

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

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.

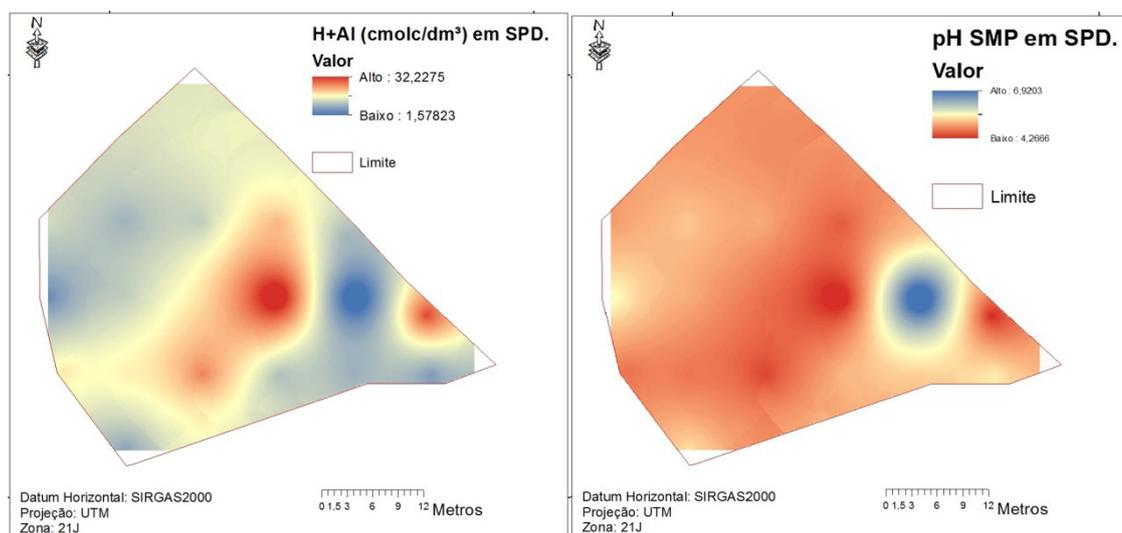
Prop: Propriedade. H+Al: Hidrogênio + alumínio ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$). M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada Média Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão. IDE: Índice de Dependência Espacial.

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.



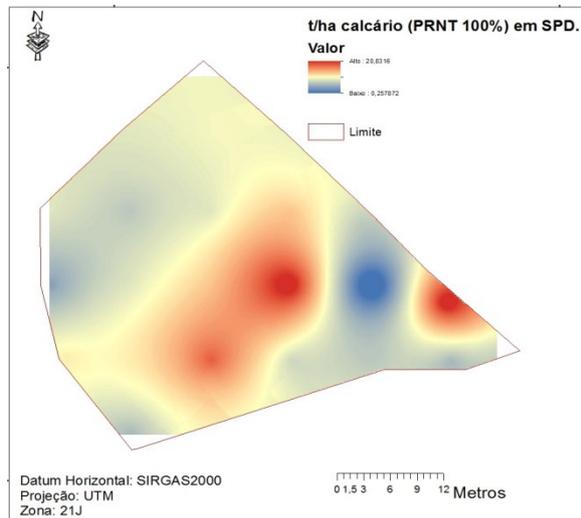


Figura 1- Mapas da variabilidade espacial de diferentes variáveis analisadas em NEOSSOLOS, Sistema de Plantio Direto (SPD).

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 esta 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.

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

