

Correlação Entre o Número de Pontos Amostrais e os Atributos Químicos e Físicos do Solo

Correlation Between Sampling Number and Chemical and Physical Attributes of Soil

Gustavo Radin^{a*}; Sandra Feijó^b

^aAgrosolos, MT, Brasil

^bFaculdade de Ciências Agrárias e Exatas de Primavera do Leste, MT, Brasil

*E-mail: sandrafeijo@hotmail.com

Resumo

A agricultura de precisão é um método de gestão e planejamento que busca analisar a variabilidade espacial de fatores de produção, tais como solo, pragas, doenças, clima, contribuindo para o planejamento e a otimização dos investimentos de insumos, infra-estruturas, maquinários, implementos, equipamentos, logística e mão de obra. O presente estudo teve por objetivo analisar a relação entre o número de amostras e a variabilidade dos atributos químicos do solo. O devido estudo foi realizado em uma área de 168,68ha, que foi dividida em três talhões de aproximadamente 56 ha, sendo o talhão 1 com *grides* de 2,5 ha, talhão 2 com *grides* de 5 ha e talhão 3 com *grides* de 10 ha. Foram retiradas 22 amostras no talhão 1, 12 amostras no talhão 2 e 5 amostras no talhão 3, na profundidade de 0-20 cm. Foi realizada análise descritiva e correlação de Pearson entre as variáveis do solo e o número de pontos amostrais ($t, p=0,05\%$).

Palavras-chave: Agricultura de Precisão. Amostragem de Solo. Macro e Micronutrientes do Solo.

Abstract

Precision agriculture is a method of management and planning aimed to analyze the spatial variability of production factors such as soil, pests, diseases, and climate, contributing to the planning and optimization of infrastructure, machinery, implements, equipment, logistics and manpower. This study aimed to evaluate the relationship between the number of samples and the variability of soil chemical properties. The study was carried out in an area of 168.68 ha, which was divided into three plots of approximately 56 ha. The plot number one had 2.5 ha grids, plot number two with 5 ha grids, and plot number three with 10ha grids. Twenty-two samples were taken on plot number one, 12 samples on the plot number two, and five samples on plot number three, with a 0-20 cm depth. Descriptive analysis and Pearson's correlation between soil variables and the number of sampling points was performed ($t, p = 0.05\%$).

Keywords: Precision Agriculture. Soil Sampling. Macro and Micronutrients in Soil.

1 Introdução

No Brasil e no mundo, o desafio da pesquisa em Ciências Agrárias é o aumento significativo do rendimento e produtividade e, para atingir essa meta, um instrumento básico é a análise de solo. Na busca desse objetivo surgiu, então, a agricultura de precisão, como uma tecnologia que aprimora a gestão de produção e a terceirização de operações agrícolas, como uma prática destinada a qualificar o processo produtivo. Nesse contexto, como ferramenta de gerenciamento, a agricultura de precisão possibilita um acompanhamento minucioso das culturas a cada ciclo de produção, visando o aumento de produtividade e otimização da quantidade de insumos aplicados em determinada área (BLACKMORE, 1994 *apud* WERNER *et al.*, 2007).

Na agricultura atual, ainda predomina a aplicação de fertilizantes, de acordo com a análise de solo, considerando-se extensas áreas como homogêneas. Esse modelo de aplicação de insumos, desconsiderando a variabilidade espaço-temporal, pode levar à aplicação de nutrientes em glebas em que estes já estejam em teores satisfatórios, além de não suprir a necessidade da cultura para uma produtividade em glebas

deficientes. Como consequência, ocorre o uso não racional de fertilizantes, o que pode comprometer o rendimento das culturas, onerar o custo de produção e provocar degradação ambiental (ZANÃO JÚNIOR *et al.*, 2010).

O conhecimento da variabilidade espacial de atributos de solo e planta pode contribuir para o planejamento e otimização dos investimentos em áreas de lavouras. A variabilidade espacial dos atributos químicos de solos possibilita a recomendação de doses de calcário, fósforo e potássio com taxas variadas, proporcionando economia e maior eficiência na aplicação (CHANG *et al.*, 2003; WANG; WANG, 2006), onde os limites de áreas mais homogêneas podem ser definidos pelas características de relevo (MARQUES JÚNIOR; LEPSCH, 2000; FRANZEN *et al.*, 2002).

A forma como é feita a amostragem é importante para mapear a variabilidade espacial dos solos, pois, a partir de sua modelagem, é possível gerar mapas mais consistentes e com precisão (SOUZA *et al.*, 2006), sendo possível aplicar os insumos de forma localizada e, conseqüentemente, aumentar a produtividade das culturas, como citam Lopes (1998) e Tschiedel e Ferreira (2002).

A intensidade de amostragem pode ser um indicador preciso da variabilidade do solo e de áreas com maiores ou menores necessidades de insumos. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi analisar a correlação entre as variáveis do solo e o número de pontos amostrais.

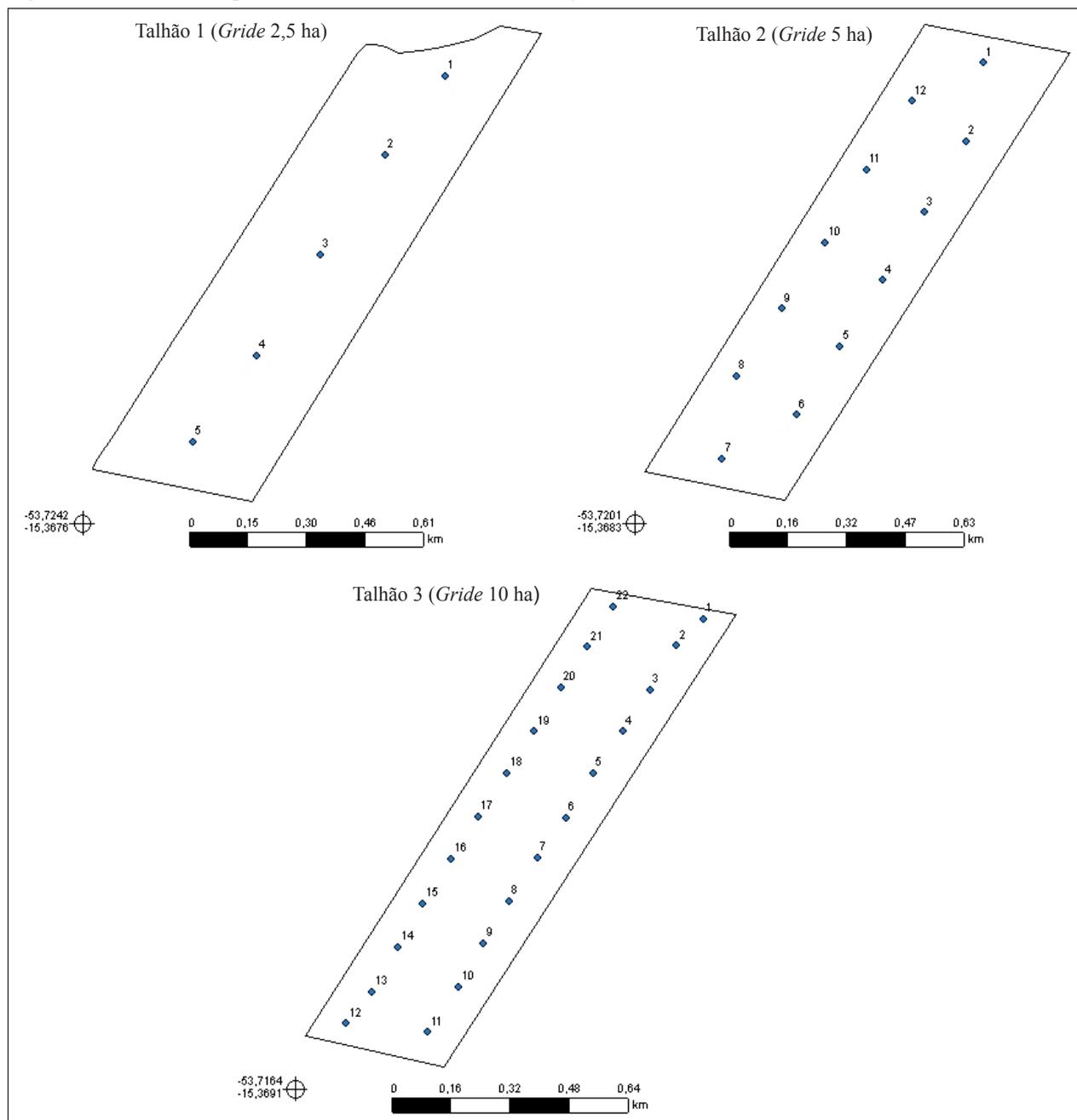
2 Material e Métodos

O ensaio foi realizado na Fazenda Tuparandi, município de General Carneiro – MT, coordenadas 15°42'36,15”S

latitude e 52°45'13,18W longitude, solo Latossolo vermelho-amarelo.

No ano agrícola de 2009/2010, a área foi cultivada com soja (*Glycine max* L. Merrill) cultivar Coodetec 242 e, após, foi cultivado milho (*Zea mays* L.), variedade 30F35 Pioneer, no talhão 1 e feijão (*Phaseolus vulgaris*), variedade Caupi Bico de Ouro. Após 72 dias da colheita do milho e feijão, no dia dez de setembro de dois mil e dez, foi realizada a coleta de amostras no solo, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1: Distribuição dos pontos amostrais em cada talhão em três *grides*.



Uma área de 168,68 ha foi dividida em três talhões de 56,26 ha, 55,93 ha e 56,49 ha, respectivamente, sendo o talhão 1 com *grides* de 2,5 ha, com total de 22 pontos amostrais,

talhão 2 com *grides* de 5 ha e 12 pontos amostrais e com *grides* de 10 ha e 5 pontos amostrais no talhão 3 (Figura 1), na profundidade de 0-20 cm.

A área foi percorrida com quadriciclo Honda Four trax 420cc 4x4, dotado de um PDA HP modelo Ipaq 110/111 *classic handheld* com receptor de GPS 10x Garmin Bluetooth, para registro das coordenadas do local. Os pontos amostrais foram determinados em função dos diferentes *grides* pré-estabelecidos, utilizando sistema de geoprocessamento, que informa as coordenadas para cada ponto amostral. Desta forma, obtida as coordenadas, a coleta de amostra de solo foi realizada de 0-20 cm de profundidade, utilizando-se um coletor hidráulico acoplado ao quadriciclo. O solo amostrado foi transferido para um saco de polietileno com identificação da amostra. As amostras de solo foram encaminhadas para laboratório no dia dez de setembro de dois mil e dez, quando as seguintes variáveis do solo foram analisadas: Argila (%), Areia (%), *Silte* (%), matéria orgânica, MO (%), pH, Fósforo (P) (Mg/dm³), Potássio (K) (Mg/dm³), Cálcio (Ca) (Cmol_c/dm³), Magnésio (Mg) (Cmol_c/dm³), Relação Ca/Mg (Ca/Mg), Capacidade de troca de cátions (CTC) (Cmol_c/dm³), saturação de bases (V) (%), Enxofre (S) (Mg/dm³), Zinco (Zn) (Mg/dm³), Boro (B) (Mg/dm³), Ferro (Fe) (Mg/dm³), Cobre (Cu) (Mg/dm³), Manganês (Mn) (Mg/dm³), Acidez Potencial H+Al (Cmol_c/dm³).

Para todas as variáveis do solo analisadas, foram calculadas as estatísticas descritivas valor máximo, valor mínimo, média,

desvio-padrão e coeficiente de variação (TRIOLA, 1999).

Os valores dos coeficientes de variação foram classificados segundo o critério de Warrick e Nielsen (1980), para avaliar a dispersão dos dados, sendo que CV < 12% é classificado como baixo, entre 12% < CV < 24%, classificado como médio e CV > 24% é classificado como alto.

Para a análise de correlação entre as variáveis do solo e o número de pontos amostrais em cada *gride*, foi calculada a estatística do coeficiente de correlação de Pearson (r) (TRIOLA, 1999). O teste de significância dos valores da correlação foi o teste *t* em nível de 5% de probabilidade de erro, conforme a seguir:

3 Resultados e Discussão

Os resultados referentes às estatísticas descritivas das variáveis do solo estão na Tabela 1. Para os atributos físicos do solo, argila, areia e *silte*, os valores médios apresentam comportamento diferente para os três talhões avaliados, onde o coeficiente de variação - CV para argila e areia foram maiores para o *gride* de 10 ha, apesar de todos serem classificados como baixos. Isso pode ser explicado pelas próprias características do solo da região. O Latossolo Vermelho-Amarelo pode apresentar os teores de argila variando 15% e 80% e, com isso, teores diferenciados de areia.

Tabela 1: Resultados referentes às estatísticas descritivas média (\bar{x}), desvio-padrão (s), valor mínimo (Mín), valor máximo (Máx) e coeficiente de variação (CV) (%) para os atributos do solo Argila (%), Areia(%), *Silte*(%), matéria orgânica (MO) (%), pH, Fósforo (P) (Mg/dm³), Potássio (K) (Mg/dm³), Cálcio (Ca) (Cmol_c/dm³), Magnésio (Mg) (Cmol_c/dm³), Relação Cálcio Magnésio (Ca/Mg), capacidade de troca de cátions (CTC) (Cmol_c/dm³), saturação de bases (V) (%), Enxofre (S) (Mg/dm³), Zinco (Zn) (Mg/dm³), Boro (B) (Mg/dm³), Ferro (Fe) (Mg/dm³), Cobre (Cu) (Mg/dm³), Manganês (Mn) (Mg/dm³), Acidez Potencial H+Al (Cmol_c/dm³), para os *grides* de 2,5 ha, 5 ha e 10 ha. Primavera do Leste, 2011.

Atributo	<i>Grides</i>														
	2,5 ha					5 ha					10 ha				
	\bar{x}	S	Mín	Máx	CV	\bar{x}	S	Mín	Máx	CV	\bar{x}	S	Mín	Máx	CV
Argila	37,70	1,68	35,00	42,00	4,45	35,29	2,03	32,00	38,50	5,75	31,60	3,03	28,50	35,00	9,59
Areia	57,84	1,82	53,00	61,00	3,15	60,50	2,11	57,50	64,00	3,49	64,10	3,03	61,00	67,50	4,73
<i>Silte</i>	4,45	0,41	3,50	5,00	9,21	4,21	0,33	4,00	5,00	0,78	4,30	0,27	4,00	4,50	6,28
MO	2,51	0,16	2,13	2,74	6,37	2,46	0,19	2,20	2,88	7,72	2,31	0,08	2,18	2,40	3,46
pH	5,41	0,35	4,96	6,04	6,47	5,18	0,12	4,96	5,35	2,32	5,14	0,13	5,02	5,34	2,53
P	9,57	5,09	4,03	25,29	53,19	11,52	4,09	6,43	22,33	35,50	10,18	2,95	6,79	13,35	28,98
K	42,03	9,62	30,30	66,47	22,89	51,40	11,08	32,26	74,29	21,56	41,06	7,82	34,21	51,81	19,04
Ca	2,70	0,43	1,94	3,41	15,92	2,33	0,30	1,76	2,84	12,88	2,14	0,11	1,98	2,30	5,14
Mg	0,78	0,23	0,48	1,18	29,49	0,59	0,12	0,41	0,84	20,34	0,57	0,08	0,51	0,71	14,03
Ca/Mg	3,63	0,62	2,69	4,90	17,08	4,06	0,59	3,15	5,30	14,53	3,76	0,37	3,24	4,20	9,84
CTC	6,53	0,30	6,08	7,05	4,59	6,32	0,48	5,71	7,30	7,59	6,20	0,48	5,75	6,76	7,74
V	54,86	9,64	41,28	70,41	17,57	48,22	4,91	39,82	55,34	10,18	45,59	4,06	41,29	51,40	8,90
S	13,28	3,86	10,32	21,30	29,07	11,95	3,04	10,24	21,55	25,44	11,42	1,18	10,24	12,70	10,33
Zn	3,36	1,03	2,31	7,03	30,65	4,05	0,92	2,55	5,22	22,72	3,95	0,53	3,07	4,37	13,42
B	0,39	0,03	0,34	0,46	7,69	0,39	0,02	0,35	0,44	5,13	0,40	0,04	0,35	0,45	10,00
Fe	166,70	27,18	135,99	242,21	16,30	161,13	23,62	137,17	210,54	14,66	171,13	39,49	141,26	221,60	23,07
Cu	2,14	1,23	1,34	7,27	57,48	2,03	0,47	1,48	2,66	23,15	2,63	0,64	1,61	3,25	24,83
Mn	22,37	3,07	15,97	27,26	13,72	26,95	3,27	22,23	35,34	12,13	31,31	7,52	20,01	38,63	24,02
H+AL	2,95	0,65	1,90	3,98	22,93	3,27	0,37	2,78	4,23	11,31	3,39	0,48	2,93	3,97	14,41

Os valores da média de MO são muito semelhantes em todos os *grides* avaliados, sendo que no *gride* de 10 ha, o CV se apresenta muito inferior aos demais, aproximadamente 42% menor. A estabilidade nos índices de MO, expresso pelo $s=0,08\%$, corrobora com valores superiores de areia neste talhão que, segundo Schenato, Eltz e Rovedder (2007), o incremento dos teores de carbono em solos arenosos é um processo extremamente lento, o que denota menor variabilidade devido a coleta de amostras de solo no mesmo período que os outros talhões que apresentam maior teor de argila.

Para o pH, os valores, em média, são equilibrados, porém a variabilidade medida através do CV mostra que este é duas vezes superior no *gride* de 2,5 ha, classificado como baixo. Isso pode ser causado por duas razões: em Feijó (2000), a autora atribui a variabilidade do pH pela desuniformidade na aplicação de calcário, realizada para correção da acidez do solo, onde algumas parcelas podem ter recebido quantidades inferiores ou superiores em relação a outras parcelas e/ou efeito de correção pode ter sido diferente em algumas parcelas.

Os altos valores do CV do elemento P nos três *grides* a saber, 53,19% em 2,5 ha, 35,50% em 5 ha e 28,98% em 10 ha estão de acordo com Feijó (2000), Schlindwein e Anghinoni (2000) e Cargnelluti Filho (1995), que reportam maior variabilidade deste elemento. Os autores Silva *et al.* (2003) explicam que este comportamento pode estar associado aos efeitos residuais de adubações anteriores, que aumentariam a variabilidade, haja vista que este elemento, geralmente, é adicionado na linha.

O elemento K apresentou valores de CV bem semelhantes, considerados médios, nos diferentes *grides*. Segundo Troeh e Thompson (2007), a porcentagem de K no solo não muda muito, mesmo ao longo de grandes períodos de tempo; os horizontes A, B e C, mesmo de solos fortemente desenvolvidos, têm grande probabilidade de conter aproximadamente porcentagens iguais de K total.

Os elementos Ca, Mg e relação Ca/Mg, apresentam maior variabilidade quando em maior número de pontos amostrais. Esta variabilidade pode estar associada à distribuição de calcário no solo. Tal fato não pode ser observado no *gride* de 10 ha, pois parece que distanciamentos desta natureza não são capazes de descrever a variabilidade de tais elementos como em distâncias maiores.

A CTC de um solo depende da quantidade e do tipo de argila e matéria orgânica presentes (LOPES, 1998), portanto é esperado que, com menor variabilidade de argila, a CTC apresente baixo valor de coeficiente de variação no *gride* de 2,5ha, não sendo, no entanto, uma proporcionalidade, como pode ser observado nos *grides* de 5 ha e 10 ha. Ainda, os valores de CTC são dependentes do teor de M.O do solo.

As bases K, Ca e Mg apresentaram maior CV conforme o aumento do número de amostras. A V% é representativa das bases presentes no solo, assim, com alta variabilidade das bases, espera-se que a sua variabilidade seja alta.

O S e Zn é a semelhança dos elementos anteriores, por apresentar também maior variabilidade conforme aumento de número de pontos amostrais. Vários fatores determinam a disponibilidade do Zn: pH do solo, solos com altos teores de P, MO do solo, entre outros (LOPES, 1998). O mesmo autor enfatiza

que grande parte do Zn disponível em um solo mineral está associada com a MO, que apresenta o mesmo comportamento de variabilidade nesse estudo.

Com relação ao B, segundo Goldberg (1997), é complicado o entendimento, em razão da pequena amplitude entre suas concentrações no solo, que causam deficiência e toxicidade.

Em estudo utilizando os resultados da análise de solo de 518 amostras de solos de cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004), encontraram teores de Fe entre 25 e 40 mg/dm³. Os valores encontrados nos três talhões apresentam valores bem superiores, chegando a média de 171,13 mg/dm³ no *gride* de 10 ha, sugerindo que, provavelmente, os níveis de Fe presentes nesta área são em função de acúmulos excedentes de adubação.

A maior variabilidade do Cu foi encontrada no *gride* de 2,5 ha, com o CV classificado como alto. O Cu é afetado pelo pH, pois este metal tem sua maior disponibilidade na faixa de pH 5,0 a 6,5. No presente estudo, o mesmo *gride* apresentou grande variabilidade de pH, confirmando essa relação.

Em geral, solos de cerrado são bem supridos de Mn (SOUSA; LOBATO, 2004). Para os talhões estudados, a variabilidade apresentada não representa fator limitante para este elemento, uma vez que o CV em todos os casos é classificado como médio.

A acidez potencial (H+Al) é influenciada pelo pH e, como o maior CV do pH foi observado no *gride* de 2,5 ha, é esperado que o CV da acidez potencial seja maior.

Os resultados das correlações referentes às variáveis do solo estão representados na Tabela 2.

Tabela 2: Valores do coeficiente de correlação de Pearson entre números de pontos amostrais e os valores dos atributos do solo Argila (%), Areia(%), Silte(%), matéria orgânica (MO) (%), pH, Fósforo (P) (Mg/dm³), Potássio (K) (Mg/dm³), Cálcio (Ca) (Cmol/dm³), Magnésio (Mg) (Cmol/dm³), Relação Cálcio Magnésio (Ca/Mg), capacidade de troca de cátions (CTC) (Cmol/dm³), saturação de bases (V) (%), Enxofre (S) (Mg/dm³), Zinco (Zn) (Mg/dm³), Boro (B) (Mg/dm³), Ferro (Fe) (Mg/dm³), Cobre (Cu) (Mg/dm³), Manganês (Mn) (Mg/dm³), Acidez Potencial H+Al (Cmol/dm³), para os *grides* de 2,5 ha, 5 ha e 10 ha. Primavera do Leste, 2011.

Continua ...

Atributo	Grides		
	2,5 ha	5 ha	10 ha
Argila	-0,31 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,97*
Areia	0,42*	0,21 ^{ns}	0,98*
Silte	-0,56*	-0,30 ^{ns}	0,00 ^{ns}
MO	0,01 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,18 ^{ns}
pH	-0,64*	0,05 ^{ns}	0,55 ^{ns}
P	-0,50 ^{ns}	0,008 ^{ns}	-0,18 ^{ns}
K	0,53*	-0,03 ^{ns}	-0,15 ^{ns}
Ca	-0,71*	-0,14 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Mg	-0,66*	-0,61*	0,17 ^{ns}
Ca/Mg	0,54*	0,61*	-0,41 ^{ns}
CTC	-0,11 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	-0,86 ^{ns}
V	-0,68*	-0,09 ^{ns}	0,74 ^{ns}
S	0,27 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,70 ^{ns}
Zn	-0,05 ^{ns}	-0,34 ^{ns}	0,38 ^{ns}
B	-0,34 ^{ns}	-0,78*	0,13 ^{ns}
Fe	-0,59*	-0,34 ^{ns}	-0,90*

... Continuação

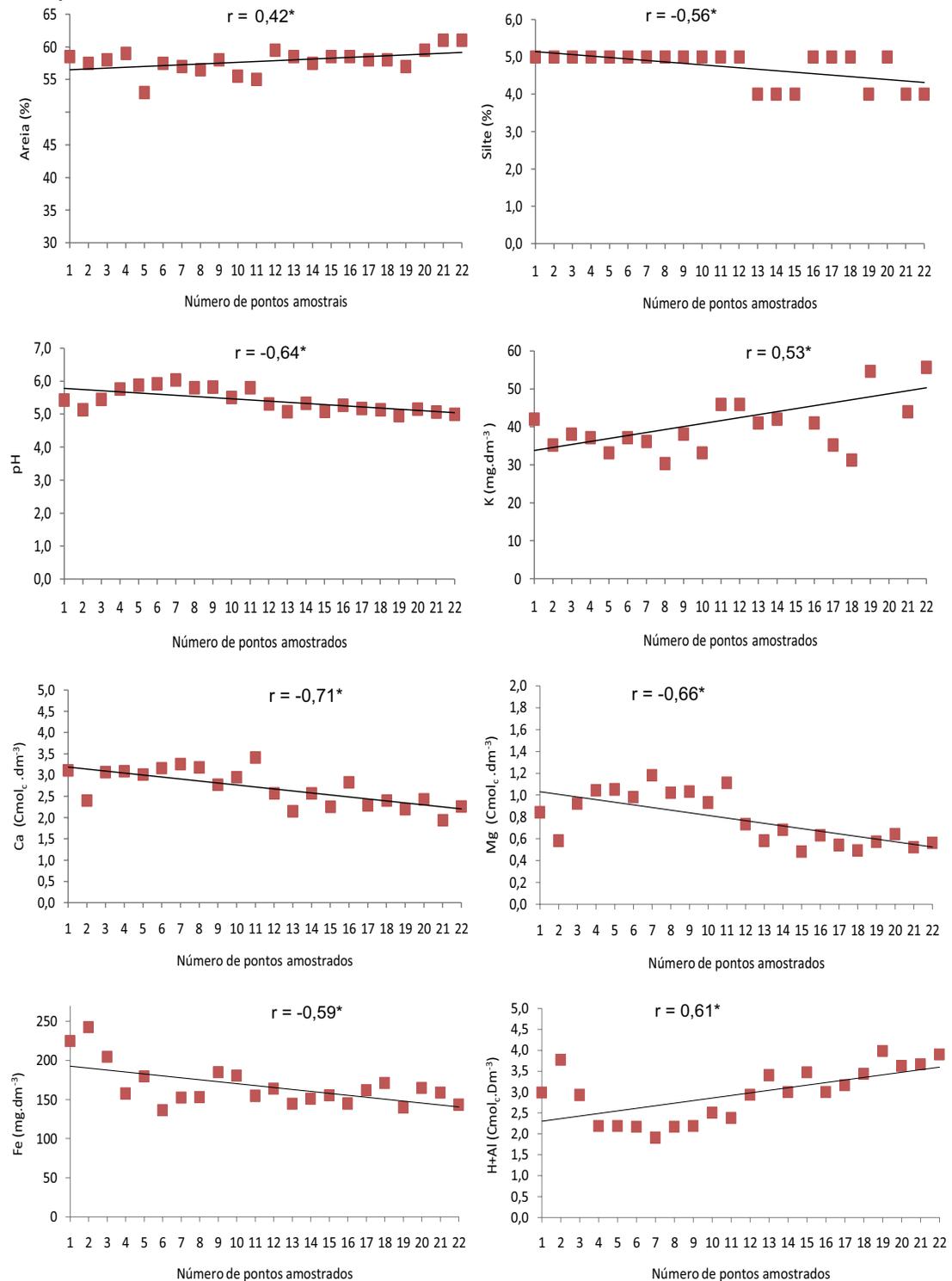
Atributo	Grides		
	2,5 ha	5 ha	10 ha
Cu	-0,05 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,75 ^{ns}
Mn	0,14 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,91*
H+AL	0,61*	-0,18 ^{ns}	-0,87*

^{ns} não significativo.

*significativo pelo teste de *t* em nível de 5% de probabilidade de erro.

As correlações entre o número de pontos amostrais e os atributos do solo que obtiveram efeito significativo são apresentadas nas Figuras 2, 3 e 4. Com relação à textura do solo, areia, argila e *silte*, pode-se observar que, à medida que aumentou o número de amostras, aumentou o teor de areia e diminuiu o teor de *silte*. Isto é esperado, uma vez que a soma dos teores de atributos físicos representam 100% da textura do solo (Figura 2).

Figura 2: Diagrama de dispersão das variáveis número de pontos amostrais e areia (%), *silte* (%), pH, K(mg.dm⁻³), Ca (Cmol_c.dm⁻³), Mg (Cmol_c.dm⁻³), Ca/Mg, saturação de bases (V) (%), Fe (mg.dm⁻³) e Hidrogênio e Alumínio (H+Al) (Cmol_c.dm⁻³) no *gride* de 2,5 ha.



A relação Ca/Mg, com correlação positiva significativa, dá-se pois a redução dos teores de Mg é mais acentuada do que Ca, causando, desta forma, um aumento nesta relação (Figura 2).

O Al do solo tem grande relação com o pH, por isso pode-se explicar que conforme reduz o valor do pH, aumenta respectivamente a relação H+Al, com o aumento do número de pontos amostrados (Figura 2).

Os valores das correlações para os atributos químicos expressam a variabilidade natural desses elementos no solo, e nota-se que desvios maiores resultam em correlações significativas, pois para os três *grides* avaliados, os elementos K e Ca apresentam o CV classificado como médio, porém somente no *gride* de 2,5 ha, observa-se correlação significativa. A significância, neste caso, é explicada pois esta depende também do tamanho da amostra (Figura 2).

Para o K, a significância poderia ser explicada tão somente pelo número maior de pontos amostrais, pois não há diferenças de variabilidade observada pelo CV entre os três *grides* estudados.

O comportamento dos elementos Ca e Mg é mais facilmente explicado, pois estão intimamente ligados aos valores de pH, e no *gride* de 2,5 ha também houve correlação negativa significativa, ou seja, o Ca e o Mg também reduz-se à medida que aumenta o número de pontos amostrais (Figura 2).

Os autores van Raij, Sacchetto e Igue (1968) estudaram a correlação entre o pH e o grau de saturação em bases nos solos com horizonte B latossólico e encontraram alta correlação entre esses elementos. Logo, é de se esperar que a V% no presente estudo também apresente correlação positiva (Figura 2), assim como o pH no *gride* de 2,5 ha à medida que se aumenta o

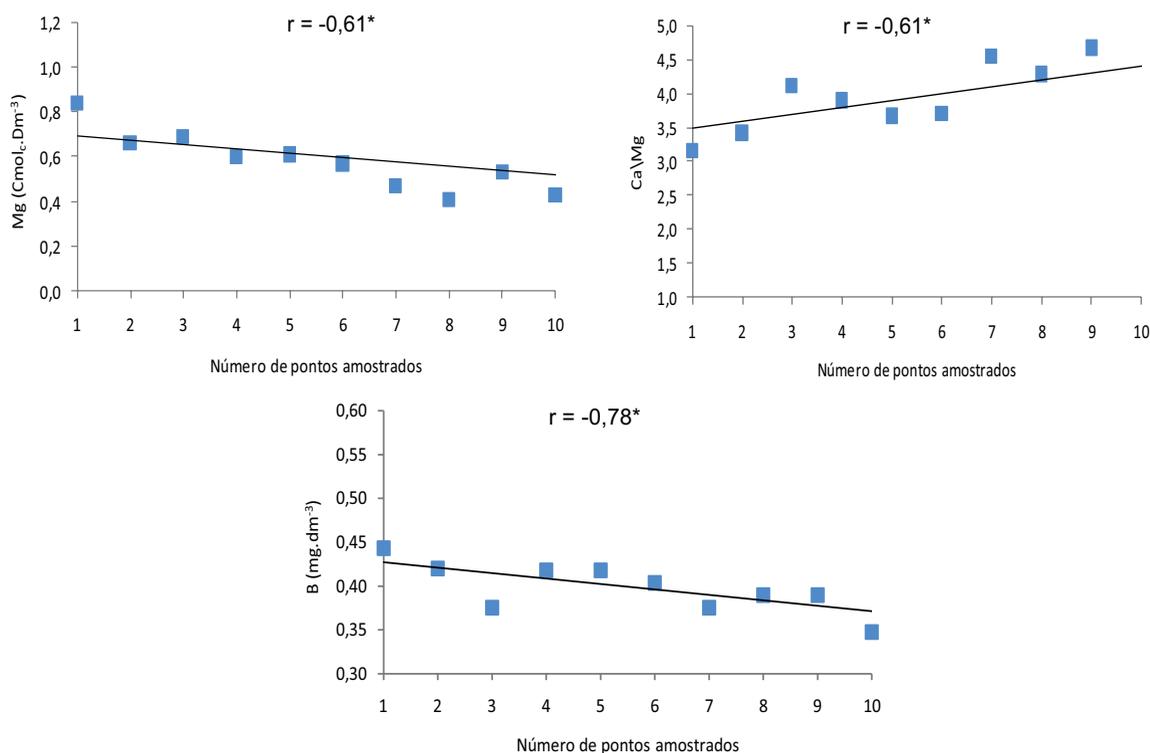
número de pontos amostrais.

A disponibilidade de Fe no solo é influenciada pelo pH. Em solos calcários, sua disponibilidade fica reduzida. A média de pH no *gride* de 2,5 ha foi de 5,41, valor que, segundo Lopes (1998), não o torna indisponível. É importante lembrar que os valores máximo e mínimo de pH foram 6,04 e 4,96 respectivamente, portanto a correlação negativa deste elemento pode estar associada ao mesmo comportamento do pH, não sendo, contudo, preponderante, uma vez que os teores de Fe também são dependentes das concentrações de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} . Uma vez que este estudo não teve por finalidade estudar as relações já conhecidas entre os elementos do solo, outra razão para tal comportamento pode estar ligada ao material de formação do solo, pois os latossolos apresentam óxido de Ferro em seu material de origem (Figura 2).

Para a acidez potencial (H+Al), encontramos correlação significativa nos *grides* de 2,5 e 10 ha, com sinais contrários. A correlação da acidez é inversa ao pH, conforme explica Silva, Costa e Farnezi (2006), em que o Al trocável aumenta à medida que aumenta a acidez potencial, o que é esperado pelo fato de a acidez potencial referir-se ao total de H em ligações covalentes, mais o Al, ou seja, a soma da acidez não-trocável e trocável. Da mesma forma, a correlação negativa com pH em água do solo deve-se à relação inversa entre pH e Al^{3+} (Figura 2 e 4).

Para o *gride* de 5 ha, a correlação significativa negativa do Mg pode estar relacionada às características químicas deste talhão em particular, uma vez que outros comportamentos que corroborariam para tal fato não se apresentam neste *gride* (Figura 3).

Figura 3: Diagrama de dispersão das variáveis número de pontos amostrais e Mg ($Cmol_c \cdot dm^{-3}$), Ca/Mg e B ($mg \cdot dm^{-3}$) no *gride* de 5 ha.



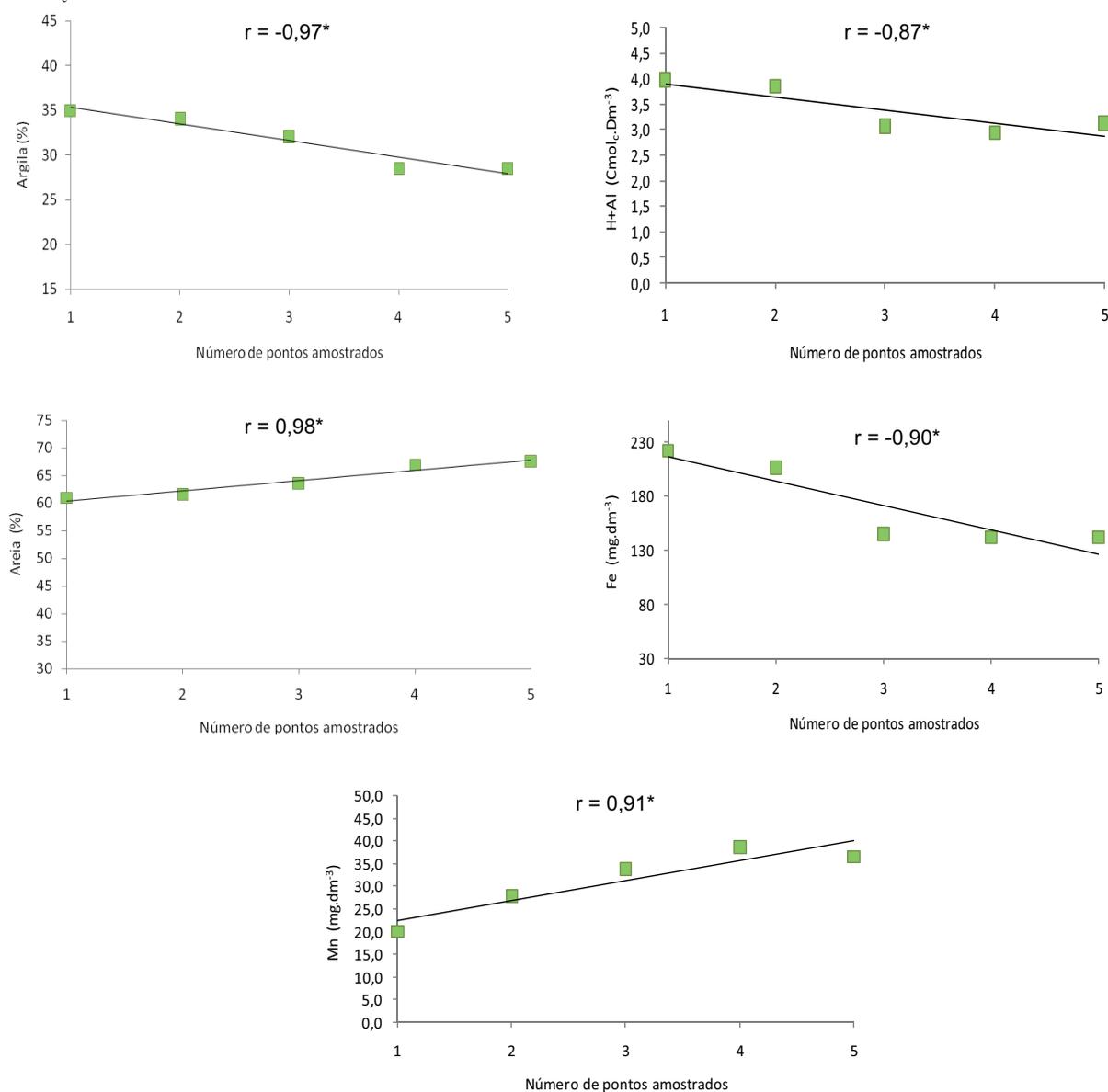
A Figura 3 expressa a correlação positiva significativa da relação Ca/Mg, pois esta dá-se em função dos teores destes elementos, uma vez que o Mg tende a reduzir seus teores com o aumento de pontos amostrais no *gride* 5 ha. Logicamente, os valores de Ca vão apresentar proporção maior, assim, com a redução do denominador neste quociente, há aumento natural da relação Ca/Mg.

O B teve uma correlação negativa significativa à medida que aumentou o número de amostras no *gride* de 10 ha. Em solos da região do cerrado, a escassez de água, pH baixo e os altos teores de Fe e de Al são

fatores que predisõem os solos à deficiência de B (MAGALHÃES; MONNERAT, 1978). Além disso, a matéria orgânica constitui a principal fonte de B nestes solos e, considerando os baixos teores normalmente presentes, aumentam as chances de ocorrerem deficiências (BUZETTI; MUTAOKA, 1990a,b).

Pode-se observar na correlação da textura argila e areia que, à medida que aumentou o número de amostras, aumentou o teor de areia e diminuiu o teor de argila, sabendo-se que a soma dos teores de atributos físicos representa 100% da textura do solo (Figura 4).

Figura 4: Diagrama de dispersão das variáveis número de pontos amostrais e argila (%), Hidrogênio e Alumínio (H+Al) ($\text{Cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$), areia (%), Fe ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) e Mn ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) no *gride* de 2,5 ha.



O Fe teve correlação negativa significativa no *gride* de 10 ha, possivelmente devido ao material de formação do solo deste talhão, como pode ser observado na correlação de seus atributos físicos (Figura 4).

Os teores de Mn, segundo Moreira *et al.* (2006), estão ligados aos teores de MO do solo. Neste estudo, os teores de MO nos três *grides* são próximos, o que não explica a variabilidade no Mn no *grides* de 10 ha; logo, essa

variabilidade é devida à causas desconhecidas, não podendo ser explicada neste estudo (Figura 4).

4 Conclusão

- O maior número de atributos com valores de coeficientes de variação superior estão presentes no *gride* de 2,5 ha;
- Os valores de correlação significativos foram observados nos elementos com maior variabilidade (CV%);
- A maior variabilidade dos atributos químicos e físicos do solo está presente no *gride* de 2,5 ha, devido ao maior número de pontos amostrais.

Referências

- BUZETTI, S.; MURAOKA, T.; SÁ, M.E. Doses de boro na soja, em diferentes condições de acidez do solo: I. Produção de matéria seca e de grão e nível crítico no solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.14, p.157-161, 1990a.
- BUZETTI, S.; MURAOKA, T.; SÁ, M.E. Doses de boro na soja, em diferentes condições de acidez do solo: II. Níveis críticos nas plantas e nos grãos. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.14, p.163-166, 1990b.
- CHANG, J. *et al.* Different techniques to identify management zones impact nitrogen and phosphorus sampling variability. *Agronomy J.*, v.95, p.1.550-9, 2003.
- FEIJÓ, S. *et al.* Uso de indicadores de fertilidade do solo para melhoria da precisão de ensaios de milho. *Ciênc. Rural*, v.31, n.2, p.225-230, 2001.
- FRANZEN, D.W. *et al.* Evolution of soil survey scale for zone development of site-specific-nitrogen management. *Agronomy J.*, v.94, p.381-389, 2002.
- GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. *Plant. Soil.*, v. 193, p.35-48, 1997.
- JOBIM, R. agricultura inteligente. 2011. Disponível na internet em: <http://agroservice.agr.br/admin/artigos/rc20090724140234.pdf>. Acesso em 7 mar 2013.
- LOPES, A. S. Manual internacional de fertilidade do solo. Piracicaba: Potafos, 1998.
- MAGALHÃES, J.R.; MONNERAT, P.H. Aplicação foliar de boro na prevenção de deficiência e na composição mineral do tomateiro. *Pesq. Agrop. Bras.*, v.13, p.81-89, 1978.
- MARQUES JÚNIOR, J.; LEPSCH, I.F. Depósitos superficiais neocenozoicos, superfícies geomórficas e solos em Monte Alto – SP. *Geociência*, v.19, n.1, p.90-106, 2000.
- MOREIRA, S.G. *et al.* Formas químicas, disponibilidade de manganês e produtividade de soja em solos sob semeadura direta. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.30, n. 3, p.121-136, 2006.
- RAIJ, B.V.; SACCHETTO, M.T.D.; IGUE, T. Correlações entre pH e grau de saturação em bases nos solos com horizontes B textural e horizonte B latossólico. *Bragantia*, v.27, n.17, p.193-200, 1968.
- SCHENATO, R.B.; ELTZ, F.L.F.; ROVEDDER, A.P. Teor de carbono em solos arenosos: comparativos entre área de revegetação, campo nativo e solo arenizado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Gramado: 2000.
- SCHLINDWEIN, J.A.; ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal de atributos de fertilidade e amostragem do solo no sistema plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, 24:85-91, 2000.
- SILVA, E.B.; COSTA, H.A.O.; FARNEZI, M.M.M. Acidez potencial estimada pelo método do pH SMP em solos da região do Vale do Jequitinhonha no estado de Minas Gerais. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.30, p.751-757, 2006.
- SILVA, V.R. *et al.* Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico arênico. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.27, n.6, p.2010-2020, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000600005>
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. *Cerrado: correção do solo e adubação*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- SOUZA, Z.M. *et al.* Otimização amostral de atributos de Latossolos considerando aspectos solo-relevo. *Ciênc. Rural*, v.36, n.3, p.829-36, 2006.
- TRIOLA, M.F. *Introdução à estatística*. Rio de Janeiro: LTC, 1999.
- TROEH, F. R.; THOMPSON, L. *Solos e fertilidade do solo*. São Paulo: Andrei, 2007.
- TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M.F. Introdução a agricultura de precisão: conceitos e vantagens. *Rev. Cienc. Rural*, v.32, n.1, p.159-163, 2002.
- WANG, A.W.; JIN, L.; WANG, B. Improvement of soil nutrient management via information technology. *Better Crops*, v.90, n.3, p.30-32, 2006.
- 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, 1980, p.319-144.
- WERNER, V. *et al.* Aplicação de fertilizantes a taxa variável em agricultura de precisão variando a velocidade de deslocamento. *Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambiental*, v.11, n.6, p.658-663, 2007.
- ZANÃO JÚNIOR, L.A. *et al.* Variabilidade espacial dos teores de macronutrientes em latossolos sob sistema plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, v.34, p.389-400, 2010.