

## CARACTERIZAÇÃO DA FERTILIDADE E CORRELAÇÕES ENTRE NUTRIENTES DE SOLOS CULTIVADOS NO MATO GROSSO

RODRIGO G. TREVISAN<sup>1</sup>, MATEUS T. EITELWEIN<sup>1</sup>, TIAGO C. GARZELLA<sup>2</sup>, TEANE TAFFAREL<sup>3</sup>, ONÃ DA S. FREDDI<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Engº Agrônomo, Pós-Graduando, ESALQ-USP, Piracicaba – SP, rodrigo.trevisan@usp.br; mateus\_eitelwein@usp.br.

<sup>2</sup> Engº Agrônomo, Dr. em Ciências, APAGRI – Diretor, Piracicaba – SP, tiago@apagri.com.br.

<sup>3</sup> Graduanda em Agronomia, Universidade Federal do Mato Grosso, UFMT/Sinop/ICAA, Sinop–MT, teanetaffarel@hotmail.com.

<sup>4</sup> Engº Agrônomo, Dr. em Produção Vegetal, Professor adjunto II, UFMT/Sinop/ICAA, Sinop–MT, onafreddi@gmail.com.

Apresentado no  
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2014  
14 a 17 de setembro de 2014 - São Pedro - SP, Brasil

**RESUMO:** A maioria dos solos cultivados no Mato Grosso são Latossolos originalmente pobres em fertilidade, o que torna necessário o uso de práticas de correção e adequação dos níveis de nutrientes para que estes tornem-se aptos à exploração agrícola. Diante disso, este trabalho teve como objetivo caracterizar os níveis de fertilidade e as correlações existentes entre os nutrientes de solos usados para o cultivo de grãos no Mato Grosso. Os dados utilizados são referentes aos resultados de 6803 amostras de solo coletadas em diferentes regiões do estado, utilizados para recomendação de aplicação de fertilizantes em taxa variável. Os teores médios de P e K mostraram-se abaixo do nível crítico na maioria dos dados analisados, além disso, estes apresentaram baixas correlações entre si e com os demais atributos avaliados. Maiores correlações foram observadas entre as bases do solo com pH e saturação por bases (V%). O pH foi capaz de estimar a V% do solo através de um modelo quadrático com coeficiente de determinação de 0,82, o que indica ser possível a coleta de dados de pH do solo em alta densidade, por ser mais barato e de fácil obtenção, e usar estes valores no cálculo da necessidade de calagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Latossolos, acidez, agricultura de precisão

### CHARACTERIZATION OF FERTILITY AND CORRELATIONS BETWEEN NUTRIENTS IN CULTIVATED SOILS IN MATO GROSSO

**ABSTRACT:** Most cultivated soils in Mato Grosso are Oxisols originally poor in fertility, which makes it necessary to use of correction practices to change the level of available nutrients to a point where the agricultural exploration of that soil is possible and viable. Thus, this study aimed to characterize the levels of fertility and the correlations between nutrients in soils used in grain cultivation in Mato Grosso. The data come from 6803 samples taken in 2013 in different regions of the state, used to recommend variable rate application of fertilizers. Mean values of P and K were below the critical level in most of the analyzed data, moreover, they showed low correlations with each other and with other attributes. Highest correlations were observed between the basic cations of soil and soil pH and base saturation (V%). Soil pH can be used in a quadratic model to estimate V% with a coefficient of determination of 0.82, indicating the potential of using data collection of soil pH at high density, because it is cheaper and easy to obtain, and use these values in the calculation of lime requirement.

**KEYWORDS:** Oxisols, soil acidity, precision agriculture

**INTRODUÇÃO:** O Mato Grosso possui uma área de mais de 900.000 km<sup>2</sup>, dos quais 103.000 km<sup>2</sup> são utilizados para a produção de grãos (CONAB, 2014). A maioria dos solos cultivados no Mato

Grosso foram originalmente ocupados por vegetação de cerrado, pobres em fertilidade, com elevada acidez e altamente intemperizados, pertencendo a classe dos Latossolos, o que torna necessário o uso de práticas de correção e adequação dos níveis de nutrientes para que estes tornem-se aptos à exploração agrícola. Dentre os insumos utilizados nesse processo, destaca-se o calcário e o gesso agrícola, para correção da acidez superficial e subsuperficial, e as fontes de potássio (K) e fósforo (P), principalmente na forma de sais e óxidos. Entretanto, vários trabalhos têm demonstrado a existência de grande variabilidade espacial desses nutrientes, o que têm levado a adoção da agricultura de precisão como forma de gerenciamento dessa variabilidade (MOLIN, 2001). A caracterização da variabilidade tem sido feita por meio do uso de grades amostrais, que fornecem os valores dos atributos nos pontos amostrais através de análise laboratoriais de rotina, sendo os valores dos demais pontos estimados por meio de interpolação. Para que estas estimativas sejam corretas, é necessário que a densidade dos pontos seja suficiente para caracterizar a variabilidade presente na área, porém, isso pode significar a necessidade de um número de amostras superior ao que é considerado economicamente viável. Uma possibilidade de melhorar esse cenário seria do uso de diferentes densidades de amostragens de acordo com o custo para cada atributo, usando-se dados densamente amostrados na estimativa de atributos com amostras esparsas. Diante disso, este trabalho teve como objetivo caracterizar os níveis de fertilidade e as correlações existentes entre os nutrientes de solos usados para o cultivo de grãos no Mato Grosso.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Os dados utilizados são referentes aos resultados de amostragens realizadas em 2013, utilizadas para recomendação de aplicação de fertilizantes em taxa variável. Foram utilizadas um total de 6803 análises, representando as principais regiões produtoras do estado de Mato Grosso, concentradas principalmente na região médio norte e norte do estado. Os atributos avaliados foram: pH, obtido por determinação potenciométrica em solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01 mol/l, P pelo método da resina de troca iônica, K disponível extraído por Mehlich-1,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  extraídos por solução de KCl 1,0 mol/L e CTC, na qual usou-se a acidez potencial (H + Al) extraída pelo método do acetato de cálcio 0,5 mol/L a pH 7 (EMBRAPA, 1997). O procedimento estatístico adotado consistiu da análise descritiva inicial dos dados seguida da análise de correlação linear simples para testar a associação dos atributos e por fim realizou-se uma análise de regressão entre a saturação de bases (V%) e o pH do solo para testar a hipótese de que atributos de fácil determinação, como o pH, podem ser usados para estimar atributos cuja determinação é mais complexa, como a V%. Todas as análises foram realizadas no software R, versão 3.1.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os valores de pH do solo variaram de 3,8 a 7,3, com média de 5,0 unidades (Tabela 1), o que é considerado como acidez moderada para a maioria das culturas, indicando que em parte das áreas o problema de acidez original do solo ainda não foi totalmente corrigido. O P apresentou valores variando de 3,20 até 106,46  $\text{mg dm}^{-3}$ , com média de 14,29  $\text{mg dm}^{-3}$ . É importante observar que a mediana dos valores de P foi inferior à média, o que indica que sua distribuição é assimétrica, concentrada nos menores valores, portanto, 50% das amostras apresentaram valores de P menores que 11,90  $\text{mg dm}^{-3}$ , que por sua vez é inferior ao nível crítico para a maioria das culturas, que é de 20  $\text{mg dm}^{-3}$  de acordo com SOUSA e LOBATO (2004). Os níveis de K no solo variaram de 0,01 à 0,67  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , ficando na média em 0,11  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , com presença de assimetria semelhante a que ocorreu no P. O valor médio de K está inferior ao nível crítico proposto por SOUSA e LOBATO (2004), que é de 0,20  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , indicando que grande parte das áreas do Mato Grosso ainda precisam receber adubação potássica de correção, além da reposição da exportação das culturas. Pode-se observar que o pH do solo foi o atributo com o menor coeficiente de variação (CV) dentre os analisados, com valor de 7,5 %, o que é reflexo da sua escala de variação limitada e do fato que ele é uma representação em escala logarítmica da acidez. Os valores de CV mais altos foram observados para o P (67,0 %) e o K (55,8 %) que são considerados altos de acordo com a classificação proposta por PIMENTEL GOMES e GARCIA (2002).

Os valores de correlação foram baixos entre P e todos outros atributos avaliados (Tabela 2), indicando que este segue uma distribuição que não depende dos demais. De forma semelhante, os valores de correlação também foram baixos entre K e os demais atributos avaliados, assim, não parece ser possível estimar os valores de nenhum desses dois nutrientes a partir dos dados de algum dos outros atributos utilizados.

Tabela 1. Resultados da análise descritiva dos atributos avaliados em 6803 análises de solos do Mato Grosso.

Atributo	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	CV (%)
pH	5,01	5,00	3,80	7,30	0,38	7,5
P (mg dm <sup>-3</sup> )	14,29	11,90	3,20	106,45	9,57	67,0
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,11	0,09	0,01	0,67	0,06	55,8
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,94	1,90	0,20	4,80	0,72	37,1
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,73	0,70	0,10	3,05	0,35	47,6
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,42	6,46	2,55	13,87	1,49	23,2
V%	43,46	43,70	4,60	88,20	12,22	28,1

A baixa correlação encontrada entre P e K também chama atenção porque mostra que não é possível obter as doses ideais para cada um deles através do uso de adubos formulados, onde a relação entre as concentrações dos nutrientes é fixa, seja para aplicação em taxa variável ou mesmo em taxa fixa em diferentes talhões de uma fazenda. Entretanto, ainda é comum o uso desses adubos em aplicações que visam corrigir os teores de nutrientes do solo, principalmente P e K, portanto, sugere-se que as fontes simples, como cloreto de potássio e super fosfato simples, sejam utilizadas nas adubações de correção.

Tabela 2. Correlações lineares entre os atributos avaliados em 6803 análises de solos do Mato Grosso.

Atributo	pH	P	K	Ca	Mg	CTC
P	0,128					
K	0,140	0,167				
Ca	0,515	0,231	0,224			
Mg	0,622	0,115	0,301	0,629		
CTC	-0,120	0,106	0,215	0,639	0,390	
V	0,894	0,166	0,223	0,666	0,703	-0,049

As correlações entre Ca e Mg com o pH, CTC e V% foram maiores, chegando a 0,70 na relação entre Mg e V%. Esse fenômeno já era esperado uma vez que todos esses atributos estão ligados à distribuição das cargas no solo, o que reflete no nível de acidez e no poder tampão de um solo. O maior coeficiente de correlação (0,89), foi obtido entre o pH do solo e a V%, indicando que estes dois atributos estão intimamente associados, o que tornaria possível o uso dos dados de pH do solo, que são relativamente fáceis de serem obtidos, para estimar a V% do solo, cuja determinação é mais complexa. O valor observado é semelhante aos obtidos no trabalho desenvolvido por ABREU JR. et al. (2003), que utilizando solos de todo o Brasil, encontraram coeficientes de correlação de 0,908 para solos com pH inferior a 5,6 e 0,932 para solos com pH superior a 5,6, entretanto esse valor foi obtido com apenas 21 e 26 amostras, respectivamente. Analisando em detalhes essa associação (Figura 1), observa-se que dentro do intervalo analisado, a relação entre pH e V% segue um modelo quadrático, de modo que a elevação do pH de 4,5 para 5,5 aumenta em 31% o valor de V%, que passa de 27% para 58%, enquanto que a elevação de uma unidade de pH, quando este está em 5,5 gera um incremento de apenas 17% no valor de V%, que atinge 75%. Altas correlações entre pH e V% também têm sido observadas em trabalhos utilizando bancos de dados com grande quantidade de amostras, como por exemplo no trabalho realizado por LINS (2012), que avaliou essa relação nos solos do Mato Grosso do Sul a partir de 8125 pontos e encontrou uma associação linear entre as variáveis, com coeficiente de determinação de 0,71 e no trabalho desenvolvido por RIBAS (2010), que também encontrou relação linear entre as variáveis, com coeficiente de determinação de 0,75, baseando-se em 6518 resultados de análises dos solos da região de Guarapuava PR. Ambos encontraram relação linear entre pH e V%, diferindo portanto do caráter quadrático da equação de regressão criada neste trabalho.

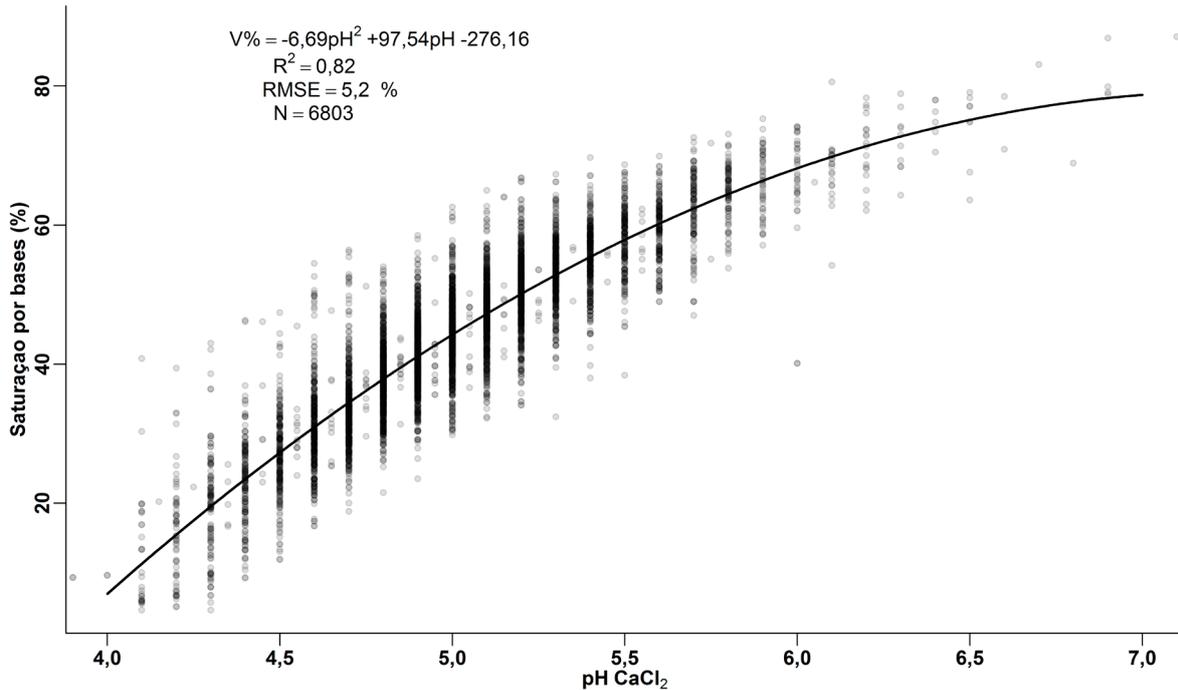


Figura 1. Equação de regressão ajustada para a relação entre pH e saturação por bases nos solos do Mato Grosso.

**CONCLUSÕES:** Os teores médios de P e K mostraram-se abaixo do nível crítico na maioria dos dados analisados, além disso, estes apresentaram baixas correlações entre si e com os demais atributos avaliados. O pH foi capaz de estimar a V% do solo através de um modelo quadrático com coeficiente de determinação de 0,82.

## REFERÊNCIAS

- ABREU JR, C. H., MURAOKA, T., LAVORANTE, A. F. Relationship between acidity and chemical properties of Brazilian soils. *Scientia Agricola*, n. 60, v.2, p. 337-343. 2003.
- LINS, C. B. Diagnóstico da fertilidade do solo e estimativas de recomendação de calagem e adubação NPK para o Mato Grosso do Sul. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 68p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- RIBAS, C. Caracterização da fertilidade atual dos solos da região de Guarapuava-PR. Guarapuava: Universidade Estadual Do Centro-Oeste, 2010. 66p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2013/2014. Oitavo levantamento, maio 2014. Brasília: Conab, 2014.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.
- MOLIN, J.P. Agricultura de Precisão - O Gerenciamento da Variabilidade. O Autor, Piracicaba, 2001, 83 p.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2014.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.
- SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p.169-184. 2004.