

Adriane Theodoro Santos Alfaro  
Daiane Garabeli Trojan  
(orgs)

# Descobertas das Ciências Agrárias e Ambientais 2



**Adriane Theodoro Santos Alfaro  
Daiane Garabeli Trojan  
(Organizadoras)**

---

**DESCOBERTAS DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS E  
AMBIENTAIS 2**

---

Atena Editora  
2017

2017 by Adriane Theodoro Santos Alfaro e Daiane Garabeli Trojan

Copyright © da Atena Editora

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

**Edição de Arte e Capa:** Geraldo Alves

**Revisão:** Os autores

#### **Conselho Editorial**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto (UFPEL)

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho (UnB)

Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez (UDISTRITAL/Bogotá-Colombia)

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior (UEPG)

Prof. Dr. Gilmei Francisco Fleck (UNIOESTE)

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza (UEPA)

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa (FACCAMP)

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior (UFAL)

Profª Drª Adriana Regina Redivo (UNEMAT)

Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua (UNIR)

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson (UTFPR)

Profª Drª Ivone Goulart Lopes (Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatric)

Profª Drª Lina Maria Gonçalves (UFT)

Profª Drª Vanessa Bordin Viera (IFAP)

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

D448

Descobertas das ciências agrárias e ambientais 2 / Organizadoras Adriane Theodoro Santos Alfaro, Daiane Garabeli Trojan. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2017.  
328 p. : il. ; 10.233 kbytes

Formato: PDF

ISBN 978-85-93243-35-6

DOI 10.22533/at.ed.3562508

Inclui bibliografia

1. Agricultura. 2. Ciências ambientais. 3. Pesquisa agrária - Brasil. I. Alfaro, Adriane Theodoro Santos. II. Trojan, Daiane Garabeli. III. Título.

CDD-630

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

2017

Proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem autorização da Atena Editora

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

E-mail: [contato@atenaeditora.com.br](mailto: contato@atenaeditora.com.br)

## Apresentação

Descobertas das Ciências Agrárias e Ambientais – Vol. 2 aborda os desafios para a sociedade em relação aos problemas ambientais que se inter relacionam com a questão econômica.

Mesmo a agricultura sendo uma ciência milenar, com ensinamentos passados entre gerações, movedora de inúmeros artigos acadêmicos, sendo estudada permanentemente entre as mais notórias instituições no mundo inteiro, nos parece que isso tudo ainda é insuficiente.

Quando alguns profissionais pensam que detém todo o conhecimento necessário para domar os seus fundamentos, vem a agricultura e muda o jogo, e faz seus profissionais buscarem outros e novos caminhos, para solucionar seus problemas, para potencializar suas ações.

O que esta edição se propõe é demonstrar para nossos leitores a grandeza da agricultura e faze-los enxergar soluções inovadoras, que resolvam problemas, dores latentes na cadeia agrícola, substituindo soluções fracassadas, equivocadas ou ineficientes.

Entendemos que temos como princípio oferecer oportunidades melhores, do que as que recebemos quando nós sentamos nos bancos escolares. E pensamos assim porque sabemos que está em nossas mãos criar informações que a agricultura e que o mercado agrícola precisa e merece ter.

E para isso ficar recebendo informações mastigas não é suficiente. Nunca foi. Precisamos aprender a buscar alimento na forma de informação. Precisamos saber transformar informação em resultado. Precisam transformar problemas em soluções. Precisam ser *high stakes*. E é essa proposta de valor que queremos compartilhar nessa edição.

O país trilha rumo ao progresso e tem que passar obrigatoriamente pelo desenvolvimento sustentável. Neste contexto, esta obra reúne o trabalho árduo de pesquisadores que buscam a transformação do século XXI, pois apresentam alternativas analíticas e estratégicas para um novo cenário sócio econômico ambiental.

Assim, esperamos que esta obra possa colaborar e estimular mais pesquisadores a transformar o século XXI através de um aparato científico-tecnológico que possa dar suporte ao nosso estilo de vida, com alto nível de conforto e com comprometimento da qualidade ambiental do nosso planeta.

*Adriane Theodoro Santos Alfaro*

*Daiane Garabeli Trojan*

## SUMÁRIO

Apresentação.....	03
<b><u>CAPÍTULO I</u></b>	
A APLICAÇÃO DE GESSO NO SOLO E A APLICAÇÃO DE K, S E MO FOLIAR NA CULTURA DO MILHO <i>Eloisa Lorenzetti, Juliano Tartaro, Vanessa de Oliveira Faria, Alfredo Alves Neto, Danielle Mattei e Nicanor Pilarski Henkemeier.....</i>	08
<b><u>CAPÍTULO II</u></b>	
ADAPTAÇÃO DE UMA SEMEADORA-ADUBADORA PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA <i>IN SITU</i> NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO <i>Marcelo Queiroz Amorim, Carlos Alessandro Chioderoli, Elivânia Maria Sousa Nascimento, Jean Lucas Pereira Oliveira, Daniel Albiero e José Evanaldo Lima Lopes.....</i>	28
<b><u>CAPÍTULO III</u></b>	
ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SOJA: UM ESTUDO SOBRE POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES <i>Artur Sousa Silva, Larisse Pinheiro Schmid, Jeissica Taline Prochnow, Lariza Lustosa de Oliveira e Thiago Henrique Gurgel Martins.....</i>	39
<b><u>CAPÍTULO IV</u></b>	
AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ENZIMAS EXTRACELULARES POR ISOLADOS DO FUNGO PYCNOPORUS SANGUINEUS EM DIFERENTES MEIOS DE CULTIVO <i>Omari Dangelo Forlin Dildey, Simone Castagna Angelim Costa, Irineia Paulina Baretta, Aline Maiara Lorenzetti, Bruna Broti Rissato, Cristiane Cláudia Meinerz e Roberto Luiz Portz.....</i>	47
<b><u>CAPÍTULO V</u></b>	
AVALIAÇÃO DE UM MODELO DE COLETOR SOLAR CONSTRUÍDO COM GARRAFAS PET PARA SECAGEM DE PRODUTOS AGRÍCOLAS <i>Arlindo Fabrício Corrêia, Armin Feiden, Antônio Cesar Godoy, Jair Antonio Cruz Siqueira e Carlos Eduardo Camargo Nogueira.....</i>	57
<b><u>CAPÍTULO VI</u></b>	
BACTÉRIAS FITOPATOGÊNICAS: MEMBRANA E SISTEMAS DE SECREÇÃO <i>Eloisa Lorenzetti, Eliana Peliçon Pereira Figueira, Maria Cristina Copello Rotili, Anderson Luis Heling, Jeferson Carlos Carvalho e Odair José Kuhn.....</i>	72

## CAPÍTULO VII

COINOCULAÇÃO DE *Rhizobium tropici* E *Azospirillum brasiliense* VISANDO A SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DO FEIJÓEIRO EM SOLO ARENOSO DO CERRADO

Fábio Steiner, Alan Mario Zuffo, Arnaldo Cintra Limede e Carlos Eduardo da Silva Oliveira.....86

## CAPÍTULO VIII

CONCENTRAÇÕES DOS ÍONS AMÔNIO E NITRATO NO CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS

Janderson do Carmo Lima, Uasley Caldas de Oliveira, Aline dos Anjos Souza, Mariana Nogueira Bezerra e Anacleto Ranulfo dos Santos.....105

## CAPÍTULO IX

CONTROLE DE DOENÇAS EM VIVEIRO FLORESTAL POR RIZOBACTÉRIAS E RESIDENTES DE FILOPLANO

Ana Claudia Spassin, Alexandre Techy de Almeida Garrett e Flávio Augusto de Oliveira Garcia.....116

## CAPÍTULO X

CONTROLE *IN VITRO* DE *PHYTOPHTHORA CITRICOLA* POR DIFERENTES ISOLADOS DE *TRICHODERMA* spp.

Omari Dangelo Forlin Dildey, Karen Cristine Backes Barichello, Cristiane Cláudia Meinerz, Bruna Broti Rissato, Nicanor Pilarski Henkemeier, Laline Broetto, Odair José Kuhn e Claudio Yuji Tsutsumi.....135

## CAPÍTULO XI

CONTROLE *IN VITRO*, *IN VIVO* E PÓS COLHEITA DA ANTRACNOSE EM MORANGUEIRO

Lana Paola da Silva Chidichima, Eduardo Fernandes Polvani, Marlon Akiyama Ribas, Márcia de Holanda Nozaki, Camila Hendges e Maria José Biudes Rodrigues.....147

## CAPÍTULO XII

EFEITO ALELOPÁTICO DE EXTRATOS AQUOSOS DE CRAMBE (*Crambe abyssinica*) SOBRE O DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PICÃO- PRETO (*Bidens pilosa*).

Silene Tais Brondani e Ana Paula Moraes Mourão Simonetti.....161

## CAPÍTULO XIII

ÉPOCAS DE SEMEADURA DE GENÓTIPOS DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. oleifera) EM TRÊS ANOS DE CULTIVO NO ESTADO DA PARAÍBA

Roberto Wagner Cavalcanti Raposo, Gilberto Omar Tomm, Samuel Inocêncio Alves da Silva e Annie Evelyn Souto Raposo.....169

## CAPÍTULO XIV

ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO TOMATEIRO TIPO GRAPE

*Gabriel Siqueira Tavares Fernandes , Edivania de Araujo Lima, Joana D'arc Mendes Vieira , Daniela Vieira Chaves, Lucas Carvalho Soares e Poline Sena Almeida.....176*

## CAPÍTULO XV

EXTRATO DE SEMENTE DO ABACATE PARA INDUÇÃO DA FITOALEXINA GLICEOLINA EM COTILÉDONES DE SOJA

*Vanessa de Oliveira Faria, José Renato Stangarlin, Eloisa Lorenzetti, Jonathan Fernando Varoni, Carla Rosane Kosmann, Juliana Yuriko Habtzreuter Fujimoto, Sidiane Coltro-Roncato e Omari Dangelo Forlin Dildey.....183*

## CAPÍTULO XVI

FERTILIZANTE ORGANOMINERAL NO DESEMPENHO AGRONÔMICO E PRODUTIVIDADE DE FEIJÃO APLICADO NO SULCO DE PLANTIO

*Eli Carlos de Oliveira, José Roberto Pinto de Souza, Luiz Henrique Campos de Almeida e Adilson Luiz Seifert.....190*

## CAPÍTULO XVII

FLAGELO BACTERIANO

*Anderson Luis Heling, Jeferson Carlos Carvalho, Eloisa Lorenzetti, Odair José Kuhn, Eliana Peliçon Pereira Figueira e Maria Cristina Copello Rotili.....198*

## CAPÍTULO XVIII

INDUÇÃO DE FITOALEXINA EM FEIJOEIRO PELAS SOLUÇÕES HOMEOPÁTICAS PHOSPHORUS E CALCAREA CARBONICA

*Bruna Broti Rissato, Omari Dangelo Forlin Dildey, Edilaine Della Valentina Gonçalves-Trevisoli, Laline Broetto, Sidiane Coltro-Roncato e José Renato Stangarlin.....206*

## CAPÍTULO XIX

INOCULAÇÃO E APLICAÇÃO FOLIAR DE MOLIBDÊNIO EM AMENDOIM CULTIVADO EM ÁREA DE PASTAGEM DEGRADADA

*Mateus Vieira Trevisan, Fábio Steiner, Alan Mario Zuffo, Arnaldo Cintra Limede e Carlos Eduardo da Silva Oliveira.....214*

## CAPÍTULO XX

METODOLOGIA PARA DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) DE ENCOSTAS EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA

*Luciano Cavalcante de Jesus França, João Batista Lopes da Silva, Danielle Piuzana Mucida, Gerson dos Santos Lisboa, José Wellington Batista Lopes, Samuel José Silva Soares da Rocha e Vicente Toledo Machado de Moraes Júnior.....234*

## CAPÍTULO XXI

MODELO DESCRIPTIVO DA RELAÇÃO ENTRE O PIB E A PRODUÇÃO DE SOJA NO ESTADO DO PARANÁ

*Genilso Gomes de Proença, Matheus de Lima Goedert, Ivan Coltro e Silvana Ligia Vincenzi e Carla Adriana Pizarro Schmidt.....* 248

## CAPÍTULO XXII

RELAÇÃO DA TEMPERATURA DO AR COM O TEOR DE CLOROFILA NO TOMATEIRO

*Gabriel Siqueira Tavares Fernandes , Edivania de Araujo Lima , Joana D'arc Mendes Vieira , Daniela Vieira Chaves , Adalberto Carvalho Trindade e Victor Alves Brito.....* 258

## CAPÍTULO XXIII

Trichoderma sp. COMO BIOPROTECTOR DE SEMENTES E PLÂNTULAS DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris L.*) CULTIVADAS EM SOLO INFESTADOS COM *Macrophomina phaseolina*

*Laline Broetto, Omari Dangelo Forlin Dildey, Sidiane Coltro-Roncato, Bruna Broti Rissato, Alice Jacobus de Moraes e Odair José Kuhn.....* 264

## CAPÍTULO XXIV

VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM EM TAXA FIXA E VARIÁVEL

*João Henrique Gerardi Pereira, Douglas Wrubleski de Carvalho, Arlindo Fabrício Corrêia, Gustavo Ferreira Coelho, André Luis Piccin e Arlen Roberto Bassi.....* 274

## CAPÍTULO XXV

APLICAÇÃO DE ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS E GENOTOXICOLÓGICOS UTILIZANDO *Daphnia magna* E *Eisenia andrei* COMO BIOINDICADORES EM SOLOS DE CULTIVO DE TABACO ORGÂNICO E CONVENCIONAL, MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DO SUL, RS, BRASIL

*Daiane Cristina de Moura, Alexandre Rieger e Eduardo Alcayaga Lobo.....* 288

*Sobre as organizadoras.....* 309

*Sobre os autores.....* 310

## **CAPÍTULO XXIV**

### **VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM EM TAXA FIXA E VARIÁVEL**

---

João Henrique Gerardi Pereira  
Douglas Wrubleski de Carvalho  
Arlindo Fabrício Corrêia  
Gustavo Ferreira Coelho  
André Luis Piccin  
Arlen Roberto Bassi

## **VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM EM TAXA FIXA E VARIÁVEL**

**João Henrique Gerardi Pereira**

Graduando em Agronomia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Toledo – Paraná

**Douglas Wrubleski de Carvalho**

Graduando em Agronomia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Toledo – Paraná

**Arlindo Fabrício Corrêa**

Professor do curso de Agronomia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Toledo - Paraná

**Gustavo Ferreira Coelho**

Professor de Agronomia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Toledo - Paraná

**André Luis Piccin**

Pós-Graduando em Agronomia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Toledo – Paraná

**Arlen Roberto Bassi**

Graduando em Agronomia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Toledo – Paraná

**RESUMO:** O crescimento populacional acelerado gera o desafio de aumentar a produtividade nas lavouras para atender a demanda por alimentos. Para que isso ocorra deve-se elaborar métodos para o melhor aproveitamento dos corretivos e fertilizantes agrícolas a fim produzir mais sem aumentar a área agricultável no planeta. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi comparar as recomendações de calagem para correção da acidez e elevação do índice de V% entre taxa fixa (pela média) e taxa variável em uma área agrícola no município de Terra Roxa – PR, avaliando a variabilidade dos atributos químicos do solo. Para tanto, foi realizada amostragem georreferenciada de solo em uma área de 185,54 ha, através de 62 pontos amostrais na profundidade de 0-0,20 m. Os resultados foram analisados por meio do mínimo, máximo, média, desvio padrão, coeficiente de variação, assimetria, curtose e teste de normalidade de Shapiro-Wilk a 5% de significância de erro e também com base em mapas temáticos interpolados por krigagem. A variabilidade espacial dos atributos do solo pode ser diminuída com o uso da taxa variável. A calagem em taxa variável pode evitar a aplicação de subdoses e superdoses, diminuindo prejuízos técnicos, econômicos e ambientais, para tanto, o mapeamento de áreas agrícolas é de suma importância na realização de avaliações da variabilidade espacial e temporal dos atributos do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agricultura de precisão, amostragem georreferenciada do solo, corretivos e fertilizantes, georreferenciamento, propriedades químicas do solo.

## 1. INTRODUÇÃO

Entre os fatores que mais afetam a disponibilidade dos nutrientes para as plantas destacam-se a acidez ou a alcalinidade excessiva (CAIRES, 2013). Um solo ácido compromete o desenvolvimento e a produtividade das culturas, prejudicando a sustentabilidade do uso agrícola do solo (OLIVEIRA et al., 2010).

A correção da acidez do solo é uma das práticas agrícolas que mais proporciona retorno em relação ao aumento da produtividade das culturas. De fato, a calagem se faz necessária para elevar o índice de saturação por bases (V%) e o pH do solo, o que favorece a neutralização do alumínio trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ) e eleva a disponibilidade das bases trocáveis no solo (ALCARDE, 2005).

No método tradicional, mesmo com grande quantidade de subamostras para compor uma única amostra, os resultados médios podem subestimar a dosagem de determinado insumo em um local na propriedade e superestimar em outro, gerando prejuízos técnicos, econômicos e ambientais (COELHO, 2003).

As variações dos atributos do solo, principalmente nas camadas mais superficiais, são resultado dos complexos processos de formação do solo e acentuadas pelo manejo em que a tomada de decisão é baseada na média dos valores, realizando correções e adubações em taxa fixa (CAMPOS et al., 2009; BOTTEGA et al., 2013).

Na aplicação de fertilizantes e corretivos em taxas variáveis, oriundas dos conceitos embasados pela Agricultura de Precisão (AP), a variabilidade espacial de atributos deve ser considerada, no intuito de aperfeiçoar as aplicações de fertilizantes, potencializando o processo produtivo e diminuindo custos e os impactos da atividade agrícola no meio ambiente (MARQUES JÚNIOR et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2008).

A identificação da variabilidade espacial dos fatores que afetam a produção, como a fertilidade, é o que possibilita o manejo diferenciado das propriedades agrícolas. Esta identificação e posterior interferência tem grande auxílio do uso de equipamentos GNSS (Global Navigation Satellite System), por meio de ferramentas como o sensoriamento remoto utilizando imagens aéreas, sistemas de informações geográficas (SIG), amostragem sistemática do solo (em malha ou ponto), tecnologias de aplicação em taxa variada, sensores de plantas daninhas e doenças, monitor de colheita e mapeamento da fertilidade e da produtividade, dentre outras (CIRANI; MORAES, 2010).

Na literatura brasileira, diversos autores como Bottega et al., (2013), Negreiros Neto et al., (2014), Sana et al., (2014), Zonta et al., (2014) e Carneiro et al., (2016) comprovaram a existência de variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em áreas de exploração agrícola. Ainda, trabalhos como o de Richart et al., (2016) comprovando a eficiência do manejo de calagem em taxa variável na diminuição da variabilidade da V%, demonstram a importância de se considerar a variabilidade na tomada de decisão.

As técnicas de AP proporcionam maior eficiência na utilização de insumos em relação à agricultura convencional devido ao maior nível de detalhamento das

informações por meio do mapeamento georreferenciado, quando comparado às amostras retiradas de maneira aleatória e recomendações baseadas na média dos resultados encontrados (WEIRICH NETO et al., 2006; BARBIERI et al., 2008).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade dos atributos químicos do solo, e comparar as recomendações de calagem para correção da acidez e elevação do índice de V% entre taxa fixa (pela média) e taxa variável em uma área agrícola no município de Terra Roxa - PR.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido a partir de dados coletados no Talhão 02 (Figura 1), com 185,54 ha, pertencente à Fazenda Penelope, localizada em Terra Roxa – PR, nas coordenadas 24° 20' 58,13" S e 54° 05' 02,78"W, com altitude em torno de 372 m.



Figura 1. Delimitação do Talhão 02, Fazenda Penelope, Terra Roxa – PR em 22/09/2016. Fonte: Copernicus Sentinel Data, 2016.

Com base na classificação climática de Köeppen, o clima local é subtropical Cfa, com verões quentes e invernos frios ou amenos. Geadas são frequentes no período mais frio, podendo acontecer no período entre o fim de maio e o início de setembro. A média anual de temperatura é de 20° C (CAVIGLIONE et al., 2000).

O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho de textura argilosa (EMBRAPA, 2013), com teores médios de 793,7 g kg<sup>-1</sup> de argila, 68,8 g kg<sup>-1</sup> de silte e 137,5 g kg<sup>-1</sup> de areia, na profundidade de 0,00 – 0,20 m.

A coleta de solo ocorreu no dia 28 de julho de 2016, utilizando-se um

Pocket PC equipado com receptor GNSS e com o software AgField (AGX Tecnologia®) para a obtenção e armazenamento dos dados georreferenciados.

No AgField gerou-se o contorno e o polígono da área e em seguida, a malha de amostragem com tamanho de 2,99 ha, totalizando 62 pontos amostrais (Figura 2), nas quais realizou-se as coletas na profundidade de 0,00 – 0,20 m, sendo esta a camada que sofre maior alteração pelo manejo do solo, aplicação de corretivos, fertilizantes e restos culturais (EMBRAPA, 2010).

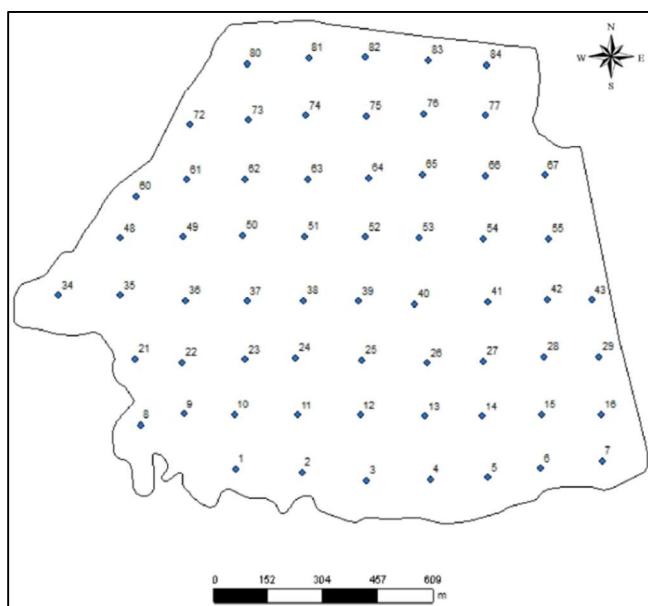


Figura 2. Pontos amostrais georreferenciados do T. 02. Fonte: Os autores, 2017.

As amostras de solo foram obtidas utilizando um quadriciclo Honda modelo TRX 420 FourTrax equipado com sistema hidráulico de coleta de solo, possuindo broca de perfuração e copo coletor fabricados em aço inoxidável e controlador de profundidade. Para cada grade amostral (grid) coletou-se 10 amostras simples (subamostras) que formaram uma amostra composta. Para a coleta das amostras de solo seguiu-se recomendação da EMBRAPA (2010).

As amostras coletadas e devidamente identificadas foram encaminhadas ao laboratório de solos da Laborfort, sediado em Cambira – PR, onde foram realizadas as análises químicas.

A partir dos resultados das análises foram determinados, por meio do software R, os valores de mínimo, média, máximo, desvio padrão (DP), coeficiente de variação (CV), assimetria, curtose e o teste de normalidade de Shapiro-Wilk a 5% de significância de erro (R CORE TEAM, 2017).

Os resultados dos atributos químicos do solo, foram tabulados em planilha eletrônica e importados no software SGIS 3.12, desenvolvido pela Topcon Positioning Systems, juntamente com os arquivos de polígono e pontos. Os dados foram interpretados utilizando mapas de nutrientes e atributos do solo, elaborando-se a interpolação por meio de krigagem ordinária.

Com a tomada de decisão baseada nas recomendações da EMBRAPA (2010), foram gerados mapas de recomendações em taxa variável e cálculos para

aplicação à taxa fixa pela média para calagem utilizando o método de saturação por bases (V%) do solo, que consiste na elevação da saturação por bases trocáveis e se fundamenta na correlação positiva existente entre o valor de pH e a saturação por bases (Equação 1).

$$NC = \frac{[(V_2 - V_1) \times CTC_T \times f]}{100} \quad (1)$$

na qual, NC é necessidade de calagem ( $Mg\ ha^{-1}$ );  $V_1$  é o valor da saturação por vases trocáveis do solo (%) antes da correção, obtida conforme a Equação 2.  $V_2$  é o valor da saturação por bases trocáveis necessárias para as culturas agrícolas.  $CTC_T$  é a capacidade de troca catiônica total do solo, obtida conforme a Equação 3, f é o fator de correção do Poder Relativo de Neutralização Total do Calcário (PRNT) obtido conforme Equação 4.

$$V_1 = \frac{100 \times SB}{CTC_T} \quad (2)$$

na qual, SB é a soma de bases trocáveis  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $K^+$  ( $cmol_c\ dm^{-3}$ );

$$CTC_T = SB + (H + Al) \quad (3)$$

$$f = \frac{100}{PRNT} \quad (4)$$

O  $V_2$  utilizado no cálculo foi de 70%, valor recomendado no estado do Paraná para a produção de soja e milho (CAIRES, 2013), sendo estas as principais culturas cultivadas pelo proprietário da área, e o PRNT utilizado foi de 80%. Os resultados foram então convertidos de  $Mg\ ha^{-1}$  para  $kg\ ha^{-1}$ .

Devido a relação média entre Cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e Magnésio ( $Mg^{2+}$ ) da área ser 3,29, sendo superior a 3:1, na recomendação de calagem utilizou-se calcário dolomítico com concentração de  $MgO$  superior a 12% (EMBRAPA, 2010).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio do teste de Shapiro-Wilk ( $p < 0,05$ ) apresentado na Tabela 1, verificou-se que somente os atributos fósforo (P), acidez potencial ( $H+Al$ ) e  $CTC_T$  apresentaram distribuição não normal, porém, de acordo com Warrick e Nielsen (1980), devido aos dados serem oriundos de um ambiente natural, o ajuste a uma distribuição teórica é apenas aproximado.

Tabela 1. Atributos químicos pH (CaCl<sub>2</sub>), P, K+, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, H+Al, SB, CTC e V (%), diagnosticados do solo do Talhão 02. Toledo, 2017.

Atributo Químico	Média	Mínimo	Máximo	DP(1)	CV(2)	S(3)	K(4)	Teste W(5)
pH CaCl <sub>2</sub>	5,07	4,67	5,65	0,22	4,32 65,9	0,16	2,45	0,98 ns
P (mg dm <sup>-3</sup> )	20,70	3,74	59,74	13,64	0 23,2	1,16	3,71	0,89 *
K <sup>+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,46	0,21	0,72	0,11	8 14,1	0,33	2,82	0,98 ns
Ca <sup>2+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	4,80	3,40	6,97	0,68	4 15,5	0,39	3,32	0,98 ns
Mg <sup>2+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	1,47	0,98	2,11	0,23	6 15,3	0,13	2,68	0,99 ns
H+Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	4,24	3,14	6,30	0,65	3 13,2	0,82	3,53	0,95 *
SB (cmolc dm <sup>-3</sup> )	6,73	4,59	9,20	0,89	1	0,04	3,00	0,99 ns
CTC (cmolc dm <sup>-3</sup> )	10,96	9,36	13,92	0,81	7,38	1,36	5,68	0,90 *
V (%)	61,28	45,72	71,99	5,84	9,54 -0,48	2,54	0,97 ns	

P: fósforo; K<sup>+</sup>: potássio; Ca<sup>2+</sup>: cálcio; Mg<sup>2+</sup>: magnésio; Al<sup>3+</sup>: alumínio trocável; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica total; V%: saturação por bases; (1) DP: desvio padrão; (2) CV: coeficiente de variação; (3) S: Assimetria; (4) K: Curtose; (5) W: teste de normalidade de Shapiro & Wilk; (\*): significativo ao teste de normalidade de Shapiro & Wilk à 5% de probabilidade; (ns): não significativo ao teste de normalidade de Shapiro & Wilk à 5% de probabilidade.

O menor DP pode ser observado no atributo potássio (K<sup>+</sup>) com 0,11, enquanto o P apresentou maior DP com 13,64. Os grandes valores de DP, estão relacionados às amostras mais dispersas e os pequenos valores às amostras que apresentam seus valores mais próximos da média estimada, apresentando menor dispersão (WARRICK; NIELSEN, 1980). Para V%, o valor encontrado foi maior que o encontrado por Matias et al., (2015) e menor que o encontrado por Dalchiavon et al., (2011), sendo 4,87 e 8,82%, respectivamente.

Para o CV, verificou-se que os valores podem ser classificados como baixos (entre 10 e 15%) para pH, cálcio (Ca<sup>2+</sup>), SB, CTC<sub>T</sub> e V%, médio (entre 15 e 20%) para Mg<sup>2+</sup> e H+Al, alto (entre 20 e 30%) para K<sup>+</sup> e muito alto (maior que 30%) para P (FERREIRA, 1991).

O coeficiente de variação (CV) para V% foi menor em relação aos trabalhos de Bottega et al., (2013) e Sana et al., (2014), ambos avaliando a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em Latossolo com textura argilosa, e também em relação ao trabalho de Matias et al., (2015) em Latossolo de textura arenosa, com 14,24, 14 e 17,23%, respectivamente. Para K<sup>+</sup>, o valor obtido é maior que o encontrado por Sana et al., (2014) e menor que o encontrado por Bottega et al., (2013) e Dalchiavon et al., (2011), com 20, 27,22 e 38,5% respectivamente.

O CV pode ser considerado o primeiro indicador da existência ou não de heterogeneidade nos dados (WARRICK; NIELSEN, 1980), porém, mesmo que os valores de CV sejam moderados, outros indicadores devem ser analisados, pois

podem ocorrer no campo valores extremamente altos ou baixos (MONTANARI et al., 2008).

O P foi o atributo que apresentou maior CV, corroborando com os resultados de Bottega et al., (2013), que observaram valores de CV muito alto, em torno de 62,94%, em Latossolo. Esta variação expressiva pode ser decorrente de fatores naturais, como sua baixa concentração natural de P nos Latossolos e consequente alto poder tampão que, aliados à sua dinâmica de baixa mobilidade, podem resultar em alta variabilidade (SCHLINDWEIN, 2003), acentuada pelo manejo de distribuição de P em taxa fixa na linha de semeadura (CHERUBIN et al., 2011).

Richart et al. (2016), analisando a evolução espaço-temporal de atributos químicos do solo influenciados pela aplicação de calcário e cloreto de potássio em taxa variável em uma área na mesma região do presente trabalho, no remapeamento da área após 3 anos, observaram que para a V% houve um decréscimo no CV de 6,26 para 4,45% e no DP de 3,90 para 2,92, mostrando-se esse manejo eficiente na diminuição da heterogeneidade do atributo na área.

Devido à variação encontrada, foram gerados mapas temáticos dos atributos diagnósticos e de recomendação para calagem à taxa variável (Figura 3) pelo método de saturação por bases (EMBRAPA, 2010), no intuito de proporcionar decréscimo no CV e DP da V% na área.

De acordo com Carneiro et al., (2016), a elaboração de mapas de variabilidade espacial tem grande contribuição na tomada de decisão em um manejo de AP, pois através destes é possível a identificação de regiões prioritárias de manejo que impedem altas produtividades, e a realização de um planejamento buscando a padronização dos níveis de fertilidade da área.

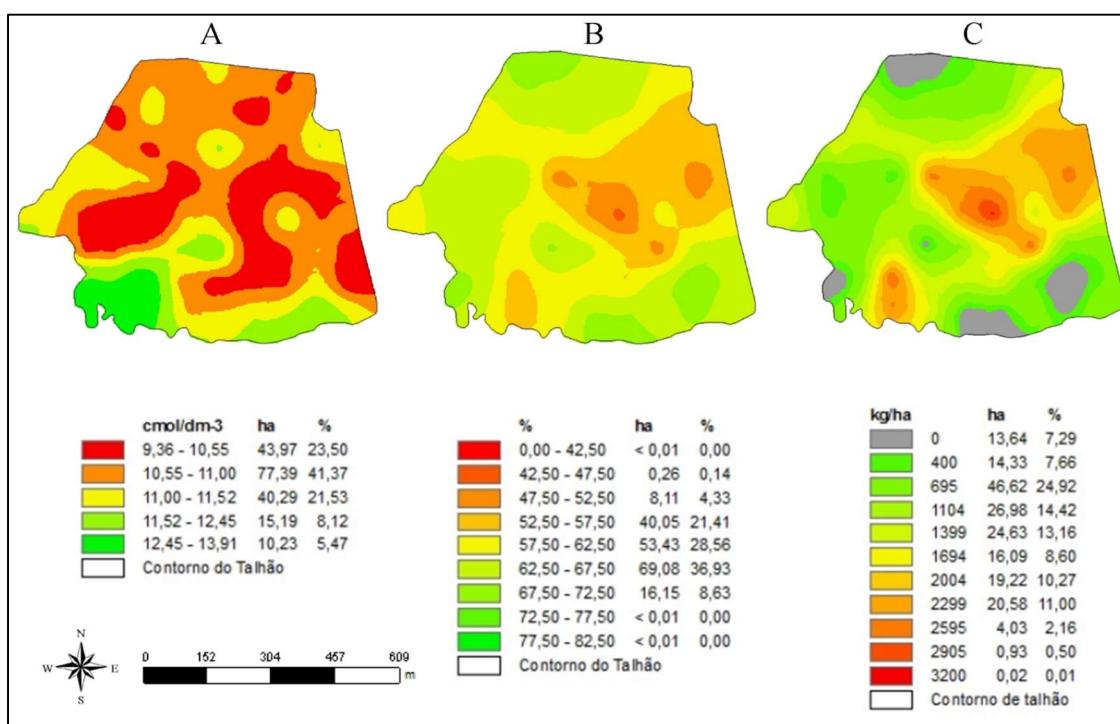


Figura 3. Mapas temáticos para CTC cmolc dm-3(A), V% (B) e recomendação de calagem pelo método de saturação por bases (C). Fonte: Os autores, 2017.

A partir dos mapas temáticos interpolados por krigagem, verifica-se que para o atributo V% apenas 16,15 ha, o que corresponde a 8,63% da área, encontra-se entre 67,50 e 72,50%, faixa próxima a 70%, sendo este o valor ideal para as culturas da soja e milho no Paraná (CAIRES, 2013). As demais classes encontram-se abaixo desta, sendo a classe de 62,50 a 67,50 a classe de maior expressão na área com 69,08 ha (36,93%) da área total.

Em relação à calagem, as doses para aplicação em taxa variável oscilaram de 0 a 3.200 kg ha<sup>-1</sup>, sendo a classe de 695 kg ha<sup>-1</sup> a de maior expressão, com aplicação em 26,98 ha (14,42%).

Calculando-se uma recomendação de calagem através dos valores médios, seriam aplicados 1.187 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico igualmente em toda a área. Geraram-se então mapas temáticos que demonstram o erro da taxa fixa em relação à taxa variável em kg ha<sup>-1</sup> e a perspectiva de V% após a aplicação pelos dois métodos (Figura 4).

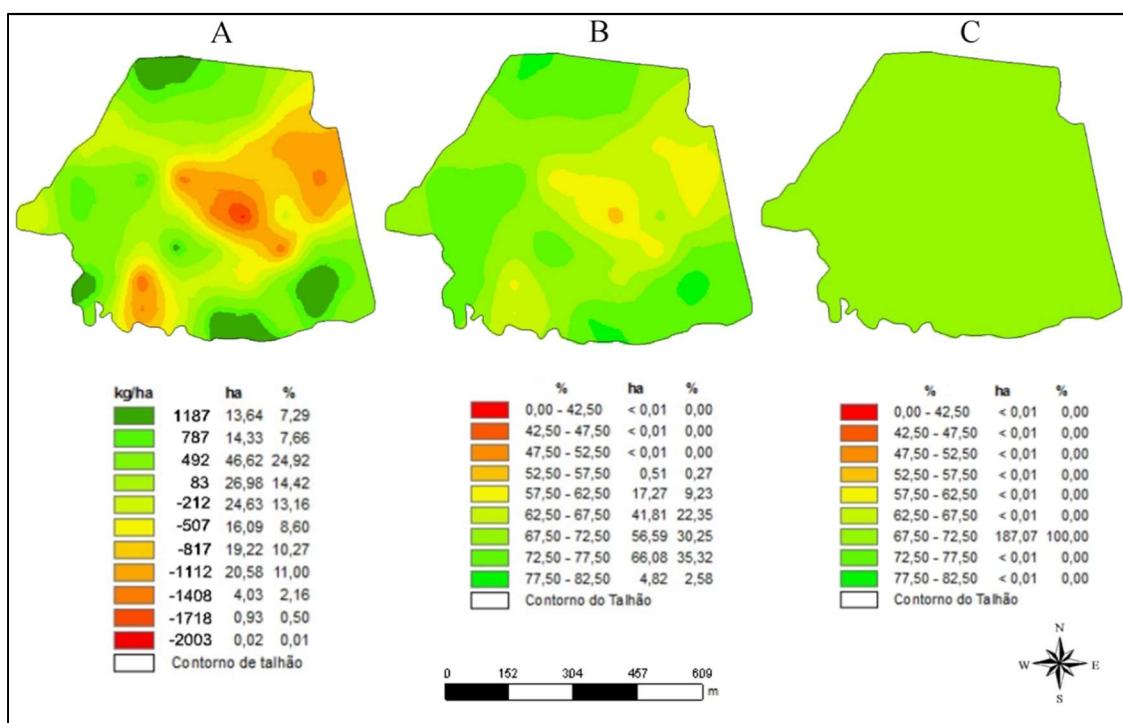


Figura 4. Mapas temáticos para o Erro da calagem a taxa fixa pela média em relação à taxa variável (A), estimativa de V% após taxa fixa pela média (B) e estimativa de V% após taxa variável (C). Fonte: Os autores, 2017.

No mapa de erro da calagem taxa fixa pela média em relação à taxa variável, observa-se 13,64 ha (7,29%) receberia esta quantidade de calcário desnecessariamente, elevando os valores acima do ideal e causando inadequação ao equilíbrio na absorção de íons pelas plantas. Além disto, o desperdício oneraria custos de aquisição e de aplicação do produto, gerando prejuízos econômicos à atividade (BARBIERI et al., 2008).

Mesmo com a média calculada através de todos os pontos amostrados, o

que proporciona maior representatividade da área, entre todas as classes, somente uma se aproximaria da média com aplicação próxima ao ideal e esta seria realizada em 26,98 ha, o que representa 14,42% da área total.

Além de superdoses, pode-se observar que haveria aplicação de subdoses, variando de -212 a -2003 kg ha<sup>-1</sup> em 85,5 ha (45,7%) da área. O reflexo dessas subdoses pode ser estimado pelo mapa de estimativa de V% após taxa fixa pela média, onde mesmo após uma intervenção, 31,85% da área permaneceriam com o atributo abaixo do ideal. As subdoses de calcário fazem com que o solo permaneça ácido, diminuindo o crescimento da cultura e aumentando a incidência de plantas daninhas (MASCARENHAS et al., 2000).

Sousa et al., (2016) comparando as metodologias de amostragem de solo por AP e por agricultura convencional, concluiu que a AP pode evitar a utilização de subdoses de calcário em partes ácidas do terreno e altas doses nos locais com níveis adequados. Além disso, proporciona mais segurança na interpretação e recomendação de corretivos e fertilizantes, proporcionando economia de recursos financeiros.

#### 4. CONCLUSÃO

O atributo P apresentou a maior variabilidade espacial, seguido do K<sup>+</sup> e da V%. A variabilidade espacial dos atributos do solo assim como sua alta heterogeneidade podem ser diminuídas com o uso da taxa variável.

O mapeamento de áreas agrícolas é de suma importância na realização de avaliações da variabilidade espacial e temporal dos atributos do solo.

A calagem em taxa variável pode evitar a aplicação de subdoses e superdoses, diminuindo prejuízos técnicos, econômicos e ambientais.

#### AGRADECIMENTOS

À empresa Agrocelli (Berticelli & Basso Ltda) e ao empresário rural e Engenheiro Agrônomo Nei Luis Basso pela disponibilidade de equipamentos e local para realização do presente trabalho.

#### REFERÊNCIAS

ALCARDE, J. C. Corretivos da acidez dos solos. São Paulo-SP: ANDA, 2005.

BARBIERI, D. M.; Marques Júnior, J.; Pereira, G. T. Variabilidade espacial de atributos químicos de um argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.28, p.645-653, 2008.

BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; SOUZA, C. M. A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 1-9, jan-mar, 2013.

CAIRES, E. F. **Correção da acidez do solo em sistemas plantio direto**. Piracicaba-SP: International Plant Nutrition Institute (INPI), 2013. 13 p. (Informações agronômicas, n. 141).

CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M.; MONTARANI, R. Planejamento agrícola e implantação de sistema de cultivo de cana-de-açúcar com auxílio de técnicas geoestatísticas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.3, p.297-304, 2009.

CARNEIRO, J. S. S.; SANTOS A. C. M.; FIDELIS R. R.; NETO, S. P. S.; SANTOS, A. C.; SILVA, R. R. Diagnóstico e manejo da variabilidade espacial da fertilidade do solo no cerrado do Piauí. **Revista Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v.14, n.2, 2016.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD.

CHERUBIN, M. R.; SANT, A. L.; BASSO, C. J.; EITELWEIN, M. T.; VIAN, A. L. Caracterização e estratégias de manejo da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo utilizando a análise dos componentes principais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, vol.7, n.13, p. 196-210, 2011.

CIRANI, C. B. S.; MORAES, M. A. F. D. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão. **Revista Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, vol. 48, n. 4, p. 543-565. 2010.

COELHO, A. M. Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. In: NOVAIS, R.F et al. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. vol.1, p.249-290, 2003.

COPERNICUS SENTINEL DATA. **S2A\_tile\_20160923\_21KYP\_0**, 2016. Disponível em:  
<<https://lv.eosda.com/?cb=false&b=Red,Green,Blue&day=true&s=Sentinel2&lat=-24.26606&lng=-53.98476&z=11&ir=355,2022,688,1448,797,1384>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; FREDDI, O. S.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial da produtividade do feijoeiro correlacionada com atributos químicos de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob sistema de semeadura direta.

Bragantia, Campinas, v. 70, n. 4, p.908-916, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Tecnologia de Produção de Soja – Região Central do Brasil 2011**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, p. 255, 2010. Disponível em: <[http://www.cnpso.embrapa.br/download/Sistema\\_Producao14\\_VE.pdf](http://www.cnpso.embrapa.br/download/Sistema_Producao14_VE.pdf)> Acesso em: 30 mar. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Mapa simplificado de Solos do Estado do Paraná**. 2012. Disponível em: <[http://www.escola.agrarias.ufpr.br/arquivospdf/mapa\\_solos\\_pr.pdf](http://www.escola.agrarias.ufpr.br/arquivospdf/mapa_solos_pr.pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2017.

FERREIRA, P.V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Maceió, EDUFAL, 1991. 440p.

MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T.; BARBIERI, D. M. Variabilidade espacial de matéria orgânica, P, K e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar por longo período. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristovão, vol.8, n.1, p. 143-152, 2008.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; CARMELLO, Q. A. C.; GALLO, P. B.; AMBROSANO, G. M. B. Calcário e potássio para a cultura de soja. **Revista Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, set. 2000.

MATIAS, S. S. R.; NÓBREGA, J. C. A.; NÓBREGA, R. S. A.; ANDRADE, F. R.; BAPTISTEL, A. C. Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolo cultivado de modo convencional com soja no cerrado piauiense. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 1, p. 17-26, janeiro-março, 2015.

MONTANARI, R.; PEREIRA, G. T.; JUNIOR, J. M.; SOUZA, Z. M.; PAZETO, R. J.; CAMARGO, L. A. Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolo e Argissolos. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.5, p.1266-1272, ago, 2008.

NEGREIROS NETO, J. V.; SANTOS, A. C.; GUARNIERI, A.; SOUZA, D. J. A. T.; DARONCH, D. J.; DOTTO, M. A.; ARAÚJO, A. S. Variabilidade espacial de atributos físico-químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em sistema plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 193-204, jan./fev. 2014.

OLIVEIRA, R. B.; LIMA, J. S. S.; XAVIER, A. C.; PASSOS, R. R.; SILVA, S. A.; SILVA, A. F. Comparação entre métodos de amostragem do solo para recomendação de calagem e adubação do cafeiro conilon. **Engenharia Agrícola**, v.28, p.176-186, 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, v. 5, n. 1, p. 25-31, 2010.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 08 abr. 2017.

RICHART, A.; PICCIN, A. L.; KONOPATZKI, M. R. S.; KAEFER, K. A. C.; MORATELLI, G.; KAEFER, J. E.; ECCO, M. Análise espaço-temporal de atributos químicos do solo influenciados pela aplicação de calcário de cloreto de potássio em taxa variável. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 4, out./dez., p. 391-400, 2016.

SANA, R. S.; ANGHINONI, I; BRANDÃO, Z. N.; HOLZSCHUH, M. J. Variabilidade espacial de atributos físico-químicos do solo e seus efeitos na produtividade do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.10, p.994-1002, 2014.

SCHLINDWEIN, J. A. **Calibração de métodos de determinação e estimativa de doses de fósforo e potássio em solos sob sistema plantio direto**. 2003. 169 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SOUSA, S. S.; MOREIRA, S. G.; CASTRO G. F. de. Avaliação da fertilidade do solo por Agricultura de Precisão e Convencional. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 8, n. 1, p. 33-46, 2016.

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.

WEIRICH NETO, P. H.; SVERZUT, C. B.; SCHIMANDEIRO, A. Necessidade de fertilizante e calcário em área sob sistema plantio direto considerando variabilidade espacial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, p.338- 343, 2006.

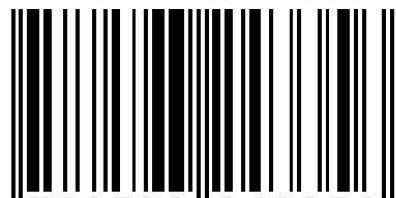
ZONTA, J. H.; BRANDÃO, Z. N.; MEDEIROS, J. da C.; SANA, R. S.; SOFIATTI, V. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada com algodoeiro no Cerrado do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.6, p.595-602, 2014.

**ABSTRACT:** Rapid population growth raises the challenge of increasing crop productivity to meet food demand. For this to occur, methods must be developed for the best use of agricultural correctives and fertilizers in order to produce more without increasing the area of arable land on the planet. In this context, the aim of this work was to evaluate the variability of soil chemical attributes and to compare liming recommendations for acidity correction and V% elevation between fixed (by average) and variable rate in an agricultural area in the municipality of Terra Roxa - PR. A georeferenced soil sampling was carried out in an area of 185.54 ha, through 62 sampling points in the 0-0.20 m depth. The results were analyzed using minimum, maximum, mean, standard deviation, coefficient of variation, asymmetry, kurtosis and normality test, and also based on thematic maps interpolated by kriging. The spatial variability of soil can be reduced by using the variable rate. The variable rate liming can avoid the application of subdoses and overdoses, reducing technical, economic and environmental damages. Therefore, the mapping of agricultural areas is of paramount importance in the evaluation of the spatial and temporal variability of soil attributes.

**KEYWORDS:** Correctives and fertilizers, precision agriculture, soil georeferenced sampling, georeferencing, soil chemical properties.

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-93243-35-6



9 788593 243356