mantelli, 2006). A região apresenta solos aptos ao cultivo de culturas anuais como soja (*Glycine max* L.), milho (*Zea mays* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.), além da bovinocultura de corte e leite, em sistema de pastejo baseado na integração lavoura pecuária, pastagens perenes e campo nativo, em áreas remanescentes do Bioma Pampa (Incra/RS, 2009). Todavia, nos últimos anos a intensificação da agricultura, associada à valorização da cultura da soja tem conduzido a expansão das fronteiras agrícolas, especialmente sobre áreas remanescentes do Bioma Pampa (Silva, 2012), o que conduz a conversão do campo nativo em lavoura.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico submetido a diferentes usos do solo, identificando o impacto da mudança de uso da terra de áreas remanescentes do Bioma Pampa sobre a estrutura do solo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na região das Missões do estado do Rio Grande do Sul, no município de São Luiz Gonzaga, localizado entre os paralelos de 28° S e 29° S. A região de estudo apresenta solos profundos, argilosos e bem drenados, predominantemente da classe dos Latossolos (Streck *et al.*, 2002). Apresenta altitudes entre 200 a 400 metros, com relevo ondulado a suavemente ondulado, o clima, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, com as quatro estações do ano bem definidas. De acordo com a estação meteorológica de São Luiz Gonzaga a temperatura média anual no município é de 16° C e a precipitação anual é de 1.660 mm (Incrá/RS, 2009). A região de estudo pertence ao Bioma Pampa, que abrange os campos da metade sul e das Missões no Estado do Rio Grande do Sul, cobrindo área aproximada de 176.496 km² (IBGE, 2004). As paisagens naturais do Pampa se caracterizam pelo predomínio dos campos nativos, mas há também a presença de matas ciliares, matas de encosta, matas de pau-ferro, formações arbustivas, butiazais, banhados, afloramentos rochosos, etc.

Todavia, as paisagens naturais do Bioma Pampa têm sido modificadas pela exploração agropecuária. Nesse sentido, o trabalho contemplou a avaliação de seis dos principais sistemas de produção adotados na região (Incrá/RS, 2009), caracterizados da seguinte forma:

- Campo Nativo (CN): área sob sistema extensivo de pastejo, sem correções da acidez e da fertilidade do solo, sendo representativa das áreas remanescentes do Bioma Pampa na região;
- Transição (TR): área que nos últimos dois anos foi submetida a uma transição de campo nativo (Bioma Pampa) para sistema de produção de grãos utilizando o plantio direto;
- Plantio Direto (PD): caracteriza a forma de cultivo mais representativa da região, o monocultivo sucessivo de soja e trigo, sem revolvimento do solo há 20 anos;
- Sistema Plantio Direto (SPD): área manejada em sistema plantio direto há 20 anos em que nos últimos cinco anos foi realizada a seguinte rotação de culturas: nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.)/ milho/soja safrinha, trigo/soja, trigo/soja, aveia branca (*Avena sativa* L.)/ soja, nabo forrageiro/milho. A realização da rotação de culturas é o fator que distingue este tratamento do tratamento plantio direto caracterizado pelo monocultivo sucessivo de soja e trigo;
- Sistema Integração Lavoura Pecuária (ILP): área de criação de gado de corte com pastagem de aveia (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium multiflorum* L.), no inverno, e produção de soja sob plantio direto no verão, mantida nesse sistema há dez anos;
- Pastagem perene (PP): área implantada há aproximadamente sete anos e utilizada com *Cynodon dactylon* L. Pers (cv. Tifton 85) para pastejo de gado leiteiro.

Para avaliação do efeito dos sistemas de manejo sobre o solo, foi realizada a análise das propriedades físicas de densidade, porosidade total, microporosidade e macroporosidade do solo pelo método do anel volumétrico e mesa de tensão (Claessen, 1997).

A coleta de amostras foi realizada no mês de janeiro de 2016, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Para coleta das amostras de solo, com estrutura preservada, foram utilizados cilindros de aço inoxidável, com 141,37cm³ (5 cm de altura e 6 cm de diâmetro). As amostras de solo foram coletadas em três profundidades (0 a 0,07, 0,07 a 0,15 e, 0,15 a 0,22 m). Após a coleta, as amostras foram saturadas por capilaridade por um período de 48 horas, pesadas e levadas à coluna de areia (Reinert & Reichert, 2006) onde foram submetidas à tensão de sucção de 6 KPa. As amostras de solo permaneceram nessa tensão até que se estabeleceu o equilíbrio entre a água retida na amostra e a sucção aplicada. Posteriormente pesou-se novamente a amostra, a qual foi encaminhada a estufa a 105-110°C, onde permaneceu até obtenção de peso constante. A porosidade total, microporosidade, macroporosidade e densidade do solo foram determinadas pelo método adotado por Claessen (1997).

A resistência à penetração mecânica foi avaliada pelo método do penetrômetro eletrônico de bancada, modelo MA 933 da marca Marconi dotado de variador eletrônico de velocidade e sistema de registro de dados (Tormena *et al.*, 2007). Na determinação da resistência à penetração foram utilizadas as mesmas amostras indeformadas coletadas para a avaliação de densidade e de porosidade do solo. Assim, após serem retiradas da coluna de areia as amostras foram pesadas e, logo na sequência, encaminhadas ao penetrômetro para efetuar a medida de resistência à penetração.

Para análise dos resultados as variáveis foram submetidas aos testes de Lilliefors para normalidade e de Cochran para homogeneidade de variâncias e, posteriormente foi realizada a análise de variância, a 5% de probabilidade. Quando o teste F foi significativo, os resultados foram comparados pelo teste de Tukey, também a 5% de probabilidade. Todas as avaliações foram realizadas no programa estatístico Assistat, versão 7.7 beta (Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estrutura do solo na camada superficial, situada de 0 a 0,07 m, não diferiu para os atributos físicos de densidade, porosidade e resistência a penetração (Tabela 1). Todavia, embora não tenham ocorrido diferenças entre os tratamentos, ao observar a resistência à penetração, na camada de 0 a 0,07 m, é possível verificar que o CN ultrapassou o valor de 2,0 MPa, frequentemente considerado como restritivo ao crescimento radicular das culturas (Reichert *et al.*, 2009; Collares *et al.*, 2006). Esse resultado pode ser atribuído ao pisoteio animal, que ocasiona a formação de camadas

superficiais com maior resistência (Kunz *et al.*, 2013), especialmente em condições de alta pressão de pastejo, e que, no presente estudo, pode ser decorrente da ausência de práticas de melhoramento sobre o CN submetido ao pastejo de bovinos.

O melhoramento do CN mediante fertilização e introdução de espécies forrageiras por sobre semeadura ou semeadura direta potencializa a maior produção de forragem, especialmente no inverno e início da primavera, o que contribui para adição de compostos orgânicos ao solo beneficiando a estrutura do solo e reduzindo os riscos de compactação. Outro aspecto importante que pode contribuir para a qualidade estrutural do solo é o ajuste da carga animal por hectare em função da oferta de forragem existente na área. Assim, o manejo com alta oferta de forragem permite a melhoria da estrutura do solo através do aumento da matéria orgânica (associada ao aumento da cobertura) e da taxa de infiltração da água no solo (Bertol *et al.*, 1998).

Na profundidade de 0,07 a 0,15 m os tratamentos utilizados para produção de grãos ILP, PD, SPD e TR apresentaram maior densidade. Esse comportamento pode ser explicado pelo acúmulo das tensões impostas pelo tráfego de máquinas agrícolas, sendo essa camada reconhecida como a camada de maior restrição ao crescimento radicular das plantas em áreas manejadas sob SPD conforme verificado também por (Secco *et al.* 2009; Drescher *et al.* 2016). Nesse sentido, cabe ressaltar ainda que ao considerar a proposição de densidade crítica de 1,30 a 1,40 Mg m⁻³ para solos argilosos (Reichert *et al.*, 2003) os tratamentos que contemplam a produção de grãos ILP, SPD e PD estariam em uma faixa restritiva, podendo ser considerados críticos ao desenvolvimento das culturas.

Tratamentos	Parâmetros				
	Ds Mg m ⁻³	Pt	Macrop. ----- m ³ m ⁻³ -----	Microp.	RP Mpa
Profundidade de 0 a 0,07 m					
CN	1,17 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,48 ^{ns}	2,22 ^{ns}
ILP	1,32	0,53	0,10	0,43	1,52
PP	1,18	0,57	0,09	0,49	1,83
PD	1,25	0,57	0,13	0,44	1,88
SPD	1,27	0,54	0,11	0,44	1,62
TR	1,24	0,55	0,10	0,45	1,56
CV (%)	9,37	7,01	55,06	5,8	20,35
Profundidade de 0,07 a 0,15 m					
CN	1,16 ^c	0,55 ^a	0,14 ^a	0,41 ^{ns}	1,35 ^{ab}
ILP	1,44 ^a	0,52 ^{ab}	0,08 ^{ab}	0,44	1,58 ^{ab}
PP	1,23 ^{bc}	0,56 ^a	0,13 ^{ab}	0,43	1,26 ^b
PD	1,38 ^{ab}	0,52 ^{ab}	0,07 ^b	0,46	2,03 ^a
SPD	1,40 ^{ab}	0,49 ^b	0,06 ^b	0,42	1,64 ^{ab}
TR	1,27 ^{abc}	0,54 ^{ab}	0,08 ^{ab}	0,46	1,31 ^{ab}
CV (%)	6,3	5,18	33,37	5,4	22,13
Profundidade de 0,15 a 0,22 m					
CN	1,09 ^b	0,56 ^{ns}	0,17 ^a	0,39 ^{ns}	0,62 ^b

ILP	1,30 ab	0,53	0,08 ab	0,44	1,57 a
PP	1,22 ab	0,56	0,12 ab	0,44	1,25 a
PD	1,27 ab	0,56	0,12 ab	0,45	1,22 a
SPD	1,42 a	0,47	0,09 ab	0,39	1,35 a
TR	1,24 ab	0,52	0,07 b	0,45	1,49 a
CV (%)	7,96	9,69	38,55	12,51	15,57

Tabela 1. Densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade do solo (Macrop.), microporosidade (Microp.) e resistência a penetração (RP) em sistemas produtivos manejados sob campo nativo (CN), integração lavoura pecuária (ILP), pastagem perene (PP), plantio direto (PD), sistema plantio direto (SPD) e transição (TR)

^{ns} Médias na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O tratamento TR apresenta densidade do solo com características tanto de CN, quanto de lavoura, possibilitando observar que após dois anos de manejo o TR encontra-se em fase de transição entre os dois sistemas produtivos.

Na camada de 0,07 a 0,15 m a maior resistência a penetração foi observada no PD, ultrapassando também 2,0 MPa, valor frequentemente considerado crítico para o desenvolvimento radicular das culturas (Reichert *et al.*, 2009; Collares *et al.*, 2006). Esse comportamento pode ser atribuído a ausência de rotação de culturas nesse sistema produtivo, o que associado ao contínuo tráfego de máquinas contribui para formação de camadas de solo resistentes a penetração (Secco *et al.*, 2009).

O SPD apresentou menor porosidade total na camada 0,07 a 0,15 m, coerente a maior densidade do solo. Desse modo é possível observar uma degradação da estrutura do solo, indicando que no SPD, há tendência à compactação na camada subsuperficial em áreas com rotação de culturas com baixo aporte de material orgânico como os cultivos de soja e nabo forrageiro que antecederam o momento de avaliação das propriedades físicas do solo, culturas cujos resíduos culturais apresentam baixa taxa de permanência no solo (Doneda *et al.*, 2012). Este resultado contrapõe-se ao observado por William & Well (2004), que as raízes do nabo forrageiro atuam como agentes recuperadores das propriedades físicas do solo através dos bioporos formados, os quais podem beneficiar o desenvolvimento do sistema radicular das culturas subsequentes. Todavia, deve-se ressaltar que a suscetibilidade de um solo a compactação torna-se menor à medida que se aumenta a quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo Braida *et al.* (2006), sendo que a permanência desta palha tem fundamental importância para o acúmulo de carbono na superfície do solo. Assim, a utilização do nabo forrageiro solteiro pode acarretar em rápida decomposição e baixa permanência da palhada, visto que a fitomassa tem fácil e rápida decomposição devido à baixa relação carbono/nitrogênio (C/N). Recomenda-se, portanto, o consórcio do nabo forrageiro com culturas como a aveia, possibilitando maior cobertura e permanência da palha sobre o solo (Silva *et al.*, 2011).

Na camada de 0,15 a 0,22 m, os tratamentos diferiram quanto a densidade, resistência a penetração e macroporosidade do solo. O CN apresentou a menor

resistência à penetração e maior macroporosidade. Esse resultado permite observar que os sistemas de manejo utilizados para produção de grãos, bem como a conversão do sistema natural (Bioma Pampa) em lavoura (TR) provocam alterações nas propriedades físicas do solo atingindo as camadas subsuperficiais até 0,22 m de profundidade.

4 | CONCLUSÕES

A utilização de áreas remanescentes do Bioma Pampa para pastoreio, sem associação com estratégias de melhoramento do campo nativo e ajuste da carga animal a oferta de pastagem ocasiona a compactação da camada superficial do solo.

O processo de mudança de uso da terra promove alterações sobre as características físicas do solo, em que após dois anos de manejo, a área de transição entre ambiente natural e sistema produtivo, apresenta características intermediárias aos dois ambientes.

O monocultivo sucessivo de soja e trigo e a rotação com culturas de baixa permanência de palha promovem a compactação da camada compreendida entre 0,07 a 0,15m do Latossolo argiloso manejado sob plantio direto.

REFERÊNCIAS

BERTOL, I. *et al.* **Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.5, p. 779-786, maio 1998. ISSN 1678-3921.

BRAIDA, J. A. *et al.* **Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 605-614, mar. 2006. ISSN 1806-9657.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPACNPS, 1997. 212p.

COLLARES, G. L. *et al.* **Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. n.11, p. 1663-1674, nov. 2006. ISSN 1678-3921.

DONEDA, A. *et al.* **Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.36, n. 6, p. 1714 -1723, out. 2012. ISSN 1806-9657.

DRESCHER, M. S. *et al.* **Duração das alterações em propriedades fisicohídricas de Latossolo argiloso decorrentes da escarificação mecânica.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.51, n. 2, p.159-168, fev. 2016. ISSN 1678-3921.

IBGE. **Mapa de vegetação do Brasil.** Rio de Janeiro, 2004. 1 mapa color.; 110 x 90cm. Escala 1:5.000.000.

IBGE. Banco de dados agregados: **Pesquisas: Produção Agrícola Municipal. 2015.** Disponível em:

<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=t&o=3>>. Acesso em: 24 nov. 2017.

INCRA/RS - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Relatório ambiental do projeto de assentamento panorama São Luiz Gonzaga/RS**. Porto Alegre, INCRA. 2009.115p.

KLEIN, V.A; BASEGGIO, M; MADALOSSO, T. **Indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico típico sob plantio direto escarificado**. Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n. 9, p. 2475-2481, ago. 2009. ISSN 1678-4596.

KUNZ, M. *et al.* **Compactação do solo na integração soja-pecuária de leite em Latossolo argiloso com semeadura direta e escarificação**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1699-1708, set. 2013. ISSN 1806-9657.

LEÃO, T.P. *et al.* **Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 415-423, jun. 2004. ISSN 1806-9657.

MANTELLI, J. **O setor agrário da região noroeste do Rio Grande do Sul**. Geosul, Florianópolis, v.21, n.41, p. 87-105, jan./jun.2006. ISSN 1982-5153.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Biomás: Pampa**. 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomás/pampa> Acesso em: 13 ago. 2018.

OLIVEIRA, D. M. S; Lima, R. P; VERBURG, E. E. J. **Qualidade física do solo sob diferentes sistemas de manejo e aplicação de dejetos líquido suíno**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 19, n. 3, p. 280-285, jan. 2015. ISSN 1807-1929.

REICHERT, J. M. *et al.* **Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 44, n. 3, p. 310-319, mar. 2009. ISSN 1678-3921.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. & BRAIDA, J. A. **Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. Ciência & Ambiental, Santa Maria, v. 14, n. 27, p. 29-48, Jul. / dez. 2003.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação**. In: CERRETA, C.A.; SILVA, L.S. & REICHERT, J.M. Tópicos Ciência do Solo, Viçosa, v. 5, p. 49-134, 2007.

REINERT, D. J. & REICHERT, J. M. 2006. **Coluna de areia para medir a retenção de água no solo – protótipos e teste**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1931-1935, nov. / dez. 2006. ISSN 0103-8478.

SECCO, D. *et al.* **Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n.1, p.58-64, jan. / fev. 2009. ISSN 0103-8478.

SILVA, D. A. *et al.* **Aporte de fitomassa pelas sucessões de culturas e sua influência em atributos físicos do solo no sistema plantio direto**. Bragantia, Campinas, v. 70, n.1, p. 147-156, 2011. ISSN 0006-8705.

SILVA, M. D. da. **Os cultivos florestais do pampa, no sul do rio grande do sul: desafios, perdas e perspectivas frente ao avanço de novas fronteiras agrícolas**. Revista Floresta, Curitiba, v. 42, n.1, p. 215-226, jan. /mar. 2012. ISSN 1982-4688.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. **Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, n. 24, v.1, p.191-199. 2000. ISSN 1806-9657.

STRECK, E. V. *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed, Porto Alegre, EMATER/RS. 2002.107p.

TISDALL, J. M. & OADES, J. M. **Organic matter and water-stable aggregates in soils**. Journal of Soil Science, n.33, p. 141-163, jun. 1982.

TORMENA, C. A. *et al.* **Varição temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, n. 31, p. 211-219, jan. 2007. ISSN 1806-9657.

VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. **Uma visão sobre qualidade do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.33, n. 4, p. 743-755, jul./ ago. 2009. ISSN 1806-9657.

WILLIAMS, S. M. & WEIL, R. R. **Crop cover root channels may alleviate soil compaction effects on soybean crop**. Soil Science Society of America Journal, v.68, p. 1403-1409, jul. / ago. 2004.

QUANTIFICAÇÃO DE ÓXIDOS DE FERRO EM SOLOS DO CERRADO DO ESTADO DO AMAPÁ

Evelly Amanda Bernardo de Sousa

Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Biodiversidade e Florestas, Santarém - Pará

Iolanda Maria Soares Reis

Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Biodiversidade e Florestas, Santarém – Pará

Nagib Jorge Melém Júnior

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Macapá - Amapá

Ivanildo Amorim de Oliveira

Instituto Federal do Pará, Breves – Pará

Laércio Santos Silva

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal – São Paulo

Ludmila de Freitas

Instituto Federal do Pará, Breves - Pará

RESUMO: Os óxidos de ferro são importantes indicadores pedoambientais, podendo influenciar na dinâmica dos atributos do solo. No estado do Amapá, estudos detalhados sobre as características do solo ainda são escassos, em especial nas áreas de cerrado. Dessa forma obter informações sobre os óxidos de ferro da região são de grande utilidade para fortalecer os conhecimentos sobre os solos da região. O objetivo da pesquisa foi realizar a quantificação de óxidos de ferro em solos do Cerrado do estado do Amapá. Ass

amostras de solos foram selecionadas pela representatividade e distribuição das áreas de Cerrado pertencente ao estado do Amapá, com mínima ou nenhuma ação antrópica, sendo coletadas amostras na profundidade de 0-0,20 m, em cada local delimitada uma área de 30 m x 30 m (900 m²), para retirada de cinco amostras simples (em caminhamento zig zag), posteriormente homogeneizadas, para formar uma amostra composta. Foram analisadas 15 amostras de solo sendo elas pertencentes aos municípios de Calçoene, Amapá, Pracuuba, Tartarugalzinho e Macapá. O solo foi seco ao ar e peneirado em malha de 2 mm, para obtenção de TFSA para proceder análises químicas, físicas e mineralógica, os dados foram analisados por meio de estatística descritiva. Houve uma pequena variação entre as variáveis estudadas. Os teores de óxidos de ferro apresentaram média de 2,5 %, cuja maior concentração foi no município de Amapá, e todos os solos apresentaram teores abaixo de 80 g kg⁻¹ indicativo de solos hipoférrico, os teores de óxidos de ferro teve correlação positiva com a fração argila.

PALAVRAS - CHAVES: Mineralogia; Propriedades do Solo; Solo Tropical.

ABSTRACT: Iron oxides are important pedoenvironmental indicators, and may influence the dynamics of soil attributes. In the

state of Amapá, detailed studies on soil characteristics are still scarce, especially in cerrado areas. Thus obtaining information about the iron oxides of the region are very useful to strengthen the knowledge about the soils of the region. The objective of this research was to quantify iron oxides in Cerrado soils of the state of Amapá. Soil samples were selected for the representativeness and distribution of Cerrado areas belonging to the state of Amapá, with minimal or no anthropic action, and samples were collected at 0-0.20 m depth, at each site delimited an area of 30 mx 30 m (900 m²) for the removal of five simple samples (zig-zag path), later homogenized, to form a composite sample. Fifteen soil samples were analyzed and belonged to the municipalities of Calçoene, Amapá, Pracuuba, Tartarugalzinho and Macapá. The soil was air-dried and sieved in a 2 mm mesh, to obtain TFSA to perform chemical, physical and mineralogical analyzes, the data were analyzed by means of descriptive statistics. There was a small variation between the studied variables. The iron oxides contents presented an average of 2.5%, whose highest concentration was in the city of Amapá, and all soils presented levels below 80 g kg⁻¹ indicative of hypoferric soils, the iron oxides contents had a positive correlation with the clay fraction

KEYWORDS: Mineralogy; Soil Properties; Tropical Soil

1 | INTRODUÇÃO

O Cerrado segue uma linha norte-sul, ao leste encontram-se os campos inundáveis da região lacustre e a oeste à floresta, enquanto ao norte, o estreitamento de área impede seu aparecimento ao norte do Rio Calçoene. (ALVES e CASTRO, 2014)

Possui uma posição estratégica para escoamento dessa produção por vias marítima, rodoviária e fluvial, que possibilita atingir o mercado regional e internacional, reduzindo custos com o transporte (VALENTE et al., 2015), (ALVES e CASTRO, 2014) e (MELÉM JUNIOR et al., 2003).

A vegetação de Cerrado, pertencente ao estado do Amapá encontra-se em fase inicial de produção de grãos, com incrementos de insumos para melhorar sua baixa fertilidade e pouca disponibilidade de água na época de seca.

Este avanço na agricultura necessita de bases de informações a respeito dos atributos do solo a fim de evitar um uso inadequado deste, viabilizando o uso racional do solo. Além dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, os atributos mineralógicos são de suma importância, dando destaque aos óxidos de ferro e alumínio, os quais são de grande ocorrência em solos altamente intemperizados.

Os óxidos de ferro apresentam influência nas propriedades físicas e químicas dos solos devido aos seus variados graus de cristalinidade e cargas variáveis, dependentes do pH do solo (VENDRAME et al., 2011).

Considerando a necessidade de estudos em ciências do solo no estado do Amapá, o objetivo neste estudo foi avaliar os óxidos de ferro no Cerrado amapaense e

suas relações com as demais características químicas e físicas do solo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no estado do Amapá, situado na porção setentrional do Brasil, com uma área de aproximadamente 143.453,70 km², e cobertura vegetal diversificada com quatro tipos distintos, sendo eles: floresta densa tropical, formação pioneira, cerrados e floresta de transição (MELÉM JUNIOR et al., 2008). Para fins deste estudo analisou apenas amostras de solo da região do cerrado amapaense, ver figura 1.

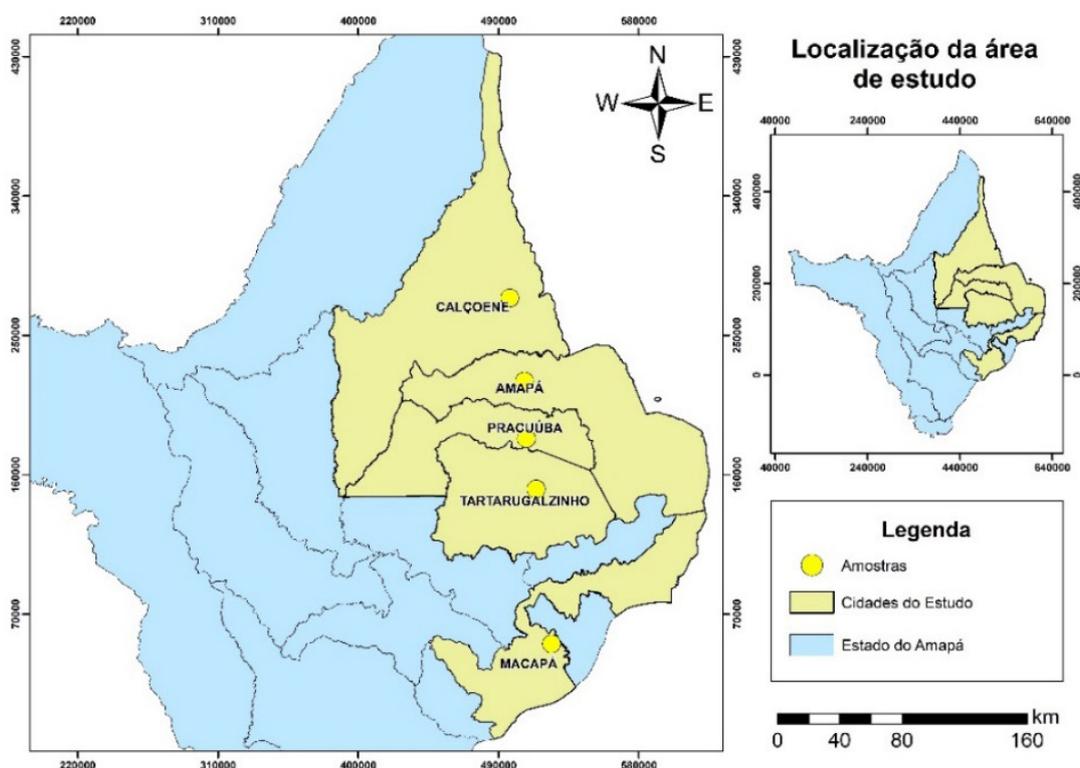


Figura 1. Localização da área de estudo.

O clima da região é equatorial quente e úmido, cuja temperatura média anual é de 26 °C e precipitação anual de 2.700 mm, os solos dessa região, geralmente, são ácidos e de baixa fertilidade, representados principalmente por Latossolos, Argissolos e Gleissolos (MELÉM JUNIOR et al., 2008). Neste trabalho os solos amostrados são da ordem dos Argissolos e Latossolos.

Amostragem de solo

Foi delimitada uma área de 30 m x 30 m (900 m²), sendo coletadas na profundidade de 0-0,20 m, cinco amostras simples (em caminhamento zig zag), homogêneas, para formar uma amostra composta.

Foram analisadas 15 amostras compostas de solo sendo elas pertencentes aos municípios de Macapá, Tartarugalzinho, Pracuuba, Calçoene e Amapá, conforme Tabela 1.

Município	Longitude	Latitude	Classificação
Macapá	50° 47' 6,07" W	0° 27' 34,97" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico típico, textura média
Macapá	50° 47' 4,69" W	0° 27' 35,47" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico típico, textura média
Macapá	50° 47' 5,44" W	0° 27' 37,04" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico típico, textura média
Tartarugalzinho	50° 52' 24,90" W	1° 21' 55,68" N	Argissolo Amarelo Hiperdistrófico típico, textura arenosa/média
Tartarugalzinho	50° 52' 22,48" W	1° 21' 53,99" N	Argissolo Amarelo Hiperdistrófico típico, textura arenosa/média
Tartarugalzinho	50° 52' 25,79" W	1° 21' 53,21" N	Argissolo Amarelo Hiperdistrófico típico, textura arenosa/média
Pracuuba	50° 55' 42,33" W	1° 39' 31,10" N	Argissolo Vermelho-Amarelo hiperdistrófico plíntico, textura arenosa/média
Pracuuba	50° 55' 43,31" W	1° 39' 33,37" N	Argissolo Vermelho-Amarelo hiperdistrófico plíntico, textura arenosa/média
Pracuuba	50° 55' 45,71" W	1° 39' 32,11" N	Argissolo Vermelho-Amarelo hiperdistrófico plíntico, textura arenosa/média
Amapá	50° 56' 25,70" W	1° 59' 43,39" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico argissólico, textura média/argilosa
Amapá	50° 56' 26,17" W	1° 59' 42,30" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico argissólico, textura média/argilosa
Amapá	50° 56' 26,40" W	1° 59' 41,42" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico argissólico, textura média/argilosa
Calçoene	51° 1' 28,31" W	2° 28' 49,71" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico argissólico, textura média/argilosa
Calçoene	51° 1' 31,45" W	2° 28' 50,39" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico argissólico, textura média/argilosa
Calçoene	51° 1' 30,80" W	2° 28' 51,53" N	Latossolo Amarelo Hiperdistrófico argissólico, textura média/argilosa

Tabela 1. Localização das amostras do solo.

Análises químicas e físicas

O solo foi seco ao ar para obtenção de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) e peneirado a 2,0 mm de abertura de malha, para determinação de análises granulométricas, químicas e mineralógicas, de acordo com os métodos contidos no *Manual de Métodos de Análise de Solo e Planta* (DONAGEMA et al., 2011), o teor de óxidos de ferro (Fe) foi determinado pelo método do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC, 1986), para os cálculos obteve-se a média da curva-padrão de 0,3212, a partir de então foi realizado o cálculo da quantidade de Fe total.

$$FC = (2,5 \times 1,5 \times 1,42) / m$$

$$\% \text{ Fe} = \text{Absorbância} \times FC$$

Onde:

FC = fator de correção

m = média da curva obtida da absorbância dos padrões de ferro 1, 2, 3, 4 e 5 ml de ferro.

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva básica, e para a correlação de Pearson foram adicionados apenas valores das correlações de forte a muito forte, ou seja, aquelas entre 0,7 e 1 (MUKAKA, 2012).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados quanto as análises químicas e físicas (Tabela 2) demonstram que os solos analisados em sua maioria são ácidos com pH variando minimamente de 5,2 a 5,7 como ocorrido nos trabalhos de Paye et al., (2010), indicando tal condição como favorecedora de solubilização e mobilização de nutrientes e metais pesados na solução do solo.

A CTC variou entre 2,9 e 7,7 cmol_c/dm³. A saturação de bases (%) apresentou valores muito baixo, variando de 2 a 13 %, indicando que são solos distróficos. A MO teve valores variando de baixo a médio ficando entre 9,65 e 37, 24 g/kg. P não apresentou variação significativa na camada superficial do solo.

Variáveis	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
pH	5,33	5,20	5,70	0,13
Matéria Orgânica (g kg ⁻¹)	18,09	9,65	37,24	7,76
P (cmol _c dm ⁻³)	1,27	1,00	3,00	0,59
K (cmol _c dm ⁻³)	0,01	0,01	0,01	0,00
Ca + Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,28	0,10	0,40	0,09
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,81	0,40	1,20	0,21
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	3,97	2,40	7,40	1,34
SB (cmol _c dm ⁻³)	0,28	0,10	0,40	0,09
CTC pH7 (cmol _c dm ⁻³)	4,25	2,60	7,70	1,34
Saturação de Bases (%)	7,07	2,00	13,00	3,17
Saturação do Alumínio (%)	74,13	60,00	91,00	9,02
Argila (g kg ⁻¹)	95,33	27,00	150,00	35,43
Areia Total (g kg ⁻¹)	442,47	150,00	661,00	201,38
Silte (g kg ⁻¹)	462,20	189,00	774,00	223,24
Densidade da partícula (g cm ⁻³)	0,09	0,09	0,10	0,00
Óxido de ferro (g kg ⁻¹)	24,96	14,92	37,47	7,88

Tabela 2. Análise descritiva de atributos químicos, físicos e mineralógicos de solos do Cerrado do estado do Amapá.

Os valores apresentados quanto a fertilidade, são esperados para este tipo de vegetação, haja vista que as mesmas não possuem elevada biomassa vegetal, e os solos Argissolos e Latossolos são muito intemperizados favorecendo a lixiviação de nutrientes ao longo dos anos. Santos et al. (2012), indicaram que solos de Cerrados são

limitados pela sua fertilidade, baixa CTC, saturação por bases e levadas quantidades de alumínio e baixa quantidade de MO.

A acidez potencial H+Al, e saturação por alumínio apresentam valores elevados, como os encontrados por Gomide et al. (2011) ao estudar solos com voçorocas no estado de Minas Gerais.

Os solos analisados apresentaram elevada saturação por alumínio, sendo considerados solos com caráter aluminico, pois apresentam saturação por alumínio acima de 50 % assim como saturação por bases inferior a 50% assumindo critério do Sistema brasileiro de classificação de solo (SANTOS et al., 2018), contudo importante observar que este estudo não é válido para classificação e distinção de classes de solos, pois analisa apenas a camada superficial do solo.

As amostras possuíam de 27 a 150 g Kg⁻¹ de argila, seus teores de areia variaram entre 154 e 661 g/kg com um teor de silte acima de g Kg⁻¹. Deste modo a fração textural predominante nas áreas analisadas foram franco-arenosa seguida da franco-siltosa, todas de textura média de acordo com a classificação proposta por Santos et al. (2015).

A densidade de partículas nas amostras analisadas não apresentou variação significativa, embora os solos analisados serem de áreas distintas. Figueiredo et al. (2009) estudando latossolos de cerrado, não observaram variações na densidade de partículas, atribuíram estes resultados a fatores como manejo e pouca ou nenhuma diferença entre as classes de solo estudadas.

Os teores de óxidos de ferro apresentaram média de 24,96 g Kg⁻¹, variaram entre 14,92 a 37,47 g Kg⁻¹, cuja maior concentração média foi no município de Amapá (Figura 2), contudo as quantidades encontradas nos solos do Cerrado amapaense são consideradas baixa, pois de acordo com o Sistema brasileiro de classificação de solos (SANTOS et al., 2018) os solos com teores de óxidos de ferro inferior a 80 g Kg⁻¹ são considerados hipoférricos.

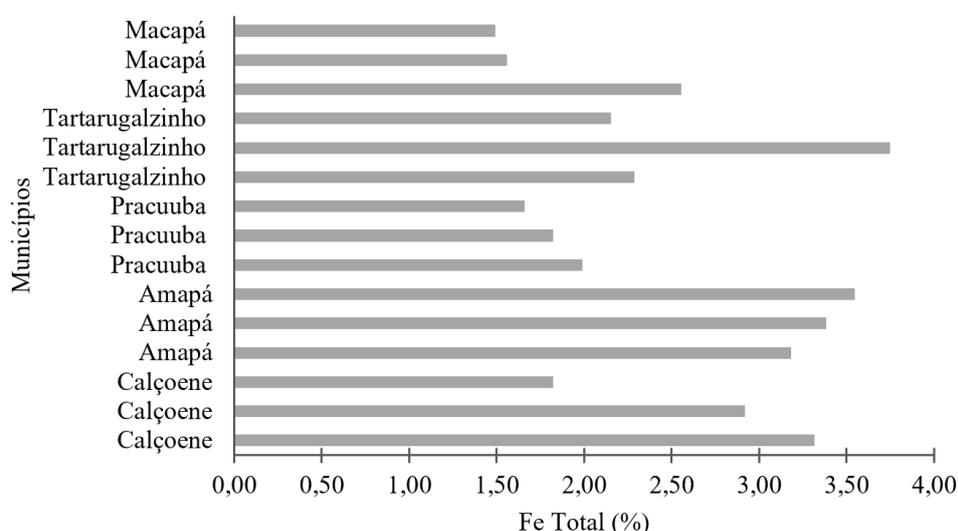


Figura 2. Teores de óxido de ferro por município.

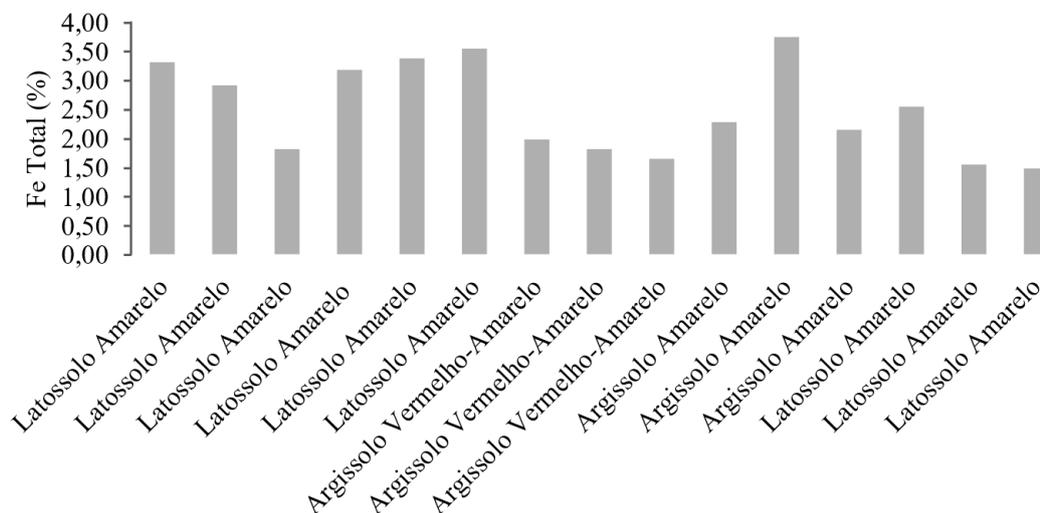


Figura 3. Teores de óxidos de ferro total por tipo de solo.

Em relação a correlação dos óxidos de ferro com os demais atributos, foi observado (Tabela 3.) que houve correlação positiva e significativa apenas com os teores de argila. Vendrame et al. (2011) estudando Latossolos no Cerrado observaram que a textura influenciou na distribuição de óxidos de ferro, estando o mesmo diretamente relacionado com a fração argila.

	pH	MO g/ kg	P mg/ dm ³	Al -----cmol _c /dm ³ - -----	H + Al -----cmol _c /dm ³ - -----	SB	CTC pH7	V --%--	m	Argila -----g/kg-----	Areia Total	Silte %	Fe
Matéria Orgânica (g kg ⁻¹)	ns												
P (mg/dm ³)	ns	ns											
Al (cmol _c dm ⁻³)	ns	ns	ns										
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	ns	ns	ns	0.80									
SB (cmol _c dm ⁻³)	ns	ns	ns	ns	ns								
CTC pH7 (cmol _c dm ⁻³)	ns	ns	ns	0.79	1.00	ns							
V %	ns	ns	0.71	ns	ns	0.79	ns						
m %	ns	ns	ns	ns	ns	-0.84	ns	-0.92					
Argila (g kg ⁻¹)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns				
Areia Total (g kg ⁻¹)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns			
Silte (g kg ⁻¹)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0.99		
Fe %	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Dp (g cm ⁻³)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tabela 3. Correlação entre atributos químicos, físicos e óxidos de ferro, nos solos do Cerrado do estado do Amapá.

Matéria orgânica (MO), fósforo (P), cálcio (Ca), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), saturação do alumínio (m%), Óxidos de ferro total (Fe), Densidade de partículas (Dp), significativos a 0,05% de probabilidade.

Houve uma baixa variação entre as amostras analisadas, possivelmente devido ao fato dos solos estudados serem pouco antropizados, e a variação dos atributos do solo é atribuída principalmente aos fatores de formação do solo, sobretudo as

4 | CONCLUSÃO

Os solos do Cerrado do Amapá, analisados neste estudo, são predominantemente amarelos ou vermelho amarelados, com baixos teores de óxidos de ferro e se pronunciam principalmente em solos argilosos, os demais atributos do solo não apresentaram correlação com óxido de ferro.

REFERÊNCIAS

- ALVES, L. W. R.; CASTRO, G. S. A. **Proposta de Ocupação e Uso Sustentável do Cerrado Amapaense: princípios, critérios, e indicadores técnicos**. Embrapa Amapá. Macapá, 46p. Documentos, 80. mai. 2014. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/122917/1/CPAF-AP2014-DOC-80-Proposta-de-ocupacao-uso-agropecuário-sustentavel.pdf>>. Acesso em 18 jul. 2016.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERARO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro. Embrapa, 2011.
- FIGUEREDO, C. C.; SANTOS, G. G.; PEREIRA, S.; NASCIMENTO, J. L.; ALVES JÚNIOR, J. **Propriedades físico-hídricas em latossolo de cerrado sob diferentes sistemas de manejo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande. v. 13, n. 2, p. 146-151, 2009.
- GOMIDE, P. H. O.; SILVA, M. L. N.; SOARES, C. R. F. S. **Atributos Físicos, Químicos e Biológicos do Solo em Ambientes de Voçorocas no Município de Lavras – Mg**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. n. 35, p. 567-577, 2011.
- IAC – Instituto Agrônomo de Campinas, 1986.
- MELÉM JÚNIOR, N. J.; NETO, J. T. F.; YOKOMIZO, G. K. I. **Caracterização dos Cerrados do Amapá**. Comunicado Técnico 105. Macapá, 2003.
- MELÉM JÚNIOR, N. J.; FONSECA, I. C. B.; BRITO, O. R.; DECAËNS, T.; CARNEIRO, M. M.; MATOS, M. F. A.; GUEDES, M. C.; QUEIROZ, J. A. L.; BARROSO, K. O. **Análise de componentes principais para avaliação de resultados analíticos da fertilidade de solos do Amapá**. Semina: Ciências Agrárias. Londrina. n. 3, v. 29, p. 499-506, jul./set. 2008.
- MUKAKA, M. M. **Statistics Corner: A Guide to Appropriate Use of Correlation Coefficient in Medical Research**. Malawi Medical Journal; Statistics Corner n. 3, v.24, p. 69-71, set. 2012.
- PAYE, H. S.; MELLO, J. W. V.; ABRAHÃO, W. A. P.; FERNANDES FILHO, E. I.; DIAS, L. C. P.; CASTRO, M. L. O.; MELO, S. B.; FRANÇA, M. M. **Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos no Estado do Espírito Santo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. n. 34, p. 2041-2051, 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. Campina Grande. v. 16, n. 11, p. 1171-1178, 2012.
- SANTOS, D. R.; LEMOS, C. R.; SANTOS, G. H.; KER, C. J.; ANJOS, C. H. L.; SHIMIZU, H. S. **Manual**

de Descrição e Coleta de Solo no Campo. SBCS. 7. ed. Viçosa, 2015.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed. Brasília. Embrapa, 2018.

VALENTE, M. A.; CAMPOS, A. G. S.; WATRIN, O. S. **Mapeamento dos Solos do Bioma Cerrado do Estado do Amapá.** In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR. 2015, João Pessoa. Anais... João Pessoa: INPE, 2015, p. 3557-3564.

VENDRAME, P. R. S.; EBERHARDT, D. N.; BRITO, O. R.; MARCHÃO, R. L.; QUANTIN, C.; BECQUER, T. **Formas de ferro e alumínio e suas relações com textura, mineralogia e carbono orgânico em Latossolo do Cerrado.** Semina: Ciências Agrárias. Londrina, v. 32, n. 1, p. 1657-1666, 2011.

QUANTIFICAÇÃO DE ÓXIDOS DE FERRO, ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DOS SOLOS EM DIFERENTES ECOSSISTEMAS DO ESTADO DO AMAPÁ

Evelly Amanda Bernardo de Sousa

Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Biodiversidade e Florestas, Santarém - Pará

Iolanda Maria Soares Reis

Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Biodiversidade e Florestas, Santarém - Pará

Nagib Jorge Melém Júnior

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Macapá - Amapá

Laércio Santos Silva

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal – São Paulo

Ivanildo Amorim de Oliveira

Instituto Federal do Pará, Breves - Pará

Ludmila de Freitas

Instituto Federal do Pará, Breves - Pará

RESUMO: Estudos detalhados e atualizados sobre os atributos, químicos, físicos e mineralógicos dos solos são necessários para viabilizar o desenvolvimento da região, facilitam o monitoramento em áreas de preservação, além de possibilitar o uso eficiente e ambientalmente adequado do solo. Neste sentido, o objetivo neste trabalho foi avaliar os atributos químicos e físicos do solo em diferentes ecossistemas do estado do Amapá. As amostras de solo foram coletadas em diferentes ecossistemas, em cada local de coleta foi delimitada uma área

de 30 m x 30 m (900 m²), na profundidade de 0-0,20 m, com cinco amostras simples (em caminhamento zig zag), homogeneizadas, para formar uma amostra composta. Foram analisadas 15 amostras de solo, sendo elas pertencentes aos municípios de Calçoene e Oiapoque, distribuídas nos ecossistemas de floresta primária, floresta secundária, pastagem, cerrado e em antiga área de exploração mineral. O solo foi seco ao ar e peneirado a 2,0 mm, em seguida foram realizadas as análises físicas e químicas. Os solos estudados apresentaram-se predominantemente ácidos de baixa fertilidade, com fração textural franco-arenosa de textura média na camada superficial. Quanto a presença de óxidos de ferro, os solos são em sua maioria classificados como hipoférricos, a diferença encontrada nos valores de óxidos de ferro por ecossistema sofre influência das condições climáticas, pedogênicas e manejo do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Atributos do solo, Fertilidade do solo; Solos Amazônicos.

ABSTRACT: Detailed and up-to-date studies of the soil's chemical, physical and mineralogical attributes are necessary to enable the development of the region, facilitate monitoring in preservation areas, and enable efficient and environmentally adequate soil use. In this sense, the objective in this work was to evaluate

the chemical and physical attributes of the soil in different ecosystems of the state of Amapá. Soil samples were collected in different ecosystems. At each collection site, an area of 30 mx 30 m (900 m²) was delimited, at a depth of 0-0.20 m, with five simple samples (zig zag walking), homogenized, to form a composite sample. A total of 15 soil samples were analyzed. They belong to the municipalities of Calçoene and Oiapoque, distributed in primary forest ecosystems, secondary forest, pasture, cerrado and former mineral exploration area. The soil was air-dried and sieved at 2.0 mm, followed by physical and chemical analyzes. The soils studied were predominantly low fertility acids, with a sandy-textured textural fraction of average texture in the surface layer. As for the presence of iron oxides, the soils are mostly classified as hypoferric, the difference found in iron oxides values by ecosystem is influenced by climatic, pedogenic and soil conditions.

KEYWORDS: Soil attributes, Soil fertility; Amazonian Soils.

1 | INTRODUÇÃO

A Amazônia é um bioma que representa cerca de 30% de todas as florestas tropicais remanescentes do mundo (SFB, 2010). A sua grande riqueza de espaços ecológicos representativos, leva a generalizações descritivas sobre seus ecossistemas, gerando negligências relacionadas a esses espaços o que interferem no correto planejamento regional (CHAGAS et al., 2016).

Devido sua extensão territorial, diversidade biológica e dificuldade de acesso às áreas de coleta, o estado do Amapá ainda depende de estudos direcionados, importantes para a organização territorial, ambiental, para o desenvolvimento da região e implementação de áreas de preservação, sendo fundamental para melhor entendimento científico de suas características (CHAGAS et al., 2016).

O conhecimento acerca dos atributos do solo é imprescindível para programas de adubação e correção do solo, seleção de espécies mais adaptadas a determinado local (MELÉM JÚNIOR et al., 2006), além de permitir um uso eficiente e ambientalmente adequado deste recurso (SILVA NETO et al., 2008).

Estudos nesse sentido favorecem o desenvolvimento de uma região, sendo fundamental para a consolidação de alternativas viáveis para o uso adequado do solo (FREITAS et al., 2015).

Para um correto uso do solo é necessário conhecer as interações baseadas na relação de indicadores físicos, químicos, mineralógicos e biológicos do solo.

Dentre os fatores que caracterizam o solo, os minerais de óxidos de ferro são considerados indicadores pedoambientais sensíveis, porque estão intrinsicamente relacionados com propriedades influenciadas pelo ambiente e manejo como temperatura, umidade, teor de matéria orgânica, pH, entre outros (SILVA NETO et al., 2008).

Assim o objetivo neste trabalho foi avaliar os óxidos de ferro e atributos químicos

e físicos do solo em diferentes ecossistemas do estado do Amapá.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no estado do Amapá, situado na porção setentrional do Brasil, com uma área de aproximadamente 143.453,70 km², e cobertura vegetal diversificada com quatro tipos distintos, sendo eles: floresta densa tropical, formação pioneira, cerrados e floresta de transição (MELÉM JUNIOR et al., 2008).

O clima da região é equatorial quente e úmido, cuja temperatura média anual é de 26 °C e precipitação anual de 2.700 mm, os solos dessa região, geralmente, são ácidos e de baixa fertilidade, representados principalmente por Latossolos, Argissolos e Gleissolos (MELÉM JUNIOR et al., 2008).

Amostragem de solo

Para as amostras de solo, foi delimitada uma área de 30 m x 30 m (900 m²), sendo coletadas na profundidade de 0-0,20 m, cinco amostras simples (em caminhamento zig zag), homogeneizadas, para formar uma amostra composta.

Foram analisadas 15 amostras de solo sendo elas pertencentes aos municípios de Calçoene e Oiaipoque, sendo três amostras em ecossistema de floresta primária, três em floresta secundária, três em pastagem, três em uma antiga área de exploração de ouro e três de cerrado (Figura 1).

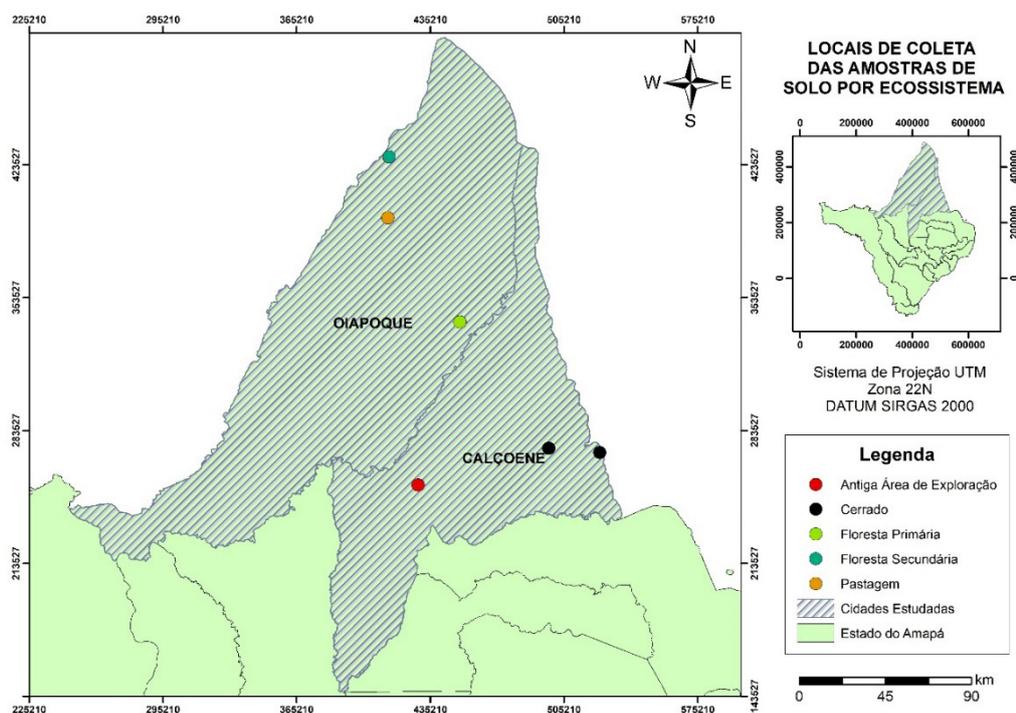


Figura 1. Mapa dos locais de coleta de solo por ecossistema.

Análises químicas e físicas

O solo foi seco ao ar para obtenção de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) e peneirado a 2,0 mm de abertura de malha, para determinação de análises granulométricas, químicas e mineralógicas, de acordo com Manual de Análises de Solo e Planta (EMBRAPA, 2009), o teor de óxidos de ferro foi determinado pelo método do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC, 1986), para os cálculos obteve-se a média da curva-padrão de 0,3212, a partir de então foi realizado o cálculo da quantidade de Fe total.

$$FC = (2,5 \times 1,5 \times 1,42) / m$$

$$\% \text{ Fe} = \text{Absorbância} \times FC$$

onde:

FC = fator de correção

m = média da curva obtida da absorbância dos padrões de ferro 1, 2, 3, 4 e 5 ml de ferro.

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva básica, e para a correlação de Pearson foram adicionados apenas valores das correlações de forte a muito forte, ou seja, aquelas entre 0,7 e 1 (MUKAKA, 2012).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de óxidos de ferro variou de 18,2 g kg⁻¹ a 16,98 g kg⁻¹ (Tabela 1), considerando esses valores em g/kg, tem-se que dez das quinze amostras estudadas apresentaram teor de ferro abaixo de 80 g kg⁻¹, designando um caráter hipoférrico, ou seja, solos com baixos teores de óxidos de ferro. As demais amostras apresentaram valores acima variando entre 80 g kg⁻¹ e 180 g kg⁻¹, sendo classificadas como mesoférricos, ou seja, valores intermediários de óxidos de ferro no solo (SANTOS et al., 2018).

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
% Fe Total	6,49	4,77	1,82	16,98
pH	5,18	0,24	4,9	5,8
Matéria Orgânica	22,92	8,97	9,48	32,76
P (mg/dm ³)	1,13	0,35	1	2
K (cmolc/dm ³)	0,02	0,01	0,01	0,05
Ca + Mg (cmolc/dm ³)	0,59	0,62	0,1	2,3
Al (cmolc/dm ³)	0,72	0,48	0,1	1,5
H + Al (cmolc/dm ³)	6,07	2,08	2,4	8,5
SB (cmolc/dm ³)	0,59	0,61	0,1	2,3
CTC pH7 (cmolc/dm ³)	6,67	2,37	2,6	9,3
Saturação de Bases (%)	8,07	6,23	3	25
Saturação de Alumínio (%)	56,67	30,74	4	88
Areia Total (g/kg)	494,27	170,63	154	742

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Silte (g/kg)	296,93	203,44	44	729
Argila (g/kg)	208,8	118,88	27	414

Tabela 1. Estatística descritiva de atributos químicos, físicos e óxidos de ferro de solos estudados.

Ferro (Fe); fósforo (P); potássio (K); cálcio (Ca); magnésio (Mg); alumínio (Al); hidrogênio (H); soma de bases (SB); capacidade de troca de cátions (CTC).

As amostras coletadas apresentaram-se como sendo solos ácidos, semelhante ao ocorrido nos trabalhos de Paye et al. (2010), indicando tal condição como favorecedora de solubilização e mobilização de nutrientes e metais pesados na solução do solo. Os baixos valores de P, K, e da relação Ca+Mg podem ser atribuídos a essa acidez, fator que promove a diminuição desses nutrientes no solo (WENDLING, 2012).

Os teores de matéria orgânica encontrados, estão relacionados a condição climática mais quente da região e com altos índices de chuva, o que acelera a decomposição da matéria orgânica no solo, (ALMEIDA et al., 2003; BARBIERI et al., 2013), além da rápida decomposição influenciada pela boa drenagem desses solos (NASCIMENTO et al., 2010).

Os resultados encontrados de CTC e Al foram semelhantes aos de Souza Junior et al. (2010), que atribuíram esses valores a condições pedogenéticas, a formação do solo e material de origem, demonstrando intensidade de intemperismo nas amostras estudadas.

Todas as amostras apresentaram valores de saturação por bases (V%) inferiores a 50 %, sendo, portanto, considerados como solos distróficos um indicativo de solos de baixa fertilidade (EMBRAPA, 2010), a baixa saturação por base é um fator também influenciado pela acidez do solo (WENDLING, 2012) que aliada a altos valores de alumínio e CTC demonstram intenso processo de lixiviação ocorrido nesses solos (ALMEIDA et al., 2000).

Os teores médios de saturação por alumínio, argila e silte, corroboram com os encontrados por Almeida et al. (2000), ao estudar a mineralogia de solos vermelhos no planalto de Lages Santa Catarina, que relacionou esses resultados aos efeitos do intemperismo, e associou aos baixos valores de saturação por bases

Os teores médios de areia, silte e argila foram semelhantes aos encontrados por Cândido et al. (2014), onde afirma que os valores de argila, influenciam na maior resistência a perda de solo e água. E a fração textural predominante, encontrada nas amostras foi a franco-arenosa e com textura média, levando em consideração os critérios adotados em Santos et al. (2018).

Ao correlacionar os atributos químicos e físicos (Tabela 2), pode-se observar correlação não significativa entre grande parte dos elementos. A correlação positiva entre os atributos Ca+Mg e soma de bases, saturação por bases, de Al com saturação por alumínio, H+Al com CTC, são correlações já esperadas, uma vez que estão

associadas. Assim como a correlação negativa entre saturação por alumínio e saturação por bases.

Observou-se que os óxidos de ferro apresentaram correlação negativa com a saturação por alumínio, no entanto apresentou correlação positiva e altamente significativa com a soma de bases, V% e Ca e Mg. Solos com menores teores de óxidos de ferro, tendem a liberar mais alumínio, aumentando a saturação por alumínio (Lopes e Guilherme (2004)).

	Fe Total	pH	MO	P	K	Ca + Mg	Al	H + Al	SB	CTC pH7	V	m	Argila	Areia Total
	%		g/kg	mg/dm ³			cmolc/dm ³				---	---	g/kg	
pH	ns													
MO (g/kg)	ns	ns												
P (mg/dm ³)	ns	ns	ns											
K (cmolc/dm ³)	ns	ns	0,72	ns										
Ca + Mg (cmolc/dm ³)	0,85	ns	ns	0,86	ns									
Al (cmolc/dm ³)	ns	ns	ns	ns	ns	ns								
H + Al (cmolc/dm ³)	ns	ns	0,94	ns	ns	ns	ns							
SB (cmolc/dm ³)	0,85	ns	ns	0,86	ns	0,99	ns	ns						
CTC pH7 (cmolc/dm ³)	ns	ns	0,97	ns	ns	ns	ns	0,97	Ns					
V (%)	0,75	ns	ns	0,81	ns	0,94	-0,8	ns	0,93	ns				
m (%)	-0,77	ns	ns	ns	ns	ns	0,85	ns	0,8	ns	-0,9			
Argila (g/kg)	0,71	ns	0,8	ns	ns	-0,81	ns	ns	Ns	ns	Ns	ns		
Areia Total (g/kg)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	Ns	ns	-0,81	
Silte (g/kg)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	Ns	ns	ns	ns

Tabela 2. Matriz de correlação simples entre os atributos químicos e físicos do solo.

Ferro total (Fe), Matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), saturação do alumínio (m%), significativos a 0,05% de probabilidade.

De maneira geral todos os ecossistemas apresentaram altos valores de saturação por alumínio (Figura 2), nestes ambientes os solos apresentaram caráter aluminico de acordo com Santos et al. (2018), podendo causar toxidez por Al as plantas, e os altos valores de CTC observado são devido ao Al, e os baixos valores de saturação por bases (V%) nos solos de floresta primária e secundária, estão relacionados aos baixos valores de Ca e Mg e a elevada acidez potencial (YADA et al., 2015).

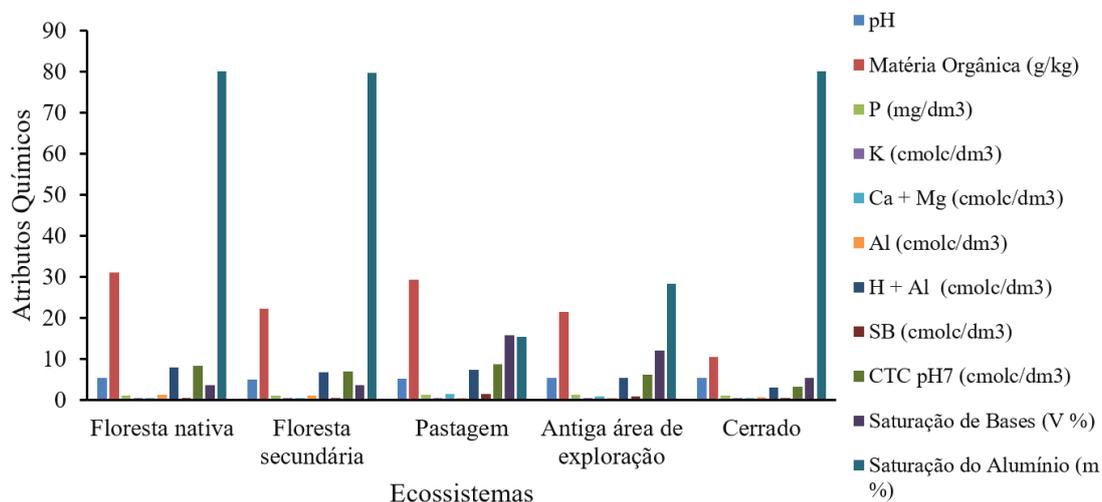


Figura 2. Atributos químicos por ecossistema.

O baixo teor de matéria orgânica foi semelhante ao encontrado por Yada et al. (2015), ao estudar solos degradados por mineração na Amazônia, que atribuiu tal característica ao processo de remoção da cobertura natural, principalmente em solos como os de pastagem, floresta secundária e área de exploração, cuja vegetação ainda não possui total capacidade de recuperação. As maiores concentrações de matéria orgânica foram encontradas nas regiões de floresta primária. Isto demonstra a importância desse ecossistema para a manutenção da qualidade dos solos (AMARAL et al., 2010).

Novais et al. (2007) e Santos et al. (2014) citam os valores de matéria orgânica dos solos, pastagem e antiga área de exploração mineral, como sendo característicos de áreas degradadas, que vem passando por estabelecimento de plantas invasoras, incremento de produção e deposição de material vegetal nesses locais. Segundo Silva Neto et al. (2011), as pastagens possuem a capacidade de depositar material orgânico ao solo, recuperando a matéria orgânica a níveis semelhantes ao da mata nativa.

O solo de cerrado apesar de não ser antropizado, apresenta características peculiares quanto a sua vegetação, a qual apresenta -se menos densa, conferindo a esse ecossistema menores teores de matéria orgânica.

Os elementos Ca, Mg, K, e P, atingiram teores baixos, devido a lixiviação desses elementos e a pouca diferença dos elementos por ecossistemas deve-se a diferença na cobertura vegetal de cada área, além de características de formação desse solo (YADA et al., 2015).

A saturação por bases (V%) foi maior na pastagem e antiga área de exploração, Silva Neto et al. (2011) atribuem essa diferença do solo de pastagem a processos de correção do solo, com isso nota-se um aumento nos teores de Ca e Mg e uma redução nos teores de Al trocável, o que favorece boas condições de desenvolvimento das plantas (SANTOS et al., 2014).

Com base na análise da granulometria, pode-se observar que os solos estudados são predominantemente arenosos na camada superficial (Figura 3), tal característica

atribui a esses solos maior capacidade de infiltração da água das chuvas devido a sua boa drenagem e aeração, maior resistência a compactação, com isso são mais propensos a processos erosivos, e possuem maior potencial de perdas de nutrientes (LIMA e VAZ, 2014).

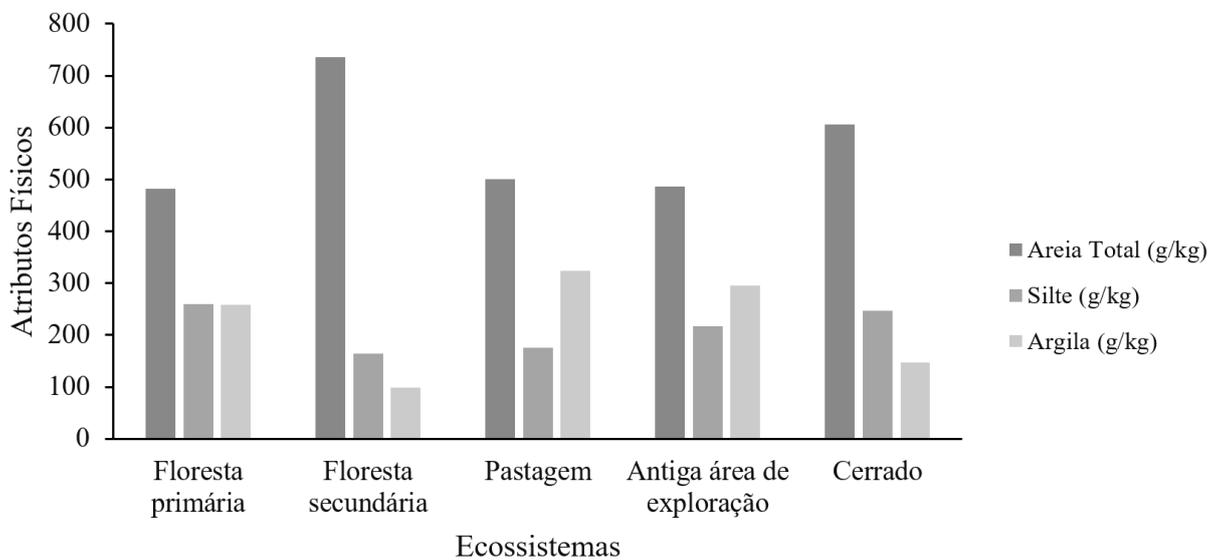


Figura 3. Atributos físicos por ecossistema.

Os ecossistemas de antiga área de exploração e pastagem apresentaram valores mais baixos de areia e mais elevados de argila, no caso da pastagem Lima e Vaz (2014), indicam que essa característica se deve aos processos utilizados no manejo desse solo, pois a característica mais marcante desses solos é de serem mais frágeis e propensos a degradação. Mas é importante ressaltar que a área foi revolvida durante o processo de exploração.

Quanto ao teor de óxidos de ferro (Figura 4), os valores encontrados nos diferentes ecossistemas, corroboraram com os encontrados por Silva Neto et al. (2008) ao estudar óxidos de ferro em Latossolos tropicais brasileiros, que relaciona esses teores, principalmente, ao processo de formação desses solos a partir da rocha matriz, indicativo de intemperismo avançado e semelhança entre os solos estudados.

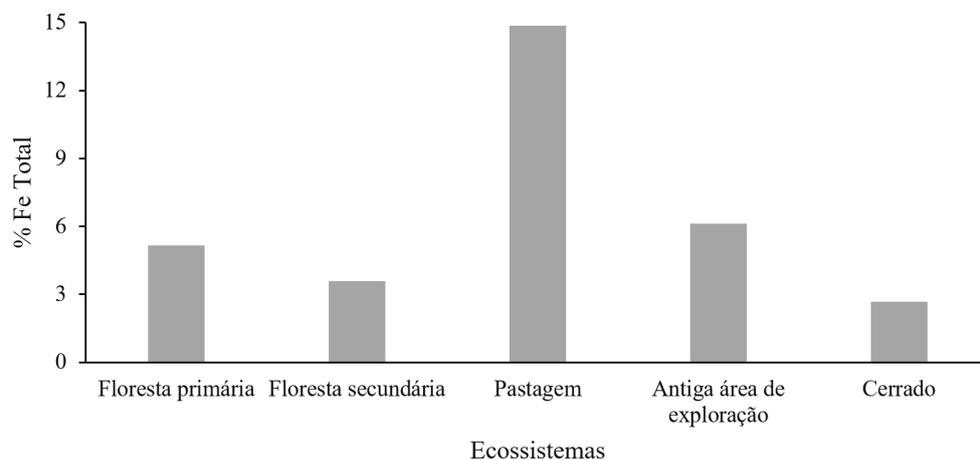


Figura 4. Percentual médio de Óxidos de Ferro por ecossistema.

A variabilidade dos teores de óxidos de ferro pode ser associada ao material de origem dos solos (DALMOLIN et al., 2005), a condições meteorológicas, como chuva, onde solos mais expostos a essa condição tendem a reduzir os teores de óxidos de ferro e a matéria orgânica que pode atuar de forma a mascarar esses teores (SILVA NETO et al., 2008).

Dentre os ecossistemas, os maiores índices de óxidos de Fe foram observados na pastagem com média de 14,87 %, seguido da antiga área de exploração com 6,13 %, Bigham et al. (2002), indicam que esses níveis mais elevados estão relacionados as alterações causadas no ambiente, sejam elas naturais ou antrópicas como no manejo do solo.

4 | CONCLUSÕES

Os solos dos ecossistemas estudados apresentaram-se como predominantemente ácidos de baixa fertilidade, com fração textural franco-arenosa de textura média na camada superficial. Quanto à presença de óxidos de ferro, os solos em sua maioria são classificados como hipoférricos. A diferença encontrada nos valores de óxidos de ferro por ecossistema sofre influência, principalmente por meio de condições climáticas, pedogênicas e manejo do solo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. A.; MACANEIRO, K. C.; KLAMT, E. **Mineralogia da fração argila de solos vermelhos com horizontes superficiais brunados do Planalto de Lages (SC)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 24, n. 4, p. 815-828, 2000.

ALMEIDA, J.; TORRENT, J.; BARRÓN, V. **Cor de solo, formas do fósforo e adsorção de fosfatos em latossolos desenvolvidos de basalto do extremo-Sul do Brasil**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 27, n. 6, p. 985-1002, 2003.

AMARAL, E. F.; LANI, J. L.; BARDALES, N. G.; ARAÚJO, E. A. **Caracterização da matéria orgânica e mineralogia dos solos das bacias dos rios Acre e Iaco, Estado do Acre**. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do solo. Minas Gerais, 2010, Minas Gerais. Anais... Uberlândia, Minas Gerais, 2010.

BARBIERI, D. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; SCALA, J. R. N. L.; SIQUEIRA, D. S.; PANOSSO, A. R. **Comportamento dos óxidos de ferro na fração argila e do fósforo adsorvido, em diferentes sistemas de colheita de cana-de-açúcar**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 37, n. 6, p. 1557-1568, 2013.

BIGHAM, J. M.; FITZPATRICK, R. W.; SCHULZE, D. 2002. **Iron oxides**. In: Dixon, J.B.; Schulze, D.G., eds. Soil mineralogy with environmental applications. Soil Science Society of America Book Series, Madison, WI, USA. p. 323–366, 2002.

CÂNDIDO, B. M.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; BATISTA, P. V. G. **Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na bacia do rio Paraná, no leste do mato grosso do sul**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 38, n. 5, p.1565-1575, 2014.

CHAGAS, M. A. A.; FILOCREÃO, A. S. M.; RABELO, B. V.; FERNANDES, A. V. **A articulação entre o Complexo Verde de Ab'Saber e o Complexo Urbano de Becker como desafio do desenvolvimento regional: Amapá como um caso amazônico.** Revista Brasileira de Pós-Graduação. v. 13, n. 32, p. 829 – 860, 2016.

DALMOLIN, R. S. D.; GONÇALVES, C. N.; KLAMT, E.; DICK, D. P. **Relação entre os constituintes do solo e seu comportamento espectral.** Ciência Rural. v. 35, n. 2, p. 481-489, mar./abr. 2005.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais.** Embrapa. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. 1. ed. versão digital. p. 09-10, 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31004/1/BPD-8.pdf>> Acesso em: 24 de ago. 2017.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, V. M. R. **Atributos químicos de latossolo vermelho submetido a diferentes manejos.** Floresta, Curitiba. v. 45, n. 2, p. 229-240, abr./jun. 2015.

LIMA, J. Z.; VAZ, C. M. P. **Avaliação de propriedades físicas de solos arenosos do cerrado sob área nativa, cultivada com soja ou pastagem.** In: do Simpósio nacional de Instrumentação Agrícola. 2014, São Carlos, Anais... São Carlos, 2014, p. 625-628.

MELÉM JUNIOR, N. J.; FONSECA, I. C. B.; BRITO, O. R.; DECAENS, T.; CARNEIRO, M. M.; MATOS, M. F. A.; GUEDES, M. C.; QUEIRZO, J. A. L.; BBARROSO, K. O. **Caracterização da Fertilidade dos Solos do Estado do Amapá.** In: Fertbio. 2006, Bonito. Anais... Bonito, 2006.

MELÉM JÚNIOR, N. J.; FONSECA, I. C. B.; BRITO, O. R.; DECAENS, T.; CARNEIRO, M. M.; MATOS, M. F. A.; GUEDES, M. C.; QUEIROZ, J. A. L.; BARROSO, K. O. **Análise de componentes principais para avaliação de resultados analíticos da fertilidade de solos do Amapá.** Ciências Agrárias. v. 29, n. 3, p. 499-506, jul./set. 2008.

MUKAKA, M. M. **Statistics Corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research.** Malawi Medical Journal. n. 24, p. 69-71, 2012.

NASCIMENTO, P. C.; LANI, J. L.; MENDONÇA, E. S.; ZOFFOLI, H. J. O.; PEIXOTO, H. T. M. **Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 34, n. 2, p. 339-348, abr. 2010.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **FERTILIDADE DO SOLO.** IN: DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. **Fertilidade do solo e seu manejo em áreas degradadas.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo. p. 955-990, 2007.

PAYE, H. S.; MELLO, J. W. V.; ABRAHÃO, W. A. P.; FERNANDES FILHO, E. I.; DIAS, L. C. P.; CASTRO, M. L. O.; MELO, S. B.; FRANÇA, M. M. **Valores de Referência de Qualidade para Metais Pesados em Solos no Estado do Espírito Santo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa. v. 34, n. 6, p. 2041-2051, nov./dez. 2010.

SANTOS, A. C.; ARAÚJO, A. S.; SANTOS, P. M.; OLIVEIRA, L. B. T.; OLIVEIRA, H. M. R.; ANDRÉ, T. B. **Caracterização física e química dos solos de várzea sob pastejo em relação às superfícies geomórficas.** In: Amazon Soil – I Encontro de Ciência do Solo da Amazônia Oriental. 2010. Gurupi. Anais... Gurupi: Núcleo Regional Amazônia Oriental, 2014. p. 64-72.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed. Brasília. Embrapa, 2018.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB. **Florestas do Brasil em resumo: dados de 2005-2010.** Serviço Florestal Brasileiro. Brasília: SFB, 152 p., 2010.

SILVA NETO, L. F.; INDA, A. V.; BAYER, C.; DICK, D. P.; TONIN, A. T. Óxidos de ferro em **latossolos tropicais e subtropicais brasileiros em plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 32, n. 5, p. 1873-1881, 2008.

SILVA NETO, S. P.; SANTOS, A. C.; LEITE, R. L. L.; DIM, V. P.; CRUZ, R. S.; PEDRICO, A.; NEVES NETO, D. N. **Análise espacial de parâmetros da fertilidade do solo em região de ecótono sob diferentes usos e manejos**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina. v. 32, n. 2, p. 541-552, abr./jun. 2011.

SOUZA JUNIOR, I. G.; COSTA, A. C. S.; VILAR, C. C.; HOEPERS, A. **Mineralogia e susceptibilidade magnética dos óxidos de ferro do horizonte B de solos do Estado do Paraná**. Ciência Rural. v. 40, n. 3, p. 513-519, 2010.

WENDLING, G. F. D. **Formas de alumínio em solo submetido a diferentes manejos e rotações de culturas**. Santa Maria, EdUFMS, 2012.

YADA, M. M.; MINGOTTE, F. L. C.; MELO, W. J.; MELO, G. P.; MELO, V. P.; LONGO, P. M.; RIBEIRO, A. I. **Atributos químicos e bioquímicos em solos degradados por mineração de estanho e em fase de recuperação em ecossistema Amazônico**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 39, n. 3, p. 714-724, mai./jun. 2015.

REORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL DE UM ARGISSOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

Leonardo Pereira Fortes

Estudante de agronomia; Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, RS

Marcelo Raul Schmidt

Estudante de doutorado; Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, RS

Tiago Stumpf da Silva

Estudante de doutorado; Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, RS

Michael Mazurana

Professor adjunto; Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, RS

Renato Levien

Professor titular; Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, RS

RESUMO: A estrutura do solo é um fator importante do ponto de vista físico, químico e biológico, pois a dinâmica de infiltração e armazenamento de água e os processos para o desenvolvimento das plantas dependem diretamente da condição estrutural do solo. Assim, este estudo objetivou avaliar a reorganização estrutural do solo sob diferentes sistemas de manejo em um Argissolo Vermelho

Distrófico típico de Eldorado do Sul/RS. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com parcelas subdivididas. Os tratamentos estudados foram: sistema plantio direto com 16 anos (SPD16); sistema plantio direto com três anos após 13 anos de sistema de preparo reduzido (SPD3ISPR) e sistema plantio direto com três anos após 13 anos de sistema de preparo convencional (SPD3ISPC). Foram avaliadas a condutividade hidráulica saturada (K_{sat}), densidade do solo (D_s), Macroporosidade (Ma), Microporosidade (Mi) e Porosidade total (Pt). Os dados foram submetidos a análise de variância, e quando detectada significância, ao teste de Tukey ($p < 0,05$). A K_{sat} apresentou diferenças significativas na profundidade de 0-0,1 m, sendo que o SPD16 apresentou o melhor resultado ($29,12 \text{ mm h}^{-1}$) seguido pelo SPD3ISPR ($20,52 \text{ mm h}^{-1}$) e pelo SPD3ISPC ($2,3 \text{ mm h}^{-1}$). A D_s também apresentou diferenças significativas na profundidade de 0-01 m, sendo de $1,32 \text{ Mg ha}^{-1}$ em SPD16, $1,43 \text{ Mg ha}^{-1}$ em SPD3ISPR e de $1,53 \text{ Mg ha}^{-1}$ em SPD3ISPC. Concluiu-se que as diferentes formas de manejo influenciam na qualidade estrutural do solo, e que em três anos de adoção do sistema plantio direto, não ocorre estabilização do sistema no solo estudado.

PALAVRAS-CHAVE: estrutura do solo, condutividade hidráulica, densidade do solo, sistema plantio direto

ABSTRACT:The soil structure is an important factor from the physical, chemical and biological point of view, since the dynamics of water infiltration and storage and the processes for the development of the plants depend directly on the structural condition of the soil. Therefore, this study aimed to evaluate the structural reorganization of the soil under different management systems in an Ultisol of Eldorado do Sul / RS. The experimental design was of randomized blocks with subdivided plots. The treatments studied were: 16 year of no tillage system (SPD16); no tillage system with three years after 13 years of reduced tillage system (SPD3 | SPR) and no tillage system with three years after 13 years of conventional tillage system (SPD3 | SPC). The saturated hydraulic conductivity (K_{sat}), soil density (D_s), macroporosity (M_a), microporosity (M_i) and total porosity (P_t) were evaluated. Data were submitted to analysis of variance, and when detected significance, to Tukey test ($p < 0.05$). The K_{sat} presented significant differences in depth of 0-0.1 m, with SPD16 showing the best result (29.12 mm h^{-1}) followed by SPD3 | SPR (20.52 mm h^{-1}) and SPD3 | SPC (2.3 mm h^{-1}). The D_s also presented significant differences in depth of 0-0.1 m, being 1.32 Mg ha^{-1} in SPD16, 1.43 Mg ha^{-1} in SPD3 | SPR and of 1.53 Mg ha^{-1} in SPD3 | SPC. It was concluded that the different systems of management influence the structural quality of the soil, and that in three years of no-tillage system adoption, there is no stabilization of the system in the studied soil.

KEY WORDS: soil structure, hydraulic conductivity, soil density, no-tillage system

1 | INTRODUÇÃO

Ao decorrer do Século XX, a agricultura mundial passou por diversas mudanças em relação a forma que os agricultores a praticam no campo. A maioria dessas alterações ocorreram em função de fatores como a necessidade de aumento da produção, devido ao aumento nas demandas por alimentos e produtos do agronegócio, o que segundo a FAO (2018) é um fator crucial para suportar o aumento populacional contínuo. Além disso, ocorreu um crescimento em extensão das áreas cultivadas, aumento da produtividade através do melhoramento genético de plantas, do avanço tecnológico de máquinas e implementos agrícolas, bem como produtos e insumos de maior qualidade. Esses fatores facilitam o trabalho no campo e melhoram as formas de utilização do solo, substituindo preparos de maior mobilização e alta degradação do solo por sistemas com menor mobilização visando maior sustentabilidade na produção agrícola.

O solo mostra-se como um sistema heterogêneo, em que seus componentes influenciam diretamente seu comportamento diante das diferentes formas de manejo. A estrutura do solo é um fator muito importante do ponto de vista físico, químico e biológico. Ela influencia a dinâmica de infiltração e armazenamento de água, movimentação da solução do solo, as trocas gasosas e também a ação da atividade biológica do solo dependem diretamente da condição de porosidade nele existente (diâmetro, comprimento, tortuosidade, quantidade e distribuição entre macroporos e

microporos) (KLEIN, 2014), possibilitando que ocorram todos os processos naturais de cada tipo de solo. A água, o oxigênio, a temperatura e a resistência mecânica à penetração são os principais fatores que afetam diretamente o desenvolvimento das plantas, sob o ponto de vista da física de solos, e que aliados a uma boa condição biológica e de fertilidade, são os principais componentes para o desenvolvimento de plantas (LETEY, 1985)

O Brasil, característico pela grande extensão territorial, apresenta uma complexidade de utilização dos solos, sendo que dados do MAPA (2017) demonstram que o Brasil utiliza apenas 7,6% do seu território com lavouras, somando por volta de 63,9 milhões de hectares. Os principais manejos de solo utilizados na agricultura brasileira tem sido o sistema de preparo convencional (SPC), com sucessivas arações e gradagens, o sistema de preparo reduzido (SPR) em que o manejo é realizado com escarificadores e o sistema de plantio direto (SPD) em que a semeadura das culturas é realizada diretamente no solo sem nenhum manejo prévio. No entanto, apenas 40% da área é cultivada no sistema plantio direto (FRIEDRICH; DERPSCH & KASSAM, 2012).

As práticas de gradagens e subsolagens, comuns no SPC e SPR, diminuem a qualidade química e física do solo, ao promover a desestruturação e redução dos estoques de matéria orgânica no solo (FERREIRA et al., 2010). Segundo Ferreira et al. (2010), a qualidade estrutural do solo refere-se ao arranjo das partículas constituindo um ambiente dinâmico, cuja alteração determinará um novo comportamento dos processos que ocorrem no solo. Assim, ao utilizar sistemas de preparo que preconizam a mobilização do solo, é comum encontrar lavouras em que o solo fica exposto, com uma quantidade reduzida ou nenhuma cobertura, o que favorece eventos indesejáveis do ponto de vista da conservação do solo. A palhada sobre o solo atua como um dissipador de energia, diminuindo a força com que a gota de chuva atinge o solo, e o protege da formação de selo e crosta superficial, fatores que podem afetar principalmente a emergência e assim o estabelecimento da cultura. Além disso, a manutenção de cobertura do solo, diminui a evaporação, protege o solo da ação direta dos raios solares e mantém temperaturas menores na superfície do solo (MORAES et al., 2016).

Nos sistemas de produção agrícola a água é um dos fatores determinantes à produtividade das culturas, estando intimamente relacionada a instabilidades na produção. Ao mesmo tempo é também fator importante no que diz respeito a degradação do solo, principalmente em regiões onde a chuva apresenta alta erosividade, como no Sul do Brasil (SILVA, 2016) onde esse quadro pode se tornar ainda mais grave quando associada à solos com baixa cobertura vegetal, declividade acentuada e deficiência em técnicas de conservação do solo. Dessa forma, os sistemas de manejo devem proporcionar qualidade estrutural do solo, aumentando sua eficiência na dinâmica de infiltração, retenção e redistribuição de água, pois esses processos irão atuar diretamente na disponibilidade de água às plantas.

Nesse contexto, a partir da década de 70 no Brasil teve início a utilização do SPD, tendo seu pico no final desta década e no início dos anos 80, nos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul, como forma de substituição do sistema de preparo do solo anteriormente vigente, o SPC (MIELNICZUK et al., 2003). Atualmente, com suporte de vários trabalhos de pesquisa, sabe-se que o SPD pode reduzir em até 75% as perdas de solo e em até 22% as perdas de água, quando comparados com o sistema convencional de preparo do solo, anteriormente predominante nas lavouras (BORGES FILHO, 2001). Porém, informações sobre o comportamento do solo em diferentes sistemas em longos períodos de tempo são incipientes, e dificultam o entendimento global dos sistemas de manejo do solo.

Nesse sentido, o Grupo de Pesquisas em Relação Solo-Máquina (GPRSM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) tem dado continuidade a uma série de experimentos de longa duração que tem como objetivo principal avaliar a influência dos diferentes manejos na qualidade estrutural do solo e a sua influência na produtividade das culturas ao longo do tempo, bem como o efeito residual desses sistemas.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e descrição do experimento

O estudo tem ênfase na avaliação de atributos físicos do solo em um sistema de transição de uso do solo, passando de campo natural para lavoura de produção de grãos em diferentes sistemas de manejo do solo, num período de 16 anos.

O experimento foi instalado na safra 2000/01 na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, no Município de Eldorado do Sul, região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul, sob um Argissolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2013). O local se caracteriza por apresentar relevo formado por planícies aluviais amplas e pendentes sedimentares, apresentando declividade entre 0,01 a 0,03 m m⁻¹. O clima da região é subtropical de verão úmido quente – Cfa, com a temperatura do mês mais frio oscilando entre -3 e 18 °C e do mês mais quente superior a 22 °C conforme a classificação de Köppen, (1936). A precipitação média anual é de 1.455 mm, com média mensal de 120 mm. Mesmo assim, a área está sujeita a estiagens frequentes no período de verão (Bergamaschi, 2013). Essas características determinam um ecossistema naturalmente frágil e potencialmente sujeito à degradação quando não são observados o correto uso e aptidão do solo.

O experimento foi manejado durante 13 anos-safra (2000/01 a 2012/13) sob diferentes intensidades de mobilização de solo (SPD, SPR e SPC), porém a partir da safra 2013/14 (primeiro ano sem revolvimento do solo no SPC e SPR) o grupo decidiu testar o efeito residual de cada sistema de manejo ao longo do tempo nos

atributos do solo e sua influência na produtividade das culturas agrícolas. Para isso, passou a manejar todos os sistemas nas bases do SPD, ancorado em alguns pilares, dentre os principais a manutenção da cobertura do solo, a rotação, sucessão e/ou consórcio de culturas e a mínima mobilização de solo. O SPD privilegia o arranjo natural e a manutenção da estrutura do solo, melhorando a quantidade e qualidade de poros, favorecendo a infiltração e o armazenamento de água, estimulando a atividade biológica, aumentando a ciclagem de nutrientes, além de ter maior potencial de estocar carbono, adicionando matéria orgânica ao solo. Essas características podem aumentar a capacidade de suporte de carga e dessa forma diminui os riscos de compactação do solo (MORAES et al., 2016). Além de reduzir os riscos de escoamento superficial e lixiviação de nutrientes em condições de precipitações elevadas (TIECHER, T. et al., 2015).

2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi realizado com três blocos de dimensões de 30 x 30 m, perfazendo uma área de 900 m² para cada bloco. A disposição dos blocos foi ao acaso, e os mesmos foram subdivididos em parcelas nas quais foram distribuídos os três tratamentos: sistema plantio direto com 16 anos (SPD16); sistema plantio direto com três anos após 13 anos de sistema de preparo reduzido (SPD3ISPR) e sistema plantio direto com três anos após 13 anos de sistema de preparo convencional (SPD3ISPC).

Três anos após a conversão de todos os sistemas para o SPD (verão de 2016), iniciaram-se testes de campo e laboratório com o objetivo de analisar a condição estrutural do solo em cada parcela experimental com os diferentes históricos de manejo. Para a análise da condição estrutural do solo foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada, realizadas nas profundidades de 0-0,1 m; 0,1-0,2 m e 0,2-0,3 m, com três repetições. Essas amostras foram submetidas a testes que envolvem a movimentação de água no solo, pois esta é capaz de copiar os poros do solo, permitindo sua utilização para descrever a quantidade, qualidade e distribuição dos poros no perfil do solo. Nesse sentido, os testes utilizados foram a condutividade hidráulica saturada (k_{sat}) realizada em laboratório com amostras de solo indeformadas, a macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), a porosidade total (Pt) e a densidade do solo (Ds).

Os dados foram submetidos a análise de variância, e quando detectada significância, ao teste de Tukey ($p < 0,05$).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A macroporosidade não apresentou diferença significativa entre os manejos de solo (Tabela 01), porém verifica-se que em termos percentuais a parcela SPD3 | SPC

apresenta macroporosidade 40% inferior aos demais tratamentos na camada de 0 a 0,1 m e 45% menor em relação ao SPD16 na camada de 0,1 a 0,2 m. Essa diferença do ponto de vista físico pode ser considerada, visto que valores de macroporosidade inferiores a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na camada de 0 a 0,10 m são críticos para o bom desenvolvimento das plantas (MAZURANA et al. 2011). Esse valor possivelmente foi um dos responsáveis pela maior densidade, menor porosidade total e menor condutividade hidráulica saturada encontradas neste tratamento, sendo esse comportamento já evidenciado em outros trabalhos (MAZURANA et al., 2011). Entre as camadas é natural que ocorra redução da macroporosidade conforme aumenta a profundidade do solo (MAZURANA et al., 2011; CENTURION et al., 2007; REICHERT et al., 2009), isso pode ocorrer tanto pela mobilização causada pelos discos da semeadora, atividade biológica e atividade radicular (GENRO JUNIOR; REINERT & REICHERT, 2004). No entanto, o sistema SPD3 | SPC a macroporosidade foi baixa em todas camadas, refletindo a degradação que este sistema provocou ao solo.

Camadas	0 - 0,1 m	0,1 - 0,2 m	0,2 - 0,3 m
Tratamentos	Macroporosidade $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$		
SPD16	0,14 aA	0,09 aAB	0,05 aB
SPD3 SPR	0,14 aA	0,06 aAB	0,03 aB
SPD3 SPC	0,08 aA	0,04 aA	0,06 aA
	Microporosidade $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$		
SPD16	0,32 aA	0,28 aA	0,31 aA
SPD3 SPR	0,31 aA	0,29 aA	0,33 aA
SPD3 SPC	0,31 aA	0,31 aA	0,30 aA
	Porosidade total $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$		
SPD16	0,46 aA	0,37 aB	0,36 aB
SPD3 SPR	0,45 aA	0,35 aB	0,36 aB
SPD3 SPC	0,43 bA	0,35 aB	0,36 aB
	Densidade do solo Mg m^{-3}		
SPD16	1,32 bB	1,65 aA	1,66 aA
SPD3 SPR	1,43 abB	1,69 aA	1,65 aA
SPD3 SPC	1,53 aB	1,71 aA	1,69 aA

Tabela 01: Macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade de um Argissolo sob diferentes históricos de manejo do solo.

Letras iguais indicam, que no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias. Letras minúsculas comparam médias entre os tratamentos na mesma profundidade nas colunas e letras maiúsculas comparam médias do mesmo tratamento nas linhas nas diferentes camadas avaliadas. SPD16 – sistema de plantio direto com 16 anos; SPD3 | SPR – sistema de plantio direto com três anos após 13 anos de sistema de preparo reduzido; SPD3 | SPC – sistema de plantio direto com três anos após 13 anos de preparo convencional.

A microporosidade não apresentou variação entre tratamentos, nem entre as camadas de solo avaliadas. De forma geral, a microporosidade é influenciada principalmente pela textura e pelo teor de carbono no solo, sofrendo pouca influência direta do manejo (SILVA & KAY, 1997). Porém, em alguns estudos a microporosidade correlaciona-se negativamente com a densidade, pois quando ocorre compactação o sistema poroso é modificado, transformando macroporos em microporos (SILVA;

BARROS & COSTA, 2006). Neste estudo percebeu-se que alguns valores de microporosidade foram menores nos mesmos tratamentos que tiveram os maiores valores de macroporosidade, porém sem nenhuma diferença significativa.

A porosidade total do solo apresentou diferenças significativas entre os tratamentos na camada de 0 a 0,1 m, sendo encontrada a menor Pt no SPC. Dado já constatado por diversos outros autores (CRUZ et al. 2003; BERTOL et al. 2004; TORMENA et al. 2004). A diminuição da porosidade pode causar inúmeros prejuízos, pois juntamente com ela ocorre redução da disponibilidade de água e nutrientes e da difusão de água no solo, o que conseqüentemente prejudica o desenvolvimento das raízes das plantas (TAYLOR & BRAR, 1991). Prejuízo significativo, principalmente por se tratar da camada superficial, onde se concentram cerca de 40 a 60 % das raízes das culturas como soja e milho (BORDIN et al., 2008).

A densidade do solo mostrou, em ordem, a influência dos diferentes manejos no solo, sendo maior no sistema SPD3 | SPC, intermediário no SPD3 | SPR e menor no sistema SPD16. Os valores mostram que quanto maior o histórico de mobilização do solo, maior a densidade. Além disso, três anos de uso do solo no sistema plantio direto, não é capaz de estruturar o solo a ponto de apresentar valores de densidade iguais ao sistema manejado em plantio direto a 16 anos na camada de 0 a 0,1 m. Essa diferença evidencia-se quando se relaciona esse parâmetro com a condutividade hidráulica saturada (K_{sat}) na camada de 0-0,1 m (Figura 01), um parâmetro físico-hídrico que, apresenta a facilidade com que a água se movimenta no solo. Nesse contexto, nota-se a influência do histórico de manejo na área, sendo que no SPD3 | SPC na condição com maior D_s , a condutividade hidráulica foi a menor. A condutividade hidráulica saturada do solo é diretamente relacionada com a infiltração de água, ao aumentar a infiltração, reduz-se o escoamento superficial, diminuindo a perda de água, solo e nutrientes da área (BERTOL et al., 2007). Sabendo-se que a falta de água é um dos responsáveis pela oscilação da produtividade das culturas anuais (DENARDIN; FAGANELLO & SANTI, 2008), sistemas que permitem maior infiltração de água no solo podem garantir maior segurança na colheita. Desta forma, é possível verificar a baixa qualidade do solo da área SPD3 | SPC que é capaz de infiltrar $2,3 \text{ mm h}^{-1}$ na camada de 0 a 0,10 m em relação ao SPD que é capaz de infiltrar $29,1 \text{ mm h}^{-1}$ nesta mesma camada. Essa baixa condutividade hidráulica saturada encontrada é preocupante, visto que esta região apresenta alta intensidade das chuvas, principalmente no verão (SILVA, 2016).

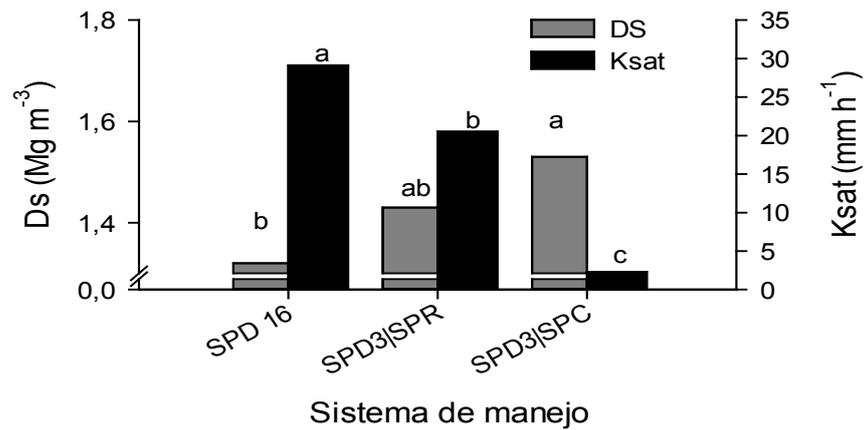


Figura 01: Condutividade hidráulica saturada e densidade do solo em SPD com diferentes históricos de manejo do solo na camada de 0-0,1 m. SPD 16 – Sistema de plantio direto com 16 anos; SPD3|SPR – Sistema de plantio direto com três anos após 13 anos de sistema de preparo reduzido; SPD3|SPC - Sistema de plantio direto com três anos após 13 anos de sistema de preparo convencional.

Por outro lado, estudos indicam que solos manejados sob sistemas com baixa mobilização, como o SPD, permitem maior acúmulo de matéria orgânica (BAYER et al., 2006), e estimulam a atividade da fauna edáfica e de raízes, as quais atuam na formação de bioporos (LLANILLO et al., 2006). A matéria orgânica bem como as atividades biológicas tem papel preponderante na estrutura do solo, refletindo uma condição estrutural definida, com boa agregação, distribuição e conectividade de poros, o que facilita a movimentação de água no solo, apresentando de forma geral maior qualidade de solo (LLANILLO et al., 2006; SILVA; CURI & BLANCANEUX, 2000; ARAÚJO; GOEDERT & LACERDA, 2007).

4 | CONCLUSÃO

Os diferentes sistemas de manejo do solo influenciam sua qualidade estrutural, sendo o plantio direto com 16 anos o sistema mais eficiente quando comparado aos preparos reduzidos e convencional. A reorganização da estrutura do solo após o a adoção do sistema plantio direto ocorre lentamente, necessitando de maiores estudos quanto a evolução desta reorganização.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J. & LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.5, p.1099-1108, out. 2007.

BAYER, C. et al. A method for estimating coefficients of soil organic matter dynamics based on long-term experiments. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 91, n. 1-2, 217-226, Dec. 2006.

BERGAMASCHI, H. et al. Boletim Agrometeorológico da estação experimental agrônômica da

UFRGS: 1970 a 2012. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2013.

BERTOL I. et al. 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, n.1, p.155-163, fev. 2004.

BERTOL, I. et al. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 133-142, fev. 2007.

BORDIN, I. et al. Matéria seca, carbono e nitrogênio de raízes de soja e milho em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.12, p.1785-1792, dez. 2008.

BORGES FILHO, E. L. **O desenvolvimento do plantio direto no Brasil**: a conjunção de interesses entre agricultores, indústria e o Estado. 156 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília DF: [Embrapa], 2013. 353 p.

CENTURION, J.F. et al.. Influência do cultivo da cana-de-açúcar e da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos Vermelhos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.2, p. 199-209, abr. 2007.

CRUZ A. C. R. et al. Atributos Físicos E Carbono Orgânico De Um Argissolo Vermelho Sob Sistemas De Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.6, p. 1105-1112, dez. 2003.

DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A. & SANTI, A. Falhas na implementação do sistema plantio direto levam a degradação do solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.18, p.33-34, 2008.

FERREIRA, M. M. **Caracterização física do solo**. In: Lier, Q. J. van (ed.). Física do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-27, 2010.

FRIEDRICH, T.; DERPSCH, R. & KASSAM, A. Overview of the global spread of conservation agriculture. **The Journal of Field Actions**, Paris, v.6, Sep. 2012.

GENRO JUNIOR, S.A.; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p.477-484, jun. 2004.

KLEIN V. A. **Física do solo**. – 3. Ed. – Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014, 263 p.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. – KÖPPEN, W., R. GEIGER (Eds.): Handbuch der Klimatologie. **Gebrüder Borntrager**, Berlin, n. 1, p. 1–44, 1936. part C.

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

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, New York, v. 1, p. 277–294, 1985.

MAPA. **Lavouras são apenas 7,6% do Brasil, segundo a NASA – 2017** – <http://www.agricultura.gov.br/noticias/dados-da-nasa-demonstram-que-apenas-7-6-da-area-do-brasil-e-ocupada-por-lavouras> – acesso em: 20 de agosto, 2017.

- MAZURANA M. et al. **Sistemas De Preparo De Solo: Alterações Na Estrutura Do Solo E Rendimento Das Culturas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.35, n. 4, p. 1197-1206, jul.-ag. 2011.
- MIELNICZUK, J.; et al. **Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo**. In: CURI, N. et al. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 3, p. 209-248, 2003.
- MORAES, M. T. DE et al. Benefícios das plantas de cobertura sobre as propriedades físicas do solo. In: TIECHER (Ed.). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: Práticas e alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre, RS: UFRGS, p. 34–48, 2016.
- OCDE / FAO, **Perspectivas Agrícolas da OCDE-FAO 2018-2027**, Publicação da OCDE, Paris / Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, Roma, 2018.
- REICHERT, J.M. et al. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n. 3, p.310-319, mar. 2009.
- SILVA, T. S. da. **Erodibilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo e fator manejo e cobertura vegetal da Equação Universal de Perdas de Solo**. 164 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2016.
- SILVA, S.R.; BARROS, N.F. & COSTA, L.M. Atributos físicos de dois Latossolos afetados pela compactação do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 842- 847, dez. 2006.
- SILVA, M.L.N.; CURI, N. & BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2485-2492, dez. 2000.
- SILVA, A.P. & KAY, B.D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, p. 877-883, maio-jun. 1997.
- STÜRMER, S. L. K. **Atributos Químicos, Físico-Mecânicos E Mineralógicos De Um Argissolo Vermelho Submetido A Manejos De Solo Sob Plantio Direto**. 184 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2012.
- TAYLOR, H.M. & BRAR, G.S. Effect of soil compaction on root development. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.19, n. 2-3, p.111-119, Feb. 1991.
- TIECHER, T.; MINELLA, J. P. G. Erosão do solo: um problema mundial agravando-se num contexto de “agricultura conservacionista” no Sul do Brasil. In: TIECHER (Ed.). **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: contextualizando as atividades agropecuárias e os problemas erosivos**. Frederico Westphalen: URI – Frederico Westphen, 2015. p. 123–153.
- TORMENA C. A.; VIDIGAL FILHO P. S.; GONÇALVES A. C. A.; ARAÚJO M. A.; PINTRO J. C. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.65-71, abr. 2004.

RESPOSTA DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM GIRASSOL NO INÍCIO DO ESTÁDIO VEGETATIVO

Samara Ketely Almeida de Sousa

Universidade Federal Rural da Amazônia

Capitão Poço – Pará

Maria Nusiene Araújo de Lima

Universidade Federal Rural da Amazônia

Capitão Poço – Pará

Karolainy Souza Gomes

Universidade Federal Rural da Amazônia

Capitão Poço – Pará

Wendel Kaian Oliveira Moreira

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Cascavel - Paraná

Krishna de Nazaré Santos de Oliveira

Universidade Federal Rural da Amazônia

Capitão Poço – Pará

Raimundo Thiago Lima da Silva

Universidade Federal Rural da Amazônia

Capitão Poço – Pará

RESUMO: O girassol (*Helianthus annuus* L.) é tolerante ao estresse hídrico quando comparado a outras oleaginosas, devido suas características morfológicas e fisiológicas, e ao sistema radicular profundo. É possível que o déficit hídrico imposto em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura interfira na sua morfologia, na produção de fitomassa seca total e promova partições diferenciadas de fotoassimilados entre os órgãos aéreos

das plantas. Com isso, objetivou-se avaliar o comportamento da cultura do girassol, cultivar Catissol, submetido à deficiência hídrica no início de seu estágio vegetativo. O experimento foi conduzido no ano de 2015, em estufa agrícola na Universidade Federal Rural da Amazônia – Campus Capitão Poço. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos de suplementação de água (com irrigação - T1 e sem irrigação - T2) e 10 repetições. Determinou-se a eficiência de uso da água, além disso, foram avaliados os parâmetros de crescimento, desenvolvimento e produção da cultura do girassol. A maior eficiência do uso da água ocorreu no T1. Para número de folhas, altura da planta e diâmetro do caule, houveram diferenças significativas a partir de 7 dias após o plantio, indicando que a suplementação de água mostra-se importante para estes caracteres. Para comprimento das folhas e largura das folhas, verificaram-se diferenças significativas a partir de 11 dias após o plantio, negativamente para o T2, isto indica que a cultura mostrou-se sensível quanto a níveis prolongados de déficits hídricos. A cultivar Catissol não apresentou resistência quando submetida a déficit hídrico em seu estágio vegetativo.

PALAVRAS-CHAVE: *Helianthus annuus* L. Irrigação. Cultivar Catissol.

ABSTRACT: The sunflower (*Helianthus annuus* L.) is tolerant to water stress when compared to other oleaginous, due to its morphological and physiological characteristics, and to the deep root system. It is possible that the water deficit imposed at different stages of crop development interferes with its morphology, the production of total dry biomass and promotes differentiated partitions of photoassimilates between the aerial organs of the plants. The objective of this study was to evaluate the behavior of the sunflower crop, Catissol cultivar, submitted to water deficiency at the beginning of its vegetative stage. The experiment was conducted in 2015, in an agricultural greenhouse at the Federal Rural University of Amazonia - Capitão Poço Campus. The experimental design was completely randomized, with two treatments of water supplementation (with irrigation - T1 and without irrigation - T2) and 10 replications. The water use efficiency was determined, in addition, parameters of growth, development and production of the sunflower crop were evaluated. The greatest efficiency of water use occurred in T1. For leaf number, plant height and stem diameter, there were significant differences from 7 days after planting, indicating that water supplementation is important for these characters. For leaf length and leaf width, there were significant differences from 11 days after planting, negatively for T2, indicating that the crop was sensitive to prolonged levels of water deficits. The Catissol cultivar did not present resistance when submitted to water deficit in its vegetative stage.

KEYWORDS: *Helianthus annuus* L. Irrigation. Catissol cultivar.

1 | INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma cultura que apresenta características desejáveis sob o ponto de vista agrônomo, como ciclo curto, boa produtividade, elevada qualidade e rendimento em óleo, o que faz com que a mesma seja integrante de sistemas de produção de grãos e biodiesel (Viana et al., 2012). Conforme Uchôa et al. (2011), o girassol vem ganhando cada vez mais importância no Brasil, ocupando posição de destaque entre as cinco mais importantes espécies anuais fornecedoras de óleo no mundo.

Para Freire (2016), a cultura do girassol é tolerante ao estresse hídrico comparado a outras oleaginosas, devido às características morfológicas e fisiológicas, e ao sistema radicular profundo, que quando bem implantada pode absorver água de uma profundidade de dois metros, o que não significa que seu desenvolvimento não seja alterado com a deficiência hídrica no solo.

Dentre as estratégias propostas para maximizar o uso eficiente da água na agricultura, destaca-se o emprego da estratégia de manejo da irrigação com déficit hídrico em estádios específicos de desenvolvimento da cultura que se mostram menos sensíveis, podendo-se, então, reduzir a lâmina de água aplicada, economizando água e acarretando mínimos efeitos sobre a produtividade, mantendo a mesma em um patamar satisfatório (Miorini et al., 2011; Silva et al., 2014).

O déficit hídrico é o resultado (negativo) do balanço hídrico em que o total de água

que entra no sistema via precipitação é menor que a quantidade total de água perdida pela evaporação e pela transpiração pelas plantas. Tal técnica deve ser bem estudada regionalmente em função das condições climáticas, e sem regras pré-estabelecidas de datas marcadas para início e fim (Duarte et al., 2012).

Conforme Silva et al. (2012), é possível que o déficit hídrico imposto em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do girassol interfira na sua morfologia, na produção de fitomassa seca total e promova partições diferenciadas de fotoassimilados entre os órgãos aéreos das plantas.

Desta forma, objetivou-se avaliar o comportamento da cultura do girassol, cultivar Catissol, submetido à deficiência hídrica no início de seu estágio vegetativo.

2 | METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no ano de 2015, em estufa na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) – Campus Capitão Poço, microrregião do Guamá, localizada a 226 km da capital Belém com coordenadas geográficas: latitude de 01°44'47" S e longitude de 47°03'34" W. O município de Capitão Poço apresenta uma amplitude de 25,7 a 26,9°C com média anual de 26,2°C, apenas 1,2°C de variação (Silva et al., 2011).

As sementes da cultivar catissol foram adquiridas da Universidade Federal do Ceará. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos de suplementação de água (com irrigação - T1 e sem irrigação - T2) e 10 repetições. Cada repetição foi constituída de dois vasos plástico preto de 5 L preenchidos com solo característicos de Latossolo Amarelo Distrófico (Ribeiro et al. 2006). Os vasos foram dispostos sobre uma bancada de 0,70 m de altura e espaçados de 0,50 m, além de serem revestidos externamente com papel jornal, para reduzir a absorção da radiação solar e evitar o aumento da temperatura do substrato, o que constituiria uma fonte de erro experimental. O solo utilizado foi corrigido de acordo com as necessidades nutricionais da cultura.

Foi utilizada a proporção de 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 20 kg ha⁻¹ de KCl e 40 kg ha⁻¹ de N, de acordo com Lira et al. (2009). O nitrogênio foi parcelado em duas doses, onde a primeira ocorreu na data equivalente ao plantio e o restante 30 dias após o mesmo. O fósforo e o potássio foram aplicados em dose única.

As temperaturas mínimas e máximas diárias do ar foram medidas com um termohidrômetro instalado dentro da estufa agrícola.

A deficiência hídrica foi imposta 24 dias após o plantio (DAP), quando as plantas apresentaram, em média, 10 folhas acumuladas na haste principal (HP). No início do experimento, os vasos foram saturados com água, deixados drenar por 24 h para atingir a capacidade de campo e então serem pesados para a determinação da massa inicial, além de nesta mesma data ocorrer o processo de plantio.

Diariamente, ao final da tarde, todos os vasos eram pesados. Logo após

a pesagem, os recipientes eram irrigados com a quantidade de água perdida pela transpiração das plantas, determinada pela diferença entre a massa do vaso no dia específico e a massa inicial (massa do solo na capacidade de campo).

Determinou-se a eficiência de uso da água (EUA) (Hsiao e Acevedo, 1974; Gonçalves e Passos, 2000). Esse indicador fornece a quantidade de água, em litros, necessária para a produção de 1 kg de biomassa ($L\ kg^{-1}$ de H_2O na massa seca) (Silva et al., 2004). Para a determinação da EUA, foi selecionada uma repetição de cada tratamento antes da aplicação da deficiência hídrica (biomassa inicial), na qual foi determinada a biomassa seca total e de cada compartimento (folhas, caule e raízes), pesando-se o material levado à estufa a 65 °C até massa constante. Ao término do experimento, foi determinada a biomassa total e de cada compartimento em todas as plantas das repetições. A EUA foi calculada pela equação (Silva et al., 2004):

$$EUA = \frac{\text{Total de água transpirada em cada tratamento}}{\text{Biomassa final} - \text{biomassa inicial de cada tratamento}}$$

No momento em que foi imposta a deficiência hídrica, para garantir que a água fosse perdida apenas por meio da transpiração das plantas, todos os vasos foram cobertos por um plástico preto (lona), a fim de minimizar a perda de água pela evaporação do solo. A partir deste momento, ocorreu o mesmo processo de determinação das massas dos vasos, contudo apenas os vasos do T1 foram irrigados diariamente, já que as unidades experimentais do T2 foram suspensas de irrigação até o final do experimento. O método utilizado para quantificar o déficit hídrico foi o de Sinclair e Ludlow (1986), Lecoeur e Sinclair (1996), Bindi et al. (2005) e Sinclair et al. (2005).

Além disso, foram avaliados os parâmetros de crescimento e desenvolvimento: número de folhas, altura da planta, comprimento das folhas, largura das folhas e diâmetro do caule; e de biomassa: massa fresca das folhas, massa fresca do caule, massa fresca da raiz, massa seca das folhas, massa seca do caule e massa seca da raiz.

O término do experimento foi considerado quando, em média, 90% das plantas do T2 não apresentaram mais atividade metabólica, sendo este fator determinado pelas folhas quando as mesmas encontravam-se permanentemente secas.

Para a realização das análises estatísticas, cada variável foi submetida ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov. Posteriormente, realizou-se a análise de variância (Anova) para os dados que apresentaram normalidade. Para estes foi aplicado o teste t de Student (5%) por meio do software ASSISTAT Versão 7.7 beta (Silva, 2009). Os demais foram submetidos às análises pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, por meio do software Action. Ambas as pesquisas foram realizadas com o auxílio de planilhas eletrônicas.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a eficiência do uso de água para a cultivar de girassol Catissol, de acordo com os tratamentos de suplementação de água estudados. Por meio dos dados de produção de fitomassa e com o consumo de água da cultura do girassol, foi possível observar que a maior eficiência do uso da água ocorreu no tratamento com suplementação de irrigação (T1), ou seja, houve maior capacidade de reversão do volume de água consumido em produção de matéria seca pelas plantas.

TRATAMENTO	EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA (L kg ⁻¹ de H ₂ O)
T1 - com irrigação	376,6
T2 - sem irrigação	517,1

Tabela 1 - Valores de Eficiência do Uso da Água (EUA) da cultura do girassol cultivar Catissol em função da suplementação de água.

Duarte et al. (2012), trabalharam com a cultivar Catissol 01, verificaram que houve redução na eficiência do uso da água na produtividade potencial do óleo com a diminuição da suspensão hídrica, onde os valores máximos para esta variável foram obtidos com as aplicações de menores lâminas de irrigação. Contudo, Silva et al. (2013) verificaram que o manejo da irrigação com déficit na cultura do girassol resulta em maior eficiência de uso da água por parte da cultura.

Situações semelhantes aos resultados obtidos neste estudo foram observadas por Barros Júnior et al. (2008) para a cultura oleaginosa mamona, em que sua eficiência do uso da água aumentou à medida em que houve o aumento do volume de água aplicado na irrigação.

Para as variáveis número de folhas, altura da planta e diâmetro do caule, da cultura do girassol, verificou-se que não houveram diferenças significativas por meio do teste t de Student ($p < 0,05$) entre o primeiro e o quinto dia após a deficiência hídrica (DAD) (Tabelas 2, 3 e 4). Somente a partir de 7 DAD verificou-se diferenças significativas entre os tratamentos para tais variáveis, até o final do experimento, indicando que a suplementação de água é um componente de suma importância nestes caracteres.

Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2012), onde o número de folhas reduziu com o déficit de irrigação no estágio vegetativo. Segundo Nazarli et al. (2010), na espécie estudada as folhas constituem a principal fonte de produção de fotossintatos que são essenciais para o enchimento dos aquênios e qualquer incidência de déficit hídrico, independente do período de crescimento, acarreta reduções no desempenho agrônomo em decorrência da redução do próprio número de folhas emitidas, tal como pela perda de turgescência das folhas remanescentes.

Avaliações	Número de folhas			Avaliações	Altura da planta		
	T1	T2	CV %		T1	T2	CV %
1 DAD	10,61 a	11,06 a	5,7	1 DAD	25,68 a	26,83 a	17,48
3 DAD	11,11 a	11,5 a	7,46	3 DAD	28,28 a	27,34 a	14,1
5 DAD	11,94 a	11,67 a	7,99	5 DAD	31,88 a	29,86 a	14,83
7 DAD *	13 a	11,0 b	10,79	7 DAD	36,11 a	30,77 b	13,49
9 DAD	12,44 a	9,72 b	10,28	9 DAD	39,52 a	31,74 b	14,71
11 DAD	13,33 a	8,22 b	12,93	11 DAD	42,98 a	31,47 b	14,74
13 DAD	12,94 a	7,33 b	17,73	13 DAD	46,36 a	31,47 b	17,1
15 DAD*	16 a	6,0 b	44,74	15 DAD	52,59 a	30,94 b	14,4
17 DAD*	16 a	6 b	52,72	17 DAD*	57 a	31,1 b	31,89
19 DAD*	17 a	5 b	57,31	19 DAD*	60,8 a	30,6 b	34,99
21 DAD*	18 a	4 b	6,02	21 DAD*	67,5 a	31,3 b	38,53
23 DAD*	18 a	2 b	46,3	23 DAD	8,51 a	5,01 b	17,97

Tabela 2 - Teste de média dos respectivos Dias Após Deficiência Hídrica (DAD) para as variáveis: Número de folhas e Altura das plantas. Para dados normais foi utilizado o teste t de Student ($p > 0,05\%$).

Médias seguidas de letras iguais, nas linhas, não diferem entre si;

*Dados que não apresentaram normalidade, para estes foi utilizado o Teste não – paramétrico de Kruskal-Wallis, por meio do software Action.

Para a variável altura das plantas (Tabela 2), podemos observar que as plantas de girassol, quando irrigadas, apresentaram melhores resultados em relação aos dias após o déficit hídrico. Isto pode ser explicado levando-se em conta que a deficiência hídrica acarretou, sem dúvida, reduções no potencial da água das células componentes do caule até o alcance de um nível de potencial hídrico inferior ao mínimo necessário para o desencadeamento do processo de alongamento celular dos entrenós acarretando, dentre as consequências, uma altura menor das plantas (Nezami et al., 2008).

Para as variáveis comprimento e largura das folhas, verificaram-se diferenças significativas somente a partir de 11 DAD, negativamente para o T2 (Tabelas 3). Isto indica que, apesar dos valores mostrarem-se baixos, em relação às plantas que não receberam suplementação de água, a cultura mostrou-se relativamente resistente quanto a níveis prolongados de déficits hídricos.

Avaliações	Comprimento das folhas			Avaliações	Largura das folhas		
	T1	T2	CV %		T1	T2	CV %
1 DAD	8,43 a	8,33 a	6,35	1 DAD	4,74 a	4,73 a	6,19
3 DAD	8,52 a	8,41 a	6,41	3 DAD	4,83 a	4,88 a	6,4
5 DAD	8,4 a	8,9 a	14	5 DAD*	4,82 a	4,77 a	5,9
7 DAD *	8,41 a	8,19 a	7,36	7 DAD	4,93 a	4,76 a	6,6
9 DAD*	8,21 a	7,75 a	8,52	9 DAD	4,88 a	4,54 a	8,61

11 DAD	8,08 a	7 b	9,36	11 DAD	4,85 a	4,2 b	9,81
13 DAD	8,04 a	6,3 b	11,21	13 DAD	4,91 a	3,76 b	10,77
15 DAD*	8,77 a	5,9 b	9,5	15 DAD	5,49 a	3,42 b	11,06
17 DAD	9,06 b	5,03 b	10,56	17 DAD	5,7 a	09,0 b	35,03
19 DAD*	9,4 a	4,3 b	37,59	19 DAD*	6 a	2,3 b	45,13
21 DAD*	9,9 a	3,7 b	46,53	21 DAD*	6,3 a	1,9 b	54,2
23 DAD*	10,3 a	2,7 b	33	23 DAD*	6,3 a	1,3 b	34,5

Tabela 3 - Teste de média dos respectivos dias após deficiência hídrica (DAD) para as variáveis: comprimento das folhas e largura das folhas. Para dados normais foi utilizado o teste t de Student ($p > 0,05\%$).

Médias seguidas de letras iguais, nas linhas, não diferem entre si.

*Dados que não apresentaram normalidade, para estes foi utilizado o Teste não – paramétrico de Kruskal-Wallis, por meio do software Action.

Em relação à variável diâmetro do caule (Tabela 4), segundo Taiz e Zeiger (2009) sua variação possui os mesmos princípios que governam a restrição do crescimento das folhas, diante do déficit hídrico. Para Nezami et al. (2008), um dos efeitos da redução na disponibilidade hídrica sob a morfologia do girassol é a redução do diâmetro do caule, em função do menor crescimento do raio do caule, condições em que o crescimento da haste principal e dos ramos laterais é suprimido e, por conseguinte, é encerrada uma partição menor de matéria seca no caule. Além disso, Silva et al. (2012) comentaram que o incremento do diâmetro do caule em girassol, ao longo de seu ciclo, é de suma importância por refletir acúmulos significativos de fitomassa seca com o intuito de sustentar a futura produção.

Silva et al. (2014) submeteram a cultura do girassol ao déficit hídrico em seu estágio vegetativo e verificaram que o rendimento de aquênios foi bastante influenciado devido a restrição da água. Resultados semelhantes desta pesquisa foram encontrados por Dutra et al. (2012) com o híbrido Embrapa 122/V-2000 em seu estágio R4 (início da abertura da inflorescência), em que as plantas submetidas a maiores teores de água produziram um maior número de folhas (por consequência aumento da área foliar), maior crescimento da planta e maiores valores no diâmetro do caule.

Avaliações	Diâmetro do caule		
	T1	T2	CV %
1 DAD	5,69 a	5,7 a	6,95
3 DAD	6,25 a	6,06 a	7,37
5 DAD	6,37 a	6,19 a	7,92
7 DAD	6,73 a	6,09 b	9,2
9 DAD	6,91 a	5,99 b	10,8
11 DAD	15,8 a	13,99 b	7,07
13 DAD	7,36 a	5,6 b	9,64
15 DAD	7,8 a	5,53 b	18,67

17 DAD*	16,43 a	13,28 b	4,25
19 DAD*	8,38 a	5,16 b	25,31
21 DAD*	8,81 a	5,06 b	28,12
23 DAD*	8,98 a	4,48 b	22,51

Tabela 4 - Teste de média dos respectivos dias após deficiência hídrica (DAD) para a variável: diâmetro do caule. Para dados normais foi utilizado o teste t de Student ($p > 0,05\%$).

Médias seguidas de letras iguais, nas linhas, não diferem entre si.

*Dados que não apresentaram normalidade, para estes foi utilizado o Teste não – paramétrico de Kruskal-Wallis, por meio do software Action.

Valores muito altos de coeficiente de variação (CV%) foram observados para as variáveis número de folhas, altura da planta, comprimento e largura das folhas ao longo do aumento dos dias após a deficiência hídrica (Tabela 2, 3 e 4).

O coeficiente de variação permite comparações entre variáveis de naturezas distintas e fornece uma ideia de precisão dos dados. No entanto, o mesmo é uma medida da característica analisada, dessa forma não considera as particularidades da cultura avaliada, a natureza do ensaio e, principalmente a variável estudada, o que podem ser relevantes para a correta interpretação das magnitudes dessa medida (Garcia, 1989). Um dos motivos que podem ter levado ao aumento do CV nesta pesquisa foi à anormalidade de dados ao longo do estudo, isto pode ter ocorrido devido alguns fatores como a amplitude térmica da estufa em que as plantas estavam sendo estudadas.

As plantas de girassol analisadas não mostraram tanta resistência, isto fez com que as mesmas não atingissem os estádios finais para uma significativa produção de aquênios. Além da imposição de deficiência hídrica, outro fator que pode ter auxiliado à paralisação da atividade metabólica das plantas, aos 23 DAD, foram as oscilações de temperatura máximas e mínimas no interior da área experimental (estufa agrícola) (Figura 1).

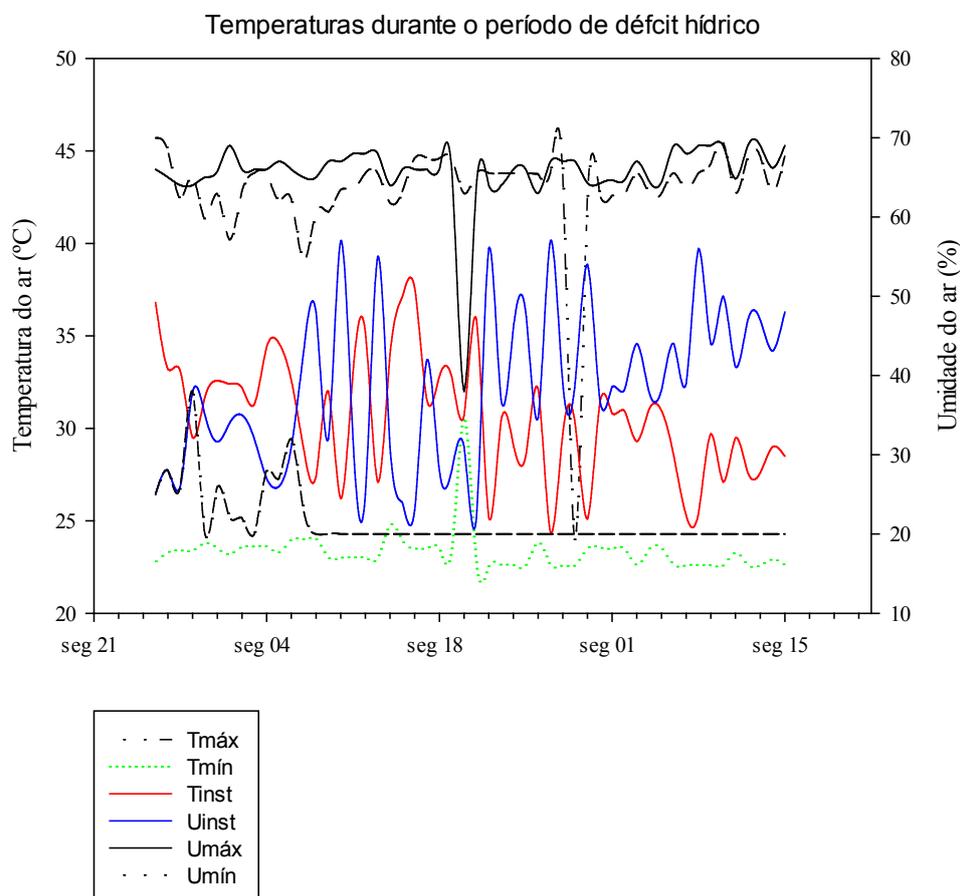


Figura 1- Monitoramento de temperatura na estufa entre 20/janeiro a 14/fevereiro de 2016, área experimental UFRA/CCP.

A Tabela 5 apresentam resultados de produção da cultivar Catissol, onde foi observado que, para as massas frescas de caule, folhas e raiz, houveram diferenças significativas entre os tratamentos. Foram observados maiores valores das médias para o tratamento que recebeu suplementação de água normalmente, sendo para ambos utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Para as mesmas variáveis verificaram-se CV com alta dispersão dos dados.

Para as massas secas do caule, folha e raiz também foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos, e apenas a variável massa seca das folhas apresentou CV muito alto (Tabela 5).

	MFF*	MFC*	MFR*	MSF*	MSC	MSR
T1	29,1 a	42,19 a	22,39 a	5,35 a	5,63 a	3,61 a
T2	2,67 b	4,29 b	3,61 b	1,79 b	2,28 b	2,07 b
CV %	87,97	84,43	79,62	51,69	29,24	28,05

Tabela 5 - Teste de média a nível de 5% de probabilidade para as variáveis: Massa fresca da folha (MFF), Massa fresca do caule (MFC), Massa fresca da raiz (MFR), Massa seca da folha (MSF), Massa seca do caule (MSC), Massa seca da raiz (MSR). Para dados normais foi utilizado o teste t (5%).

*Dados que não apresentaram normalidade, foi utilizado o Teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, por meio do software Action. Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem significativamente.

É bem nítido que os tratamentos que receberam irrigação apresentaram melhores resultados em produção de biomassa na cultura do girassol. E as plantas que tiveram interrupção no fornecimento hídrico foram severamente afetadas de forma negativa, podendo isto ser observado nos valores de médias obtidos (Tabela 5).

De acordo com Andrade e Abreu (2007) a produção de matéria seca no girassol sob déficit hídrico é negativamente afetada devido à redução da área foliar e consequente redução da radiação solar interceptada e utilizada na produção de biomassa. Além disso, Silva et al. (2012) menciona que os estádios fenológicos da cultura do girassol variam muito em questão de demanda hídrica, isto revela a importância do suprimento hídrico adequado durante a fase vegetativa para a efetivação de um vigoroso crescimento por parte das plantas, refletindo em elevadas produções de fitomassa.

4 | CONCLUSÃO

A cultivar Catissol não apresentou eficiência do uso da água quando suspensa de irrigação em seu estágio vegetativo, por meio de dados de produção de biomassa.

Por meio das variáveis número de folhas, altura da planta e diâmetro do caule, verificou-se que a suplementação de água na cultura do girassol possui papel relevante para seu desenvolvimento.

As variáveis comprimento e largura das folhas só apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos a partir de 11 dias após a deficiência hídrica.

Todas as variáveis de biomassa apresentaram resultados inferiores quando submetidas ao déficit hídrico no início do estágio vegetativo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. A.; ABREU, F. G. Influência da temperatura e do teor de umidade do solo na área foliar e acumulação de matéria seca durante o estabelecimento da ervilha, do milho e do girassol. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.30, p.27-37, 2007.

BARROS JÚNIOR, G.; GUERRA, H. O. C.; CAVALCANTI, M. L. F.; LACERDA, R. D. de. Consumo de água e eficiência do uso para duas cultivares de mamona submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campo Grande, v.12, n.4, p.350–355, 2008.

DUARTE, J. M. de L. et al. Eficiência do uso da água na produção de óleo do girassol (*Helianthus annuus* L.), sob suspensão hídrica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.6, n. 3, p. 166 - 175, 2012.

DUTRA, C. C.; PRADO, E. A. F. do; PAIM, L. R.; SCALON, S. de. P. Q. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2657-2668, 2012.

FREIRE, J. de O. **Cultivo do girassol irrigado sob diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio**. Tese (Doutorado em Manejo do Solo e Água) –Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 41 f. 2016.

GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 12p. 1989.

GONÇALVES, M. R. & PASSOS, C. A. M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 10, n.2, p. 145-161, 2000.

HSIAO, T. C. & ACEVEDO, E. Plant responses to water deficits, water-use efficiency, and drought resistance. **Agric. Meteorol.**, v. 14, p. 59-84, 1974.

LECOEUR, J. & SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Sci.** v. 36, p. 331-335, 1996.

LIRA, M. A.; CHAGAS, M. C. M. das; BRISTOT, G.; DANTAS, J. A.; HOLANDA, J. S. de. ; LIMA, J. M. P. de. **Recomendações técnicas para o cultivo do girassol**. Natal: Empresa de pesquisa agropecuária do Rio Grande do Norte, 2009.

MIORINI, T. J. J.; SAAD, J. C. C.; MENEGALE, M. L. Supressão de água em diferentes fases fenológicas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Irriga**. Botucatu, v. 16, n. 4, p. 360-368 , outubro-dezembro, 2011.

NAZARLI, H.; ZARDASHTI, M. R.; DARVISHZADEH, R.; NAJAFI, S. The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits of sunflower under greenhouse condition. **Notulae Scientia Biologicae**, v.2, p.53-58, 2010.

NEZAMI, A.; KHAZAEI, H. R.; REZAZADEH, Z. B.; HOSSEINI, A. Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus*) in controlled conditions. **Journal Desert**, v.12, p.99-104, 2008.

RIBEIRO, S. I.; SILVA, E. G. da; RIBEIRO, N. S. V. Desempenho de laranjeiras em Capitão Poço – PA. Belém: Embrapa, 2006. 16p. ISSN 1676-5265.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. **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, 2009.

SILVA, W.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A.A. & CARDOSO, A.A. Índice de consumo e eficiência do uso da água em eucalipto, submetido a diferentes teores de água em convivência com a braquiária. **Floresta**. Curitiba, v. 34, p. 325-335, 2004.

SILVA, A. G. da, BOIÇA JUNIOR, A. L., FARIAS, P. R. S., BARBOSA, J. C. Infestação da mosca-negra-dos-citros em pomares de citros, em sistemas de plantio convencional e agroflorestal. **Rev. Bras. Frutic**. Jaboticabal - SP, v. 33, n. 1, p. 053-060, 2011.

SILVA, A. R. A. da. et al. Morfologia e fitomassa do girassol cultivado com déficits hídricos em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.16, n.9, p.959–968, 2012.

SILVA, A. R. A. da. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 86-93, 2013.

SILVA, A. R. A. da. et al. Coeficientes de sensibilidade ao déficit hídrico para a cultura do girassol nas condições do Semiárido Cearense. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza, v.8, n. 1, p. 38 - 51, 2014.

SINCLAIR, T. R. & LUDLOW, M. M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. **Aust. J. Plant Physiol.** v. 13, p. 319-340, 1986.

SINCLAIR, T. R.; HOLBROOK, N. M. & ZWIENIECKI, M. A. Daily transpiration rates of woody species on drying soil. **Tree Physiol.** v. 25, p. 1469-1472, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 848p. 2009.

UCHÔA, S. C. P. et al. Adubação de potássio em cobertura nos componentes de produção de cultivares de girassol. **Revista Ciência Agronômica.** Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 8-15, 2011.

VIANA, T. V. A.; LIMA, A. D.; MARINHO, A. B.; DUARTE, J. M. L.; AZEVEDO, B. M.; COSTA, S. C. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do Girassol, sob condições Semiáridas. **Irriga. Botucatu,** v.17, n.2, p.126-136, 2012.

RESPOSTA DE PLANTAS DE RÚCULA A DOSES CRESCENTES DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA MANDIOCA

Martiliana Mayani Freire

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife - Pernambuco

Gleyse Lopes Fernandes de Souza

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Macaíba – Rio Grande do Norte

Éric George Morais

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Macaíba – Rio Grande do Norte

Ellen Rachel Evaristo de Morais

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Macaíba – Rio Grande do Norte

Gabriel Felipe Rodrigues Bezerra

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Macaíba – Rio Grande do Norte

Gualter Guenther Costa da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Macaíba – Rio Grande do Norte

RESUMO: O uso de água residuária da mandioca como fertilizante orgânico é uma alternativa viável para adubação da rúcula, devido às características de biofertilizante e inseticida que esta possui. O objetivo foi avaliar a resposta de plantas da rúcula (*Eruca sativa* Miller) a doses crescentes de manipueira. O experimento foi conduzido na Área de Experimentação da Escola Agrícola de Jundiáí/UFRN. A manipueira utilizada foi oriunda do

distrito do Cobé, município de Vera Cruz/RN. Utilizou-se a variedade rúcula cultivada, quatro doses de manipueira (0, 60, 90 e 120 m³ ha⁻¹) e uma mineral (recomendação padrão de adubação), com quatro repetições para cada tratamento. A aplicação dos tratamentos foi realizada 10 dias antes do transplântio, devido a manipueira possuir na sua composição ácido cianídrico, podendo o mesmo provocar toxidez as plantas. As variáveis analisadas foram: altura de planta, número de folhas comerciais, massa fresca e massa seca. A colheita da rúcula ocorreu 35 dias após o transplântio. Observou-se efeito linear crescente significativo para as variáveis altura de planta e número de folhas comerciais em resposta às doses de manipueira até a dose de 120 m³ ha⁻¹, obtendo-se, em média, 11,88 folhas/planta. Para as variáveis massa fresca e massa seca, constatou-se um incremento em seus valores à medida que se aumentou as doses de manipueira. Ao comparar as doses de manipueira com a adubação mineral, constatou-se que a dose de 60 m³ ha⁻¹ apresentou resultados médios próximos aos resultados médios da dose de fertilizante mineral para todas as variáveis analisadas.

PALAVRAS-CHAVE: Manipueira, Adubação orgânica, Hortaliça.

ABSTRACT: The use of cassava wastewater as organic fertilizer is a viable alternative to the

rocket fertilization, a biofertilizer due to characteristics and insecticide it possesses. The objective was to evaluate the rocket plant response (*Eruca sativa* Miller) to increasing doses of cassava. The experiment conducted in the Experimental Area of the Agricultural School of Jundiaí/UFRN. Manipueira used derived from the Cobé district, municipality of Vera Cruz/RN. We used the variety cultivated arugula, four doses of cassava (0, 60, 90 and 120 m³ h⁻¹) and a mineral oil (standard recommendation fertilization), with four repetitions for each treatment. The spraying done 10 days after transplanting, because cassava has on its composition hydrocyanic acid, it may cause toxicity to plants. The variables analyzed plant height, number of commercial leaves, fresh and dry mass. The harvest of the rocket occurred 35 days after transplanting. There was significant linear increasing effect for plant height and number of variables commercial cassava leaves in response to doses to dose of 120 m³ h⁻¹, yielding an average of 11.88 leaves / plant. For fresh pasta variables and dry mass, there was an increase in their values as they increased doses of cassava. By comparing the doses of cassava with mineral fertilizer, it found that the dose of 60 m³ h⁻¹ showed average scores close to the average results of the mineral fertilizer dose for all variables.

KEYWORDS: Cassava, organic fertilizer, vegetable.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos maiores dilemas da agricultura mundial que recai sobre a sociedade, é como aumentar a produção de alimentos para atender a demanda populacional crescente e minimizar os impactos danosos ao sistema solo-planta-atmosfera, causados por práticas convencionais inadequadas de preparo do solo e de adubação mineral.

Deste modo, a adubação orgânica com utilização de resíduos gerados na própria unidade rural, ou nas proximidades, é uma prática de grande importância para a manutenção da sustentabilidade dos sistemas agrícolas de produção. De acordo com Kiehl (2002), o interesse no uso de resíduos orgânicos na agricultura brasileira, quando devidamente tratados está baseado nos elevados teores de carbono de compostos orgânicos dos nutrientes presentes na sua composição, no aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) e na neutralização da acidez.

Em solos tropicais e subtropicais altamente intemperizados, a matéria orgânica tem grande importância no fornecimento de nutrientes às culturas, retenção de cátions, complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, estabilidade da estrutura, infiltração e retenção de água, aeração e atividade microbiana, constituindo-se em componente fundamental da sua capacidade produtiva (BAYER et al, 2006). O aumento dos teores de compostos orgânicos e de nutrientes do solo pode significar melhorias nas suas propriedades físicas e químicas, resultando, portanto, em incrementos na produtividade e na qualidade dos produtos agrícolas, bem como, redução nos custos de produção (KIEHL, 2002).

Existe uma diversidade enorme de resíduos orgânicos da indústria e da agricultura que podem ser usados como fonte de nutrientes para as plantas, por exemplo: húmus de minhoca, composto de lixo doméstico, esterco de origem animal, extrato pirolenhoso, finos de carvão, vinhaça e manipueira. Dentre esses, a manipueira vem se destacando em diversos trabalhos publicados recentemente, como Barreto et al. (2014), Magalhães et al. (2014).

A água residuária da mandioca pode ser utilizada na produção de olerícolas, devido esta possuir características de biofertilizantes e inseticida (GONZAGA et al., 2008; MAGALHÃES et al., 2000; PONTE et al., 1992), e, fungicida (FREIRE, 2001). Ao aplicar a água residuária da mandioca como biofertilizante em hortaliças, o produtor está aproveitando um resíduo rico em nutrientes que antes era desperdiçado e despejado no solo, evitando um passivo ambiental, que é a poluição do solo e/ou da água.

Desta maneira, a utilização dos resíduos orgânicos, como a manipueira em cultivos agrícolas é considerada como medida sustentável, em virtude do produtor poder utilizar esses resíduos tanto para melhorar as características químicas, físicas e biológicas do solo, quanto para reduzir custos de produção e diminuir a contaminação dos solos e da água.

Dentro desse contexto, o aumento da produção de hortaliças no Brasil nos últimos anos tem exigido dos produtores a adoção de tecnologias e manejos que aumentem a produtividade dessas culturas. Dentre as hortícolas, o cultivo da rúcula tem aumentado, principalmente devido ao alto consumo intensificado, principalmente na Região Sul do Brasil. Essa planta é rica em proteínas, vitamina A e C, elementos essenciais como o cálcio e o ferro (OLIVEIRA et al., 2013).

No entanto, apesar de sua importância e benefícios para a saúde humana, poucos são as informações relacionadas a adubação mineral e orgânica desta cultura. Sabendo que a adubação orgânica, além de proporcionar melhorias às propriedades físicas, químicas e biológica do solo, os adubos orgânicos contribuem com o aumento do acúmulo de massa seca e maior desenvolvimento de plantas (CHAGAS et al., 2011; SANTOS et al., 2009). Esses adubos contribuem, também, com a diminuição dos custos de produção, já que estas fontes de nutrientes são encontradas na maioria das propriedades rurais (BENEDETTI et al., 2009).

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a resposta de plantas de rúcula (*Eruca sativa* Miller) a doses crescentes de manipueira.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área de Experimentação Agroecológica do Grupo de Estudo em Solos (GESOLO), na Escola Agrícola de Jundiá da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Campus Macaíba - RN (5° 53' 35.12" latitude-Sul e 35° 21' 47.03" longitude-Oeste), no período março a maio de 2016. O clima da

região, segundo a classificação de Koppen, abrange os tipos As' e BSh', apresentando uma estação chuvosa (verão) e quente, e outra, caracterizada pelo inverno seco. A região apresenta temperatura média de 27,1°C, e, precipitação média pluviométrica variando entre 800 e 1.200 mm por ano (IDEMA, 2013).

O solo da área experimental é classificado como Neossolo flúvico. Apresenta textura arenosa (841,0 g kg⁻¹ de areia, 139,0 g kg⁻¹ de silte e 20 g kg⁻¹ de argila), cujas amostras foram coletadas nas profundidades de 0 a 10 e de 10 a 20 cm. A caracterização química do solo da área de experimentação antes da instalação do experimento está representada na Tabela 1.

Profundidade	pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ³⁺	H+Al	SB
-----cm-----		-----mg dm ⁻³ -----			-----cmolc dm ⁻³ -----				
0-10	4,90	19,0	166,0	46,0	1,11	0,60	0,05	2,39	2,33
10-20	4,28	14,0	117,0	40,0	0,89	0,45	0,10	2,22	

Tabela 1. Caracterização química do solo da área de Experimentação

Para coletar a amostra de solo, primeiro foi selecionada a área onde seriam levantados os canteiros; posteriormente, foram coletadas 20 amostras simples, em ziguezague, nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm. Após coletar todas as amostras simples referentes a cada profundidade, estas foram misturadas em balde, e em seguida, foram retirados 500 g de cada amostra para encaminhar ao laboratório da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), para análises de macro e micronutrientes, segundo metodologia proposta por EMBRAPA (1997). De acordo com a análise química do solo, foi realizada a calagem para a elevação da saturação de bases do solo para 70%, utilizando o calcário dolomítico, com PRNT = 64%, aplicado na área total, 30 dias antes do plantio.

A manipueira foi obtida da Casa de Farinha Santa Helena localizada no município de Vera Cruz/RN. Sendo analisada quimicamente no Laboratório da EMPARN (Tabela 2).

N	P	K	Ca	Mg	Na
g L ⁻¹					
2,8	0,5	3,53	0,24	0,39	0,49

Tabela 2. Caracterização química da manipueira utilizada no experimento

A cultura utilizada no experimento foi a rúcula cv. Cultivada (*Eruca sativa* M.); as mudas foram produzidas em bandeja de isopor de 200 células, preenchida com composto orgânico, permanecendo em ambiente protegido durante 21 dias, contados a partir da semeadura e, posteriormente, realizado transplântio para o local definitivo. Os canteiros tiveram aproximadamente 1,2 m de largura, 4 m de comprimento e 0,2 m de altura.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro tratamentos e

quatro repetições, sendo os tratamentos as doses crescentes de água residuária da mandioca: T1, 0 (testemunha); T2, 60; T3, 90 e T4, 120 m³ ha⁻¹. Em cada repetição foram avaliadas as quatro plantas centrais da parcela e descartadas as bordaduras. Cada parcela tinha 16 plantas no espaçamento 0,25 x 0,25 m.

Os tratamentos utilizados foram calculados conforme a composição mineral da manipueira, levando-se em consideração os teores de nitrogênio, aplicados no solo, e com base na recomendação de adubação nitrogenada para a cultura da alface (160 kg ha⁻¹), seguindo as recomendações de Ribeiro et al. (1999). A cultura da rúcula possui exigências nutricionais semelhantes com a cultura da alface, por esse motivo que foi utilizada a recomendação de adubação nitrogenada da alface como base na determinação dos tratamentos.

Apesar de o resultado da análise química da manipueira ter apresentado maior teor de potássio do que de nitrogênio, optou-se por se embasar no nitrogênio para fazer a recomendação, devido a este ser limitante para as hortaliças folhosas, visto que ele é essencial para o crescimento vegetativo da planta, influenciando na altura das plantas, na área foliar, no número de folhas, e na matéria seca das plantas (ALMEIDA et al., 2011). Na tabela 3, estão apresentadas as quantidades dos principais macronutrientes essenciais adicionadas ao solo em cada tratamento pela aplicação da manipueira.

Tratamento	Doses de manipueira	N	P	K
	m ³ ha ⁻¹	-----kg ha ⁻¹ -----		
T1 - 0%	0	0	0	0
T2 - 100%	60	168	30	211,8
T3 - 150%	90	252	45	317,7
T4 - 200%	120	336	60	423,6

Tabela 3. Estimativa de nutrientes adicionados ao solo pela aplicação de manipueira (kg ha⁻¹)

Antes da aplicação, a manipueira ficou armazenada em um caixa d'água com capacidade de 500 litros por um período de 15 dias, com o objetivo de eliminar o ácido cianídrico e ocorrer fermentações até a sua estabilização.

A aplicação dos tratamentos foi realizada dez dias antes do transplântio das mudas. A manipueira foi aplicada manualmente nas parcelas com o auxílio de um regador; foram abertos pequenos sulcos, e com a ajuda de um escarificador, o solo era revolvido, para facilitar e homogeneizar a aplicação da manipueira em toda a superfície da parcela.

A irrigação foi realizada pelo sistema de microaspersão. Os aspersores apresentaram raio de alcance em torno de 4,5 m. Foram instalados ao longo dos canteiros, um microaspersor a cada 3 m, de modo que todas as parcelas fossem irrigadas igualmente. Para a lâmina de irrigação e o turno de rega, foi levado em consideração o tipo de solo, o estágio de desenvolvimento da rúcula e o clima da região, sendo aplicado em torno de 3,8 mm dia⁻¹ por parcela.

Durante o experimento foi necessário realizar o controle semanalmente de plantas invasoras com capinas manuais, em razão da alta infestação, principalmente pela tiririca (*Cyperus rotundus*). Também foram realizados tratamentos fitossanitários, para as seguintes pragas: lagarta da couve (*Ascia monuste orseis*), larva minadora (*Lyriomisa* spp.) e pulgão (*Aphis* spp.). O controle dessas pragas foi feito pela pulverização de extrato de Nim (*Azadirachta indica*). Para o preparo do extrato, foi triturado 250 g de folhas verdes de Nim; em seguida, as folhas foram imersas em 250 ml de água por 24 horas, sendo, posteriormente, filtrado, diluído em 18 litros de água e despejado na bomba costal com 50 ml de detergente, para poder realizar efetivamente a pulverização. Como a infestação das pragas foi de moderada a alta, foram feitas duas pulverizações por semana durante o período que a cultura permaneceu no campo.

Após trinta dias do transplante as plantas foram colhidas e levadas ao Laboratório de Solos, localizado no setor de compostagem da EAJ/UFRN, onde foram avaliadas as variáveis: altura de plantas (cm), número de folhas comerciais, e, massa fresca e massa seca da parte aérea (g/planta). A altura de plantas de rúcula foi determinada no dia da colheita. Esta foi avaliada em quatro plantas da área útil da parcela, medida com régua graduada, do nível da superfície do solo até a extremidade da folha mais alta. O número de folhas comerciais foi determinado após a colheita das plantas de cada tratamento. Realizou-se a contagem do número de folhas maiores que cinco centímetros de comprimento. A massa fresca da parte aérea de plantas de rúcula foi determinada por pesagem em balança semi-analítica de alta precisão. Para massa seca da parte aérea foi procedida a secagem da parte aérea da planta em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C, por 72 horas.

Os dados foram submetidos à análise de variância para verificar o efeito significativo, ou não, das diferentes doses de carvão vegetal aplicadas ao solo sobre as variáveis de crescimento avaliadas. Havendo efeito significativo, foi realizada a análise de regressão da variável estudada em função das diferentes doses de carvão vegetal, escolhendo-se o modelo de melhor ajuste, conforme o coeficiente de determinação e o nível de significância dos parâmetros da equação.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (ANAVA) indicou efeito significativo positivo das doses de manureira para todas as variáveis analisadas ao nível de 1% de probabilidade.

Comparando as alturas médias obtidas com as diferentes doses de manureira com as alturas obtidas com a aplicação de adubação mineral, observou-se pelo teste de Tukey que houve efeito significativo, ao nível de 5%, para a aplicação mineral em relação as doses de manureira.

Apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos de manureira, constatou-se melhores médias para as doses de 60 e 120 m³ ha⁻¹ e notou-se também que as médias de altura de planta das doses de manureira foram estatisticamente

superiores à testemunha.

Em consonância com estes dados, Silva (2010) ao avaliar o crescimento de plantas de rúcula submetidas a aplicação de manureira como biofertilizante, afirmou que o acréscimo desta água residuária ao solo resultou no aumento da altura das plantas.

Ao analisar a equação do gráfico da Figura 2B, observou-se que houve um efeito linear crescente significativo para o número de folhas comerciais em resposta às doses de manureira até a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, obtendo-se, em média, 11,88 folhas/planta. Verificou-se também para as doses de 60 e $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, valores médios de 10,42 e 11,15 folhas/planta.

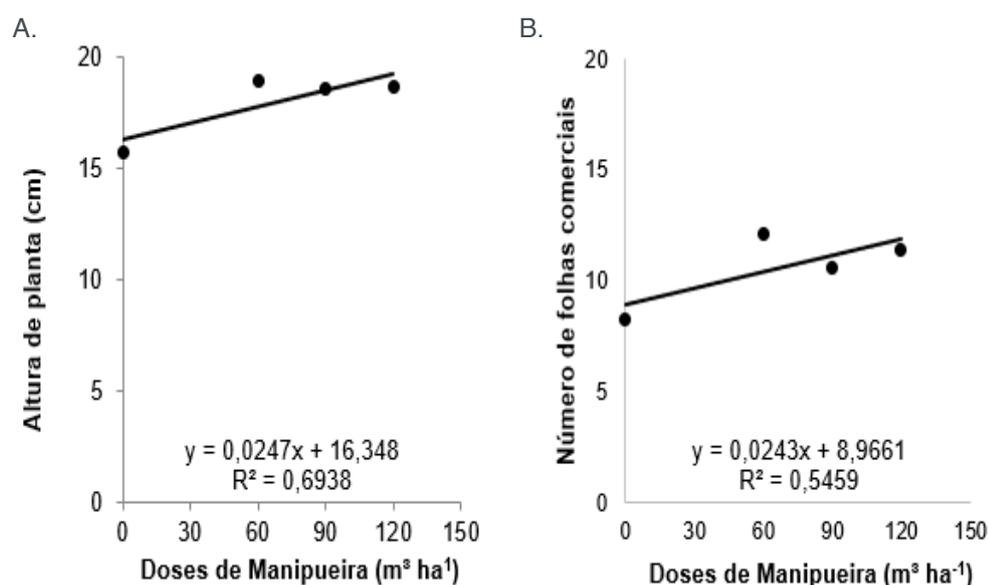


Figura 1. Altura (A) e número de folhas comerciais (B) da rúcula aos 30 dias de cultivo, submetidas a diferentes aplicações de manureira.

Este efeito linear crescente de altura de plantas pode ser explicado pelo acréscimo de nutrientes ao solo a partir da aplicação de manureira, visto que a mesma é rica em nutrientes essenciais ao crescimento vegetativo, principalmente N e K, bem como ao aumento da CTC, promovida pela adição de cátions trocáveis no solo a partir da aplicação da manureira (ALVES, 2010).

Observando as médias de número de folhas, realizado pelo teste de Tukey a 5%, em cada nível de dose de manureira, verifica-se que não houve resultados significativos entre as doses T1, T2 e T3.

Semelhante ao que ocorreu com a variável altura de plantas, as médias do número de folhas comerciais apresentou efeito linear crescente à medida que aumentou as doses de manureira (Figura 1B).

Para a variável massa fresca, foi observado efeito linear positivo (Figura 2A). Comparando os valores dessa variável da testemunha, que obteve média de 41,6 g/planta, em relação as doses do biofertilizante, tem-se para as doses de 60, 90 e $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente, médias de 58,72; 67,27 e 75,84 g/planta.

Estes resultados corroboram com o trabalho de Silva (2010), ao avaliarem a produção de massa fresca de plantas de rúcula submetidas a doses crescentes de manipueira, desta forma o autor indica a água residuária do processamento da mandioca como biofertilizante para a cultura da rúcula.

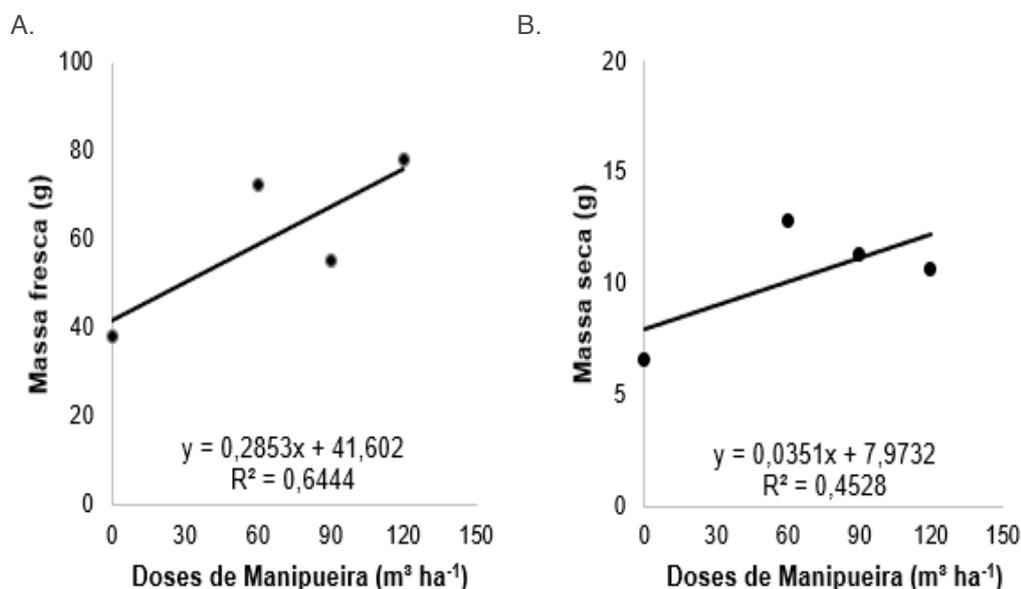


Figura 2. Produção de massa fresca (A) e massa seca (B) da rúcula aos 30 dias após o cultivo, submetidas a diferentes aplicações de manipueira.

No entanto, efeito negativo foi observado por Santos (2010), ao avaliar a produção de plantas de alface submetidas a doses de manipueira como fonte de potássio, onde a dose equivalente a $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ deste estudo proporcionaram redução na massa de matéria fresca das plantas.

O autor cita que este fato pode ter sido ocasionado pelo declínio da atividade fotossintética em função da indisponibilidade iônica ocasionada pelo excesso de potássio no solo após a aplicação de doses crescentes de manipueira.

Comparando as médias do acúmulo de massa seca pelo teste de Tukey, ao nível de 5%, observou-se que as doses de manipueira não diferiram estatisticamente entre si, porém diferiram estatisticamente da aplicação mineral e da testemunha.

Canário (2015), por sua vez, observou em estudo que dentre os tratamentos de manipueira, a dose de $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ foi a que apresentou melhor resultado, obtendo valor de acúmulo de massa seca próximo ao valor encontrado para a adubação mineral.

Os resultados para massa seca evidenciaram um efeito positivo linear para as doses de manipueira isoladamente (Figura 2B). Comparando as médias de acúmulo de massa seca da testemunha com as doses de manipueira, observa-se valores de 7,97 g/planta para a testemunha e valores de 10,08; 11,13 e 12,18 g/planta para as doses de 60, 90 e $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente.

Em consonância com os resultados do presente trabalho, Lima (2010) aponta efeito linear crescente em seu trabalho, este fato pode ser justificado pela elevação do pH e da condutividade elétrica proporcionado pelo aumento dos teores de cátions

presentes na manipueira (Barreto, 2013).

4 | CONCLUSÕES

A dose de manipueira de 120 m³ ha⁻¹ foi a que apresentou os maiores valores médios para todas as variáveis analisadas.

Comparando as doses de manipueira com a adubação mineral, a dose de 60 m³ ha⁻¹ apresentou resultados médios próximos aos resultados médios da dose de fertilizante mineral para todas as variáveis analisadas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, T.B.F.; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P.; BARBOSA, J. C. **Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes**. Revista Biotemas, Santa Catarina, v.24, n.2, p.27-36, jun. 2011.

ALVES, L. da S. **Atributos químicos e microbiológicos do solo com uso da manipueira na produção de alface e rúcula**. Acre, 2010, 72 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Área de Concentração em Produção Vegetal, Universidade Federal do Acre.

BARRETO, M.T.L.; MAGALHÃES, A.G.; ROLIM, M.M.; PEDROSA, E.M.R.; DUARTE, A. de S.; TAVARES, U.E. **Desenvolvimento e acúmulo de macronutrientes em plantas de milho biofertilizadas com manipueira**. Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.18, n.5, p.487-494, maio. 2014.

BARRETO, M.T.L.; ROLIM, M.M.; PEDROSA, E.M.R.; MAGALHÃES, A.G.; TAVARES, U.E.; DUARTE, A.S. **Atributos químicos de dois solos submetidos à aplicação de manipueira**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v.8, n.4, p.528-534, out.- dez. 2013.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; DIECKOW, J. **Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till**. Soil and tillage research, Amsterdam, v. 86, p.237-245, abr. 2006.

BENEDETTI, M.P.; FUGIWARA, A.T.; FACTORI, M.A.; COSTA, C.; MEIRELLES, P.R.L. **Adubação com cama de frango em pastagem**. Águas de Lindóia. Anais... Águas de Lindóia. ZOOTEC. 2009.

CANÁRIO, T. M. F. **Resposta da rúcula (*Eruca sativa*) a doses crescentes de água residuária da mandioca em comparação a adubação mineral**. Macaíba, 2015. 55 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Escola Agrícola de Jundiá, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

CHAGAS, J. H.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; SANTOS, F. M.; BOTREL, P. P.; PINTO, L. B. B. **Produção da hortelã-japonesa em função da adubação orgânica no plantio e em cobertura**. Horticultura Brasileira, Brasília, v.29, p. 412-417, jul.-set. 2011.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo** / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FREIRE, F. das C. O. **Uso da manipueira no controle do oídio da ceringueira: resultados preliminares**. Fortaleza: Embrapa agroindústria Tropical, 2001 (Comunicado técnico, 70). Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/424162/1/Ct070.pdf> > Acesso em: 13 ago.

GONZAGA, A. D.; GARCIA, M. V. B.; SOUZA, S. G. A.; PY-DANIEL, V.; CORREA, R. S.; RIBEIRO, J. D. **Toxicity of cassava manipueira (*Manihot esculenta* Crantz) and erva-de-rato (*Palicourea marcgravii* St. Hill) to adults of *Toxoptera citricida* Kirkaldy (Homoptera: Aphididae)** (Homoptera: Aphididae). Acta Amazônica, Manaus, v. 38, n. 1, p. 101-106, mar. 2008.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE – IDEMA. **Perfil do seu município**, Macaíba-RN, 2013. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idedema/DOC/DOC000000000016679.PDF>> Acesso em: 18 ago. 2018.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. Piracicaba, 171 p., 2002.

LIMA, N.S. **Uso da manipueira como biofertilizante na cultura da alface**. Rio Lago, 2010. 34 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em agronomia) - Universidade Federal de Alagoas.

MAGALHÃES, A.G. et al. **Desenvolvimento inicial do milho submetido à adubação com manipueira**. Rev. bras. eng. Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.18, n.7, p.675-681, maio. 2014.

MAGALHÃES, C. P.; XAVIER-FILHO, J.; CAMPOS, F. A. P. **Biochemical basis of the toxicity of manipueira (liquid extract of cassava roots) to nematodes and insects**. Phytochemical Analysis, v. 11, p. 57-60, fev. 2000.

OLIVEIRA, V. C. de; OLIVEIRA, M. E. F.; SANTOS, R. M. dos; AQUINO, E. L.; SANTOS, A. R. dos. **Resposta de plantas de rúcula à adubação orgânica. VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia**. Porto Alegre-RS, 2013.

PONTE, J.J. da; FRANCO, A.; SANTOS, J.H.R. **Eficiência da manipueira no controle de duas pragas da citricultura**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 7, 1992, Recife. Anais... Recife: Sociedade Brasileira de Mandioca, p. 59, 1992.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa: UFV, 1999. 359 p.

SANTOS, A. **Usos e impactos ambientais causados pela manipueira na microregião sudoeste da Bahia-Brasil**. In: LUZON JL; CARDIM M. (coord). Problemas sociales y regionales em América Latina: estudio de casos. Barcelona: Universitat de Barcelona, 2009. p. 11-25.

SANTOS, M. H. V.; ARAÚJO, A C. de.; SANTOS, D. M. R.; LIMA, N. S.; LIMA, A. C. A.; LIMA, C. L. C.; SANTIAGO, A. D. **Uso da manipueira como fonte de potássio na cultura da alface (*Lactuca sativa*, L.) cultivada em casa-de-vegetação**. Acta Scientiarum Agronomy, Maringá, v.32, n.4, p.729-733, out.- dez. 2010.

SILVA, Anderson Vítor Lins Da. **Uso de manipueira como biofertilizante na cultura da rúcula (*Eruca sativa* Miller) cultivada em estufa**. 2010. 40 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em agronomia) - Universidade Federal De Alagoas, Centro De Ciências Agrárias Curso De Agronomia, Rio Largo, Alagoas.

RETORNO DE NUTRIENTES VIA DEPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA FOLIAR DE *Caesalpinia pyramidalis* TUL. (CATINGUEIRA)

José Augusto da Silva Santana

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Macaíba – Rio Grande do Norte

Luan Henrique Barbosa de Araújo

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Recife – Pernambuco

José Augusto da Silva Santana Júnior

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Santa Cruz – Rio Grande do Norte

Camila Costa da Nóbrega

Universidade Federal da Paraíba
Areia – Paraíba

Juliana Lorensi do Canto

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Macaíba – Rio Grande do Norte

Claudius Monte de Sena

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos
Recursos Naturais Renováveis
Natal – Rio Grande do Norte

RESUMO: *Caesalpinia pyramidalis* Tul. é uma espécie arbórea com ampla ocorrência na Caatinga, e é considerada como uma colonizadora de áreas antropizadas, podendo ocupar nichos mais inóspitos para as demais, proporcionando assim melhorias nas condições do solo que permitirão a continuidade da sucessão. Este estudo teve como objetivo quantificar a produção anual de serapilheira

foliar e o retorno de nutrientes, através da deposição das folhas de uma população da espécie na Estação Ecológica do Seridó, em Serra Negra do Norte-RN. Para a coleta da serapilheira foram instaladas 30 coletores com área de 1 m², com as coletas sendo realizadas mensalmente durante um ano. O material foi coletado, seco, pesado e analisado para determinação das concentrações de N, P, K, Ca, Mg e S. A espécie produziu 637,01 kg de serapilheira, com a maior queda ocorrendo em maio e junho, logo no início do período seco. O retorno de nutrientes, em kg ha⁻¹ ano⁻¹, foi de 10,84 de nitrogênio, 0,64 de fósforo, 4,90 de potássio, 11,96 de cálcio, 0,82 de magnésio e 1,11 de enxofre, evidenciando assim que a espécie apresentou significativo retorno de nutrientes através da queda das folhas, mostrando potencial para ser utilizada em projetos de recuperação de áreas degradadas. **PALAVRAS-CHAVE:** Caatinga, ciclagem de nutrientes, biomassa foliar.

ABSTRACT: *Caesalpinia pyramidalis* is a tree species with a large occurrence in the Caatinga and is considered as a colonizer of anthropic areas, being able to occupy more inhospitable niches for the others species, thus providing improvements in soil conditions that will allow the continuity of the succession in the biome. The objective of this study was to quantify the

annual leaf litter production and annual nutrient return by depositing the leaves of a population of the species in the Seridó Ecological Station, Serra Negra do Norte-RN. For the collection of the leaf litter, 30 collectors with an area of 1 m² were installed, with the collections being carried out monthly for a year. The material was collected, dried, weighed and analyzed for N, P, K, Ca, Mg and S contents. The species produced 637.01 kg of dry leaf litter, with the largest fall occurring in May and June. The return of nutrients, in kg ha⁻¹, was 10.84 N, 0.64 P, 4.90 K, 11.96 Ca, 0.82 Mg and 1.11 S, evidencing so the species showed a significant return of nutrients through the fall of its leaves, showing potential to be used in recovery projects of degraded areas or even in pure or consortium plantations.

KEYWORDS: Caatinga, nutrients cycling, biomass leaves.

1 | INTRODUÇÃO

Apesar da importância sócio-econômica, a vegetação da Caatinga é pouco conhecida e mal utilizada, e em inúmeras áreas do conhecimento inexistem resultados de pesquisas. No aspecto da nutrição mineral de plantas a situação das pesquisas com espécies nativas da Caatinga também é de quase total desconhecimento, com exceção das poucas espécies cultivadas comercialmente.

Estudos sobre ciclagem de nutrientes abordando a vegetação nativa da Caatinga, também são praticamente inexistentes, apesar da importância biológica do processo de movimentação de nutrientes entre o solo e a planta, principalmente quando se leva em consideração as severas condições edafoclimáticas predominantes no bioma, retratando assim o elevado nível de desconhecimento científico da sua vegetação e, em consequência, da sua utilização.

As informações obtidas em estudos relacionados ao processo de ciclagem de nutrientes permitem fazer inferências sobre as espécies com maior ou menor capacidade de reciclagem de nutrientes, além de fornecer uma gama de valiosas informações sobre o ecossistema, podendo inclusive funcionar como indicador de espécies com potencial para recuperação de áreas degradadas, além de disponibilizar informações sobre a taxa de produtividade e a quantidade de nutrientes que entram e saem naturalmente no sistema solo-planta, o que é de grande significado em atividades de recuperação de áreas degradadas, proteção de fontes hídricas superficiais ou mesmo em projetos de reflorestamento em solos distróficos.

Assim, avaliando-se a produção de matéria seca das diferentes partes do vegetal e sua concentração de nutrientes, pode-se calcular o estoque de nutrientes dos vários componentes da biomassa vegetal. Essa informação é fundamental para avaliações da ciclagem de nutrientes e para dimensionamentos de exploração de ecossistemas produtivos, onde se pode conhecer qual a quantidade de elementos está sendo mantida no sistema e qual está sendo exportada através da retirada de produtos como madeira e frutos, entre outros (ANDRADE, 1997).

A serapilheira, por ser a principal via de transferência de matéria orgânica e da maior parte dos macro e micronutrientes para o solo, é comumente utilizada para comparar a eficiência de utilização de nutrientes em diversas espécies e/ou florestas. A fração folhas da serapilheira, por apresentar menor variação em sua distribuição espacial, em seu conteúdo de nutrientes, e por ser a responsável pela maior parte da transferência anual de nutrientes ao solo, é considerada a fração mais adequada para comparação entre ecossistemas florestais no tocante à eficiência de seus componentes vegetais na utilização de nutrientes (CUNHA et al., 1993).

Por ser um fator chave na manutenção dos nutrientes no ecossistema, o processo de deposição da serapilheira, incluindo as taxas anuais de queda do material decíduo e o processo de decomposição desse material, devem ser mais amplamente estudados e conhecidos, especialmente nas condições dos trópicos, onde há grande ocorrência de solos com baixos níveis de nutrientes (SANTANA e SOUTO, 2011). Estudos sobre a dinâmica da serapilheira possibilitam estimar índices de produtividade do ecossistema, fornecem informações sobre a taxa de decomposição do material decíduo, permitem quantificar a concentração de nutrientes que retornam ao solo e dão também importantes informações sobre o ciclo fenológico das plantas, conforme comenta Santana (2005).

Uma das árvores mais distribuídas na Catinga é *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Fabaceae), espécie arbórea endêmica do bioma (SILVA et al. 2009), com significativo potencial zootécnico e fármaco, além de reflorestamento, já que possui madeira com boas qualidades para construção, lenha e carvão, (MAIA 2004).

Por ter capacidade de fixação de nitrogênio e ser decídua, com significativa capacidade de sobrevivência em áreas com déficit hídrico e solos distróficos e rasos, a espécie possui muitas características que a qualificam para ser utilizada em projetos de recuperação de áreas degradadas. Assim, este trabalho foi desenvolvido visando fornecer informações sobre a quantidade de serapilheira foliar produzida pela espécie e o aporte mensal de N, P, K, Ca, Mg e S ao solo, através dessa deposição.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Estação Ecológica do Seridó (EsEc-Seridó), Unidade de Conservação Federal administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), localizada no município de Serra Negra do Norte-RN, na Região do Seridó, com área de 1.166,38 ha e distando cerca de 330 km de Natal, 25 km de Caicó e 18 km de Serra Negra do Norte.

O clima da EsEc-Seridó, pelo método de Thornthwaite, foi classificado por Santana et al. (2006), como sendo DdA'a' tratando-se de clima semi-árido, com nenhum excesso de água, megatérmico, temperatura média anual de 27,4 °C e precipitação média anual de 699,5 mm, enquanto que a deficiência hídrica alcança valor de 1.169,7

mm.

A época chuvosa na EsEc-Seridó ocorre nos 4-5 primeiros meses do ano (janeiro-maio), período em que se concentra mais de 87% da precipitação anual, vindo a seguir uma redução de até 82% do total anual das chuvas (Figura 1), entretanto este padrão apresenta grande variabilidade anual.

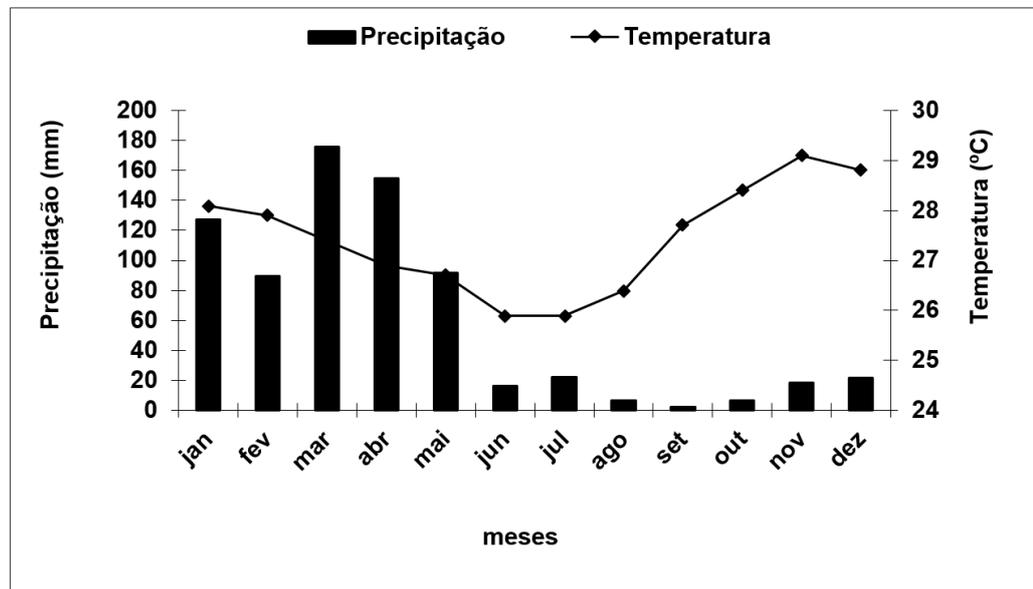


Figura 1 – Distribuição mensal da precipitação e temperatura médias na Estação Ecológica do Seridó, Serra Negra do Norte-RN.

A temperatura média do ar é de 27,6 °C, com pico máximo de 29,2 °C em outubro durante a estação seca, e mínimo de 25,9 °C nos meses de junho-julho, pouco depois do fim da estação chuvosa. A temperatura máxima média é de 36,7 °C em dezembro e a mínima atinge 18,2 °C em julho. Do mesmo modo, a média da umidade relativa do ar é de 63,1% apresentando valor máximo de 74,8% em abril e o mínimo de 55,4% em setembro-outubro, enquanto a velocidade média do vento alcança 4,0 m s⁻¹ (SANTANA et al., 2006).

A área da EsEc-Seridó está incrustada no cristalino, apresentando predominância de Luvisolos Crômicos, em relevo plano a forte ondulado, com profundidade variando de pouco profunda a rasa e horizonte B textural rico em nutrientes, com granulometria predominantemente arenosa com classes texturais variando entre areia franca a franco arenosa. Há ocorrência também de manchas localizadas de Neossolos Litólicos e Vertissolos, além da presença de grandes rochas, denominadas localmente de lajeiros ou lajedos. Nas baixadas e várzeas há predomínio de Neossolos Flúvicos.

A vegetação da região é classificada como Caatinga arbóreo-arbustiva, hiperxerófila, com características próprias, sendo por isso denominada de Caatinga do Seridó e está representada de forma significativa na EsEc-Seridó. É considerada como secundária, já que antes de ser área de preservação foi fazenda agropecuária, porém, o local onde este trabalho foi desenvolvido é relativamente bem conservado, não apresentando sinais de forte ação antrópica. Há predominância de *Caesalpinia*

pyramidalis, *Aspidosperma pyrifolium*, *Croton sonderianus*, *Piptadenia stipulata* e *Mimosa hostilis* além de inúmeras gramíneas que recobrem o solo durante vários meses do ano, independente do déficit hídrico, como *Aristida adscensionis*.

A serapilheira foi coletada em 30 bandejas construídas em madeira, com dimensões de 1 m x 1 m x 0,20 m e fundo em tela de nylon com malha de 1 mm para drenar água da chuva e situadas a 1 m de altura do solo, com as coletas sendo realizadas durante doze meses.

Todo o material foi colocado em sacos de papel seco em estufa de circulação forçada a 65 °C durante 48 horas, pesado em balança de precisão com duas casas decimais e triturado em moinho do tipo Willey.

Foram retiradas alíquotas mensais do material moído e enviadas para o Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Empresa de Pesquisas Agropecuárias do Rio Grande do Norte-EMPARN para análises de N, P, K, Ca, Mg e S, conforme descrito em EMBRAPA (1999).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de serapilheira da espécie atingiu 637,01 kg ha⁻¹ de biomassa foliar seca e o pico de deposição do material foliar coincidiu com o início da estação seca durante o período estudado, reduzindo durante o período de menor precipitação (julho-fevereiro), chegando a ser quase nulo no período entre novembro-dezembro, mostrando marcante sazonalidade (Figura 2).

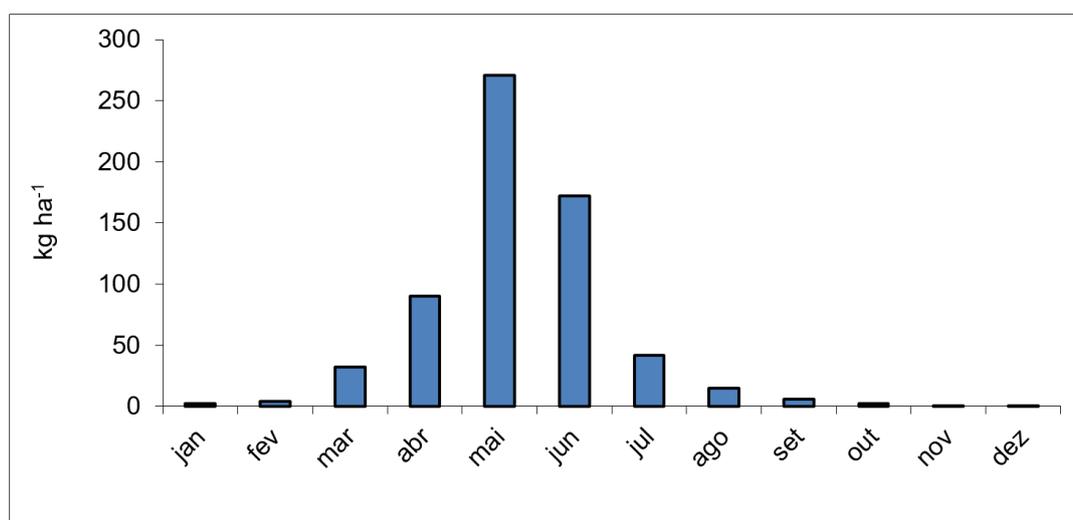


Figura 2 – Deposição média mensal da serapilheira foliar de *C. pyramidalis* na Caatinga arbóreo-arbustiva da Estação Ecológica do Seridó, Serra Negra do Norte-RN.

Pesquisas relacionadas com a produção de serapilheira de espécies nativas em condições naturais não são comuns no Brasil, até mesmo pelas dificuldades de sua execução em alguns biomas com elevada diversidade. Entre os estudos destacam-se os realizados por Dias & Oliveira Filho (1997) com *Copaifera langsdorffii* (269 kg ha⁻¹

ano⁻¹) e *Xylopia brasiliensis* (637 kg ha⁻¹ ano⁻¹), Aidar & Joly (2003) que estudaram o padrão de deposição de *Centrolobium tomentosum* (420 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e Portes *et al.* (1996), com *Ilex microdonta* (1303 kg ha⁻¹ ano⁻¹). Para espécies da Caatinga citam-se os resultados obtidos por Santana (2005) com 361,37 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para *Croton sonderianus* (marmeleiro) e 289,72 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para *Aspydosperma pyrifolium* (pereiro) na Estação Ecológica do Seridó.

O padrão de maior deposição de serapilheira de *C. pyramidalis* no período que coincide com o fim da estação chuvosa e início da estação seca é atribuído ao agravamento do estresse hídrico, ocasionando a queda de folhas como medida preventiva à alta perda de água por transpiração durante o período seco seguinte.

Resultados semelhantes ao observado para a espécie estudada foi observado também por Andrade *et al.* (2008) na Caatinga da Reserva Particular Patrimônio Natural (RPPN) da Fazenda Tamanduá, em Santa Terezinha (PB), onde a maior deposição de serapilheira foi registrada no final da estação chuvosa e início da estação seca, e funciona como uma estratégia das espécies do bioma para reduzir a superfície foliar e a conseqüente perda de água.

Os resultados referentes às concentrações e as quantidades dos macronutrientes devolvidos ao solo ao longo do ano através da deposição da biomassa foliar da espécie encontram-se na Tabela 1.

	Nutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Concentração (g kg ⁻¹)	17,01	1,00	7,70	18,77	1,29	1,74
Conteúdo (kg ha ⁻¹)	10,84	0,64	4,90	11,96	0,82	1,11

Tabela 1 – Concentração e conteúdo de nutrientes que retornam ao solo através da deposição da serapilheira foliar de *C. pyramidalis* na Estação Ecológica do Seridó, Serra Negra do Norte-RN.

A participação dos elementos, em termos de ordem quantitativa decrescente, mostrou padrão relativamente bem definido na seguinte ordem: Ca>N>K>S>Mg>P, sendo diferente ao observado por Bertalot *et al.* (2004) para *Mimosa scabrella*, *Acacia melanoxylon* e *Leucaena diversifolia* cujo padrão foi N>Ca>K>Mg>P>S, em parcelas experimentais, mas quase semelhante ao verificado por Longhi *et al.* (2011) que foi Ca>N>K>Mg>S>P em uma Floresta de Locais Úmidos na FLONA de São Francisco de Paula, RS.

O nitrogênio normalmente é o nutriente com maior retorno ao solo através da deposição de material decíduo, mesmo em diferentes condições climáticas e tipologias florestais (DAMES *et al.*, 2002). Na fração folhas de *C. pyramidalis*, uma espécie da família das Leguminosas, considerada potencialmente capaz de fixar nitrogênio atmosférico, a contribuição do N no estoque de nutrientes que retornou ao solo foi de 35,80%, o que significa grande capacidade de reciclar o elemento, mesmo nas condições climáticas adversas da Caatinga.

A concentração de N na serapilheira foliar da espécie estudada foi de 17,01 g kg⁻¹, valor considerado elevado para as espécies arbóreas do bioma Caatinga, visto que Santana (2005) quantificou em 12,78 g kg⁻¹ e 16,29 g kg⁻¹ a concentração do elemento na serapilheira foliar de *Croton sonderianus* e *Aspidosperma pyrifolium*, respectivamente, o que pode ser atribuído ao fato de *C. pyramidalis* ser uma Leguminosa, havendo assim aporte de 10,84 kg de N por hectare.

Independentemente das condições de clima e vegetação, o fósforo sempre aparece como o macronutriente com menor retorno ao solo (MURBACH et al., 2003), e neste trabalho as folhas senescentes de *C. pyramidalis* apresentaram concentração de apenas 1,00 g de P por kg, semelhante ao relatado por Longhi et al. (2011). Assim, através da queda das folhas, a espécie retorna ao solo cerca de 0,64 kg ha⁻¹ de fósforo, quantidade muito reduzida e que corrobora o enunciado de Vitousek (1984), o qual sugere ser o fósforo o elemento mais limitante nas florestas tropicais.

Entretanto, é provável que a baixa quantidade de fósforo encontrado na serapilheira foliar da espécie seja devido ao seu reaproveitamento em outras partes da planta, uma vez que este elemento é altamente móvel na planta e facilmente retranslocado dos tecidos mais velhos para os mais jovens, como também foi constatado por Mariano (2006).

A concentração de potássio na serapilheira foliar de *C. pyramidalis* foi de 7,70 g de K por kg, valor bem superior ao verificado por Longhi et al. (2011) para a serapilheira foliar em três grupos florísticos na FLONA de São Francisco de Paula-RS que variou de 2,50-4,55 g kg⁻¹ e inferior ao observado por Santana (2005) nas folhas senescentes de *Aspidosperma pyrifolium* e *Croton sonderianus*, que foi de 10,94 g kg⁻¹ e 9,83 g kg⁻¹, respectivamente.

Embora o K seja um nutriente com grande participação na biomassa decídua de diversos ecossistemas, a quantificação do elemento na chuva que passa através da copa das árvores (throughfall) pode apresentar resultados também importantes, já que o mesmo sofre forte lixiviação pela água das chuvas.

Assim, em função do período chuvoso na Caatinga ser concentrado praticamente em apenas 4-5 meses do ano, este mecanismo de ciclagem do nutriente parece ser de menor importância no período seco para o bioma, havendo desse modo aporte de 4,90 kg de K por ha, via queda de serapilheira, a qual sofre significativa redução na época da seca.

A concentração de cálcio na serapilheira foliar de *C. pyramidalis* foi da ordem de 18,77 g do elemento por quilograma de matéria seca, aportando assim 11,96 kg de cálcio por hectare ao solo, representando, em média, quase 40% do estoque de nutrientes aportado. Esse teor nas folhas senescentes da espécie é bem superior ao observado por Jaramilo-Botero et al. (2008) para folhas de *Joannesia princeps*, *Croton floribundus*, *Schizolobium parahyba* e *Senna macranthera*.

Holanda et al. (2017) quantificaram em 21,86 g kg⁻¹ o teor de Ca na serapilheira foliar em um fragmento de Caatinga, comentando que uma das hipóteses que

justificaria o maior retorno do elemento Ca ao solo via serapilheira, quando comparado aos demais, pode estar relacionado com o solo, pois se verificou um alto teor desse elemento, conseqüentemente proporcionando ao longo do tempo maior acúmulo de nutrientes nas plantas e, pelo fato do Ca ser um elemento estruturante, apresentar-se com baixíssima mobilidade no ciclo bioquímico, algumas estruturas das plantas vão senescer, posteriormente depositando-se sobre a superfície do solo.

O magnésio é um dos macronutrientes de menor teor e aporte via deposição de serapilheira, sendo, entretanto, normalmente superior ao P. Neste estudo com *C. pyramidalis* o teor do elemento foi de 1,29 g de Mg por quilograma de serapilheira foliar seca e um aporte de 0,82 kg ha⁻¹ ano⁻¹, sendo assim muito inferior ao verificado por Murbach et al. (2003) na serapilheira foliar de *Hevea brasiliensis*, que atingiu 8,2 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Deve-se observar que o Mg é absorvido em quantidade menor que o Ca e o K, e é um elemento facilmente translocado dos tecidos velhos para os mais novos, o que seria umas das justificativas para as menores teores.

O enxofre é um importante macronutriente, porém apresenta poucos estudos relacionados a sua ciclagem na vegetação, mesmo em países que possuem florestas sujeitas à chuvas ácidas. É um elemento relativamente móvel e para algumas florestas pode ocorrer retranslocação de 20-30% do S antes da abscisão das folhas (BINKLEY, 1986). Segundo o mesmo autor, florestas nativas requerem somente de 5-10 kg ha⁻¹ de S, e em regiões não poluídas, o aporte via atmosfera varia de 1-5 kg ha⁻¹ ano⁻¹ e nas poluídas pode chegar a 20 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Nas folhas senescentes de *C. pyramidalis* o teor do elemento foi de 1,74 g de S por quilograma de serapilheira foliar seca e um aporte da ordem de 1,11 kg ha⁻¹ ano⁻¹. As quantidades de S determinadas neste estudo são inferiores às obtidas por Bertalot et al. (2004) no material decíduo das Leguminosas *Leucaena diversifolia*, *Acacia melanoxylon* e *Leucaena leucocephala*, que repuseram 1,39; 2,19 e 1,60 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, enquanto na serapilheira de *Ceiba pentandra* e *Virola surinamensis*, Neves et al. (2001) quantificaram em 1,79 e 0,80 kg ha⁻¹, respectivamente, o aporte anual de S. Do mesmo modo, em uma Floresta Pluvial Atlântica, Custódio Filho et al. (1996) observaram na serapilheira total aporte médio de 11,69 kg ha⁻¹ ano⁻¹ do nutriente, sendo que na fração foliar a média foi de 8,98 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Pesquisas relacionadas à ciclagem de nutrientes, realizadas especificamente com espécies nativas em condições naturais são praticamente inexistentes no Brasil; assim, comparações feitas com espécies em plantios artificiais devem ser vistas com reservas.

4 | CONCLUSÕES

A serapilheira foliar de *C. pyramidalis* possui significativos teores de nutrientes, especialmente N, K, Ca e S.

A espécie aportou 30,27 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nutrientes via serapilheira foliar, sendo mais efetiva do que várias espécies em plantios homogêneos.

A espécie possui potencial para ser utilizada em programas de recuperação de áreas degradadas.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, M. P. M.; JOLY, C. A. Dinâmica da produção e decomposição da serapilheira do araribá (*Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth. – Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 2, p. 193-202, 2003.
- ANDRADE, A. G. **Ciclagem de Nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas**. 1997. 182p. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ.
- ANDRADE, R. L.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C. BEZERRA, D. M. Deposição de serapilheira em área de Caatinga na RPPN “Fazenda Tamanduá”, Santa Terezinha-PB. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 2, p. 223-230, 2008.
- BERTALOT, M. J. A.; GUERRINI, I. A.; MENDOZA, E.; DUBOC, E.; BARREIROS, R. M.; CORRÊA, F. M. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira em quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu – São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis**, n. 65, p. 219-227, 2004.
- BINKLEY, D. **Forest nutrition management**. New York: Wiley. 1986. 290p.
- CUNHA, G. C.; GRENDENE, L. A.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, v. 3, n. 1, p. 19-39, 1993.
- CUSTÓDIO FILHO, A.; FRANCO, G. A. D. C.; POGGIANI, F.; DIAS, A. C. Produção de serapilheira e o retorno de macronutrientes em Floresta Pluvial Atlântica. Estação Biológica de Boracéia (São Paulo, Brasil). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 1-16. 1996.
- DAMES, J. F.; SCHOLES, M. C.; STRAKER, C. J. Nutrient cycling in a *Pinus patula* plantation in the Mpumalanga Province, South Africa. **Applied Soil Ecology**, v. 20, n. 3, p. 211-226, 2002.
- DIAS, H. C. T.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de Floresta Estacional Semidecídua Montana em Lavras-MG. **Revista Árvore**, v. 21, n. 1, p. 11-26, 1997.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa, Comunicação para transferência de tecnologia, 1999. 370p.
- FROUFE, L. C. M. **Decomposição de serapilheira e aporte de nutrientes em plantios puros e consorciados de *Eucalyptus grandis* Maiden, *Pseudosamanea guachapele* Dugand e *Acácia mangium* Willd.** 1999. 73p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ.
- HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; FREIRE, F. J.; SOUSA, F. Q.; FREIRE, S. R. O.; ALVES, A. R. Aporte de serapilheira e nutrientes em uma área de Caatinga. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 621-633, 2017.
- JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R. H. S.; FARDIM, M. P.; PONTES, T. M.; SARMIENTO, F. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema

agroflorestal na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 869-877, 2008.

LONGHI, R. V.; LONGHI, S. J.; CHAMI, L. B.; WATZALAWICK, L. F.; EBLING, A. A. Produção de serapilheira e retorno de macronutrientes em três grupos florísticos de uma Floresta Ombrófila Mista, RS. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 699-710, 2011.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores, arbustos e suas utilidades**. São Paulo: Leitura e Arte, 2004. 413p.

MARIANO, K. R. S. **Dinâmica ecofisiológica de *Coccoloba rosea* Meisn. e *Coccoloba ramosissima* Wedd. (Polygonaceae): fenologia, ciclagem biogeoquímica de nutrientes e área foliar em um fragmento de Restinga na região de Alagoinhas, BA**. 2006. 83p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana-BA.

MURBACH, M. R.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; SOUZA, E. C. A. Nutrient cycling in a RRIM 600 clone rubber plantation. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 2, p. 353-357, 2003.

NEVES, E. J. M.; MARTINS, E. G.; REISSMANN, C. B. Deposição de serapilheira e nutrientes de duas espécies da Amazônia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 43, p. 47-60, 2001.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Produção de serapilheira na Caatinga da região semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil. **Idesia**, v. 29, n. 2, p.87-94, 2011.

SANTANA, J. A. S., SANTANA, JÚNIOR, J. A. S., SOUTO, J. S., MACÊDO, A. B. Balanço hídrico e classificação climática de Thornthwaite da Estação Ecológica do Seridó, Serra Negra do Norte-RN. **Brasil Florestal**, v. 23, n. 80, p. 9-16, 2006.

SANTANA, J. A. S. **Estrutura fitossociológica, produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes em uma área de Caatinga no Seridó do Rio Grande do Norte**. 2005. 206 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.

SILVA, L. B.; SANTOS, F. A. R.; GASSON, P.; CUTLER, D. Anatomia e densidade básica da madeira de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Fabaceae), espécie endêmica da Caatinga do Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 2, p. 436-445, 2009.

VITOUSEK, P. M. Litterfall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical ecosystems. **Ecology**, v. 65, p:285-298, 1984.

USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA ANÁLISE DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO COMO SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO EM MARABÁ-PA

Silvio Angelo Rabelo

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
(UNIFESSPA)
Marabá - PA

Josué Souza Passos

Universidade de Campinas (UNICAMP)
Campinas - SP

Nicolau Akio Kubota

Universidade Federal do Pará (UFPA)
Belém - PA

Stephanie Regina Costa Almeida

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
(UNIFESSPA)
Marabá - PA

Daiane da Costa Ferreira

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
(UNIFESSPA)
Marabá - PA

RESUMO: As geotecnologias aliadas às imagens de satélite emergiram como importantes ferramentas aos órgãos de controle e fiscalização de áreas verdes e do uso do solo no planejamento urbano norteando a expansão urbana em grandes centros. A aquisição de informações, via sensoriamento remoto, se mostra uma alternativa viável para criação de Bancos de Dados Geográficos (BDG) úteis às tomadas de decisões dos órgãos públicos e privados. Neste contexto, o

objetivo deste trabalho é mostrar a viabilidade do uso das geotecnologias de baixo custo para o levantamento de informações referentes ao uso e ocupação do solo, bem como utilizar os resultados para subsidiar o planejamento urbano da cidade de Marabá-PA. O perímetro urbano selecionado para execução deste trabalho, corresponde a uma área de 245 km² do município de Marabá onde foram classificados cinco classes de uso do solo, definidos como: (a) corpos d'água; (b) vegetação nativa; (c) vegetação de pequeno a médio porte; (d) solo exposto; e (e) área urbana. Embora o uso de imagens de mais alta resolução espacial ofereça um melhor detalhamento, imagens de satélite como as do Landsat 8 podem ser uma alternativa de baixo custo para análise do uso do solo com frequência estabelecida em diversos períodos do ano de acordo com a demanda.

PALAVRAS-CHAVE: uso e ocupação do solo, geotecnologias, planejamento urbano

ABSTRACT: Geographic technologies allied to satellite images emerged as important tools for the control and supervision of green areas and land use in urban planning, directing urban expansion in large centers. The acquisition of information, through remote sensing, is a viable alternative for the creation of Geographic Database (GD) useful for the decision making of public and private agencies. In this context, the

objective of this work is to show the feasibility of using low-cost geographic technologies to collect information on land use and occupation, as well as to use the results to support urban planning in the city of Marabá-PA. The urban perimeter selected for this work corresponds to an area of 245 km² in the township of Marabá, where five classes were classified as: (a) water bodies; (b) native vegetation; (c) small to medium vegetation; (c) exposed soil; and (e) urban area. Although the use of higher spatial resolution images provides better detailing, satellite images such as Landsat 8 may be a low cost alternative to land use analysis with frequency established at various times of the year according to demand.

KEYWORDS: land use and occupation, geographic technology, urban planning

INTRODUÇÃO

As geotecnologias aliadas às imagens de satélite emergiram como importantes ferramentas aos órgãos que controlam e fiscalizam o uso do solo e o planejamento urbano (RABELO et al., 2017). O uso inadequado do solo acarreta diversos problemas ambientais, tais como, o comprometimento de fontes e mananciais de água, degradação de habitats naturais, erosão, enchentes e assoreamento do solo (WEISS et al., 2013). Tenedório (1989) afirma que as informações do uso do solo de determinado espaço são imprescindíveis para o planejamento territorial, pois as mesmas compõem as bases para o processo de conhecimento da organização do espaço.

Nascimento et al., (2005) e Ribeiro et al., (2005) constatarem uma considerável redução nas deficiências relativas ao cumprimento das leis municipais e estaduais relativas ao uso do solo pelo monitoramento constante do uso do solo com base em geotecnologias aplicadas a este fim. Oliveira e Jesus (2011) elencam a importância do monitoramento de áreas verdes no perímetro urbano, destacando especial importância para as Áreas de Proteção Permanente (APP), dada a sua importância para o controle da erosão, recarga de aquíferos, alimentação da fauna aquática e proteção dos mananciais contra a poluição.

Vale (2013) ressalta ainda uma série de investimentos municipais em Marabá-PA na cobertura de sua área cadastral municipal através do Cadastro Ambiental Rural (CAR), haja visto que tal monitoramento contribui para o controle das taxas de desmatamento e conservação de áreas verdes e florestas nativas na região.

Segundo Rabelo et al. (2017), com o advento das geotecnologias, a aquisição de informações via sensoriamento remoto, se tornou uma alternativa viável para criação de Bancos de Dados Geográficos (BDG) úteis às tomadas de decisões dos órgãos públicos e privados. Isso se dá pela facilidade de aquisição de dados em resolução aceitável, sem geração de custos, e pela rapidez de processamento para tomada de decisões, desde que haja um profissional devidamente habilitado a processar e interpretar os dados geoprocessados.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é mostrar a viabilidade do uso das

geotecnologias de baixo custo para o levantamento de informações referentes ao uso e ocupação do solo, bem como utilizar os resultados para subsidiar o planejamento urbano da cidade de Marabá-PA.

MATERIAIS E MÉTODOS

A disponibilização de imagens de satélite de uso gratuito pela Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) têm incentivado o desenvolvimento de diversos estudos no ramo do geoprocessamento. As cenas escolhidas para os estudos, além de terem resolução espacial relativamente alta, possuem uma resolução temporal que possibilita estudar fenômenos atmosféricos e antrópicos com relativa frequência.

Imagens como as do satélite Landsat 8 de resolução espacial de 30 m nas bandas multiespectrais, e resolução temporal de 16 dias fornecem informações atualizadas que podem servir de subsídio para o mapeamento de uso do solo.

Para esse estudo foram utilizadas os seguintes intervalos do espectro eletromagnético representado pelas bandas do satélite Landsat 8: Banda 4 (640-690 nm, vermelho), Banda 5 (850-880 nm, infravermelho próximo) e Banda 6 (1570-1650 nm, SWIR1). O processo de fusão digital se deu pela combinação das bandas 6-5-4 nos canais RGB respectivamente, gerando uma composição colorida de falsa cor com realce das classes de uso do solo determinadas para este trabalho.

As cinco classes de uso do solo determinadas foram simplificadas da proposta de sistematização da classificação de uso e cobertura da terra proposta por Anderson, Hardy, Roach e Witmer (ANDERSON et al. 1976), definindo: (a) corpos d'água; (b) vegetação nativa; (c) vegetação de pequeno a médio porte; (d) solo exposto; e (e) área urbana.

A classificação semiautomática foi realizada coletando manualmente amostras de cada uma das cinco classes determinadas, em pontos reconhecidos por expedições de campo, para então realizar o reconhecimento automático das mesmas por meio de um algoritmo de classificação supervisionada de imagem em um software SIG conforme a amostragem exemplificada na figura 1.



Figura 1 – Exemplo de amostragem das classes de uso do solo em áreas reconhecidas feitas em algoritmo de classificação supervisionada de software SIG.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O perímetro urbano selecionado para execução deste trabalho, corresponde a uma área de 245 km² do município de Marabá, localizado na porção sudeste do estado do Pará. A área urbana da cidade é composta por sete distritos ilustrados na figura 2, a saber os distritos: Morada Nova, São Félix, Nova Marabá, Velha Marabá, Cidade Nova, Industrial e de Expansão Urbana.

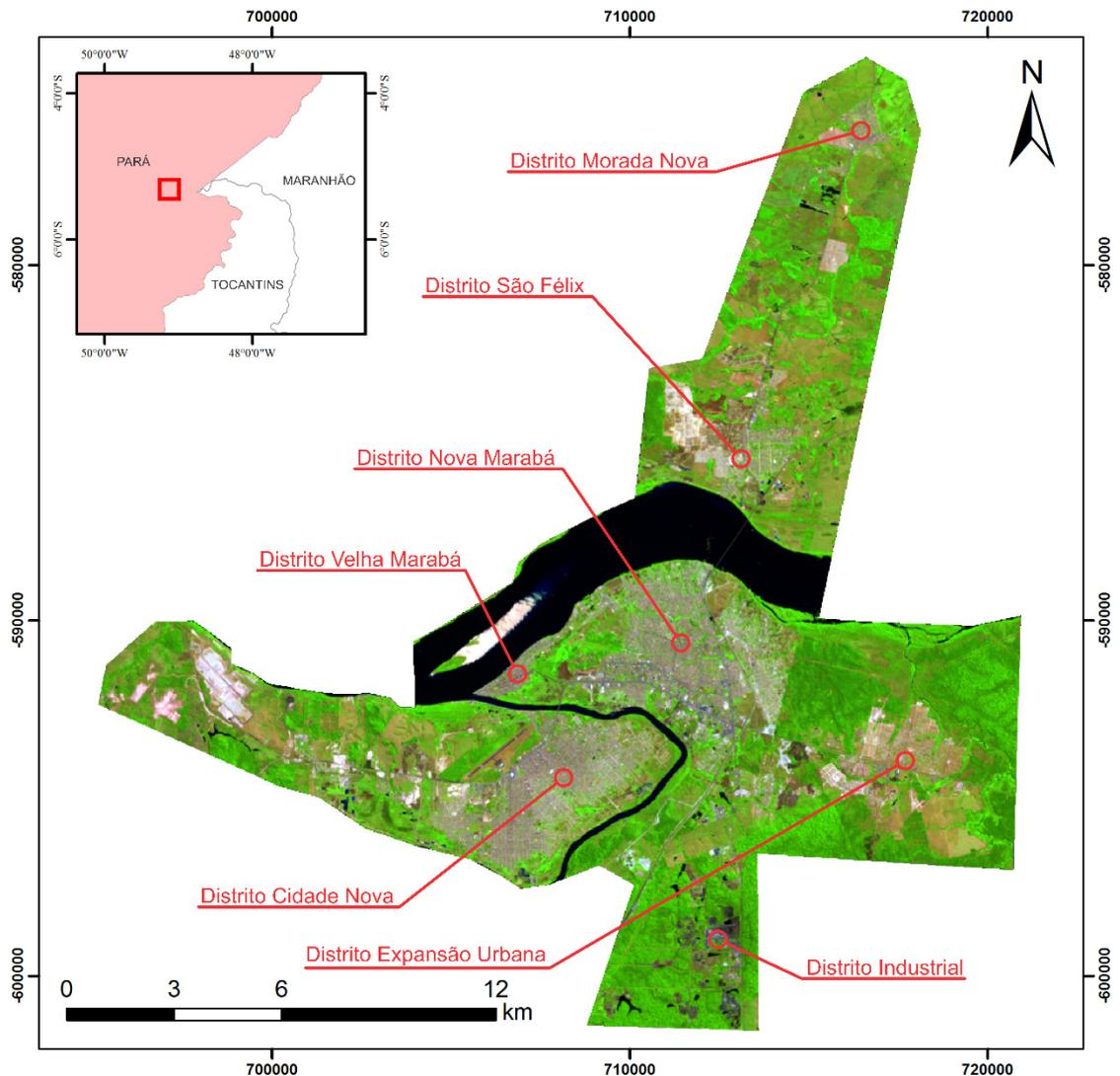


Figura 2 – Mapa de localização do núcleo urbano de Marabá destacando seus distritos segundo a configuração do plano diretor.

Pelo menos 45% da área urbana de Marabá (~110 km²) é constituída por vegetação de pequeno a médio porte representando o uso do solo principalmente para o desenvolvimento de atividades agropecuária, destacando como as principais atividades no segmento, a criação de gado e plantio de grãos, ambas com uma grande participação na geração de renda do município. Nessas áreas a vegetação nativa de grande porte foi substituída por pasto ou plantio de grãos preservando pouco ou nenhum resquício da mata original (figura 3).

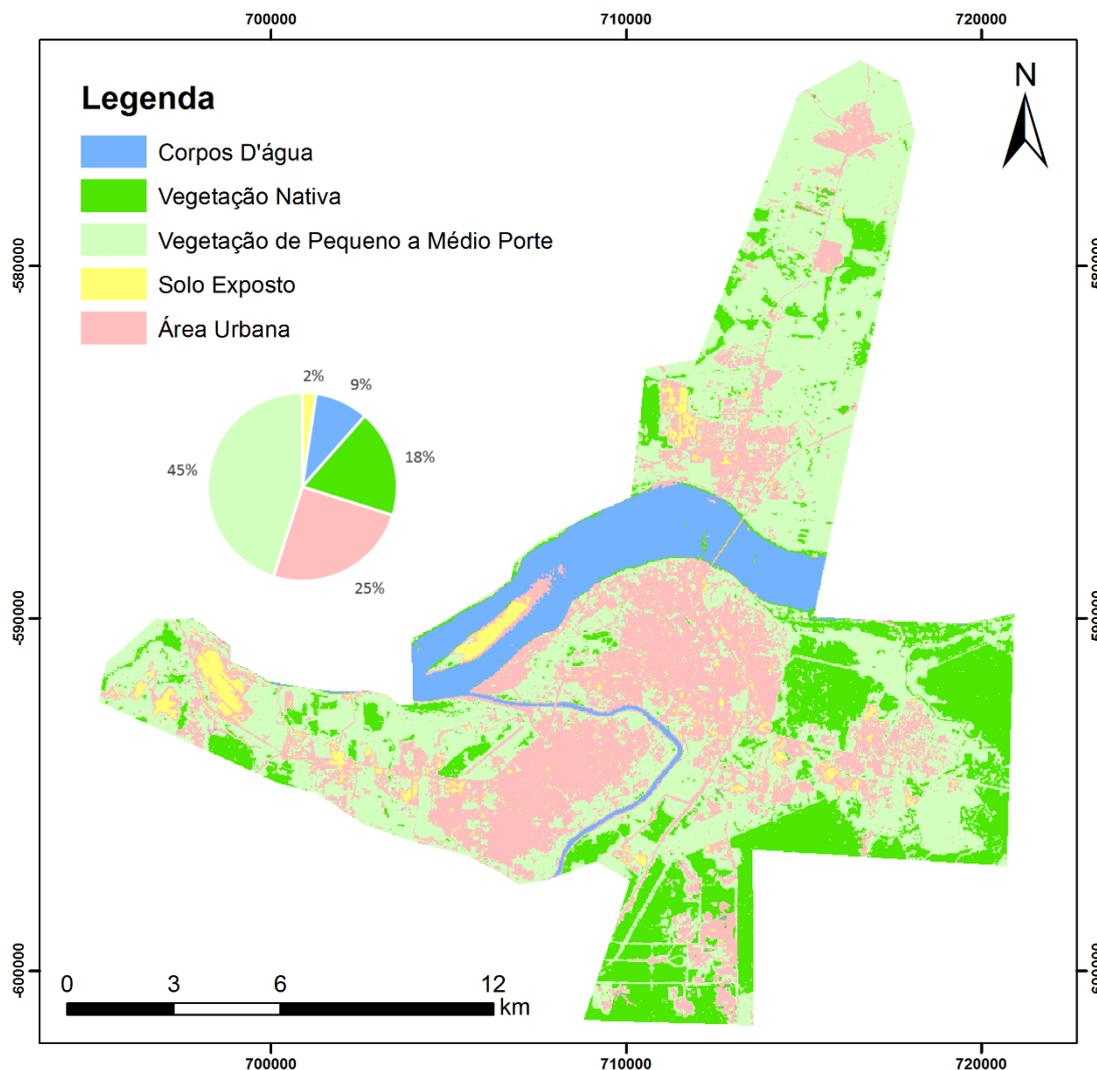


Figura 3 – Mapa de uso do solo da cidade de Marabá - PA

A área urbana corresponde a 25% (~61 km²) do perímetro selecionado sendo o distrito de Nova Marabá e Cidade Nova os maiores distritos urbanizados (figura 3). A área urbana correspondente a Velha Marabá sofre com inundações sazonais relacionadas ao período de cheia dos rios Itacaiúnas e Tocantins sendo essa uma área de necessidade constante de monitoramento, principalmente durante o período de chuva na região.

As áreas de vegetação nativa ocupam 18% da área urbana de Marabá (~45 km²), estas áreas estão restritas principalmente à áreas de preservação permanente associadas aos rios Itacaiúnas, Tocantins e Taurizinho, além de reservas do Exército Brasileiro que mantém diversas bases nas proximidades do distrito de Expansão Urbana (figura 3). O distrito industrial também tem forte influência na preservação de mata nativa, recorrendo a supressão vegetal apenas na sua área industrial preservando os entornos.

Os corpos d'água correspondem a 9% (~22 km²) da área, expressos, principalmente, pelos rios Tocantins e Itacaiúnas, e em menor parte pelo Rio Taurizinho, pelo Igarapé do Guido e por pequenas represas localizadas principalmente em sedes de fazendas

(figura 3).

A proximidade com áreas urbanas pode representar riscos a qualidade da água. Dessa forma o controle da expansão urbana, bem como a criação e manutenção de um sistema de saneamento são essenciais para a preservação da qualidade destes mananciais.

Somente 2% (~6 km²) da área classifica-se como solo exposto (figura 3). De modo geral, são áreas restritas aos grandes empreendimentos ou loteamentos em fase de implantação, destacando-se, ainda, a Praia do Tucunaré, que sazonalmente é utilizada como ponto turístico da cidade.

CONCLUSÃO

O uso de geotecnologias para a análise do uso e ocupação do solo, mostrou-se eficaz para a aquisição de dados úteis ao planejamento urbano. O baixo custo de aquisição das imagens aliado a rapidez na geração de informação se mostram grandes recursos para órgãos de fiscalização municipais e estaduais no monitoramento de áreas verdes e da expansão urbana.

Embora o uso de imagens de mais alta resolução espacial ofereça um melhor detalhamento, estas imagens em geral acarretam em um custo maior para aquisição e podem ou não levar um determinado tempo até serem disponibilizadas para os órgãos de monitoramento. Neste sentido, imagens de satélite como as do Landsat 8 de distribuição gratuita, resolução espacial relativamente alta e resolução temporal curta, podem ser uma alternativa de baixo custo para análise do uso do solo com frequência estabelecida em diversos períodos do ano de acordo com a demanda.

Os resultados além de imediatos, podem auxiliar na tomada de decisões pelos órgãos responsáveis por fiscalizar áreas verdes, no controle do desmatamento, ou preservação de APP, além de monitorar áreas de produção agrícola. No planejamento urbano, o mapeamento de uso do solo pode auxiliar na confecção e atualização do plano diretor fornecendo subsídios para nortear a expansão urbana protegendo áreas de mata ciliar ou mesmo mananciais de água.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, James Richard. **A land use and land cover classification system for use with remote sensor data**. US Government Printing Office, 1976.

LEITE, Marcos Esdras; BRITO, Jorge Luis Silva. **Sensoriamento Remoto e SIG aplicados ao mapeamento do uso do solo urbano de Montes Claros/MG**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Curitiba, PR, Brasil, v. 30, p. 0933.

RABELO, Silvio. Angelo. et al. **Uso de geotecnologias para análise de uso e ocupação do solo como subsídio para o planejamento urbano em Marabá-PA**. In: CONGRESSO BRASILEIRO

DE CIÊNCIA DO SOLO, 36., 2017, Belém-PA. Anais... (on-line): Belém-PA: XXXVICBCS, 2017. Disponível em <http://congresso.pauta.itarget.com.br/anais>. Acesso em 10 de agosto de 2018.

TENEDÓRIO, J. A. **Concepção de cartas de uso e evolução do solo por interpretação de fotografia aérea vertical. Almada: exemplo metodológico.** Instituto Nacional de Investigação Científica. Centro de estudos de geografia e planeamento regional: FCSH-UNL, 1989. 80p.

VALE, R. S.; BALIEIRO, C. P. P. **Mapeamento do uso e ocupação do solo utilizando imagens de satélite do sensor TM/Landsat 5 no litoral sul do Rio Grande do Sul, Brasil.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. Resumos... Foz do Iguaçu: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2013.

WEISS, C. V. C.; LIMA, L. T. ; TERCEIRO, A. M.; GAUER, N. P. **Diagnóstico ambiental no perímetro urbano do município de Marabá, estado do Pará, utilizando imagens de alta resolução.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. Resumos... Foz do Iguaçu: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2013.

VARIABILIDADE E CORRELAÇÃO ESPACIAL DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE NEOSSOLOS, NUMA CATENA DO PAMPA GAÚCHO

Jéssica Santi Boff

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Julio César Wincher Soares

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Claiton Ruviaro

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólitos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Daniel Nunes Krum

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólitos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Pedro Maurício Santos dos Santos

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólitos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Higor Machado de Freitas

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólitos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Lucas Nascimento Brum

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólitos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista

Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

RESUMO: As propriedades químicas do solo têm relação direta com os processos pedogenéticos, aliados a forma de manejo e práticas ligadas à sua exploração. O objetivo do presente trabalho foi de avaliar a variabilidade e a correlação espacial das propriedades químicas naturais de NEOSSOLOS, numa Catena, sob campo nativo, do Pampa Gaúcho. Para o estudo da fertilidade do solo, foi realizado um levantamento pedométrico, utilizando 52 pontos de prospecção, numa malha fixa, com intervalos regulares de 15 m, na profundidade de 0,0 – 0,2 m, perfazendo uma área de 1,17 ha. De posse das amostras beneficiadas de solos (TFSA) foram determinadas as diferentes propriedades químicas. Posteriormente dos resultados foram submetidos a análise estatística descritiva, de correlação Pearson e geoestatística para as diferentes variáveis estudadas. Os NEOSSOLOS desenvolvidos na Catena, possuem baixa fertilidade natural. Foram observadas correlações espaciais entre as propriedades químicas naturais destes NEOSSOLOS, ao longo Catena. Também, a densidade amostral foi extremamente importante para a definição das variáveis com acurácia.

PALAVRAS-CHAVE: Fertilidade do solo. Vegetação Natural. Geoestatística, Agricultura Digital.

ABSTRACT: The chemical properties of the soil are directly related to the pedogenetic processes, allied to the way of management and practices related to its exploitation. The objective of the present work was to evaluate the variability and spatial correlation of the natural chemical properties of NEOSSOLOS, in a Catena, under native field, of the Pampa Gaúcho. For the study of soil fertility, a pedometer survey was carried out, using 52 prospecting points, in a fixed mesh, with regular intervals of 15 m, in the depth of 0.0 - 0.2 m, for an area of 1.17 there is. The different chemical properties were determined from the soil samples (TFSA). Subsequently the results were submitted to descriptive statistical analysis, Pearson correlation and geostatistics for the different variables studied. The NEOSSOLOS developed in Catena, have low natural fertility. Spatial correlations were observed between the natural chemical properties of these NEOSSOLOS, along Catena. Also, the sample density was extremely important for the definition of the variables with accuracy.

KEYWORDS: Soil Fertility. Natural vegetation. Geostatistics. Digital Agriculture.

1 | INTRODUÇÃO

O Bioma Pampa abrange 64% do território Gaúcho (CHOMENKO, 2006). Exibindo vegetações campestres relativamente uniformes, sobre o relevo de planícies, onde predomina a estepe. Recentemente, as extensões de campo natural estão sendo convertidas em novas áreas de cultivo, com diversas culturas (BOLDRINI, 2007), tornando-se assim, a principal fronteira agrícola austral brasileira.

No Pampa, os NEOSSOLOS LITÓLICOS e NEOSSOLOS REGOLÍTICOS exibem horizonte A ou hístico desenvolvidos sobre horizonte C, ou camadas Cr e R, e também sem horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2013). São solos com potencial restritivo de uso (MACHADO, 1997; PEDRON, 2007), devido à presença de contato lítico (EMBRAPA, 2006) ou contato saprolítico (PEDRON et al., 2009), muito próximo da superfície.

A fertilidade do solo, conceitualmente, é a sua capacidade de fornecer nutrientes, em quantidade e proporção adequadas às plantas, na ausência de elementos tóxicos, para o seu desenvolvimento e produtividade; essencialmente, um conceito restrito às condições químicas do solo (NICOLODI et al., 2008).

Para a gestão conservacionista da paisagem, faz-se necessário, dentre outros fatores, o conhecimento da variabilidade espacial e temporal das propriedades dos solos, relacionadas a sua fertilidade.

A variabilidade espacial das propriedades químicas do solo está relacionada com os seus processos de formação, ao manejo e as práticas conservacionistas adotadas (CASTRIGNANÒ; STELLUTI, 1999). Deste modo, a ocupação do solo, com o passar

dos anos, acarreta uma elevação na sua heterogeneidade, tanto na vertical como na horizontal.

A geoestatística descreve a variabilidade espacial das diferentes propriedades dos solos, dentre elas a química e permite a geração de subsídios e prognósticos para aplicações de fertilizantes em taxa variável, ou seja, no local e quantidade adequada, evitando desperdícios, reduzindo o custo de produção e os passivos ambientais. É preciso que se faça uma amostragem representativa da área, para posterior obtenção de dados preditos das propriedades químicas para toda a área, descrevendo assim, a variabilidade espacial dessas propriedades.

Com base nessa abordagem, o objetivo do presente trabalho foi de avaliar a variabilidade e a correlação espacial das propriedades químicas naturais de NEOSSOLOS, numa Catena, sob campo nativo do Pampa Gaúcho.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado numa encosta de 1,17 ha, com coordenadas centrais UTM 705.589 E 6.769.1121 S (SIRGAS 2000, ZONA 21 S), na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Câmpus Santiago.

Conforme a classificação de Köppen (1931), o clima dominante é o Cfa, subtropical úmido, totalizando uma precipitação anual de 1.919 mm ao longo do ano, com temperatura média anual de 17,9 °C (MORENO, 1961). O relevo apresenta feições de suave ondulado a ondulado, com altitude média de 394 metros.

A área de estudo é formada por polipedons de NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos e NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Distróficos, sob campo nativo, com mais de três décadas de ocupação (FIGURA 1).

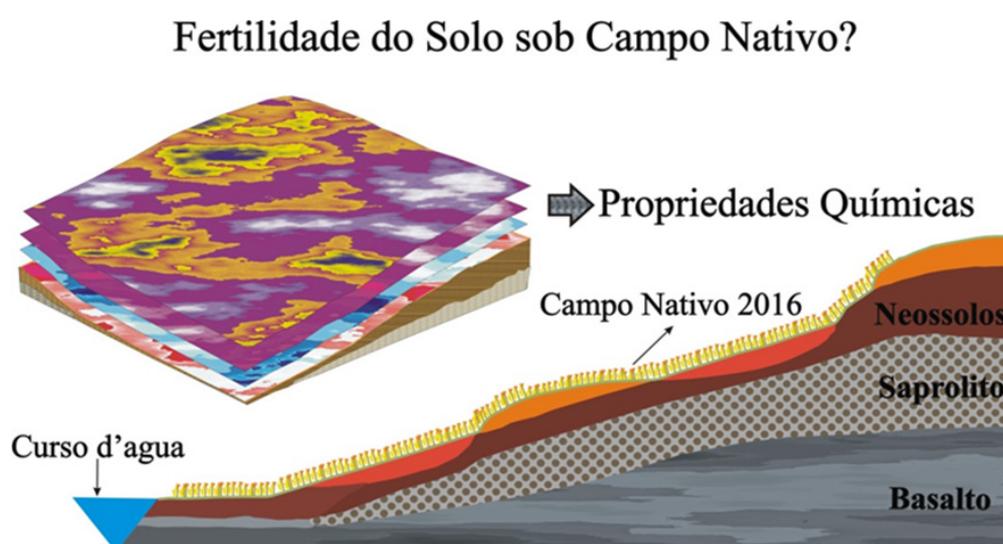


Figura 1- Perfil longitudinal da catena em estudo.

O procedimento amostral contou com a coleta de amostras em 52 pontos de prospecções, numa malha com intervalos regulares de 15 m, na profundidade de 0,0 –

0,2 m. Para a alocação dos pontos foi empregado um receptor GNSS (Sistema global de navegação por satélite), com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de RTK (posicionamento em tempo real), utilizando o datum horizontal SIRGAS 2000, zona 21 (FIGURA 2).

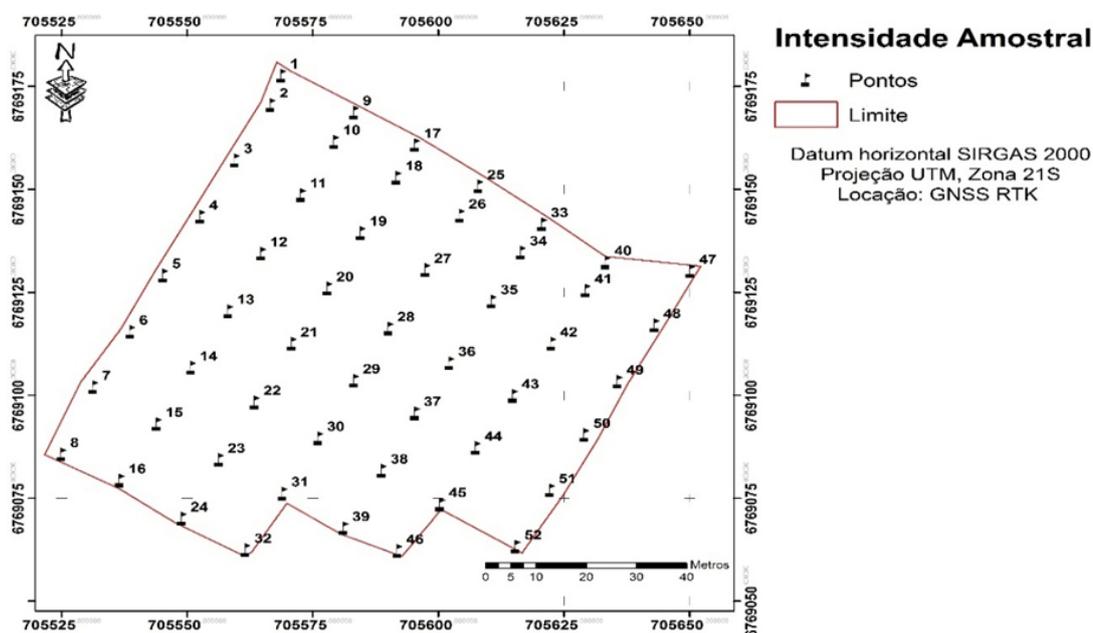


Figura 2. Mapa da distribuição amostral na catena.

Nos pontos de prospecção foram coletadas amostras deformadas para a determinação das propriedades químicas. Em laboratório foram realizadas as análises de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), fósforo (P), pH do solo em água (pH_{H₂O}) e matéria orgânica (MO), conforme Donagemma et al. (2011). Posteriormente, foi realizado o cálculo da capacidade de troca catiônica efetiva (CTC_{efetiva}) e da capacidade de troca catiônica em pH7,0 (CTC_{pH7,0}).

A variabilidade dos dados foi testada pela análise estatística descritiva e por técnicas de geoestatística. O Coeficiente de Variação (CV) foi classificado conforme Warrick e Nielsen (1980), considerando variabilidade baixa (CV < 12 %); média (12% < CV < 60 %); e alta (CV > 60 %). A normalidade dos dados foi testada por Kolmogorov-Smirnov (p<0,05). Em seguida, foi realizada a análise de correlação de Pearson (p<0,05).

A dependência espacial das propriedades químicas foi avaliada pela análise geoestatística. Foram realizados ajustes de semivariogramas teóricos considerando a Média dos Erros Preditos (M), Média dos Erros Padronizada (MS), Raiz Quadrada da Média do Erro ao Quadrado (RMS), Média da Variância dos Erros Padronizados (ASE) e Raiz Quadrada da Média dos Erros Padronizados ao Quadrado (RMSS). Os modelos que oferecem dados acurados precisam obedecer a premissa de que os valores de M e MS devem estar próximos de zero, e os valores em RMS, ASE e RMSS estejam próximos de 1 (ESRI, 2016). Do ajuste de um modelo matemático aos dados,

foram determinados os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance.

Para as análises geoestatística utilizou-se o software do Sistema de Informações Geográficas ArcMap® 10.5.1 (ArcToolbox → Geostatistical Analyst → Assistente de geoestatística → Geoestatistical Methods → Kriging → Kriging type → Ordinary).

O grau de dependência espacial (GDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for superior a 75 % do patamar, a dependência espacial moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar.

Em seguida, efetuou-se a geração de mapas utilizando o algoritmo de krigagem ordinária, que permitiu o maior detalhamento espacial das propriedades estudadas.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística descritiva revela que todos os resultados das propriedades avaliadas apresentam distribuição normal, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,05$) (TABELA 1).

Prop.	pHH ₂ O	K	Ca	Mg	CTC _{efetiva}	CTC _{pH7}	P	Al
Mínimo	3,73	0,12	1,40	1,10	5,43	14,26	0,14	0,10
Máximo	5,44	1,78	5,10	3,80	11,68	65,65	7,30	6,50
Média	4,53	0,38	2,87	2,26	7,98	31,15	3,06	2,45
CV	9,21	64,38	32,37	25,65	17,24	38,22	55,65	59,61
K-S	0,73	1,25	0,93	0,79	0,53	55,65	1,45	1,10
SIG	0,66	0,08	0,34	0,55	0,94	1,10	0,03	0,17

Tabela 1 - Estatística descritiva das propriedades químicas naturais de NEOSSOLOS, numa Catena, sob campo nativo do Pampa.

Prop.: Propriedade Química. pH H₂O: Acidez ativa. Al: Alumínio (cmol/dm³). K: Potássio (cmol/dm³). Ca: Cálcio (cmol/dm³). Mg: Magnésio (cmol/dm³). CTC_{efetiva}: Capacidade de troca de cátions efetiva (cmol/dm³). CTC_{pH7}: Capacidade de troca de a pH 7,0 (cmol/dm³). P: Fosforo (mg/dm³). CV: coeficiente de variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. Sig.: Significância ($p < 0,05$).

Conforme a descrição das propriedades químicas estudadas (Tabela 2), e o CQFS (2016), a CTC_{pH7,0} se encontra com valores variando de médio (7,6 – 15,0 cmol/dm³) a alto (15,1- 30,0 cmol/dm³). Já os teores de P, oscilaram entre muito baixo (<1,5 mg/dm³) a baixo (1,5 - 3,0 mg/dm³), para o K muito baixo (<15 cmol/dm³), para o Ca os valores foram classificados como médio (2,0 - 4,0 cmol/dm³), por fim, o Mg teve valores classificados como alto (>1,0 cmol/dm³).

Segundo a EMBRAPA (2015), os valores de pHH₂O foram baixo (<5,0), para o Al e a CTC_{Efetiva}, os valores foram classificados como alto (>1,0 cmol/dm³ e >4,0 cmol/dm³), respectivamente.

De acordo com Warrick e Nielsen (1980), os coeficientes de variação para Ca, Mg, CTC_{pH7,0}, P, CTC_{Efetiva} e Al são classificados como de média dispersão (12% a

60%). A mesma classificação, descreve que os valores de K possuem alta dispersão (< 60%) e para o $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, baixa dispersão (>12%).

Lima et al. (2010), estudando uma fitofisionomia natural em sucessão, sob ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, observaram valores semelhantes de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, com média de 4,71. Para P, K, Ca e Mg os valores foram ainda menores que os observados na tabela 1. Tal fato pode estar associado ao intemperismo proporcionado ao ARGISSOLO, no qual, predomina o processo de Lessivagem; já os solos da Catena em estudo, sofreram menor desenvolvimento, conservando assim, esses elementos.

Conforme a tabela 2, que descreve a análise de correlação entre as propriedades químicas dos solos, em relação a acidez ativa, observou-se que, com a diminuição nos valores do $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, maior será a acidez potencial, ocorrendo um incremento no teor de Al^{3+} , na $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$ e na $\text{CTC}_{\text{Efetiva}}$. Segundo Souza et al. (2007), os solos que apresentam quantidades elevadas de Al^{3+} , adjuntos ou não ao Mn^{2+} , solos com alta acidez, podem proporcionar limitações ao crescimento normal e também ao desenvolvimento radicular das plantas. Esse processo está associado a pequena soma das bases interessantes para a nutrição mineral de plantas na $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$ e na $\text{CTC}_{\text{Efetiva}}$, tendo uma maior contribuição para essas propriedades do H+Al e Al^{3+} , respectivamente. Isto explica que o Al^{3+} , sendo trivalente é mais fortemente retido do que os cátions divalentes (NOVAIS et al.,2007) (TABELA 2).

Propriedades	$\text{CTC}_{\text{efetiva}}$	$\text{CTC}_{\text{pH}7}$	P	MO	$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	H+Al	Al	K	Ca	Mg
$\text{CTC}_{\text{efetiva}}$	1	0,30*	0,36*	-0,14	-0,28*	0,26	0,63*	0,39*	0,27	0,25*
$\text{CTC}_{\text{pH}7}$		1	-0,07	0,14	0,96*	0,99*	0,37	-0,15	-0,17	0,07
P			1	0,14	0,02	-0,05*	0,48	0,44	-0,16	-0,33
MO				1	-0,02	0,12	-0,28	-0,06	0,17	0,18
$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$					1	-0,97*	-0,46*	0,14	0,29	0,05
H + Al						1	0,41*	-0,15	-0,26	-0,00
Al							1	0,32*	-0,52*	-0,48*
K								1	-0,05	-0,25
Ca									1	0,72*
Mg										1

Tabela 2 - Significância e coeficientes de correlação de Pearson ($p < 0,01$) da fertilidade natural de NEOSSOLOS, numa Catena, sob campo nativo do Pampa.

$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$: Acidez ativa. H+Al: Acidez potencial. Al: Alumínio. MO: Matéria orgânica. K: Potássio. Ca: Cálcio. Mg: Magnésio. $\text{CTC}_{\text{efetiva}}$: Capacidade de troca de cátions efetiva. $\text{CTC}_{\text{pH}7}$: Capacidade de troca de a pH 7,0. P: Fosforo
CV: Teste de Correlação de Pearson. *significativo ($p < 0,05$).

As variáveis Al e $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$ ajustaram-se ao modelo exponencial, apresentando alcance de 170,26 e 48,27 m, respectivamente. O $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ se ajustou ao modelo stable, com alcance 170,26 m e a $\text{CTC}_{\text{Efetiva}}$ se ajustou o modelo circular, com alcance 137,63 m, que diferem dos realizados por Lima et al. (2010), os quais ajustaram os dados, ao modelo esférico (TABELA 3).

A dependência espacial foi classificada como forte para o Al e a $\text{CTC}_{\text{Efetiva}}$, com

valores respectivos de 21,25 % e 0,00 %. Para a $CTC_{pH7,0}$ e pHH_2O a dependência espacial foi classificada como moderada, com valores respectivos de 43,49 e 61,07 % (TABELA 3).

Os alcances observados na tabela 3, indicam que a malha amostral, com equidistância de 15 m contribuiu para predição acurada das variáveis. Dentro da geoestatística, o alcance tem suma importância para a interpretação dos semivariogramas. Ele indica a distância até onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si (VIEIRA, 1997). Segundo McBratney e Webster (1986), o alcance é um elemento necessário para o planejamento e a avaliação experimental, já que pode auxiliar na definição de procedimento de amostragem. Tal parâmetro é condicionado pelo patamar, o valor máximo do semivariograma, o qual equivale ao limite da covariância entre dois pontos quando sua separação tende a zero.

O efeito pepita para a maioria das propriedades químicas estudadas foi considerado ideal, sendo igual ou próximo a 0, que indica a variabilidade não explicada, pode ser decorrente de erros de medidas ou micro variações não detectadas, considerando a distância de amostragem utilizada (PAZ et al., 1996).

Propriedades	PHH_2O	Al	$CTC_{efetiva}$	CTC_{pH7}
Modelo	Stable	Exponencial	Circular	Exponencial
Alcance	170,26	170,26	137,63	48,27
Patamar	0,02	2,62	2,03	164,32
Pepita	0,012	0,555	0,883	0,000
M	-0,003	0,002	0,002	0,402
RMS	0,125	1,125	1,119	10,442
MS	-0,028	0,001	0,002	0,032
RMSS	1,028	1,010	0,0988	1,008
ASE	0,012	1,125	0,0988	10,374
DE	Moderada	Forte	Moderada	Forte
GDE(%)	61,07	21,25	43,49	0,00

Tabela 3 - Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para as propriedades químicas naturais de NEOSSOLOS, numa Catena, sob campo nativo do Pampa

M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS :Raiz Quadrada Média Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão. GDE: Grau de Dependência Espacial. $pH H_2O$: Acidez ativa. Al: Alumínio. K: Potássio. Ca: Cálcio. Mg: Magnésio. $CTC_{efetiva}$: Capacidade de troca de cátions efetiva. CTC_{pH7} : Capacidade de troca de a pH 7,0. P: Fósforo.

Conforme a figura 3, as propriedades dos NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos e NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Distróficos possuem correlações espacial, corroborando com os resultados da análise de correlação de Pearson.

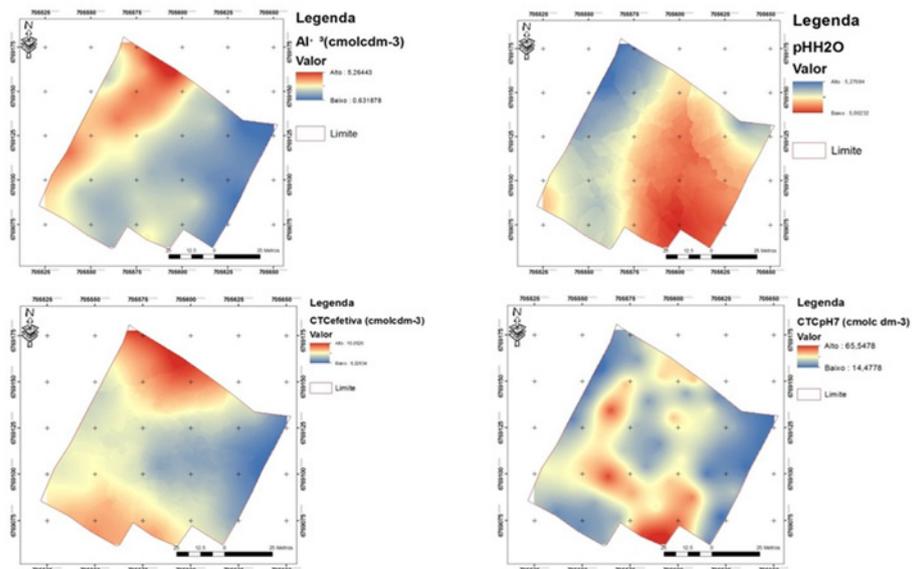


Figura 3 - Modelos digitais da fertilidade natural de NEOSSOLOS, numa Catena, sob campo nativo do Pampa.

pHH2O: Acidez ativa; Al: Alumínio; CTCefetiva: Capacidade de troca de cátions efetiva; CTCpH7,0: Capacidade de troca de a pH 7,0.

Desta maneira os Neossolos estudados apresentaram baixa fertilidade natural, como já observado por Streck et.al. (2018).

Este trabalho abre novos caminhos para estudos futuros, primeiramente para análise de correlação das propriedades químicas com as propriedades físicas do solo. Também, é possível estabelecer padrões de distribuição espacial das propriedades do solo baseados nas feições do relevo.

4 | CONCLUSÕES

- Os NEOSSOLOS desenvolvidos na Catena em estudo, possuem baixa fertilidade natural.
- Foram observadas correlações espaciais entre as propriedades químicas naturais de NEOSSOLOS, na Catena do Pampa.
- A densidade amostral foi extremamente importante para a definição das variáveis com acurácia.

REFERÊNCIAS

BOLDRINI, I. I. **Bioma Pampa: opiniões sobre as florestas nativas brasileiras**, março/maio, 2007, p. 24.

CAMBARDELLA, C. A, MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M. et al.; Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 58:1501-1511, 1994.

CHOMENKO, L.; **O Pampa no atual modelo de desenvolvimento econômico**. Disponível em: IHU ONLINE <<http://www.unisinos.br/ihu>>, São Leopoldo, 7 DE AGOSTO DE 2006 p. 22 - 30.

CASTRIGNANÒ, A.; STELLUTI, M. Fractal geometry and geostatistics for describing the field variability of soilaggregation. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 73, n. 1, 1999, p. 13-18.

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2016). **Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre, SBCS. 376p. 2016.

DONAGEMMA, G. K., Campos B. V. D., Calderano B. S., et al. (Org.) Manual de métodos de análise de solos. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2011. 230 p. (Documentos, 132).

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p

ENVIROMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Using ArcGIS geostatistical analyst**. Redlands, 2016.

GUIA PRÁTICO PARA INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISES DE SOLOS /Lafayette Franco Sobral ... [et al.] – Aracaju: **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2015.13 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 206).

IBGE. **Mapa de biomas do Brasil**. 2004. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> acesso em 28 ago. 2009.

KÖPPEN, W. Climatologia. México, **Fundo de Cultura Econômica**, 1931.

LIMA S. S. J., SOUZA, S.S. J., SILVA, S.S., et. al. Amostragem e variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração. **R. árvore**, viçosa-mg, v.34, n.1, p.127-136, 2010.

MACHADO, S.R.V. **Caracterização química, física em mineralógica de saprolitos do Estado de São Paulo e suas implicações na taxonomia e uso agrícola**. 1997. 105p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

McBRATNEY, A.B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, v.37, p.617-639, 1986.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 42p, 1961.

NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, 1017p.

NICOLODI, M.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; MARRÉ, J.; MIELNICZUK, J. Insuficiência do conceito mineralista para expressar a fertilidade do solo percebida pelas plantas cultivadas no Sistema Plantio Direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v.32, p.2735-2744, 2008.

PAZ, A.; TABOADA, M. T.; GOMEZ, M. J. **Spatial variability in topsoil micronutrient contents in a one-hectare cropland plot**. Comm. Soil Sci. Plant Anal, 3:479-503, 1996.

PEDRON, F.A. **Mineralogia, morfologia e classificação desaprolitos e Neossolos derivados de rochas vulcânicas no Rio Grande do Sul**. 2007. 160p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

PEDRON, F.A.; AZEVEDO, A.C.; DALMOLIN, R.S.D., et al. Morfologia e classificação taxonômica de Neossolos e saprolitos derivados de rochas vulcânicas da formação Serra Geral no Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:119-128, 2009

VIEIRA, S. R. **Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um latossolo roxo de Campinas (SP)**. *Bragantia*, Campinas, v. 56, n. 1, p. 1-17, 1997.

SOUZA, D. M.G; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. **Fertilidade do Solo**. Viçosa- MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Cap. V, 2007. p 221.

STRECK, E. V.; FLORES. C. A.; SCHNEIDE, P., et al., **Solos do Rio Grande do Sul**. 3ed., rev. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2018.252p.il.color.ISBN978-85-98842-20-2.

WARRICK, A.W. & NIELSEN, D.R. **Spatial variability of soil physical properties in the field**. In: Hillel, D., ed. *Applications of soil physics*. New York, Academic Press, 1980.

VARIABILIDADE ESPACIAL DA ACIDEZ POTENCIAL ESTIMADA PELO pH SMP EM NEOSSOLOS COM CULTIVO DA SOJA

Guilherme Guerin Munareto

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Agronomia
Santiago – RS

Claiton Ruviaro

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Agronomia
Santiago – RS

RESUMO: O conhecimento da variabilidade das propriedades químicas do solo permite aumentar a precisão do manejo da fertilidade, a fim de suprir a necessidade das culturas. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a variabilidade espacial da acidez potencial estimada pelo pH SMP após a inserção do cultivo da soja. O trabalho foi realizado na fazenda escola da URI Campus Santiago, RS. Para a realização do estudo foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0,00-0,20 m em 23 pontos na área, em grid com malha de 14x14 m, nas quais avaliou-se: pH SMP, acidez potencial (H+Al) e a necessidade de calagem. Todas as variáveis apresentaram dependência espacial forte, indicando que o número de amostras foi suficiente para mapear a área em estudo, utilizando-se técnicas de geoestatística. O uso da mesma para elaboração dos mapas de isolinhas por krigagem permitem a visualização das zonas de manejo da fertilidade do solo, onde

pode-se fazer diagnósticos da recomendação de fertilizantes e corretivos de acordo com a variabilidade dos atributos químicos do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Química do solo, dependência Espacial e agricultura de precisão.

ABSTRACT: Knowledge of the variability of the chemical properties of the soil allows to increase the precision of the fertility management in order to supply the need of the crops. In this sense, the objective was to evaluate the spatial variability of the potential acidity estimated by the SMP pH after the insertion of the soybean crop. The work was carried out at the school farm of URI Campus Santiago, RS. In order to perform the study, soil samples were collected at a depth of 0.00-0.20 m in 23 points in the area, in grid with 14x14 m mesh, in which the following values were evaluated: SMP pH, potential acidity (H + Al) and the need for liming. All variables presented strong spatial dependence, indicating that the number of samples was enough to map the area under study, using geostatistics techniques. The use of the same to elaborate the maps of isolines by kriging allow the visualization of the zones of management of the fertility of the soil, where it is possible to make diagnoses of the recommendation of fertilizers and correctives according to the variability of the chemical attributes of the soil.

KEYWORDS: Soil Chemistry, Space

1 | INTRODUÇÃO

A adequada gestão dos sistemas de produção agropecuários tem por princípio o fornecimento constante e balanceado de nutrientes, de forma a suprir as necessidades das culturas e atender os rendimentos projetados (STEWART et al., 2005).

A interrupção da disponibilidade de nutrientes é afetada por vários fatores, dentre estes os baixos valores de pH SMP e a elevada concentração de alumínio (Al) disponível, constituindo um cenário tóxico, culminando na restrição do crescimento radicular e decréscimos na quantidade de água disponível às plantas influenciam o rendimento das culturas e a eficiência de fertilizantes (DELIN E BERGLUND., 2005).

A acidez potencial é constituída pelos íons (H^+ e Al^{3+}), presentes nos coloides do solo. Esta, pode ser estimada pelo método pH SMP, o qual apresenta boa correlação com a quantidade de acidez potencial, a simplicidade do método auxilia na determinação da necessidade de calagem para manutenção da fertilidade do solo, devido ao equilíbrio entre a acidez do solo e a alcalinidade do tampão.

A adequada correção da acidez do solo é muito importante para a sustentabilidade do uso agrícola do solo, pois um solo ácido compromete o desenvolvimento e a produtividade das culturas. Assim, a calagem tem se destacado como a prática mais utilizada na agricultura para adequar as propriedades químicas do solo às necessidades das culturas (OLIVEIRA et al., 2010).

O clima do Rio Grande do Sul é frio e úmido, com chuvas bem-distribuídas, o que culminou com o desenvolvimento de solos pobres e ácidos, com níveis muito altos de alumínio (Al) trocável (DE ALMEIDA, 2017), com ecossistema pastoril formado pelo bioma pampa característico pelo relevo de planície, onde predomina a cobertura vegetal em estepe e savana estépica (BENCKE, 2016).

A variabilidade espacial das propriedades químicas do solo pode ser estudada pela geoestatística, que trata de uma associação de técnicas aplicadas a variáveis regionalizadas, que definem a estrutura de dependência espacial de cada variável (VIEIRA, et al., 1983; VIEIRA, 2000; ZANÃO JÚNIOR et al., 2007; MARINS et al., 2008). Este conceito, além de considerar o valor de cada unidade amostral, também associa a posição geográfica em que cada uma se localiza, possibilitando que amostras próximas tenham valores mais semelhantes e sejam mais correlacionadas do que amostras mais distantes do ponto de referência (SILVA et al., 2003).

O objetivo deste trabalho foi de avaliar a variabilidade espacial e a correlação do pH SMP e da acidez potencial de NEOSSOLOS, após a inserção do cultivo da soja em uma região produtora de soja no Vale do Jaguari-RS.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago, no Vale do Jaguari - RS.

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante é o Cfa, subtropical úmido com precipitação excessiva em todos os meses do ano, satisfazendo uma precipitação anual de 1.919 mm; com temperatura média anual de 17,9 °C (MORENO, 1961).

O relevo por sua vez, exibe feições suave ondulado, com altitudes que alcançam aproximadamente 394 metros (m).

A área em estudo é formada por polipedons de NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Distróficos e NEOSSOLOS LITOLICOS Distróficos, em Sistema de Plantio Direto (SPD), a mais de dezessete anos, o procedimento amostral contou com 23 pontos de prospecção coletados após o cultivo da soja, na profundidade de 0,0 - 0,20 m, numa área de 0,15 ha, com malha regular de 14m.

Para a alocação dos pontos foi empregado um receptor GNSS (Global Navigation Satellite System) Leica, modelo viva GS15, dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de RTK (Real Time Kinematic), utilizando o Datum horizontal SIRGAS 2000, zona 21 S.

Durante as prospecções foram coletadas amostras deformadas de solo. Em laboratório, para determinação do pH SMP, foi utilizada a solução tampão SMP, inicialmente sugerido por Shoemaker et al., (1961), posteriormente, o valor de H+Al foi predito conforme a equação estabelecida por Kaminski et al. (2001).

A necessidade de calagem foi determinada considerando uma elevação do pH do solo para 6,0, para a cultura da soja, conforme Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2016), também foi considerado um Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) de 100%.

A variabilidade das propriedades em estudo foi avaliada pela análise estatística descritiva, com normalidade dos dados testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 1% de significância.

O Coeficiente de Variação (CV) foi classificado conforme Warrick e Nielsen (1980), considerando variabilidade baixa ($CV < 12\%$); média ($12\% < CV < 60\%$); e alta ($CV > 60\%$).

A análise da dependência espacial foi realizada por meio da geoestatística no software do Sistema de Informações Geográficas ArcGIS® 10.5.1 (ArcToolbox → Geostatistical Analyst → Assistente de geoestatística → Geoestatistical Methods → Kriging → Kriging type → Ordinary).

Na sequência, estabeleceram-se semivariogramas para possibilitar a avaliação quantitativa das variáveis regionalizadas. Com o interpolador de krigagem ordinária, foram testados os seguintes modelos teóricos de semivariogramas: circular, esférico, exponencial e gaussiano.

Através do ajuste de um modelo matemático aos dados, foram definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance. Para analisar o grau de dependência espacial dessas variáveis utilizou-se a classificação de Cambardella et al., (1994), em que são considerados de dependência espacial forte os semivariogramas que têm um efeito pepita $\leq 25\%$ do patamar, de dependência espacial moderada, quando o efeito pepita está entre 25 e 75%, e de dependência fraca, quando o efeito pepita é $> 75\%$.

Em seguida, os mapas foram gerados com a aplicação do interpolador de krigagem ordinária, seguindo a rotina: ArcToolbox → Spatial Analyst → Interpolação → Krigagem → Ordinária, assim permitindo o maior detalhamento espacial dos fenômenos estudados, sendo de suma importância para a agricultura de precisão.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise estatísticas descritivas mostraram que todas as variáveis aderem à distribuição normal, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov, a 99% de significância (Tabela 1).

O pH SMP variou entre 4,25 a 6,93, perfazendo a média de 5,02, tendo valores semelhantes com os encontrados por Martins (2013) e (DE ALMEIDA JUNIOR., 2015), já para o H+Al a variação foi de 1,50 a 32,65 $\text{cmol}_c/\text{dm}^{-3}$, com média de 15,13 $\text{cmol}_c/\text{dm}^{-3}$, valores semelhantes aos encontrados por Pereira (2006). Por fim, a necessidade de calagem variou de 0,20 a 21,00 ton/ha, culminando em uma média de 10,68 ton/ha (Tabela 1).

Propriedade	Casos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV (%)	K-S	Sig
pH SMP	23	4,25	6,93	5,02	0,50	9,96	0,909	0,380
H+Al ($\text{cmol}_c/\text{dm}^{-3}$)	23	1,50	32,65	15,13	6,51	43,02	0,681	0,743
Calagem Ton/ha	23	0,20	21,00	10,68	4,517	42,27	0,933	0,349

Tabela 1- Análises estatísticas descritivas e teste de normalidade das propriedades químicas de NEOSSOLOS.

Ton/ha: Toneladas por hectare. CV: Coeficiente de Variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. Sig: Significância.

O pH SMP, apresentou o menor coeficiente de variação (CV) (5,47%), enquanto a acidez potencial obteve o maior coeficiente de variação (43,02%). Adotando o critério de classificação para o CV da variabilidade das propriedades analisados, os valores revelaram-se com baixa variabilidade para pH SMP, corroborando com os resultados de Schilindwein e Anghinoni (2000); as propriedades H+AL e necessidade de calagem foram classificadas com CV de média dispersão (Tabela 1).

A acidez no solo ocorre por várias razões como: a mineralogia do solo, a intensa lixiviação e/ou remoção de bases pelas culturas, chuvas ácidas, o uso de fertilizantes nitrogenados com ação acidificante e a decomposição da matéria orgânica, que libera ácidos orgânicos e inorgânicos (OLIVEIRA et al., 2005).

Considerando um valor para o índice SMP 7,0 o seu equivalente em acidez potencial (H+Al) será de 1,39 cmol_c/dm⁻³. Assim, não necessitando o uso da correção da acidez do solo para a cultura da soja em um pH em água de 6,0 (CQFS-RS/SC, 2016), conforme a equação de kaminski et al. (2001). Desta maneira, a presença de Al não seria fitotóxica para o desenvolvimento radicular, com o aproveitando da água e de nutrientes nas camadas mais profundas (Raij, 2008). O alumínio trocável diminui a capacidade de troca de cátions efetiva do solo, reduzindo a disponibilidade de outros cátions como potássio, magnésio e cálcio para as culturas. Por tal razão, a prática da calagem, visa aumentar o pH do solo e neutralizar o Al (SPOSITO, 2008).

O comportamento da acidificação superficial no SPD tem sido atribuída ao efeito ácido, resultante da nitrificação ocasionada devido a aplicação periódica de adubos amoniacais em superfície (BLEVINS et al., 1983), proveniente da decomposição dos resíduos orgânicos verificado por Ciotta (2001).

Diversos trabalhos indicam a menor influencia da acidez na produtividade das culturas em SPD consolidado (mais de cinco anos neste sistema) (ANGHINONI et al., 1998; CAIRES et al., 1998; PÖTTKER et al., 1998; NICOLODI et al., 2004). Nicolodi et al. (2008), argumentam que esta situação pode indicar que o atual modo de avaliar a acidez não é suficiente para entender o funcionamento do sistema solo cultivado há vários anos no SPD. Deste modo, podendo estar associada ao teor de matéria orgânica desse solo, com a possibilidade de diminuir a fitotoxidez do alumínio, devido à formação de complexos orgânicos estáveis entre ambos na fase sólida (ERNANI, 1982; 1998).

O modelo de semivariograma que melhor se ajustou a todas as propriedades em estudo foi o exponencial (Tabela 2). Neste estudo, observou-se que, em geral, todas as propriedades estudadas apresentaram forte grau de dependência espacial, conforme critérios estabelecidos por Cambardella (1994), e, com efeito, pepita zero. Quanto maior a dependência espacial da variável, melhor estrutura espacial e maior precisão podem ser obtidas na estimativa em locais não amostrados, por intermédio das técnicas geoestatísticas (KRAVCHENKO et al., 2006; LIMA et al., 2010). McBratney e Webster (1986) atestam que o modelo exponencial é um dos mais frequentemente encontrados para o ajuste do semivariograma das propriedades do solo.

Prop.	Modelo	Alcance	Patamar	Pepita	M	RMS	MS	RMSS	ASE	Dependência	GDE (%)
pH SMP	Exponencial	17,08	0,280	0,00	0,001	0,580	0,003	1,172	0,50	Forte	0
H + Al	Exponencial	17,08	45,860	0,00	0,127	7,466	0,016	1,167	6,46	Forte	0
Calagem	Exponencial	17,08	22,040	0,00	0,053	5,264	0,009	1,189	4,48	Forte	0

Tabela 2- Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para a variabilidade das

variáveis estudadas em NEOSSSOLOS, sob diferentes sistemas de cultivo.

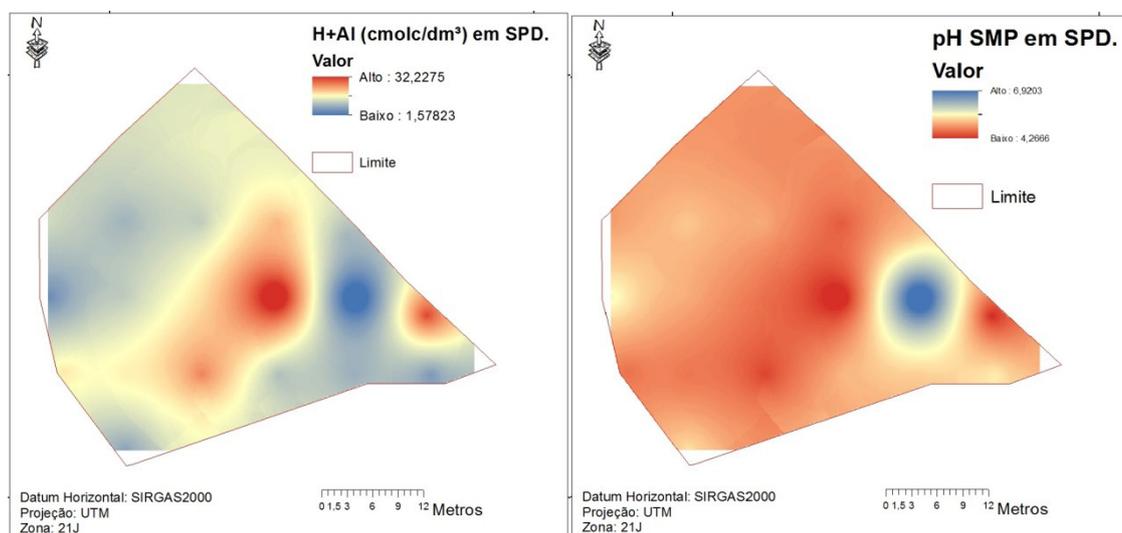
Prop: Propriedade. H+Al: Hidrogênio + alumínio ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$). M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada Média Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão. IDE: Índice de Dependência Espacial.

Com o ajuste do semivariograma determinou-se o alcance para as variáveis pH SMP, H+Al e Calagem de 17,08 m, o patamar do pH SMP foi de 0,28, patamar do H+Al de 45,86, e por fim, a necessidade calagem o patamar foi de 22,04 (Tabela 2).

A distância limite de dependência espacial, denominada alcance, indica que amostras localizadas a distâncias menores que o alcance tem correlação umas com as outras, segundo Trangen et al. (1985), o alcance define o raio máximo, ou seja, a malha amostral a ser utilizada para melhor descrever a interpolação por técnicas de krigagem, condicionando uma melhor representatividade da área a ser manejada, ou para definir zonas de manejo das propriedades químicas.

A relação em porcentagem entre o efeito pepita e o patamar do semivariograma pode revelar o grau de dependência espacial (TRANGMAR et al., 1985). A magnitude do efeito pepita é importante na krigagem, pois, quanto maior for a diferença do efeito pepita em relação ao patamar do semivariograma, maior a continuidade do fenômeno, menor a variância da estimativa, ou maior a confiança na estimativa dos resultados encontrados (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989).

De acordo com a Figura 1, observamos a relação inversamente proporcional, pois onde o pH SMP apresenta valores mais elevados, a concentração de H+Al do solo é baixa, assim manifestando menor necessidade de calagem.



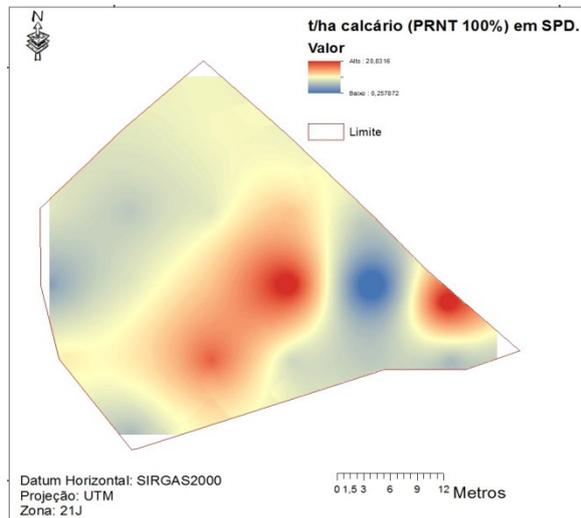


Figura 1- Mapas da variabilidade espacial de diferentes variáveis analisadas em NEOSSOLOS, Sistema de Plantio Direto (SPD).

T/ha: Toneladas por hectare. PRNT: Poder Relativo de Neutralização Total.

Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com o pH, ocorre a dissolução do Al da estrutura dos minerais para formas trocáveis e altamente fito tóxicas, quando menor o pH, maior será a dissolução (TIECHER et al, 2016)

O uso da calagem é essencial na agricultura moderna, trazendo benefícios para o solo (ANJOS et al., 2011), crescimento de plantas (ROCHA et al., 2008) e aumento na produtividade (CAIRES et al., 2003), poucas práticas agrícolas dão retornos tão elevados como a correção da acidez do solo, no que diz respeito ao aumento da produtividade das culturas, tornando de grande importância o seu uso nos solos ácidos brasileiros.

4 | CONCLUSÕES

A acidez potencial (H+Al) pode ser estimada com alta capacidade preditiva pelo método do pH SMP, tornando-se um método simples de estimativa da necessidade de calagem, o pH SMP, a acidez potencial e a necessidade de calagem possuem relações inversamente proporcionais, baixos valores de pH SMP, bem como elevados níveis de acidez potencial demandam elevada necessidade de calagem.

REFERÊNCIAS

ANGHINONI, I.; SALET, R. L.; NUERNBERG, N. J. **Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto. Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto.** Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. 52p.

ANJOS, J. L.; SOBRAL, L. F.; LIMA-JUNIOR, M. A. **Efeito da calagem em atributos químicos do solo e na produção da laranjeira.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v. 15, n. 11, p. 1138–1142, 2011.

BENCKE, G. A. **Biodiversidade**. In: CHOMENKO, L. & BENCKE, G. A. org. Nosso Pampa Desconhecido. 1.ed. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica 2016. P.16-27.

BLEVINS, R.L. et al. **Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn**. Soil Till. Res., v.3, p.135-146, 1983.

CAIRES, E. F. et al. **Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo**. R. Bras. Ci. Solo, v. 22, p.27-34, 1998.

CAIRES, E. F.; FERRARI, R. A.; MORGANO, M. A. **Produtividade e qualidade da soja em função da calagem na superfície em semeadura direta**. Bragantia, Campinas-SP, v. 62, n. 2, p. 283-290, 2003.

Cakmak, I. (2002) **Plant Nutrition Research: Priorities to Meet Human Needs for Food in Sustainable Ways**. Plant and Soil, 247, 3-24.

Cambardella, C. A.; Moorman, T. B.; Novak, J. M.; Parkin, T. B.; Karlen, D. L.; Turco, R. F. et al. **Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils**. Soil Science Society of America Journal, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CIOTTA, M.N. **Componentes da acidez do solo e calagem superficial em um Latossolo Bruno aluminoso sob plantio direto há 20 anos**. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2001. 100p.

CQFS-RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016. 376p.

DE ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; ARAÚJO, C. W. N.; DO RÊGO, F. M. B. **Acidez Potencial Estimada Pelo Método do pH SMP em Solos do Estado da Paraíba**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 39, n. 3, 2015.

DE ALMEIDA, J. A. **Solos das Pradarias Mistas do sul do Brasil**. In: CURI, N. et. al., eds. Pedologia: Solos dos Biomas Brasileiros. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017. P.408-463.

DELIN, S. et al. **Yield and protein response to fertilizer nitrogen in different parts of a cereal field: potential of site-specific fertilization**. European Journal of Agronomy, v.22, n.3, p.325-336, 2005.

ERNANI, P.R. et al. **Diminuição da toxicidade de alumínio para o milho pelo aumento do fósforo no solo**. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2, 1998, Santa Maria, RS. Anais... Santa Maria : SBCS - Núcleo Regional Sul, 1998.

ERNANI, P.R., GIANELLO, C. **Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco de bovinos e camas de aviário**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.7, n.1, p.161-165, 1982.

ISAAKS, E. H.; SHRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press. 1989. 561 p.

KAMINSKI, J. et al. **Proposta de nova equação para determinação do valor de H + Al pelo uso do índice SMP em solos do RS e de SC**. In: REUNIÃO ANUAL DA REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE SOLO E DE TECIDO VEGETAL DOS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA. Frederico Westphalen, 2001. Anais... Frederico

Westphalen, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul - ROLAS, 2001. p.21-26.

KRAVCHENKO, A. N. et al. **Using information about spatial variability to improve estimates of total soil carbon.** Agronomy Journal, v.98, p.823-829, 2006.

Köppen, W. 1948. **Climatologia.** México, Buenos Aires, Ed. Fundo de Cultura Econômica.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; SILVA, S. A. **Amostragem e variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração.** Revista Árvore, v.34, p.127-136, 2010.

MARINS, A. C.; URIBE-OPAZO, M. A.; JOHANN, J. A. **Estimadores New1 e New2 no estudo de dependência espacial da produtividade da soja e atributos físicos do solo de uma área comercial.** Engenharia na Agricultura, v. 16, n. 1, p. 133-143, 2008.

MARTINS, A. P. **Acidez do solo e reaplicação de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto.** 2013. 114 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

McBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. **Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates.** European Journal of Soil Science, v.37, n.4, p.617-639, 1986.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 73 p.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. **Relações entre o pH do solo e os indicadores de fertilidade e o rendimento de soja em lavouras no sistema plantio direto.** REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, v. 5, 2004.

NICOLODI, M.; ANGHINONI, I.; GIANELLO, C. **Indicadores da acidez do solo para recomendação de calagem no sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n. 1, 2008.

OLIVEIRA, C. M. R.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V.; REIS, E. F.; STURM, G. M.; SOUZA, R. B. **Corretivo da acidez do solo e níveis de umidade no desenvolvimento da cana-de-açúcar.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife-PE, v. 5, n. 1, p. 25-31, 2010.

OLIVEIRA, I. P.; COSTA, K. A. P.; SANTOS, K. J. G.; MOREIRA, F. P. **Considerações sobre a acidez dos solos de cerrado.** Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos, Montes Belos-GO, v. 1, n. 1, p. 1-12, 2005.

PEREIRA DE PÁDUA, Tullio Raphael; SILVA, Carlos Alberto; CARRIJO AZEVEDO MELO, Leônidas. **Calagem em latossolo sob influência de coberturas vegetais: neutralização da acidez.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, n. 5, 2006.

PÖTTKER, D. e BEN, J.R. **Calagem em solos sob plantio direto e em campos nativos do Rio Grande do Sul.** In: NUERNBERG, N.J. Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 1998. p.77-92.

ROCHA, J. B. O.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G.; SILVA, C. A.; CURI, N. **Efeito da calagem na nutrição mineral e no crescimento inicial do eucalipto a campo em Latossolo húmico da Zona da Mata (MG).** Scientia Forestalis, Piracicaba-SP, v. 36, n. 80, p. 255-263, 2008.

SCHILINDWEIN, J.A. e ANGHINONI, I. **Variabilidade especial de atributos de fertilidade e amostragem de solo no sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, p.85-91, 2000.

- SHOEMAKER, H. E.; McLEAN, E. O. e PRATT, P. F. **Buffer methods for determining lime requirements of soils with appreciable amounts of extractable aluminum.** Soil Sci. Soc. Am. v. 25, p.274-277, 1961.
- SILVA, E. A. A. et al. **Um Estimador robusto e o semivariograma cruzado na análise de variabilidade espacial de atributos do solo e planta.** Acta Scientiarum, v. 25, n. 2, p. 365-371, 2003.
- SPOSITO, G. **The chemistry of soils.** New York: University Oxford Press, 2008. 329p.
- Stewart, William M., Lawrence L. Hammond, and Steven J. Van Kauwenbergh. 2005. **Phosphorus as a natural resource.** In Phosphorus: Agriculture and the Environment, Agronomy Monograph no. 46. ASA-CSSA-SSSS, Madison, WI.
- TIECHER, Tales. Martins, A. P., da Silva Peretto, É. J., Fink, J. R., da Silva Santos, L., de Oliveira Denardin, L. G., e Tiecher, T. L. **Evolução e estado da fertilidade do solo no Norte do Rio Grande do Sul e Sudoeste de Santa Catarina.** 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2016.
- Trangmar, Bruce B., Russel S. Yost, and Goro Uehara. **“Application of geostatistics to spatial studies of soil properties.”** Advances in agronomy 38 (1985): 45-94.
- RAIJ, B. van. **Gesso na agricultura.** Campinas: Instituto Agronômico, 2008. 233 p.
- VIEIRA, S. R. et al. **Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties.** Hilgardia, v. 51, n. 3, p. 1-75, 1983.
- VIEIRA, S.R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo.** In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. e SCHAEFER, G.R. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p.1-54.
- WARRICK, A.W. e NIELSEN D.R. **Spatial variability of soil physical properties in the field.** In: HILLEL, D., ed. Applications of soil physics. New York, Academic Press,1980. p.319-344.
- ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M.; GUIMARÃES, Q. E. C. **Variabilidade espacial do pH, teores de matéria orgânica e micronutrientes em profundidade em um Latossolo Vermelho sob semeadura direta.** Ciência Rural, v.37, p.1000-1007, 2007.

VARIABILIDADE ESPACIAL DA PROFUNDIDADE DO SOLO E SUAS RELAÇÕES COM OS ATRIBUTOS DO TERRENO, NUMA CATENA DO PAMPA

Daniel Nunes Krum

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Julio César Wincher Soares

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Claiton Ruviaro

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Lucas Nascimento Brum

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Jéssica Santi Boff

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Higor Machado de Freitas

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Topografia e Geotecnologias – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Pedro Maurício Santos dos Santos

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de

Topografia e Geotecnologias – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

RESUMO: O Bioma Pampa, com o passar dos anos, vem sofrendo exploração de forma intensiva, sendo ocupado por florestas e lavouras comerciais. A profundidade do solo (PS) é uma característica importante e está diretamente ligada aos seus fatores de formação, dentre eles, destaca-se o relevo. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a variabilidade espacial da profundidade de Neossolos e suas relações com os atributos do terreno, numa catena do Pampa. O estudo foi realizado numa catena de Neossolos, sob campo nativo, com 1,17 ha da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago. Para a determinação da PS foi utilizado um trado holandês, as prospecções foram realizadas do horizonte A até o topo do horizonte C ou Cr. No Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi gerado um Modelo Digital de Elevação (MDE), com 0,5 m de resolução espacial; posteriormente, partindo do MDE, foram extraídos os diferentes atributos do terreno: elevação, declividade, curvatura no plano, curvatura no perfil, fator LS e índice de umidade do terreno. Também foi gerado um

modelo digital da distribuição espacial da profundidade do solo, utilizando o algoritmo de krigagem ordinária. A profundidade do solo ajustou-se ao modelo gaussiano, com dependência espacial forte. Foram observadas relações espaciais entre os atributos do terreno e a profundidade do solo. Foi possível estabelecer padrões de distribuição espacial da profundidade do solo, baseando-se nas feições do relevo. Por fim, a densidade amostral foi de grande importância para a definição da profundidade do solo com exatidão.

PALAVRAS-CHAVE: Gênese do solo, vegetação nativa, geomorfologia, pedometria.

ABSTRACT: The Pampa Biome, over the years, has been intensively exploited, being occupied by forests and commercial crops. Soil depth (SD) is an important feature and is directly related to its formation factors, among them the relief. The present work had as objective to evaluate the spatial variability of the depth of Neosolos and its relation with the attributes of the terrain, in a catenary of the Pampa. The study was carried out in a Neosolos catenary, under a native field, with 1.17 ha of the Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago. For the determination of SD, a Dutch survey was used, the surveys were carried out from horizon A to the top of the C or Cr horizon. In the Geographic Information System (GIS) a Digital Elevation Model (DEM) was generated, with 0.5 m spatial resolution; Afterwards, from the DEM, the different attributes of the terrain were extracted: elevation, slope, curvature in the plane, profile curvature, LS factor and soil moisture index. A digital model of spatial distribution of soil depth was also generated using the ordinary kriging algorithm. The depth of the soil was adjusted to the Gaussian model, with strong spatial dependence. Spatial relationships between soil attributes and soil depth were observed. It was possible to establish patterns of spatial distribution of soil depth, based on relief features. Finally, the sample density was of great importance for the definition of soil depth with accuracy.

KEY WORDS: Soil genesis, native vegetation, geomorphology, pedometry.

1 | INTRODUÇÃO

O Bioma Pampa, com o passar dos anos, vem sendo explorado de forma intensiva, sendo ocupado por florestas e lavouras comerciais, sendo de grande importância econômica para as regiões abrangidas pelo mesmo. Uma das classes de solo frequentemente encontrada neste bioma é a de Neossolos, os quais apresentam uma fragilidade natural e necessitam de cuidados quando utilizados para a produção agropecuária (RIBASKY et al, 2005).

Pouco se sabe da influência do relevo nas características dos solos do Bioma Pampa, principalmente sobre os Neossolos, os quais são pouco desenvolvidos com origem em rochas diversas. Os Neossolos Litólicos são constituídos de horizontes A ou O, acima do horizonte C ou Cr ou sobre material constituído de fragmentos de rochas com diâmetro > 2 mm, com contato lítico numa profundidade de até 50 cm da

superfície. Já os Neossolos Regolíticos têm seu horizonte A sobre o horizonte C ou Cr, com a rocha já em estado avançado de intemperismo e o contato com a rocha superior a 50 cm, admitindo o horizonte Bi menor que 10 cm de espessura. Neossolos Litólicos e Regolíticos originados do basalto e andesito, possuem um maior teor de argila, apresentando maior fertilidade química e capacidade de acumular carbono orgânico, promovendo um melhor crescimento e desenvolvimento vegetal (EMBRAPA, 2013). Pedron et al. (2009), ressalta que Neossolos destacam-se por apresentar alta fertilidade natural, porém, devido a sua estrutura pouco desenvolvida devem ser classificados com baixo potencial de uso.

A profundidade do solo (PS) é uma característica importante para o estudo dos solos, estando diretamente ligada aos seus fatores de formação (JENNY, 1941; HOOVER; HURSH, 1943; SUMMERFIELD, 1997), principalmente o relevo (CHAPLOT et al., 1998; FLORINSKY; KURYAKOVA, 1998; MCKENZIE; RYAN, 1999; GESSLER et al, 2000; LAGACHERIE; VOLTZ, 2000), o qual condiciona o seu desenvolvimento de forma lenta, porém, gradativa.

No mapeamento digital de solos, para a predição da distribuição espacial das classes taxonômicas, são amplamente utilizados os atributos do terreno (AT). Estes atributos são extraídos de modelos digitais de elevação (MDE) e de acordo com a ordem de processamento, são classificados como primários e secundários. Conforme Wilson e Gallant (2000), a elevação (ELEV), a declividade (DECLV), a curvatura no perfil (CPERF) e a curvatura no plano (CPLAN) são atributos primários. Os atributos secundários são calculados partindo de dois ou mais atributos primários e a sua importância está atrelada a aptidão de identificar padrões espaciais (SOARES, 2015). Conforme Moore et al (1991), estes AT também são utilizados em estudos de erosão, transporte de sedimentos e geomorfologia.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a variabilidade espacial da profundidade de Neossolos e as suas relações com os atributos do terreno, numa catena do Pampa.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado numa catena de 1,17 ha, com coordenadas centrais UTM 705.589 E e 6.769.112 S (SIRGAS 2000, zona 21 S), na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Campus de Santiago, RS.

De acordo com a classificação de Köppen, o tipo climático da região é o Cfa, subtropical úmido, com precipitação abundante em todos os meses do ano, perfazendo uma precipitação anual de 1.919 mm, com temperatura média anual de 17,9 °C (MORENO, 1961). O relevo demonstra feições de suave ondulado a ondulado, com altitude média de 394 metros. A área em estudo é formada por polipedons de

Neossolos Litólicos Distróficos e Neossolos Regolíticos Distróficos, sob campo nativo, com mais de três décadas de ocupação.

Foi avaliada a profundidade do solo (PS) em 52 pontos de prospecção, numa malha com intervalos regulares de 15 x 15 m (FIGURA 1). Para a determinação da PS foi utilizado um trado holandês, tipo TF 3", com caçamba de 0,2 m, tendo 1,4 m de profundidade de trabalho. As prospecções foram realizadas do horizonte A até o topo do horizonte C ou Cr.

Para a locação dos pontos foi utilizado um receptor GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélites), com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de RTK (Posicionamento em Tempo Real), referenciado no datum horizontal SIRGAS 2000, zona 21 S.

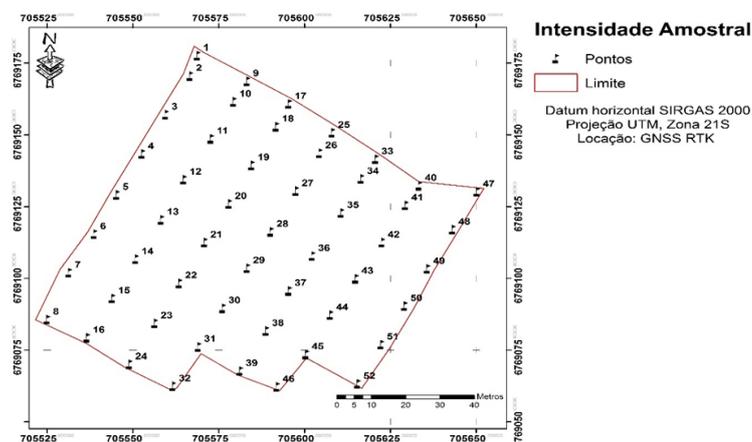


Figura 1 – Distribuição espacial dos pontos de prospecção em polipédons de Neossolos, numa catena do Pampa.

No Sistema de Informações Geográficas (SIG) foram extraídos de um Modelo Digital de Elevação (MDE), com 0,5 m de resolução os atributos do terreno: elevação (MDE), declividade (DECLIV), curvatura no plano (CPLAN), curvatura no perfil (CPERF), fator topográfico (LS) e o índice de umidade do terreno (IUT). A escolha desses atributos para a caracterização geomorfológica foi baseada nos trabalhos de Moore et al. (1993), Wilson e Gallant (2000), e Dlugob (2011).

A obtenção dos atributos do terreno foi realizada conforme as descrições a seguir:

- Elevação (m): Foi extraído diretamente do modelo digital de elevação (MDE);
- Declividade ($^{\circ}$): A derivação da superfície resultou num vetor com a componente declividade;
- Curvatura no Perfil (m^{-1}): O atributo foi extraído com o cálculo da primeira derivada da declividade;
- Curvatura no Plano (m^{-1}): O atributo foi extraído com o cálculo da primeira derivada do aspecto;
- Fator LS (adimensional): Atributo análogo ao fator topográfico da Equação

Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE);

f. Índice de umidade do terreno (adimensional).

A variabilidade dos dados de PS foi testada pela análise estatística descritiva e por técnicas de geoestatística. O Coeficiente de Variação (CV) foi classificado de acordo com Warrick e Nielsen (1980), que consideram variabilidade baixa ($CV < 12\%$); média ($12\% < CV < 60\%$); e alta ($CV > 60\%$). Por se tratar de 52 amostras, a hipótese de normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, com 99 % de significância.

A análise da dependência espacial foi realizada através da geoestatística, com ajuste de semivariograma teórico considerando a Média dos Erros Preditos (M), a Média dos Erros Padronizada (MS), a Raiz Quadrada da Média do Erro ao Quadrado (RMS), a Média da Variância dos Erros Padronizados (ASE) e a Raiz Quadrada da Média dos Erros Padronizados ao Quadrado (RMSS). Assim, modelos que oferecem dados acurados precisam obedecer a premissa de que valores de M e MS estejam próximos a zero, e os valores de RMS, ASE e RMSS devem estar próximos de 1 (ESRI, 2016). Do ajuste de um modelo matemático aos dados, foram definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance, no software ArcGIS® 10.5.1.

O grau de dependência espacial (GDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for superior a 75 % do patamar, a dependência espacial moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar. Posteriormente, foi gerado mapa o mapa de PS utilizando o algoritmo de krigagem ordinária, que permitiu um maior detalhamento espacial do fenômeno estudado.

Do plano digital de PS, com altíssima resolução espacial (0,5 metros), foram extraídos 640 casos estatísticos por meio da seguinte rotina: ArcToolbox → Spatial Analyst → Ferramentas de extração → Extrair múltiplos valores por ponto.

Por fim, para analisar o relacionamento entre as variáveis, efetuou-se a análise de correlação de Pearson ($p < 0,01$) entre os valores de PS e dos AT's. O coeficiente de correlação de Pearson varia de -1 a 1. Valores positivos indicam que uma determinada propriedade aumenta em função da outra e valores negativos indicam o inverso. Conforme Evans (1996), as correlações são classificadas como: muito fraca (0,00 até 0,19), fraca (0,20 até 0,39), moderada (0,40 até 0,59), forte (0,60 até 0,79) e muito forte (0,80 até 1).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov indicou que a distribuição dos dados da PS foi normal, ao nível de significância de 99%. A análise estatística descritiva indica que os valores da PS possuem média de 0,33 m, variando entre 0,05 e 1,10 m

(TABELA 1).

Propriedade	Casos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	CV (%)
PS (m)	640	0,05	110	0,33	0,26237	79,50

Tabela 1 - Análise estatística descritiva da profundidade de Neossolos, numa catena do Pampa.

PS = Profundidade do solo. CV = Coeficiente de variação.

Conforme a classificação do coeficiente de variação (CV) proposta por Warrick e Nielsen (1980), a PS apresentou alta dispersão, com valor de 79,50% (TABELA 1).

A análise geoestatística demonstra que a PS apresentou efeito pepita de 0,000042, com patamar de 0,041584 e um alcance de 17,45 m (TABELA 2). O efeito pepita indica a variabilidade não explicada pelo modelo geoestatístico, levando em consideração a distância de amostragem utilizada (McBRATNEY 1986). Essa variável pode ser expressa em porcentagem em relação ao patamar, com a finalidade de facilitar a comparação entre o GDE e as variáveis em estudo (TRANGMAR et al., 1985). A análise do efeito pepita é de grande importância, pois, quanto menor for o seu valor, maior será a continuidade do fenômeno e menor será a variância da estimativa (ISAAKS, 1989). Assim, o valor encontrado no presente estudo indica que, o erro foi praticamente nulo para a PS, e também, que a variável apresenta elevada continuidade espacial. Outro parâmetro de grande importância para a geoestatística é o patamar, que conforme Cambardella et al. (1994), está relacionado com a determinação do alcance, ou seja, sendo o limite entre a dependência espacial e a independência espacial dos dados, assim, determina qual o método estatístico deve ser utilizado para a realização da análise dos dados, como também na definição da mínima distância entre os pontos amostrais.

O alcance é um critério importante para estudos de geoestatística, que significa a distância máxima que a variável em estudo está correlacionada espacialmente (DAVIS, 1986), ou seja, maiores valores de alcance contribuem para uma maior confiança nas estimativas feitas (CORÁ, 2006). Assim, torna-se um elemento importante para o delineamento e avaliação experimental, contribuindo para a definição dos procedimentos amostrais (SOUZA et al., 2008). Portanto, o valor mensurado neste trabalho indica que a PS apresenta elevada variação na área de estudo e que a grade amostral foi suficiente para sua descrição com exatidão (TABELA 2).

Prop.	Modelo	Alcance	Patamar	Efeito Pepita	Dependência	GDE (%)
PS	Gaussiano	17,45	0,041584	0,000042	0,10	Forte
	M	RMS	MS	RMSS	ASE	
PS	-0,004569	0,202188	-0,013524	1,001245	0,198869	

Tabela 2 - Modelos de semivariogramas ajustados para a profundidade de Neossolos, numa catena do Pampa.

Prop.: Propriedade. PS: Profundidade do solo. DEP: Dependência. GDE: Grau de dependência espacial. M: Média dos Erros Preditos. RMS: Raiz Quadrada da Média do Erro ao Quadrado. MS: Média dos Erros Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada da Média dos Erros Padronizados ao Quadrado. ASE: Média da Variância dos Erros Padronizados.

Conforme a avaliação dos erros de predição, o modelo que melhor se ajustou aos dados da PS foi o gaussiano (TABELA 2). Os parâmetros geoestatísticos extraídos deste modelo indicam que o GDE é classificado como forte, de acordo Cambardella et al. (1994). Penížek e Borůvka (2006) estudando uma paisagem da Republica Tcheca observaram o ajuste dos dados da PS ao modelo exponencial, também com GDE forte. Logo, pode-se inferir que, a PS é influenciada por propriedades intrínsecas ao seu desenvolvimento, o critério de dependência foi observado por Tragmar et al. (1985) e Cambardella et al. (1994).

Para analisar a relação entre a PS e os AT, realizou-se a análise de correlação de Pearson ($p < 0,01$). Desta maneira, observou-se que a PS possui correlação positiva com a ELEV, a CPERF e a CPLAN e correlação negativa com o Fator LS e a DECLIV. A PS obteve correlação muito fraca com a CPERF e com a CPLAN e moderada com a ELEV. Por fim, a PS apresentou forte correlação com a DECLIV e o Fator LS (TABELA 3).

Prop.	PS	CPERF	ELEV	CPLAN	Fator LS	DECLIV	IUT
PS	1	0,100**	0,430**	0,107**	-0,670**	-0,668**	-0,080

Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Pearson para a profundidade de NEOSSOLOS, numa catena do Pampa.

Prop.: Propriedade. PS: Profundidade do solo. CPERF: Curvatura no perfil. ELEV: Elevação. CPLAN: Curvatura no plano. DECLIV: Declividade. IUT: Índice de umidade do terreno.

Observando o mapa de distribuição espacial da PS (FIGURA 2), têm-se no sentido leste e noroeste os maiores valores, devido ao fato, basicamente, de apresentarem os valores mais discrepantes de ELEV. Numa porção de terras com o relevo mais plano, no sentido leste e numa área de depósito no sentido noroeste os solos são mais profundos. Isso pode ser explicado analisando o mapa de IUT (FIGURA 3).

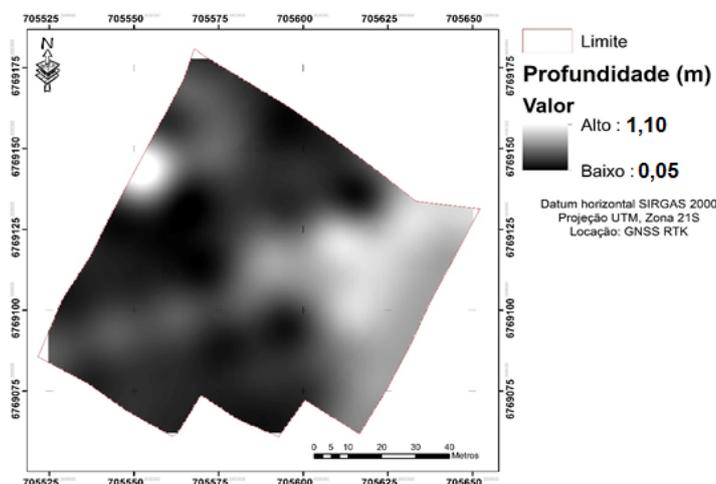


Figura 2 - Mapa da distribuição espacial da profundidade de Neossolos, numa catena do Pampa.

Conforme a figura 3, os AT possuem elevada variabilidade espacial dentro da área

de estudo, o que demonstra a sua vocação para estabelecer padrões de distribuição espacial da PS.

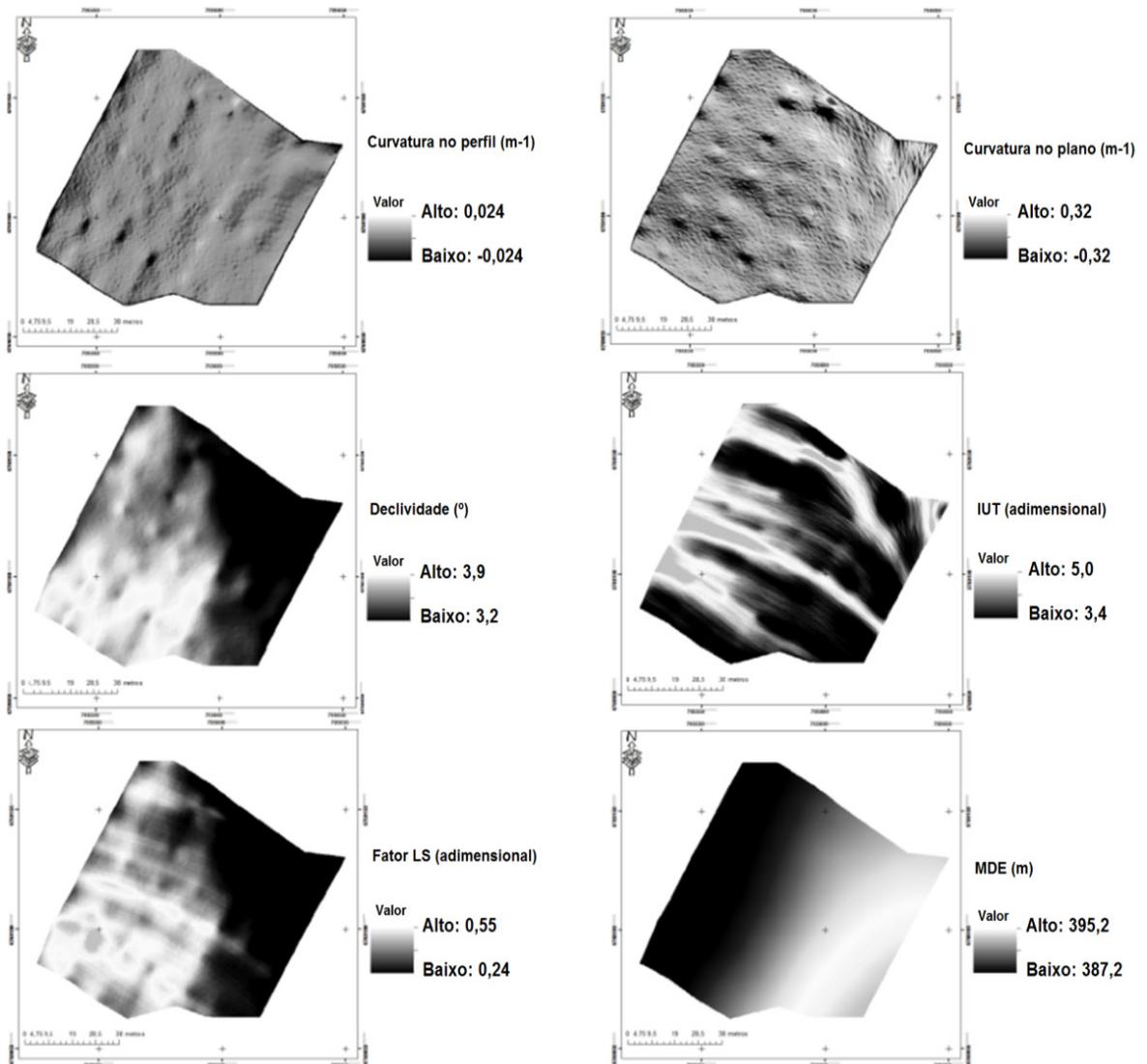


Figura 3 - Mapas da distribuição espacial dos atributos do terreno de Neossolos, numa catena do Pampa.

Em trabalhos realizados por Heimsath et al. (1997), Heimsath et al (1999), Dietrich et al. (1995) e Saco et al. (2006) foi observado uma diminuição exponencial da PS com a variação dos valores de ELEV e com o aumento do Fator LS e da DECLIV. Ou seja, porções de terras com elevada amplitude altimétrica são propensas as maiores perdas de solos acentuadas, e por isso possuem os menores valores de PS.

No terço médio da catena (sentido sudoeste para nordeste) ocorre a maior variação dos valores de CPERF e CPLAN e pequenos valores da PS, isso pode estar atrelado à feição do relevo e as taxas de erosão neste terço. Heimsath et al. (1999) observaram em áreas com geomorfologia semelhante que ocorre uma relação inversa entre a PS e as perdas de solo.

4 | CONCLUSÕES

- A profundidade do solo ajustou-se ao modelo gaussiano, com dependência espacial forte.
- Foram observadas relações espaciais entre os atributos do terreno e a profundidade do solo, sendo possível estabelecer padrões de distribuição espacial da profundidade do solo baseado nas feições do relevo.
- A densidade amostral foi de grande importância para a definição da profundidade do solo com exatidão.

REFERENCIAS

CHAPLOT, V.; WALTER, C. & CURMI, P. **Modeling soil spatial distribution: sensitivity to DEM resolutions and pedological data availability**. In: WORLD CONGRESS O² SOIL SCIENCE, 16., 1998, Montpellier, France. Proceedings ...Montpellier: IUSS, 1998.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CORÁ, J. E.; BERALDO, J.M.G. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v.26, p.374-387, 2006.

DAVIS, J.C. **Statistics and data analysis in geology**. 2.ed. New York: John Wiley, 1986. 646p.

DIETRICH, W.E., REISS, R., HSU, M., MONTGOMERY, D.R. A process-based model for colluvial soil depth and shallow landsliding using digital elevation data. **Hydrological Processes**, v. 9, p. 383–400, 1995.

DLUGOß, V.; FIENER, P., VAN OOST., et al. Model based analysis of lateral and vertical soil carbon fluxes induced by soil redistribution processes in a small agricultural catchment. **Earth Surf. Process. Landforms**, v. 37, p. 193–208, 2012.

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

ESRI. ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Using ArcGIS geostatistical analyst**. Redlands, 2016.

EVANS, J.D. **Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences**. Pacific Grove, Calif.: Brooks/Cole Publishing; 1996.

FLORINSKY, I.; KURYAKOVA, G. **Determination of grid size for digital terrain models in soil investigations**. In: World Congress of Soil Science, 16., 1998, Montpellier, France. Proceedings... Montpellier: IUSS, 1998.

GESSLER, P.; CHADWICK, O.; CHAMRAN F.; ALTHOUSE, L.; HOLMES, K. Modeling soil-landscape and ecosystem properties using terrain attributes. **Soil Sci Soc Am J**, Madison, v. 64, p. 2026–2057, 2000.

- HEIMSATH, A.M.; DIETRICH, W.E.; NISHIIZUMI, K.; FINKEL, R.C. The soil production function and landscape equilibrium. **Nature**, v. 388, p. 358–361, 1997.
- HEIMSATH, A.M.; DIETRICH, W.E.; NISHIIZUMI, K.; AND FINKEL, R.C. Cosmogenic nuclides, topography, and the spatial variation of soil depth: **Geomorphology**, v. 27, p. 151–172, 1999.
- HEIMSATH, A.M.; CHAPPELL, J.; SPOONER, N.A.; QUESTIAUX, D.G. Creeping soil. **Geology**, v.30, p. 111–114, 2002.
- HOOVER, M. D.; C. R. HURSH. **Influence of topography and soil depth on runoff from forest land**, **Eos Trans. AGU**, v. 24, n. 6, 1943.
- ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA R.M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 1989. 561p.
- JENNY, H. **Factors of soil formation; a system of quantitative pedology**. New York: McGraw-Hill, 1941, p. 281.
- LAGACHERIE, P.; VOLTZ, M. Predicting soil properties over a region using sample information from a mapped reference area and digital elevation data: a conditional probability approach. **Geoderma**, v.97, p. 187-208, 2000.
- MOORE, I.D.; GESSLER, P.E.; NIELSEN, G.A., et al. Soil attribute prediction using terrain analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 57, p. 443-452, 1993.
- MOORE, I.D.; GRAYSON, R.; LADSON, A. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. **Hydrological Processes**, v. 5, p. 3-30, 1991.
- MORENO, J.A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonizações, Secção de Geografia, 1961. 46p.
- McBRATNEY, A. G.; WEBSTER, A. G. Choosing functions for semi-variograms and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, v.37, p.617- 639, 1986.
- PANOSSO, A. R.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; LA SCALA JÚNIOR, N. Variabilidade espacial da emissão de CO₂ em Latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar em diferentes sistemas de manejo. **Engenharia Agrícola**, v.28, p.227-236, 2008.
- PEDRON F.A.; AZEVEDO A.C.; DALMOLIN, R.S.D.; STÜRMER, S.L.K.; MENEZES, F.P. Morfologia e classificação taxonômica de neossolos e saprolitos derivados de rochas vulcânicas da formação serra geral no rio grande no sul. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. v.33, n.1, p.119-128, 2009.
- PENÍŽEK V.; BORŮVKA L. Soil depth prediction supported by primary terrain attributes: a comparison of methods. **Plant Soil Environ**. v.52, n.9, p. 424–430, 2006.
- RIBASKI, J.; DEDECEK, R.A.; MATTEI, V.L.; FLORES, C.A.; VARGAS, A.F.C.; RIBASKI, S.A.G. **Sistemas silvipastoris: estratégias para o desenvolvimento rural sustentável para a metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 8p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 150).
- SACO, P.M., WILLGOOSE, G.R., HANCOCK, G.R. Spatial organization of soil depths using a landform evolution model. **Journal of Geophysical Research**, v.111, 2006.
- SOARES, J. C. W. Atributos do terreno na diferenciação e no mapeamento digital de solos. 2015. 96p. **Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)** – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SOUZA, G. S.; LIMA, J.S. de S.; SILVA, S. de A., et al. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolosob pastagem. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, p.589-596, 2008.

SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology**. Longman, New York, 1997, p. 537.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, 38:45-93, 1985.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., (Ed). **Applications of soil physics**. New York, Academic Press, 1980. 350p.

WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. Digital terrain analysis (Ed.). **Terrain analysis: principles and applications**. New York: Wiley & Sons, 2000. p. 1-27.

VARIABILIDADE ESPACIAL DO FÓSFORO, POTÁSSIO E DA MATÉRIA ORGÂNICA DE NEOSSOLOS, SOB CAMPO NATIVO E SUAS RELAÇÕES ESPACIAIS COM OS ATRIBUTOS DO TERRENO

Daniel Nunes Krum

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Julio César Wincher Soares

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Claiton Ruviaro

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Lucas Nascimento Brum

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Jéssica Santi Boff

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Higor Machado de Freitas

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Topografia e Geotecnologias – URI – Campus – RS,
Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Pedro Maurício Santos dos Santos

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de

Topografia e Geotecnologias – URI – Campus – RS,
Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Gabriel Rebelato Machado

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Topografia e Geotecnologias – URI – Campus – RS,
Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

RESUMO: O Bioma Pampa apresenta diferentes fitofisionomias, dentre elas a Estepe Gramíneo-Lenhosa, que vem cedendo espaço para diferentes usos. O solo é um corpo natural que se desenvolve na superfície terrestre, constituído por materiais minerais e orgânicos. Sabendo-se que a MO é considerado um importante indicador para determinar a qualidade do solo, em função da sua relação com a disponibilidade de P e K disponível, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial dos teores de MO, P e K e as suas correlações com os atributos do terreno, numa catena, sob campo nativo. O trabalho foi realizado numa encosta de 1,17 ha na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Santiago, RS. O teor de carbono orgânico foi determinado pelo método colorimétrico, e posteriormente, foi

transformado para MO; o P por sua vez, foi determinado por colorimetria e o K por fotometria de chama. Os Atributos do terreno (AT) foram extraídos de um modelo digital de elevação (MDE). Os teores de fósforo e potássio correlacionaram-se positivamente na paisagem com os teores de matéria orgânica. No terço inferior da encosta, na área de deposição, os valores elevados de fósforo, potássio e matéria orgânica, são mais frequentes. É possível estabelecer padrões de distribuição espacial das propriedades do solo baseados nas feições do relevo. A densidade amostral foi de grande importância para a definição das variáveis com exatidão.

PALAVRAS-CHAVE: Fertilidade do solo. Vegetação natural. Mapeamento digital de solos. Agricultura digital.

ABSTRACT: The Pampa Biome presents different phytophysionomies, among them the Gramineous-Woody Steppe, which has been giving space for different uses. The soil is a natural body that develops the earth's surface, made up of minerals and organic matter. It is known that an OM is an important indicator to determine the soil quality, due to its availability and the availability of an available application to evaluate a spatial variation of the MO, P and K contents and their correlations with the attributes of the land, in a catena, under native field. The work was done on a slope of 1.17 ha in the School Farm of the Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Santiago, RS. The carbon content was determined by the colorimetric method, and later, it was transformed to OM; The P, in turn, was determined by colorimetry and K by flame photometry. The Terrain Attributes (TA) were extracted from a digital elevation model (DEM). The phosphorus and potassium contents are positively correlated in the landscape with the organic matter contents. In the lower third of the slope, in the deposition area, high phosphorus, potassium and anatomy values are more frequent. It is possible to establish patterns of spatial distribution of soil bases based on relief features. The sample size was of great importance for the specification of the variables with accuracy.

KEYWORDS: Soil fertility. Natural vegetation. Digital mapping of soils. Digital agriculture.

1 | INTRODUÇÃO

O Bioma Pampa vem sofrendo grandes alterações nas últimas décadas, avaliar as propriedades químicas, físicas e biológicas dos seus solos mostra-se de grande importância no que diz respeito ao monitoramento da sua qualidade. Este Bioma apresenta diferentes fitofisionomias, dentre elas a Estepe Gramíneo-Lenhosa, que vem cedendo espaço para diferentes usos (de ALMEIDA, 2017).

Conforme o Soil Survey Staff (1951), os solos são corpos naturais, que ocupam porções na superfície terrestre, suportam plantas, as edificações do homem e apresentam propriedades resultantes da atuação integrada do clima e dos organismos, atuando sobre o material de origem, condicionado pelo relevo, durante um período de tempo.

Os Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos apresentam horizonte A ou hístico assentados sobre horizonte C, ou camadas Cr e R, e também sem horizonte B diagnóstico, como no caso dos Litólicos e admitindo um horizonte Bi com espessura menor que 10 cm no caso do Regolítico (EMBRAPA, 2006). São solos com potencial restritivo de uso (MACHADO, 1997; PEDRON, 2007), devido à presença de contato lítico (EMBRAPA, 2006) ou contato saprolítico (PEDRON et al., 2009), muito próximo da superfície.

Conforme Jenny (1941), os fatores de formação do solo não são forças ou causas, mas variáveis independentes. Assim, o solo é função do clima, dos organismos e do relevo agindo sobre o material de origem durante um determinado período de tempo.

A análise dos atributos do terreno (AT) é a descrição quantitativa das feições do relevo, tendo por objetivo estudar os processos que ocorrem na paisagem (GALLANT; HUTCHINSON, 1996). Os AT podem ser divididos em primários e secundários. Os atributos primários são calculados a partir de um modelo digital de elevação (MDE) e, entre as principais variáveis primárias está a elevação. Os atributos secundários envolvem combinações de dois ou mais atributos primários, tendo o índice de umidade do terreno (IUT) como um dos principais e podendo ser utilizado para caracterizar a variabilidade espacial dos processos específicos que ocorrem na paisagem, tais como: a distribuição do solo, conteúdo de água ou o potencial de erosão superficial, dentre outros (MOORE et al., 1991).

O IUT é um parâmetro topográfico utilizados para identificar áreas saturadas por água na paisagem. Este índice foi criado por Beven e Kirkby (1979), com base na dedução de que a topografia controla o movimento da água nas catenas.

A perda de nutrientes durante o desenvolvimento do solo pode ocorrer por processos naturais e antrópicos, comprometendo a sua fertilidade química. Dentre as propriedades químicas propensas à perdas, está a matéria orgânica (MO), o fósforo (P) e o potássio (K).

A matéria orgânica do solo (MOS) é apontada como o maior reservatório de CO terrestre, desde que as reservas fósseis não sejam analisadas. A MO é oriunda de restos animais, vegetais ou de microrganismos na forma de resíduos, em diferentes estágios de decomposição, compostos humificados e materiais carbonizados (ROSCOE; MACHADO, 2002).

A MO é um ótimo indicador de qualidade do solo, pois, atua na elevação da qualidade das suas propriedades físicas, químicas e biológicas (REEVES, 1997; REICHERT et al., 2003).

O P é o macronutriente exigido em menores quantidades pelas plantas, podendo ser encontrado nos solos nas formas orgânica e inorgânica, variando a sua proporção em que elas ocorrem, geralmente a quantidade de P orgânico aumenta com o aumento da MO (COELHO, 1983). De acordo com Malavolta (2006), o fósforo (P) possui papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese.

Segundo Brady (1989), o K é demandado em amplas quantidades pelas culturas,

podendo igualar-se as quantidades de nitrogênio e acumular-se nos resíduos três ou quatro vezes mais que o P. O equilíbrio mais importante, do ponto de vista da nutrição das plantas, se dá entre o K da solução do solo e o K trocável, cujo somatório é considerado K “disponível”, fonte imediata para as plantas (CURI et al, 2005).

Sabendo-se que a MO é considerado um importante indicador para determinar à qualidade do solo, em função da sua relação com o P e K e da sua distribuição na paisagem, condicionada pelos atributos do terreno, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial dos teores P, K e MO em Neossolos, sob campo nativo e as suas correlações na superfície de uma catena, do pampa gaúcho.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado numa encosta de 1,17 ha, com coordenadas centrais UTM 705.589 E e 6.769.112 S (SIRGAS 2000, zona 21 S), na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Santiago, RS.

Conforme a classificação de Köppen, o tipo climático regional é o Cfa, subtropical úmido, com precipitação abundante em todos os meses do ano, perfazendo uma precipitação anual de 1.919 mm, com temperatura média anual de 17,9 °C (MORENO, 1961). O relevo apresenta feições de suave ondulado a ondulado, com altitude média de 394 metros. A área de estudo é formada por polipedons de NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos e NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Distróficos, sob campo nativo, com mais de três décadas de ocupação.

O procedimento amostral contou com a coleta de amostras deformadas em 52 pontos de prospecções, numa malha com intervalos regulares de 15 x 15 m, na profundidade de 0,0 – 0,2 m. Para a alocação dos pontos foi empregado um receptor GNSS (Sistema global de navegação por satélite), com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de RTK (posicionamento em tempo real), utilizando o datum horizontal SIRGAS 2000, zona 21 S.

De posse das amostras beneficiadas dos solos (TFSA), o teor de carbono orgânico foi determinado pelo método colorimétrico, proposto por Rajj et al. (2001) e posteriormente, foi transformado para MO; o P por sua vez, foi determinado por colorimetria e o K por fotometria de chama, ambos seguindo o método proposto por Tedesco et al. (1995).

No Sistema de Informações Geográficas (SIG) foram extraídos do Modelo Digital de Elevação (MDE), com 0,5 m de resolução os atributos do terreno (AT), elevação e IUT.

A variabilidade dos dados foi testada pela análise estatística descritiva e por técnicas de geoestatística. O Coeficiente de Variação (CV) foi classificado conforme Warrick e Nielsen (1980), considerando variabilidade baixa ($CV < 12\%$); média ($12\% <$

CV < 60 %); e alta (CV > 60 %). Por se tratar de 52 amostras, a hipótese de normalidade dos dados foi examinada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, com 99 % de confiança.

A análise da dependência espacial foi realizada por meio da geoestatística, com o ajuste de semivariogramas teóricos (considerando a Média dos Erros Preditos (M), Média dos Erros Padronizada (MS), Raiz Quadrada da Média do Erro ao Quadrado (RMS), Média da Variância dos Erros Padronizados (ASE) e Raiz Quadrada da Média dos Erros Padronizados ao Quadrado (RMSS)). Os modelos que oferecem dados acurados precisam obedecer a premissa de que os valores de M e MS devem estar próximos de zero, e os valores em RMS, ASE e RMSS estejam próximos de 1 (ESRI, 2016). Do ajuste de um modelo matemático aos dados, foram definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance. Para isso, utilizou-se o software ArcGIS® 10.5.1.

O grau de dependência espacial (GDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for superior a 75 % do patamar, a dependência espacial moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar. Posteriormente, no ArcGIS®10.5.1 foram gerados mapas utilizando a krigagem ordinária, que permitiu um maior detalhamento espacial dos fenômenos estudados.

Dos planos digitais de P, K, MO, elevação e IUT (com 0,5 metros de resolução espacial) foram extraídos 920 casos estatísticos por meio da ferramenta de extração: extrair múltiplos valores por ponto (ArcToolbox → Spatial Analyst → Ferramentas de extração → Extrair múltiplos valores por ponto). Posteriormente, para analisar o relacionamento entre estas variáveis, procedeu-se com a análise de correlação de Pearson ($p < 0,01$). O coeficiente de correlação de Pearson varia de -1 a 1. Valores positivos indicam que uma determinada propriedade aumenta em função da outra e valores negativos indicam o inverso. Conforme Evans (1996), as correlações são classificadas como: muito fraca (0,00 até 0,19), fraca (0,20 até 0,39), moderadas (0,40 até 0,59), forte (0,60 até 0,79) e muito forte (0,80 até 1).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov indicou que a distribuição dos dados foi normal, ao nível de confiança de 99% (Tabela 1).

A análise estatística descritiva indica que os valores de MO possuem média de 1,81 %, para o P, o valor médio encontrado foi de 4,41 g Kg⁻¹ e para o K a média foi de 0,45 g Kg⁻¹ (TABELA 1).

O valor médio de P, de acordo com a CQFSRS (2004), foi classificado como muito baixo para a maioria das culturas.

Conforme CQFS (2016), o valor médio de K foi classificado como alto.

Os valores médios de MO são classificados como baixo, este valor está distante

do valor considerado como ideal, que para Kiehl (1979), deve ser de 5,00 %.

Conforme a classificação do coeficiente de variação (CV) proposta por Warrick e Nielsen (1980), a MO apresentou variação baixa, com valor de 4,12%. Já o P e K apresentaram um CV médio, de 22,53% e 25,05%, respectivamente (TABELA 1).

Propriedades	Casos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV (%)
MO (%)	920	1,59	2,21	1,81	0,75395928	4,12
K (cmolc/dm ³)	920	0,18	0,63	0,4500001	0,11267066	25,05
P (mg/dm ³)	920	0,72	6,74	4,4198390	0,99562924	22,53

Tabela 1 - Análise estatística descritiva das propriedades de NEOSSOLOS, numa catena, sob campo nativo.

MO: Matéria orgânico. K: Potássio. P: Fósforo.

Conforme Cambardella et al. (1994), os valores do MO e do K apresentaram dependência espacial moderada ($25\% \leq GDE < 75\%$), e o P apresentou GDE forte ($GDE \leq 25\%$) (TABELA 2).

Os componentes responsáveis pelo ajuste da dependência espacial, descreveram para o MO o valor do efeito pepita de 14,21, e o valor do patamar de 34,08. Para o K, o efeito pepita foi de 0,01, com um patamar de 0,01. Já para o P, o efeito pepita foi de 0,20 e o patamar de 3,59. Os semivariogramas para a P, K e MO, apresentaram valores de alcance de 77,55; 29,55; e 170,26 m, respectivamente. Para Panosso et al. (2008), o alcance é um relevante parâmetro no esboço do semivariograma, representando a distância máxima dos pontos das variáveis correlacionadas espacialmente.

De acordo com a tabela 2, a equidistância da grade amostral foi suficiente para explicar com exatidão as propriedades analisadas, pois os valores de alcance identificados nas análises foram superiores a 15 m. De acordo com Vieira et al. (1997) o alcance indica a distância onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si. Sendo assim uma ferramenta necessária para o planejamento e avaliação experimental, auxiliando na definição dos procedimentos de amostragem (MCBRATNEY E WEBSTER 1986).

Outro fator de suma importância na geoestatística é o efeito pepita, que quanto menor a sua proporção em relação ao patamar do semivariograma, maior será a dependência espacial apresentada pelas propriedades, em consequência, maior será a continuidade espacial do fenômeno, corroborando com uma menor variância não explicada e maior confiabilidade no resultado (LIMA et al., 2010). Portanto, uma análise na qual o efeito pepita resultante for próxima a 0, indica que o erro experimental é praticamente nulo, e que não a variação significativa para distâncias menores que a amostrada (TRANGMAR et al., 1985). Desta maneira, para a maioria das variáveis analisadas, pode-se comprovar que o erro experimental é praticamente nulo.

De acordo com os erros de predições dos modelos de semivariogramas teóricos (TABELA 3), o modelos que melhor se ajustaram para a MO, K e P foram o circular,

gaussiano e circular, respectivamente (TABELA 2).

Propriedades	Modelo	Alcance	Patamar	Efeito Pepita	Dependência	GDE (%)
MO (%)	Circular	170,26	34,08	14,21	Moderado	41,71
K (cmolc/dm ³)	Gaussiano	29,55	0,01	0,01	Moderado	63,51
P (mg/dm ³)	Circular	77,55	3,59	0,20	Forte	5,69
	M	RMS	MS	RMSS	ASE	
MO (%)	0,0753	5,2492	0,0148	1,0653	4,9073	
K (cmolc/dm ³)	0,0018	0,1119	0,0103	0,9869	0,1132	
P (mg/dm ³)	0,0146	1,0013	0,0066	0,9992	1,0052	

Tabela 2 - Modelos de semivariogramas ajustados para as propriedades do solo, numa catena, sob campo nativo.

MO: Matéria orgânica. K: Potássio. P: Fósforo. GDE: Grau de dependência espacial. M: Média dos Erros Preditos. RMS: Raiz Quadrada da Média do Erro ao Quadrado. MS: Média dos Erros Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada da Média dos Erros Padronizados ao Quadrado. ASE: Média da Variância dos Erros Padronizados.

Para analisar o relacionamento entre as propriedades do solo e o AT, procedeu-se a análise de correlação de Pearson ($p < 0,01$) (TABELA 3). As variáveis P e K correlacionaram-se fracamente com o IUT, desta maneira, pode-se afirmar que, os maiores teores destes elementos são encontrados em áreas com solo com maior saturação por água, corroborando com as observações de Capoane (2015). O MDE por sua vez, apresentou correlação moderada com a MO, forte com o P e muito forte com o K, isto é, predominando os maiores teores nas menores elevações, exceto uma porção de terras localizada a sudeste da catena, a qual apresenta um teor de MO considerável.

Propriedades	Casos	P	K	MO	MDE	IUT
P	920	1	0,730**	0,509**	-0,737**	0,319**
K	920	0,730**	1	0,474**	-0,909**	0,296**
MO	920	0,509**	0,474**	1	-0,571**	0,014

Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Pearson para as propriedades do solo e atributos do terreno, numa catena, sob campo nativo.

**= Correlação significativa no nível de 1%. P= Fósforo. K= Potássio. MO= Matéria orgânica. MDE= Modelo digital de elevação. IUT= Índice de umidade do terreno.

Também, Kitchen et al. (2003) observaram um comportamento semelhante para a MO. Áreas com valores mais elevados de IUT podem apresentar menor mineralização da MO e maior deposição de sedimentos em relação as zonas com baixos valores de IUT (TERRA et al., 2004).

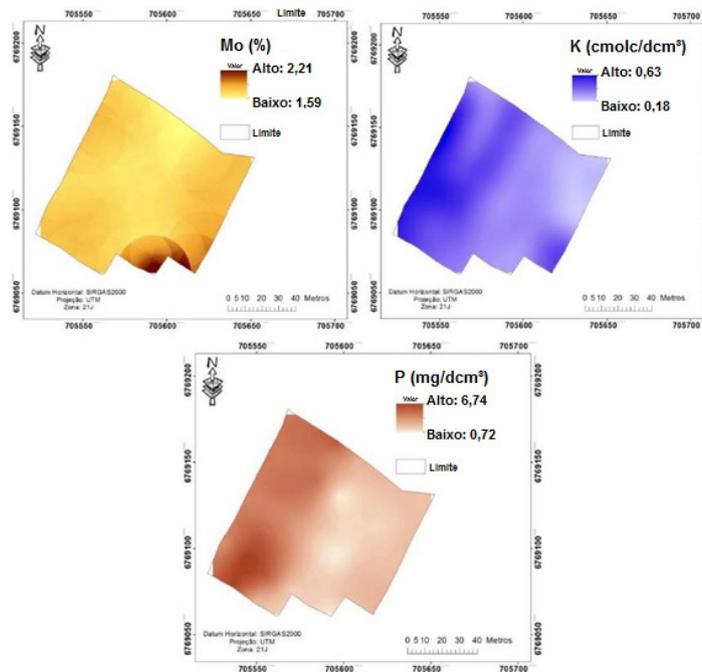


Figura 2 - Mapas da distribuição espacial das propriedades de NEOSSOLOS, numa encosta, sob campo nativo.

O comportamento das propriedades dos solos em relação ao MDE vão de encontro aos padrões observados em trabalhos desenvolvidos por Moore et al. (1993); Gessler et al. (2000) e Florinsky et al. (2002). Assim, estas propriedades são mais abundantes em uma área de depósito que recebe o aporte de sedimentos, que está localizada na direção oeste da catena.

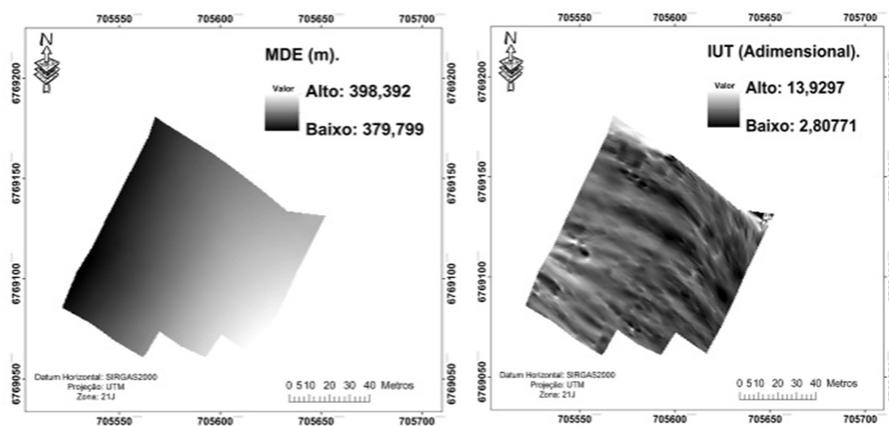


Figura 3 - Mapas da distribuição espacial da elevação e do índice de umidade do terreno em NEOSSOLOS, numa encosta, sob campo nativo.

Entretanto, infere-se que tenha um menor teor de P, K e MO nas áreas onde ocorre a maior drenagem com as maiores perdas de solo, pois tem-se uma maior remoção desses nutrientes pela água (CAPOANE, 2015).

4 | CONCLUSÕES

- Os teores de fósforo e potássio correlacionaram-se positivamente na paisa-

gem com os teores de matéria orgânica.

- No terço inferior da encosta, na área de deposição, os valores elevados de fósforo, potássio e matéria orgânica, são mais frequentes.
- É possível estabelecer padrões de distribuição espacial das propriedades do solo baseados nas feições do relevo.
- A densidade amostral foi de grande importância para a definição das variáveis com exatidão.

REFERÊNCIAS

BEVEN, K. J.; KIRKBY, M. J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. **Hydrological Sciences Bulletin**, 24, p. 43-69, 1979.

BRADY, N.C. Suprimento e assimilabilidade de fósforo e potássio. In: BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7.ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, p.373- 413, 1989.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M., et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CAPOANE, V. **Influência do relevo e do uso da terra na distribuição espacial e vertical de fósforo e carbono do solo em uma bacia hidrográfica do planalto do rio grande do sul**. 2015. 123p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

COELHO, M. G. Variabilidade espacial das características físicas e químicas em um solo salino sódico. **Ciência Agrônômica**, v.14, p.149-156, 1983.

CURI, N; KÄMPF, N.; MARQUES, J. J. Mineralogia e formas de potássio em solos brasileiros. In YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafós, 2005.

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2016). **Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre, SBCS. 376p.

CQFSRS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400 p

de ALMEIDA, J. A. **Solos das Pradarias Mistas do sul do Brasil**. In: CURI, N. et. al., eds. **Pedologia: Solos dos Biomas Brasileiros**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017. P.408-463.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA -EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p

ESRI. ENVIROMENMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Using ArcGIS geoestatistical analyst**. Redlands, 2016.

EVANS, J.D. **Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences**. Pacific Grove, Calif.: Brooks/Cole Publishing; 1996.

FLORINSKY, I. V.; EILERS, R. G.; MANNING, G. R., et al. Prediction of soil properties by digital terrain

modeling. **Environmental Modelling & Software**, v. 17, p. 295–311, 2002.

GALLANT, J. C.; HUTCHINSON, M. F. **Towards an understanding of landscape scale and structure**. 1996. Disponível em: http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA_FE_CD-ROM/sf_papers/gallant_john/paper.html. Acesso em: 18 fev. 2014.

GESSLER, P. E.; CHADWICK, O. A.; CHAMRAN, F., et al. Modeling soil-landscape and ecosystem properties using terrain attributes. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, p. 2046–2056, 2000.

JENNY, H. **Factors of Soil Formation: A Quantitative System in Pedology**. McGraw-Hill, New York, p.281, 1941.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relações solo planta**. São Paulo: Agronomia Ceres, 1979. 262p

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L., et al. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.821-832, 2003.

LIMA S. S. J., SOUZA, S.S. J., SILVA, S.S., et. al. Amostragem e variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração. **Revista Árvore**, viçosa-mg, v.34, n.1, p.127-136, 2010.

MACHADO, S.R.V. **Caracterização química, física e mineralógica de saprolitos do Estado de São Paulo e suas implicações na taxonomia e uso agrícola**. 1997. 105p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

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

McBRATNEY, A. G.; WEBSTER, A. G. Choosing functions for semi-variograms and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, v.37, p.617- 639, 1986.

MANFRINATO, W.; PICCOLO, M. C.; CERRI, C. C., et al. Monitoring carbon stocks in soil of a forest-pasture chronosequence and determining its origin with isotope technology in Guaraqueçaba (PR), Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST CARBON SEQUESTRATION AND MONITORING, 2002, Taipei. Proceedings... Taipei: **Taiwan Forest Research Institute**, Nov. 2002. p. 142-153.

MARQUES JÚNIOR, J. **Caracterização de áreas de manejo específico no contexto das relações solo-relevo**. 2009. 113 f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MOORE, I. D.; GESSLER, P. E.; NIELSEN, G. A., et al. Soil attribute prediction using terrain analysis. **Soil Science Society American Journal**, v. 57, p. 443–452, 1993.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLACO, A. F. Agricultura de precisão. São Paulo: **Oficina de textos**, p. 111, 2015.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonizações, Secção de Geografia, 1961. 46p.

NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R., eds. Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties. Part 2. Madison, **Soil Science Society of America**, p.539-579, 1982.

PANOSSO, A. R.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JÚNIOR, J., et al. Variabilidade espacial da emissão

de CO₂ em Latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar em diferentes sistemas de manejo. **Engenharia Agrícola**, v.28, p.227-236, 2008.

PEDRON, F.A. **Mineralogia, morfologia e classificação desapolitos e Neossolos derivados de rochas vulcânicas no Rio Grande do Sul**. 2007. 160p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

PEDRON, F.A.; AZEVEDO, A.C.; DALMOLIN, R.S.D., et al. Morfologia e classificação taxonômica de Neossolos e sapolitos derivados de rochas vulcânicas da formação Serra Geral no Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:119-128, 2009.

PRADO, M. R. Nutrição de plantas. São Paulo: **UNESP**, 2008. 407p.

REEVES, D. W. The role of soil organic matter in maintaining quality in continuous cropping systems. **Soil and Tillage Research**, v. 43, n. 1-2, p. 131-167, nov. 1997.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. **Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. Ciência & Ambiente, Santa Maria-RS, v. 27, p. 29-48, 2003.

ROSCOE, R.; MACHADO, P.L.O.A. Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2002. 86p.

SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O.; CERETTA, C. A. **Composição da fase sólida orgânica do solo**. In: MEURER, E. J. (Ed.). Fundamentos de química do solo. Porto Alegre: Evangraf, 2010. 69 p.

SWIFT, R.S. Method for extraction of IHSS soil fulvic and humic acids. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T.; SUMMER, M.E. Methods of soil analysis. Madison: **Soil Science Society of America**, 1996. p.1018-1020.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A., et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 147p.

TERRA, J. A.; SHAW, J. N.; REEVES, D. W., et al. Soil carbon relationships with terrain attributes, electrical conductivity and soil survey in a coastal plain landscape. **Soil Science**, v. 169, n.12, p. 819–831, 2004.

TOLEDO, J. J. **Influência do solo e topografia sobre a mortalidade de árvores e decomposição de madeira em uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**. 2009. 85 f. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; WADE, M. K.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.38, n.1, p.45-94, 1985.

USDA. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. **Soil Survey Manual**. Washington: Govt. Print. Off., 1951. 503 p.

VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um latossolo roxo de Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas, v.56, n.1, p.181-190, 1997.

WARRICK, A.W.; NILSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel, D., ed. **Applications of soil physics**. New York, Academic Press, 1980.

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA ACIDEZ POTENCIAL ESTIMADA PELO PH SMP DE NEOSSOLOS, APÓS A INSERÇÃO DA CULTURA DA SOJA, COM PREPARO CONVENCIONAL.

Lucas Nascimento Brum

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Guilherme Favero Rosado

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Julio César Wincher Soares

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Claiton Ruviano

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Daniel Nunes Krum

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Jéssica Santi Boff

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Higor Machado de Freitas

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Topografia e Geotecnologias – URI – Campus

– RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Pedro Maurício Santos dos Santos

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Topografia e Geotecnologias – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Vitória Silva Coimbra

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Topografia e Geotecnologias – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

RESUMO: O manejo adequado das propriedades químicas do solo, visa uma agricultura sem desperdícios, tendo em vista o máximo aproveitamento de seus recursos, dos corretivos e fertilizantes aplicados, com o propósito da redução nos custos de produção e nos impactos ambientais causados pela atividade agrícola. Assim, objetivou-se avaliar a variabilidade espacial e temporal da acidez potencial estimada pelo pH SMP dos solos com diferentes coberturas vegetais. O trabalho foi realizado na fazenda escola da URI, Câmpus de Santiago - RS. Para a realização do estudo foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0,0 - 0,2 m, em 52 pontos de prospecção, com intervalos regulares de 15 m, em diferentes momentos, em 2016, com campo nativo e posteriormente, em 2017, com a cultura

da soja sob preparo convencional, de posse das amostras de solo, avaliou-se o pH SMP, a acidez potencial (H+Al) e a necessidade de calagem. Por meio de técnicas de geoestatística foi possível determinar a dependência espacial das variáveis e assim, verificou-se a suficiência amostral do estudo. Foi observada a variabilidade espaço-temporal do pH SMP, da acidez potencial e da demanda por calagem para NEOSSOLOS, com diferentes coberturas vegetais. A inserção da cultura da soja, com preparo convencional, sob campo nativo contribuiu para a redução da acidez potencial. As variáveis estudadas, nos diferentes momentos, apresentaram relações espaciais em sua distribuição na paisagem. Por fim, a intensidade amostral foi de grande importância para a predição acurada das variáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Vegetação nativa. Acidez do solo. Monitoramento Espaço-temporal. Manejo e conservação do solo. Agricultura digital.

ABSTRACT: The proper management of soil chemical properties, aims at an agriculture without waste, taking into account the maximum use of its resources, corrective and applied fertilizers, with the purpose of reducing production costs and environmental impacts caused by agricultural activity. Thus, the objective was to evaluate the spatial and temporal variability of the potential acidity estimated by the SMP pH of soils with different vegetation cover. The work was carried out at the URI school farm, Câmpus, Santiago - RS. For the study, soil samples were collected at depths of 0.0 - 0.2 m in 52 prospecting points, with regular intervals of 15 m, at different times, in 2016, with native field and later in 2017, the SMP pH, the potential acidity (H + Al) and the need for liming were evaluated using conventional soybean cultivation. By means of geostatistical techniques, it was possible to determine the spatial dependence of the variables and thus, the sample sufficiency of the study was verified. The space temporal variability of the SMP pH, the potential acidity and the liming demand for NEOSSOLOS, with different vegetation cover were observed. The insertion of the soybean crop, under conventional tillage, under native soil contributed to the reduction of potential acidity. The studied variables, at different moments, presented spatial relationships in their distribution in the landscape. Finally, the sample intensity was of great importance for the accurate prediction of the variables.

KEY WORDS: Native vegetation. Acidity of soil. Space temporal monitoring. Management and conservation of soil. Digital agriculture.

1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Bioma Pampa vem se tornando a principal fronteira agrícola do Rio Grande do Sul, abrangendo 62,2 % da área do Estado, além de parte da Argentina e de todo o território do Uruguai (VERDUM, 2006).

Com o avanço da agricultura digital, é possível determinar com exatidão diferentes zonas de manejo do solo conforme as suas propriedades. Nestas zonas de manejo, as produtividades das culturas podem ser restringidas pela presença de elementos

tóxicos para o desenvolvimento vegetal.

A presença de alumínio em níveis elevados ligados aos colóides do solo, além da baixa presença de cátions básicos, reflete em baixos valores de saturação de bases (V%), culminando na restrição ao crescimento radicular e na redução e quantidade de água absorvida pelas culturas, influenciando assim no desenvolvimento radicular e na eficiência da suplementação organomineral (DELIN; BERGLUND, 2005).

De acordo com Tiecher et al. (2016), valores reduzidos de pH em água influenciam diretamente nos valores de saturação de bases (V%), além de altos valores de saturação por alumínio (m%). Conforme a atividade do H^+ , ocorre a dissolução do alumínio (Al) da estrutura dos minerais para formas trocáveis e altamente tóxicas, portanto, quanto menor o pH em água, maior será essa dissolução. Devido a este fato Sousa et al. (1995), descrevem que com a elevação dos valores de pH, o Al não permanece na solução e precipita-se, na forma de oxihidróxidos de Al, restando os cátions básicos na solução do solo, na forma trocável.

A acidez potencial (H+Al) que representa a ligação entre o Al e o íon hidrogênio (H^+), podendo ser estimada pelo método pH SMP, pois existe forte correlação entre ambos (KAMINSKI et al. 2001). Este é um método simples e auxilia na determinação da necessidade de calagem, para a manutenção da fertilidade do solo, isso se deve ao equilíbrio entre a acidez do solo e a alcalinidade do tampão (FREITAS et al., 1968; KAMINSKI, 1974; SOUZA et al., 1980).

A recomendação de calcário visa proporcionar um ambiente propício ao desenvolvimento radicular, diminuindo a atividade de elementos potencialmente tóxicos, como Al e o Manganês (Mn), favorecendo a disponibilidade de elementos essenciais à nutrição de plantas (SOUSA et al., 2007).

Para aplicações voltadas à agricultura digital, torna-se necessário o estudo da variabilidade espacial e temporal das propriedades químicas do solo, utilizando técnicas aplicadas a variáveis regionalizadas, por meio da geoestatística (VIEIRA, et al., 1983; VIEIRA, 2000), resultando na produção de mapas acurados para as bases de informação dos setores de produção (McBRATNEY et al., 1986). A geoestatística é a parte da estatística que desenvolve e aplica modelos para representar fenômenos naturais, cujas as propriedades variam em função da localização espacial de pontos de medição (MEIRELLES et al., 2007). Assim, pode-se identificar e avaliar a variabilidade espacial das propriedades químicas do solo e deste modo determinar uma nova dimensão para a análise e interação destas propriedades (JUNQUEIRA JUNIOR et al., 2008).

O estudo da variabilidade espaço-temporal das propriedades químicas do solo, viabiliza a gestão da sua fertilidade, contribuindo para a elevação da produtividade das culturas, além de ser fundamental para a obtenção de uma agricultura sustentável (CAJAZEIRA, ASSIS JÚNIOR, 2011).

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo prever a variabilidade espaço-temporal do pH SMP, da acidez potencial (H+Al) e da necessidade de calagem de

NEOSSOLOS, após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional (PC), sob campo nativo (CN).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado numa catena de 1,17 ha, localizada na Fazenda Escola da Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago – RS, nas coordenadas 6769119.44 m E, 705573.07 m S.

O relevo da área de estudo é moderadamente ondulado, com elevação média de 394 m, predominando feições côncavas, com fluxos convergentes.

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante é o Cfa, subtropical úmido, com precipitação excessiva em todos os meses do ano, perfazendo uma precipitação anual de 1.919 mm, com temperatura média anual de 17,9 °C (MORENO, 1961).

A descrição pedométrica foi realizada em NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos e NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Distróficos, em diferentes momentos, (2016 – 2017), com diferentes coberturas vegetais. Primeiramente, sob campo nativo, sem correções na fertilidade química, e posteriormente, no ano seguinte, com a cultura da soja sob preparo convencional (FIGURA 1).

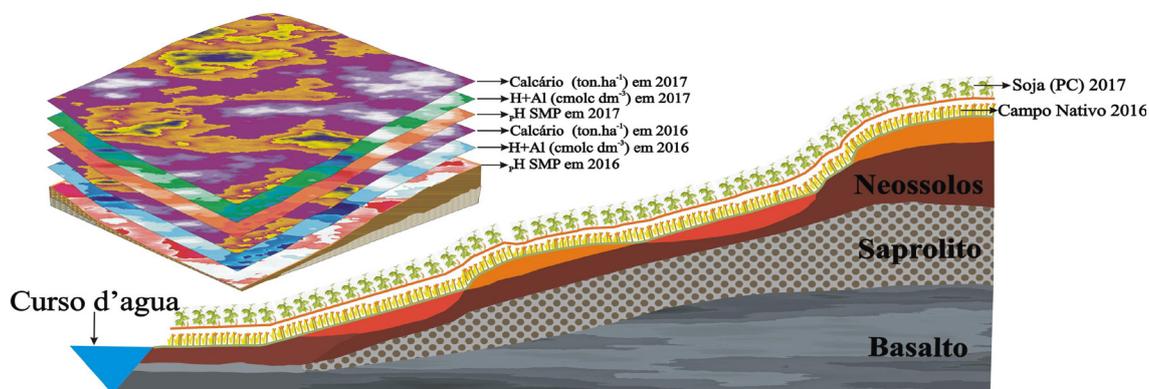


Figura 1. Perfil longitudinal da catena em estudo, com diferentes coberturas vegetais e propriedades químicas avaliadas.

Foi realizada a amostragem em 52 pontos de prospecção, de uma malha multitemporal com intervalos regulares de 15 metros, na profundidade de 0,0 – 0,2 m (FIGURA 2).

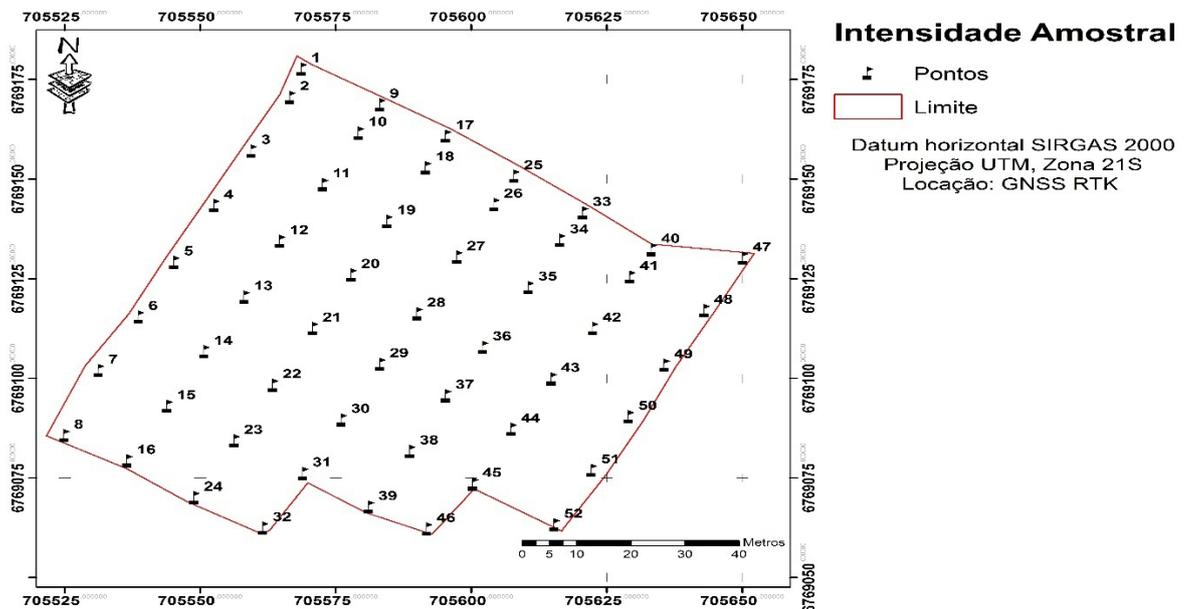


Figura 2. Mapa amostral da distribuição espacial dos pontos de prospecção.

A localização dos pontos contou com o apoio de receptores GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite), modelo viva GS15, com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de RTK (Posicionamento em Tempo Real), com referencial geodésico no datum horizontal SIRGAS2000, zona 21 S.

Durante as sondagens foram coletadas amostras deformadas dos solos, e no laboratório, para determinação do pH SMP foi utilizada a solução tampão SMP, inicialmente sugerida por Shoemaker et al. (1961), posteriormente, o valor de H+Al foi predito conforme a equação estabelecida por Kaminski et al. (2001).

A recomendação de calagem foi feita considerando a elevação do pH do solo para 6,0, sendo este valor considerado ideal de acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do solo para a cultura da soja (CQFS-RS/SC, 2004).

Os resultados das diferentes variáveis, nos diferentes períodos, foram submetidos a análise estatística descritiva, com teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,01$). O Coeficiente de Variação (CV) das variáveis foi classificado conforme Warrick e Nielsen (1980).

No software ArcGIS® 10.5.1, utilizando a geoestatística, foram realizados os ajustes dos modelos de semivariogramas aos dados, sendo definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance. Posteriormente o Grau de Dependência Espacial (GDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for superior a 75 % do patamar, a dependência espacial é moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar. Posteriormente, foram elaborados mapas utilizando um algoritmo preditor, a krigagem ordinário, que permitiu o maior detalhamento espacial dos fenômenos estudados, sendo de suma importância para a acurácia do estudo.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes as análises estatísticas descritivas apresentaram distribuição normal, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov, a 99% de confiança (TABELA 1).

A análise estatística descritiva para o campo nativo, apresentou valores de pH SMP mínimo de 4,93 e máximo de 5,64 com média de 5,14. Para a acidez potencial os valores tiveram variação de 8,30 a 59,10 cmolc.dm^{-3} , com média de 26,23 cmolc.dm^{-3} , quanto a demanda por calcário, os valores variaram de 5,40 a 10,70 ton.ha^{-1} , com média de 8,85 ton.ha^{-1} (TABELA 1).

No cultivo da soja com preparo convencional, o pH SMP variou entre 4,70 e 5,90, com valor médio de 5,24. Já a acidez potencial oscilou de 4,89 a 19,40 cmolc.dm^{-3} , perfazendo a média de 10,88 cmolc.dm^{-3} , quanto a necessidade de calagem obteve-se a demanda mínima de 3,70 e máxima de 13,30 ton.ha^{-1} , com média de 8,05 ton.ha^{-1} (TABELA 1).

Nos dois momentos do estudo, o pH SMP teve baixa dispersão dos dados. Quanto aos valores de H+Al e a demanda por calcário, a dispersão foi considerada média no campo nativo e no plantio de soja no preparo convencional. (TABELA 1).

Propiedade	pH SMP	Campo Nativo		Preparo Convencional		
		H + Al (Cmolc/dm-3)	Calcário (Ton/ha)	pH SMP	H + Al (Cmolc/dm-3)	Calcário (Ton/ha)
Casos	52	52	52	52	52	52
Mínimo	4,93	8,30	5,40	4,70	4,89	3,70
Maximo	5,64	59,10	10,70	5,90	19,40	13,30
Média	5,14	26,23	8,85	5,24	10,88	8,05
CV (%)	2,63	46,97	12,16	5,47	31,76	27,27
K-S	0,66	0,96	1,22	0,87	0,96	0,76
SIG	0,64	0,31	0,11	0,43	0,30	0,59

Tabela 1. Análise estatística descritiva e teste de normalidade para os dados do pH SMP, acidez potencial e demanda por calcário para NEOSSOLOS, sob campo nativo e após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional.

Ton/ha: Toneladas por hectare. CV: Coeficiente de Variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. SIG: Significância. Cmolc.dm^{-3} : Centímol por decímetro cúbico.

No que tange a variação temporal do pH SMP, observou-se valores inferiores aos considerados adequados segundo Alvarez et al. (1999), nos diferentes momentos do estudo.

Os valores de PH SMP correlacionam-se diretamente a valores de H+Al, deste modo é possível determinar através da equação de Kaminski et al. (2001) o valor de neutralidade da acidez potencial. Portanto, um pH SMP de 7,0 resultaria em um valor de H+Al de 1,38 cmolc/dm^{-3} , os valores encontrados nos dois anos de estudo se mostraram superiores a este valor; desta maneira, a presença de Al^{3+} é prejudicial para o desenvolvimento do sistema radicular, porem com a implantação do sistema

convencional houve uma redução significativa, proveniente da aplicação de calcário.

A necessidade de calagem teve uma discreta redução com a conversão do campo nativo para a cultura da soja sob preparo convencional. De acordo com Alvarez e Ribeiro (1999), a determinação da quantidade de calcário a ser aplicada deve considerar a percentagem da superfície do solo a ser coberto pela calagem, a profundidade na qual o calcário será incorporado e o poder de neutralização do calcário (PRNT) utilizado, assim foram aplicados 4 ton.ha⁻¹ para um PRNT de 100% a lanço, logo após a dessecação e antes da gradagem do solo. Pode-se inferir que o revolvimento do solo por meio da utilização da grade superpesada acarretou na incorporação do calcário em camadas inferiores à do estudo (0-20) o que vai de encontro com o estudo de Prado e Roque (2002), que constatou o efeito do calcário nas camadas abaixo de 20 cm.

Quanto aos parâmetros analisados no modelo dos semivariogramas, no primeiro momento, os dados de H+Al se ajustaram ao modelo exponencial, com alcance de 48,39 m, patamar de 109,34, efeito pepita de 49,42, com grau de dependência espacial (GDE) classificado como moderado (45,2 %). Para os valores do pH SMP o ajuste se deu com o modelo Gaussiano, com valores de alcance, patamar e pepita respectivos de 146,61 m, 0,01 e 0,013. Assim o grau de dependência foi considerado fraco (93,02 %). Por fim, a demanda por calcário teve os dados ajustados ao modelo Stable, com alcance de 20,05 m, patamar de 1,04 e efeito pepita de 0,00, GDE classificado como forte (0,00 %.) (TABELA 2).

Propriedades	H + Al	pH SMP	Calcário
Modelo	Exponencial	Gaussiano	Stable
Alcance	48,39	146,61	20,05
Patamar	109,34	0,01	1,04
Pepita	49,42	0,013	0,00
M	0,405	-0,004	0,003
RMS	10,764	0,124	1,066
MS	0,031	-0,034	0,004
RMSS	1,014	0,981	0,995
ASE	10,598	0,126	1,062
DE	Moderada	Fraca	Forte
GDE (%)	45,20	93,02	0,00

Tabela 2. Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para a variabilidade do pH SMP, acidez potencial e demanda por calcário para NEOSSOLOS, sob campo nativo.

H+Al: Hidrogênio + alumínio (cmol_c/dm⁻³). M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada Média Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão. IDE: Índice de Dependência Espacial.

Após a inserção do cultivo da soja com preparo convencional, os dados de todas as propriedades se ajustaram ao modelo exponencial. Para o H+Al os valores do semivariograma experimental foram de 28,84 m para o alcance e de 13,64 para o patamar, quanto ao pH SMP os valores foram respectivamente de 27,50 e 0,09, em

relação ao calcário, estes valores foram 28,84 e 5,47. Quanto ao efeito pepita e o GDE, todas as propriedades estudadas indicaram valor 0,00 de pepita, com dependência espacial classificada como (0,00 %) (TABELA 3).

Propriedades	H + Al	pH SMP	Calagem
Modelo	Exponencial	Exponencial	Exponencial
Alcance	28,84	27,50	28,84
Patamar	13,64	0,096	5,470
Pepita	0,00	0,00	0,00
M	-0,045	0,004	-0,035
RMS	3,604	0,301	2,272
MS	-0,011	0,013	-0,013
RMSS	1,046	0,993	1,040
ASE	3,498	0,303	2,215
DE	Forte	Forte	Forte
GDE (%)	0,00	0,00	0,00

Tabela 3. Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para a variabilidade do pH SMP, acidez potencial e demanda por calcário para NEOSSOLOS, após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional.

H+Al: Hidrogênio + alumínio ($\text{cmol}_c/\text{dm}^{-3}$). M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada Média Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão. IDE: Índice de Dependência Espacial.

Conforme as tabelas 2 e 3, a equidistância da grade amostral foi suficiente para descrever com exatidão as propriedades analisadas, pois os valores de alcance identificados nas análises foram superiores a 15 m. De acordo com Vieira et al. (1997) o alcance indica a distância onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si. Sendo assim um instrumento necessário para o planejamento e avaliação experimental, auxiliando na definição dos procedimentos de amostragem (MCBRATNEY E WEBSTER 1986).

Outro fator preponderante na geoestatística é o efeito pepita, no qual quanto menor a proporção deste em relação ao patamar do semivariograma, maior será a dependência espacial apresentada pela propriedade, em consequência, maior será a continuidade espacial do fenômeno corroborando com uma menor variância não explicada e maior confiabilidade no resultado (LIMA, 2010). Portanto uma análise na qual o efeito pepita resultante for próxima a 0, indica que o erro experimental é praticamente nulo, e que não a variação significativa para distâncias menores que a amostrada (TRANGMAR et al., 1985). Desta maneira para a maioria das variáveis, nos diferentes momentos, pode-se comprovar que o erro experimental é praticamente nulo.

Conforme a (FIGURA 3), que descreve a variabilidade espaço-temporal das propriedades estudadas, observa-se que o pH SMP e a acidez potencial possuem relações espaciais inversas, valores baixos de pH SMP e altos de H+Al, indicam a maior demanda por calagem. Com a conversão do campo nativo para a cultura da soja sob preparo convencional, observa-se na maioria das porções de terras da

catena a elevação do pH SMP com a redução dos valores de H + Al, com consequente diminuição na demanda por calagem. (FIGURA 3).

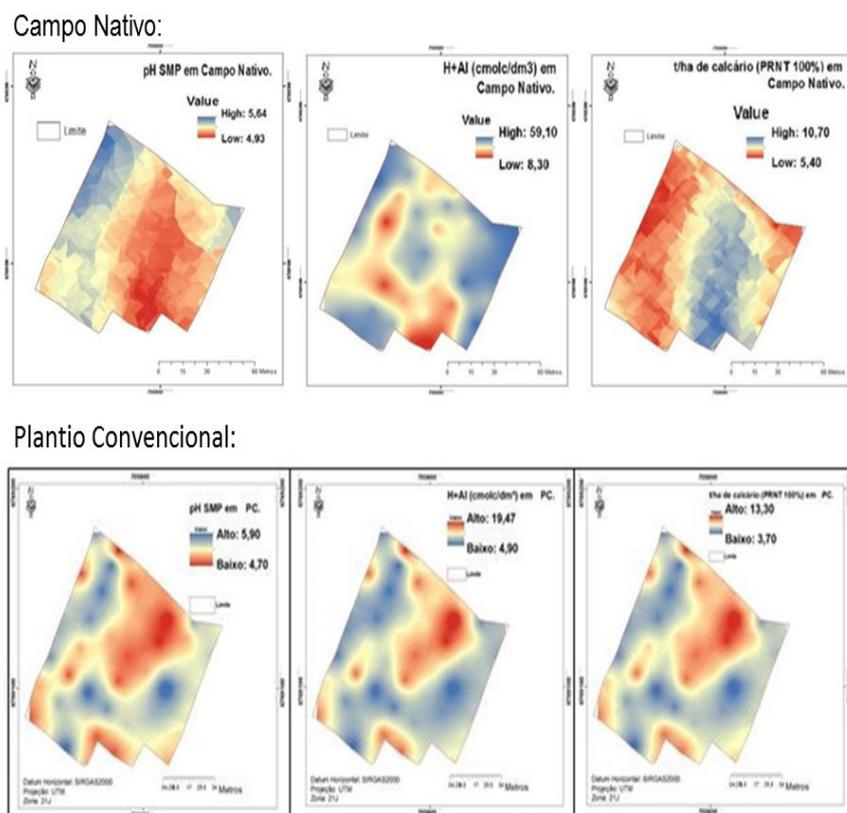


Figura 3. Mapas de distribuição espacial do pH SMP, H+Al e Calcário na cultura da soja em sistema convencional (2017) sob campo nativo (2016).

4 | CONCLUSÕES

- Foi observada a variabilidade espaço-temporal do pH SMP, do H+Al e da demanda por calcário para NEOSSOLOS, no campo nativo e posteriormente na cultura da soja com preparo convencional.
- A inserção da cultura da soja, com preparo convencional, sob o campo nativo contribuiu para a redução da acidez potencial e consequentemente, para a demanda por calcário.
- As variáveis estudadas, nos diferentes momentos, apresentaram relações espaciais em sua distribuição na paisagem.
- A densidade amostral mostrou-se de grande importância para a predição acurada das variáveis.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V. H. & RIBEIRO, A. C., In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5a aproximação. Viçosa, MG, CFSEMG, 1999. 359p.

CAJAZEIRA, J. P.; ASSIS JÚNIOR, R. N., Variabilidade espacial das frações primárias e agregados de um Argissolo no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**, v.42, n.2, p.258-267, 2011.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F. e KONOPKA, A.E. **Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils**. Soil Sci. Soc. Am. J., 58:1501-1511, 1994.

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

DELIN S.; LINDÉN B.; BERGLUND K., Yield and protein response to fertilizer nitrogen in different parts of a cereal field: potential of site-specific fertilization. **European Journal of Agronomy**, v.22, n.3, p.325-336, 2005.

FREITAS, L. M. M.; PRATT, P. F. & VETTORI, L., **Testes rápidos para estimar a necessidade de calcário em alguns solos do estado de São Paulo**. Pesq. Agrop. Bras., 3:159-164, 1968.

JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A. et al., **Continuidade espacial de atributos físico-hídricos do solo em sub-bacia hidrográfica de Cabeceira**. Ciência e Agrotec-nolia, Lavras, v. 32, n. 3, p. 914-922, 2008.

KAMINSKI, J., **Fatores da acidez e necessidade de calcário em solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1974. 96p. (Tese de Mestrado)

KAMINSKI J.; RHEINHEIMER D. S.; BARTZ H. R.; GATIBONI L. C.; BISSANI C. A.; ESCOSTEGUY PAV. **Proposta de nova equação para determinação do valor de H + Al pelo uso do índice SMP em solos do RS e de SC**. Reunião anual da rede oficial de laboratórios de análise de solo e de tecido vegetal dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, v.33, p. 21-26, 2001.

LIMA, C. L. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S.; DALBIANCO, L., **Densidade crítica ao crescimento de plantas considerando água disponível e resistência à penetração de um Argissolo Vermelho distrófico arênico**. Revista Ciência Rural, v. 37, p. 1166-1169, 2007.

MCBRATNEY A. B.; WEBSTER R., Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **European Journal of Soil Science**, v.37, n.4, p.617-639, 1986.

MEIRELLES, M. S. P.; CAMARA, G.; ALMEIDA, C. M., Geomática: **Modelos e aplicações ambientais**. Brasília, DF: Embrapa, 2007. 593 p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 73 p.

PRADO, R. M.; ROQUE, C. G. Uso alternativo da grade aradora superpesada na correção da acidez do solo em profundidade e na produção da aveia-preta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.26, p.275-81, 2002.

SHOEMAKER H. E.; MCLEAN E. O.; PRATT P. F., **Buffer methods for determining lime requirements of soils with appreciable amounts of extractable aluminum**. Soil Sci. Soc. Am. v. 25, p.274-277, 1961.

SOUSA, D. M. G.; CARVALHO L. J. C. B.; MIRANDA, L. N. **Correlação de acidez do solo**. In: GOEDERT, W. J., ed. Solos dos Cerrados: Tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina, DF, Embrapa-CPAC; São Paulo, Nobel, 1985. P.99-127.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; LOBATO, E. & KLIEMAN, H. J., Avaliação de métodos para determinar de calcário em solos do cerrado de Goiás e do Distrito Federal. **R. Bras. Ci. Solo**, 4:144-148, 1980.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA G. **Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. Advances in Agronomy**, v.38, p.45-94, 1985.

TIECHER, T.; MARTINS, A. P.; DA SILVA PERETTO, FINK, J. R.; DA SILVA SANTOS, L.; DENARDIN, L. G. O.; TIECHER, T. L. **Evolução e estado da fertilidade do solo no Norte do Rio Grande do Sul e Sudoeste de Santa Catarina**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2016.

VIEIRA S. R.; **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. e SCHAEFER, G.R. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p.1-54.

VIEIRA, S. R. **Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um latossolo roxo de Campinas (SP)**. *Bragantia*, Campinas, v. 56, n. 1, p. 1-17, 1997.

VIEIRA S. R. J. L.; HATFIELD J.; NIELSEN D.; BIGGAR J., **Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties**. *Hilgardia*, v. 51, n. 3, p. 1-75, 1983.

WARRICK A. W.; NIELSEN D. R.; **Spatial variability of soil physical properties in the field**. In: HILLEL, D., ed. *Applications of soil physics*. New York, Academic Press, 1980. p.319-344.

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO E SUAS RELAÇÕES COM DIFERENTES PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

Jéssica Santi Boff

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Julio César Wincher Soares

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Claiton Ruviaro

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Daniel Nunes Krum

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Pedro Maurício Santos dos Santos

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Higor Machado de Freitas

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Lucas Nascimento Brum

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista

Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

Matheus Ribeiro Gorski

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000

RESUMO: A resistência mecânica do solo à penetração das raízes (RP) é um ótimo indicador de compactação do solo. Na estrutura do solo, esta propriedade física apresenta relações com a quantidade de argila e de matéria orgânica, agentes cimentantes dos agregados do solo, relacionando-se também, com a densidade do solo, umidade volumétrica e o espaço poroso. O objetivo do trabalho foi de avaliar a variabilidade espaço-temporal da RP e as suas relações com diferentes propriedades físicas dos solos. Foi monitorada uma catena com Neossolos, pós-inserção da cultura da soja sob o campo nativo. Foram realizadas prospecções por meio de 52 pontos de uma malha fixa, multitemporal (2016 e 2017), com intervalos regulares de 15 m, na profundidade de 0,0 – 0,2 m, numa área de 1,17 ha. Nos pontos de prospecção, nos diferentes momentos, foram avaliadas as propriedades físicas: resistência mecânica do solo à penetração das raízes, densidade do solo, porosidade total, umidade volumétrica, argila e a matéria orgânica. De posse dos resultados, foi

realizada a análise estatística descritiva, de correlação Pearson e geoestatística para os diferentes momentos. As propriedades físicas estudadas durante o monitoramento espaço-temporal não foram restritivas para o desenvolvimento vegetal. A densidade amostral foi de grande importância para a definição das variáveis com exatidão. A análise da distribuição espacial aliada a krigagem possibilitou o mapeamento da variabilidade das propriedades físicas, proporcionando melhor visualização do seu comportamento na área de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Estrutura do solo. Monitoramento espaço-temporal. Manejo e conservação do solo. Agricultura digital.

ABSTRACT: Soil mechanical resistance to root penetration (RP) is a good indicator of soil compaction. In the soil structure, this physical property presents relations with amount of clay and organic matter, cementing agents of the soil aggregates, also related to soil density, volumetric moisture and pore space. The objective of this work was to evaluate the spatial temporal variability of RP and its correlations with different soil physical properties. A catena with Neossolos was monitored, post insertion of the soybean crop under the native field. A total of 52 points of a fixed, multitemporal mesh (2016 and 2017) were carried out with regular intervals of 15 m, at a depth of 0.0 - 0.2 m, in an area of 1.17 ha. At the prospecting points, at different times, the following properties were evaluated: soil mechanical resistance to root penetration, soil density, total porosity, volumetric moisture, clay and organic matter. With the results, descriptive statistical analysis, Pearson correlation and geostatistics were performed for the different moments. The physical properties studied during spatial temporal monitoring were not restrictive for plant development. The sampling density was of great importance for the definition of the variables with accuracy. The analysis of the spatial distribution allied to kriging enabled the mapping of the variability of the physical properties, providing a better visualization of its behavior in the study area.

KEYWORDS: Structure of the soil. Spatial temporal monitoring. Management and conservation of soil. Digital agriculture.

1 | INTRODUÇÃO

O Bioma Pampa abrange uma grande parte do território do Rio Grande do Sul, parte da Argentina e todo o território do Uruguai (BOLDRINI et al., 2010). Nos anos de 1960, a introdução da cultura da soja inseriu atividades mais intensificadas ligadas a agricultura no pampa gaúcho (VERDUM, 2006), os campos naturais ao longo dos anos foram transformados em novas áreas de cultivos (BOLDRINI, 2007), desta maneira, o bioma pampa vem se tornando a principal fronteira agrícola no sul do país.

A resistência mecânica do solo à penetração das raízes (RP) é uma propriedade física importante para a avaliação da qualidade do solo (SOUZA et al., 2006). Os diferentes métodos de manejo e conservação do solo acarretam mudanças em suas propriedades físicas e morfológicas, resultando em um novo comportamento da RP.

De acordo com Suzuki (2005), a compactação do solo sempre esteve presente nos sistemas produtivos, desde a época onde a agricultura era inteiramente realizada por meio do revolvimento do solo, até os dias de hoje, no qual se visa a menor modificação possível das camadas dispostas. Esse problema é oriundo dos processos de preparo do solo, feitos por máquinas pesadas e em condições de umidade acima do ponto de friabilidade, o que acaba por exceder a capacidade de suporte de carga, assim, causando deformações na estrutura do solo (MAZURANA et al. 2011).

Os fatores de compactação resultam na diminuição da massa por unidade de volume, ocasionando maior densidade e RP, com redução da porosidade total e com maior ênfase no decréscimo dos poros de elevado diâmetro (STONE et.al, 2002). Desta forma, as modificações na estrutura do solo podem levar à retenção no conteúdo de água disponível ou a má aeração (VOORHEES, 1983), alterando também a ramificação, penetração, e distribuição das raízes no solo (SILVA et al., 2004) e conseqüentemente acarretando perdas de produção.

Na paisagem, faz-se necessário conceber a continuidade espacial e temporal aos dados da estrutura do solo, a partir de procedimentos de interpolação geoestatística, que permitem o estudo da sua variabilidade espaço-temporal.

Segundo Meirelles et al. (2007), a geoestatística é uma parte da estatística que desenvolve e aplica modelos para representar fenômenos naturais, cujas propriedades variam em função da localização espacial de pontos de medição. Desta maneira, tem como finalidade identificar e avaliar a estrutura espacial de variáveis do solo, determinando uma nova e importante dimensão para a análise da interação entre as propriedades físicas do solo (JUNQUEIRA JUNIOR et al., 2008).

A avaliação da variabilidade espaço-temporal da RP e de outras propriedades ligadas a estrutura dos solos, contribui para a adoção de práticas sustentáveis de manejo e conservação. Com ênfase nessa abordagem, o objetivo do trabalho foi de avaliar a variabilidade espaço-temporal da RP e de outras propriedades físicas ligadas a sua estrutura.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado numa encosta (Catena) da Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Santiago, no Vale do Jaguari - RS, nos anos de 2016 e 2017. Inicialmente, a cobertura vegetal era de campo nativo, com mais de três décadas de estabelecimento, posteriormente, foi realizada a inserção da cultura da soja, em plantio convencional.

Conforme a classificação de Köppen (1931), o clima dominante é o Cfa, subtropical úmido, totalizando uma precipitação anual de 1.919 mm ao longo do ano, com temperatura média anual de 17,9 °C (MORENO, 1961). O relevo por sua vez, exhibe formas que vão de suave ondulado a ondulado, com altitude média de 394

metros.

Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), na Catena em estudo, desenvolvem-se polipedons de Neossolos Litólicos Distróficos e Neossolos Regolíticos Distróficos, numa área de 1,17 ha.

Para a locação dos pontos foi empregado um receptor GNSS (Sistema global de navegação por satélite), com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de RTK (posicionamento em tempo real), utilizando o datum horizontal SIRGAS 2000, zona 21 S. Foram instalados 52 pontos de prospecção, com intervalos regulares de 15 metros, na profundidade de 0,0 a 0,2 m. (FIGURA 1).

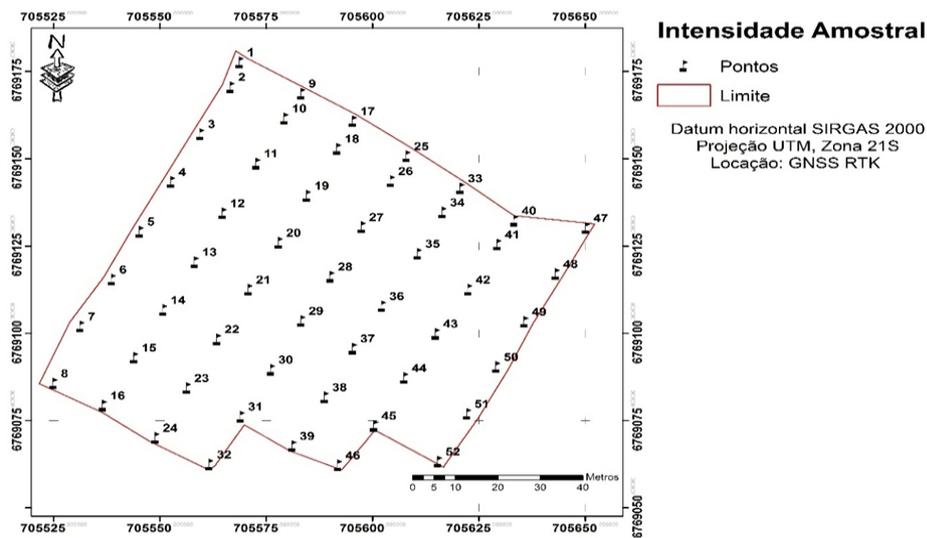


Figura 1. Mapa da distribuição amostral na Catena.

Nos diferentes pontos de prospecção foram coletadas amostras deformadas e indeformadas para a determinação das propriedades físicas dos solos. A determinação da densidade do solo (DS), da porosidade total (PT), da argila e da umidade volumétrica (UV) se deu conforme Donagema (2011). O teor da matéria orgânica (MO) foi obtido pela transformação do carbono orgânico, determinado pelo método colorimétrico (RAIJ et al., 2001).

O teste de resistência mecânica do solo à penetração das raízes foi realizado na profundidade de 0,0 – 0,2 m, utilizando o penetrômetro digital, modelo Falker PLG 1020.

A avaliação da variabilidade das propriedades do solo se deu através da análise estatística descritiva. A normalidade dos dados foi testada por Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 95% de confiança. Posteriormente, foi realizada a análise de correlação de Pearson, a 95% de confiança.

Utilizando-se da geoestática, foram realizados os ajustes de semivariogramas teóricos aos dados das diferentes variáveis, determinado os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance.

O grau de dependência espacial foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for

superior a 75 % do patamar, a dependência espacial moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar.

Em seguida, os mapas das diferentes propriedades dos solos foram gerados utilizando o interpolador de krigagem ordinária do ArcGIS® 10.5.1.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise estatística descritiva revelam que todas as propriedades avaliadas apresentam distribuição normal, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de erro (TABELA 1).

Propriedades	Pontos	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV	SIG
<u>Campo Nativo</u>							
RP	52	1,00	1,77	1,42	0,16	11,41	0,21
DS	52	0,99	1,55	1,34	0,10	7,74	0,99
PT	52	34,18	62,92	48,16	4,68	9,71	0,94
UV	52	20,75	34,89	29,13	2,96	10,19	0,83
Argila	52	100,00	430,00	299,55	70,76	23,62	0,94
MO	52	2,40	8,94	3,24	0,91	28,26	0,01
<u>Plantio Convencional</u>							
RP	52	0,92	1,45	1,25	0,13	10,81	0,04
DS	52	1,00	1,34	1,20	0,09	7,55	0,46
PT	52	49,05	62,00	54,03	3,47	6,43	0,44
UV	52	29,34	36,75	33,19	2,02	6,10	0,29
Argila	52	185,00	364,00	280,82	56,04	19,95	0,15
MO	52	1,48	3,75	2,44	0,43	17,92	0,18

Tabela 1. Análises estatísticas descritivas e testes de normalidade das propriedades físicas de Neossolos, sob campo nativo e após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional.

UV: Umidade Volumétrica (%). MO: Matéria orgânica (%). RP: Resistência Mecânica do Solo à Penetração das Raízes (MPa). DS: Densidade do Solo (g cm^{-3}). PT: Porosidade Total (%). Argila (g kg^{-1}). DP: Desvio Padrão. CV: Coeficiente de Variação, K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. Sig: Significância.

O Campo Nativo demonstrou um valor médio para a RP de 1,42 MPa, com variação de 1,00 a 1,77 MPa. A DS obteve média 1,34 g cm^{-3} , com máximo de 1,55 g cm^{-3} e mínimo de 0,99 g cm^{-3} . Já a PT teve valor médio de 48,16 %, alternando de 34,18 a 62,92 %. A UV apresentou mínimo de 20,75 % e máximo de 34,89 %, obtendo valor médio de 29,13 %, enquanto a argila demonstrou valor médio de 299,55 g kg^{-1} , oscilando de 430,00 a 100,00 g kg^{-1} . Por fim, para a MO, o valor médio foi de 3,24 %, variando de 2,40 a 8,94 % (TABELA 1).

Sob campo nativo as variáveis RP, DS, PT e UV tiveram coeficiente de variação (CV), classificado como baixo, com valores de 11,41, 7,14, 9,71 e 10,19 %, respectivamente. Quanto a dispersão, argila e a MO apresentaram classificação média, com resultados respectivos de 23,62 e 28,26 % (TABELA 1).

No Plantio Convencional, o valor médio encontrado para a RP foi de 1,25 MPa,

variando de 0,92 a 1,45 MPa. A DS demonstrou valor mínimo de 1,0 g cm⁻³ e máximo de 1,34 g cm⁻³, com média de 1,20 g cm⁻³. Já a PT obteve valores entre 49,05 e 62,00 %, perfazendo uma média de 54,03 %, quanto a UV, o valor médio foi de 33,19 %, variando de 29,34 a 36,75 %. A argila apresentou um valor mínimo de 185 g Kg⁻¹ e máximo de 364 g Kg⁻¹, com média de 280,82 g Kg⁻¹. Por fim, para a MO obteve-se um valor médio de 2,44 %, oscilando entre 1,48 e 3,75 % (TABELA 1).

A dispersão encontrada para RP, DS, PT e UV foi classificada como baixa, com valores de 10,81, 7,55, 6,43 e 6,10 %, nesta ordem. Os valores de CV para argila e MO foram considerados médios, com resultados de 19,95 e 17,92 % (TABELA 1).

Dentre os resultados apresentados em todos os sistemas estudados (TABELA 1), a RP demonstrou valores médios inferiores aos considerados restritivos, de acordo com Miola et al. (2015), Klein e Câmara (2007).

Os teores de argila dos solos amostrados classificaram-se como de textura média (entre 20 e 55 %). Já para a DS, todos os valores obtidos foram classificados como médio, podendo-se inferir que o valor encontrado está distante da densidade crítica (1,55g cm⁻³) para a maioria das culturas, em todas as situações analisadas (REINERT et al., 2001).

Quanto a PT, de acordo com Kiehl (1979), valores abaixo de 50 % podem promover dificuldades para o desenvolvimento radicular, infiltração de água e trocas gasosas. Portanto, nos diferentes momentos estudados, os valores estiveram próximos ao ideal.

Os valores de MO analisados apresentaram um decréscimo com a inserção do plantio convencional, em relação ao campo nativo, conforme Kiehl (1979), o

O coeficiente de correlação de Pearson que varia de 1 a -1, relacionou as propriedades ligadas a estrutura dos Neossolos, desta forma, pode-se avaliar que valores positivos indicam que uma propriedade aumenta em função de outra e, valores negativos indicam o inverso.

Conforme a Tabela 2, a correlação entre as variáveis físicas estudadas de DS e a RP apresentaram correlação positiva, em todos os momentos do estudo, corroborando com o que observou Klein e Câmara (2007). Outro processo descrito pela análise de correlação e também associado a estrutura do solo, é da relação entre a resistência mecânica do solo à penetração das raízes e a porosidade total, valores elevados de RP estão associados com os menores valores de PT. Tal processo, também foi observado por Cardoso et.al (2006).

Se tratando da DS, quanto maiores os seus valores, menores serão os valores de PT, indicando a probabilidade de redução na absorção de nutrientes pelas raízes, o que pode alterar o bom desenvolvimento e o rendimento das culturas (SOANE; OUWERKERKO, 1995).

Os valores de RP do solo sofrem a influência de outros fatores, dentre eles está o conteúdo de umidade do solo (LIMA et al., 2007). Desta maneira, quando há uma alteração na umidade do solo, ocorre uma variação no sentido oposto dos valores de RP, pois, o teor de água atua alterando a coesão entre as partículas do solo

(BELTRAME et al., 1981). Assim foi observada correlação negativa entre a RP e a UV (TABELA 2), indo de encontro ao resultado observado por Klein et al. (1998).

	Amostras	RP	DS	PT	UV	Argila	MO
<u>Campo Nativo</u>							
RP	52	1	0,833*	-0,788*	-0,718*	0,176	-0,109
DS	52		1	-0,904	-0,742*	0,183	-0,092
PT	52			1	0,680*	-0,004	0,179
UV	52				1	-0,390*	0,133
Argila	52					1	0,223
MO	52						1
<u>Plantio Convencional</u>							
RP	52	1	0,882*	-0,884*	-0,721*	0,247	0,106
DS	52		1	-0,999*	-0,761*	0,150	0,043
PT	52			1	0,759*	-0,149	-0,048
UV	52				1	-0,263	-0,184
Argila	52					1	0,231
MO	52						1

Tabela 2 - Significância e coeficientes de correlação de Pearson ($p < 0,05$) das propriedades físicas de Neossolos, sob campo nativo e após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional.

Correlação significativa a 5% de probabilidade de erro. DS = Densidade do solo (g cm^{-3}), PT = Porosidade Total (%), MO: Matéria Orgânica (%), UV: Umidade Volumétrica (%), RP: Resistência a Penetração (MPa), Argila: (g Kg^{-1}).

No campo nativo, as variáveis DS, UV e argila ajustaram-se ao modelo Gaussiano, apresentando alcance de 113,1, 124,46 e 72,65 m; com patamares de 0,01, 7,07 e 4395,98, respectivamente. O efeito pepita desses dados foi de 0,00, 5,60 e 1866,73, nesta ordem. Por fim, o grau de dependência espacial para a DS e a UV foi classificado como forte, para a argila, moderado. A RP e a PT enquadraram-se ao modelo Stable, apresentando alcance de 28,84 e 96,51 m; com patamar de 0,02 e 15,93 e efeito pepita 0,00 e 11,91, respectivamente. Já o GDE para a RP foi classificado como forte, e para a PT como moderado (TABELA 3).

A MOS diferiu das demais propriedades estudadas, seguindo o ajuste dos dados ao modelo Circular, com alcance de 28,84 m, patamar de 0,70, efeito pepita de 0,0 e GDE de 0 %, classificado como forte (TABELA 3).

No plantio convencional, as variáveis UV, PT e MO se ajustaram ao modelo Stable, com valores de alcance de 27,50, 24,25 e 32,73 m, patamar de 4,22, 1,17 e 0,18, nesta sequência. O efeito pepita foi de 0,00, 0,09 e 0,00, nessa ordem. Por fim, o grau de dependência para UV, PT e MO foi classificado como forte para todas as variáveis (TABELA 3).

A DS e a argila ajustam-se ao modelo Gaussiano, com alcance de 24,25 e 17,45 m; patamar de 1,23 e 1009,38; e efeito pepita de 0,07 e 1,00, respectivamente. Assim, o grau de dependência para as variáveis DS e argila foi forte, com valores de 6,10 e 0,10 % (TABELA 3).

A RP ajustou-se ao modelo Exponencial, com alcance 39,86 m; patamar 0,01; efeito pepita 0,008; e grau de dependência espacial moderado, de 72,17 % (TABELA 3).

Conforme a tabela 3, a equidistância da grade amostral foi ótima para descrever as propriedades analisadas com exatidão, pois os valores de alcance identificados para as diferentes propriedades foram superiores a 15 m. Dentro da geoestatística o alcance apresenta os semivariogramas, na qual indica a distância até onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si (VIEIRA et. al, 1997). Sendo assim, é um elemento necessário para o planejamento e a avaliação experimental, já que pode auxiliar na definição dos procedimentos de amostragem (MCBRATNEY E WEBSTER 1986).

Outro parâmetro geoestatístico importante é o efeito pepita, que quanto menor a proporção do efeito pepita em relação ao patamar do semivariograma, maior será a dependência espacial apresentada pela propriedade. Por conseguinte, maior será a continuidade espacial do fenômeno, menor a variância da estimativa e maior a confiança nas estimativas (LIMA, 2010). Se o valor do efeito pepita é 0, quer dizer que o erro experimental é nulo, e que não existe uma variação significativa para distâncias menores que a amostrada (TRANGMAR et al.,1985).

Parâmetros	RP	DS	UV	PT	Argila	MO
<u>Campo Nativo</u>						
Modelo	Stable	Gaussiano	Gaussiano	Stable	Gaussiano	Circular
Alcance	28,84	113,51	124,46	96,51	72,65	28,84
Patamar	0,023	0,01	7,07	15,93	4395,98	0,70
Pepita	0,00	0,00	5,608555	11,91	1866,73	0,000
M	-0,000	-0,001	0,006	0,026	0,666	-0,013
RMS	0,147	0,090	2,413	3,791	49,830	0,904
MS	-0,003	-0,003	0,002	0,006	0,014	-0,015
RMSS	1,00	0,993	0,959	0,984	1,001	1,072
ASE	0,146	0,090	2,535	3,861	50,401	0,840
DE	Forte	Forte	Fraco	Moderada	Moderada	Forte
GDE (%)	0,00	0,00	79,37	74,77	42,46	0,00
<u>Plantio Convencional</u>						
Modelo	Exponencial	Gaussiano	Stable	Stable	Gaussiano	Stable
Alcance	39,86	24,25	27,50	24,25	17,45	32,73
Patamar	0,012	1,23	4,22	1,17	1009,383	0,18
Pepita	0,008	0,07	0,00	0,09	1,009	0,00
M	-0,003	-0,001	-0,012	0,040	-0,193	0,002
RMS	0,135	0,080	2,015	3,051	29,155	0,409
MS	-0,022	-0,007	-0,007	0,008	-0,001	0,009
RMSS	0,972	0,979	0,987	0,961	0,944	0,987
ASE	0,139	0,081	2,047	3,157	30,984	0,415
DE	Moderada	Forte	Forte	Forte	Forte	Forte
GDE (%)	72,17	6,10	0,00	8,12	0,10	0,00

Tabela 3 - Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para as propriedades

físicas de Neossolos, sob campo nativo e após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional.

Parâmetros. DS = Densidade do Solo (g cm^{-3}), PT = Porosidade Total (%), MO: Matéria Orgânica (%), UV: Umidade Volumétrica (%), RP: Resistência a Penetração (MPa), Argila: (g.kg^{-1}). M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada Média Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão. GDE: Grau de Dependência Espacial.

De acordo com os modelos digitais apresentados nas figura 2 as propriedades físicas que apresentaram correlações somáticas e inversas, seguiram o mesmo padrão de correlação (TABELA 2) durante a sua distribuição espacial na Catena, nos diferentes momentos de avaliação.

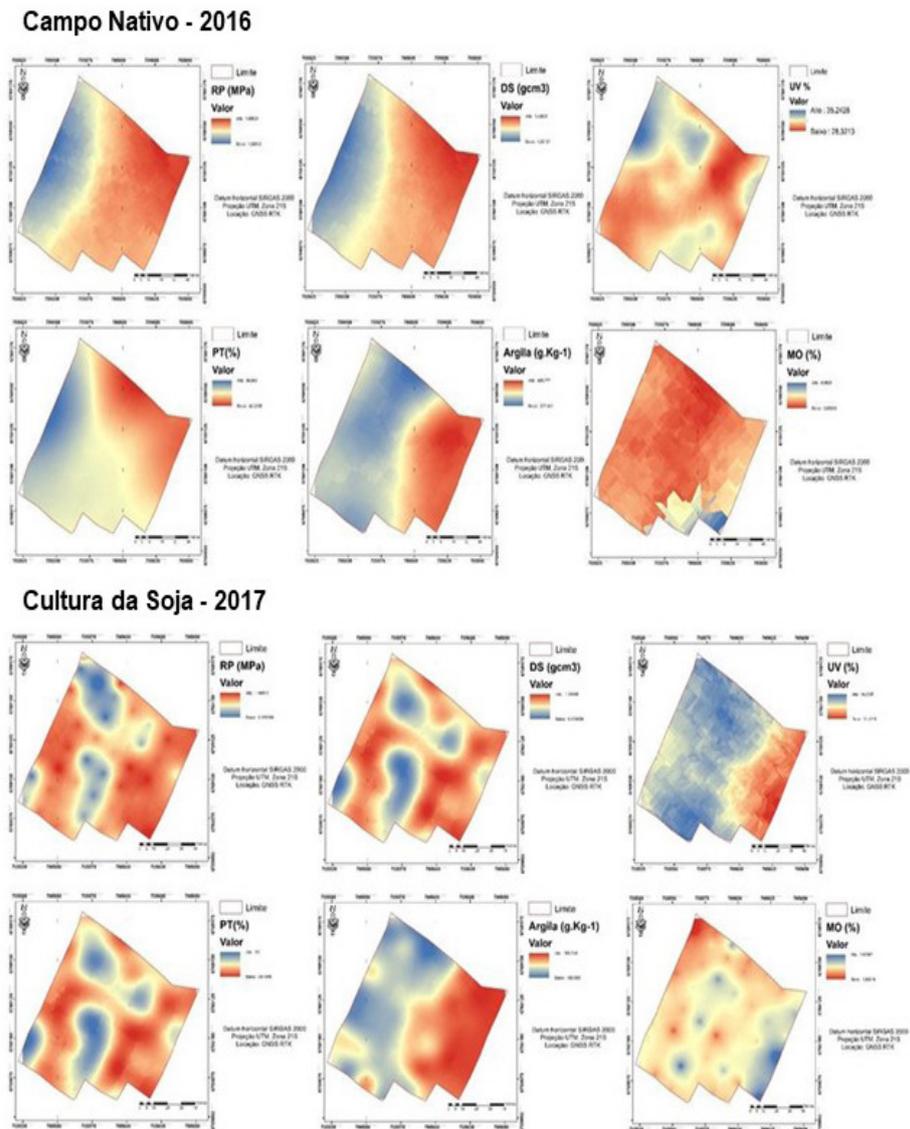


Figura 2 – Mapas de distribuição espacial das propriedades físicas de Neossolos, sob campo nativo e após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional.

4 | CONCLUSÕES

- A variabilidade espaço-temporal da resistência mecânica do solo à penetração das raízes apresentou correlação com a densidade do solo, a umidade

volumétrica e a porosidade total, nos diferentes momentos de avaliação.

- As propriedades físicas estudadas durante o monitoramento espaço-temporal não apresentaram restrições para o desenvolvimento vegetal.
- A densidade amostral foi de grande importância para a definição das variáveis com exatidão.
- A análise da distribuição espacial aliada à krigagem possibilitou o mapeamento da variabilidade das propriedades físicas, proporcionando melhor visualização do seu comportamento na área de estudo.

REFERÊNCIAS

BELTRAME, L. F. S.; GONDIM, L. A. P.; TAYLOR, J. C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.5, p.145-149, 1981.

BOLDRINI, I. I. **Bioma Pampa: opiniões sobre as florestas nativas brasileiras**, março/maio, 2007, p. 24.

BOLDRINI, I. I.; FERREIRA, P. M. A.; ANDRADE, B. O.; et. al. **Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica**. Porto Alegre, editora Pallotti, 2010. 64 p.

CAMBARDELLA, C. A, MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M. et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.58, 1994. p. 1501-1511.

CARDOSO, E.G.; ZOTARELLI, L.; PICCININ, J.L, et.al. **Sistema radicular da soja em função da compactação do solo no sistema de plantio direto**. Pesq. Agropec. Bras., 41:493- 501, 2006.

DONAGEMA, G.K. CAMPOS B. V. D., CALDERANO B. S., et al. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

ERBA, D. A.; OLIVEIRA, F. L.; LIMA JUNIOR, P. N. (Org.). **Cadastro Multifinalitário como Instrumento de Política Fiscal e Urbana**. Rio de Janeiro: Ministério das Cidades, 2005. 144 p., il., 21 cm. ISBN 859051711X.

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

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L. e SILVA, A.P. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água. **Eng. Agríc.**, v. 18, p.45-54, 1998.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R.K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em latossolo vermelho sob plantio direto escarificado. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 31, p. 221-227, 2007.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica, 1931.

JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A. Antonio Marciano da Silva, M. A., Mello, R. C. et al. Continuidade espacial de atributos físico-hídricos do solo em sub-bacia hidrográfica de Cabeceira. **Ciência e Agrotec-nolia, Lavras**, v. 32, n. 3, p. 914-922, 2008.

LANDIM, P. M. B.; YAMAMOTO, J. K. **Geoestatística – conceitos e aplicações**. Oficina de textos. 2013. 210p.

- LIMA, C. L. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S.; DALBIANCO, L. Densidade crítica ao crescimento de plantas considerando água disponível e resistência à penetração de um Argissolo Vermelho distrófico arênico. **Revista Ciência Rural**, v. 37, p. 1166-1169, 2007.
- LIMA, C. L. R. de; REINERT, D., REICHERT, J., & SUZUKI, L. Produtividade de culturas e resistência à penetração de Argissolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.1, p.89-98, 2010
- MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; MÜLLER, J.; CONTE, O. Sistemas de preparo de solo: Alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 35, n. 5, 2011. p 1197-1206.
- McBRATNEY, A.B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, v.37, p.617-639, 1986.
- MIOLA, E.C.C. et al. Intervalo hídrico ótimo em solo construído após mineração de carvão em diferentes limites críticos de resistência à penetração e umidade. **R. Bras. Ci. Solo**, 39:563-572, 2015.
- MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 42p, 1961.
- NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. **Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007, 1017p.
- RAIJ, B. V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.
- REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & SILVA, V.R. **Propriedades físicas de solos em sistema plantio direto irrigado**. In: CARLESSO, R.; PETRY, M.T.; ROSA, G.M.; CERETTA, C.A., orgs. Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul. Santa Maria, Palloti, 2001. v.1, p.114-133.
- SILVA, A. P.; IMNHOFF, S.; KAY, B. Plant response to mechanical resistance and air-filled porosity of soils under conventional and no-tillage system. **Scientia Agrícola**, v. 61, 2004. p. 451-456.
- SOANE, B.D. & van OUWERKERK, C. Implications of soil compaction in crop production for the quality of the environment. **Soil Till. Res.**, 35:5-22, 1995.
- SOUZA, Z. M.; Campos, M. C. C.; Cavalcante, Í. H. L. et. al. Dependência espacial da resistência do solo à penetração e teor de água do solo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.128-134, 2006.
- STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, A. A. J. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, 2002. p. 207-212.
- SUZUKI, L.E.A. S. **Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas**. 2005. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v.38, p.45-94, 1985.
- VERDUM, R. **O pampa. Ainda desconhecido**. Revista do Instituto Humanitas Unisinos - IHU Online. São Leopoldo, 7 agosto de 2006, n°: 183, p.4-9.
- VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um latossolo roxo de Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 1-17, 1997.

VOORHEES, W.B. Relative effectiveness of tillage and natural forces in alleviation wheel induced soil compaction. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 42, 1983. p. 129-133.

SOBRE OS ORGANIZADORES

ALAN MARIO ZUFFO Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

JORGE GONZÁLEZ AGUILERA Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-010-0

