

EFEITO DA ALTA FREQUÊNCIA ESPACIAL NA RELAÇÃO ENTRE A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E ATRIBUTOS DO SOLO

MARCOS NEVES¹, ARIOMALDO LUCHIARI², MANOEL DORNELAS DE SOUZA³, RICARDO YASSUSHI INAMASU⁴, LADISLAU MARCELINO RABELLO⁵

¹ Engº Eletricista, Doutor em Sensoriamento Remoto, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna - SP, Fone: (0xx19) 3311 2658, marcos@cnpma.embrapa.br

² Engº Agrônomo, Doutor em Solos e Agronomia, pesquisador da Embrapa Pesca, Aquicultura e Sistemas Agrícolas, Palmas - TO

³ Engº Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Planta, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna - SP

⁴ Engº Mecânico, Doutor em Engenharia Mecânica, pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos - SP

⁵ Engº Eletricista, Doutor em Engenharia Elétrica, pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos - SP

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2010
27 a 29 de setembro de 2010 - Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: Em mapeamentos de fenômenos espaciais, como a condutividade elétrica do solo, a informação de alta freqüência é composta por estruturas de dependência espacial que ocorrem em pequenas áreas e pelos erros de medida presentes no processo. Neste trabalho é discutida a influência que as altas freqüências podem ter no estabelecimento da correlação entre a condutividade elétrica e outros atributos físico-químicos do solo. São também apresentados resultados de um estudo envolvendo vinte e um atributos de solo, em trinta e duas parcelas, onde as altas freqüências da condutividade elétrica foram atenuadas adotando-se valores médios por parcela.

PALAVRAS-CHAVE: condutividade elétrica do solo, variabilidade espacial, agricultura de precisão.

EFFECT OF SPATIAL HIGH FREQUENCY IN THE RELATIONSHIP BETWEEN ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND SOIL ATTRIBUTES

ABSTRACT: The high frequency information in mapping of spatial phenomena such as electrical conductivity of the soil is composed of structures of spatial dependence that occur in small areas and the measurement errors present in the process. In this paper we discuss the influence that high frequencies may cause in the establishment of the correlation between electrical conductivity and other physical and chemical attributes of soil. Results of a study are also presented involving twenty-one soil attributes, in thirty-two plots, where the high frequencies of electrical conductivity were mitigated by adopting the average values per plot.

KEYWORDS: soil electrical conductivity, spatial variability, precision agriculture.

INTRODUÇÃO

O mapeamento da condutividade elétrica do solo (CE) tem sido indicado como uma importante fonte de dados para a Agricultura de Precisão, por possuir um custo operacional baixo e estar relacionada com fatores relevantes para a produção agropecuária. Uma das aplicações para o mapeamento da CE é a identificação de áreas com pouca heterogeneidade para o estabelecimento de zonas de manejo (Molin et al., 2005).

Para solos brasileiros, alguns trabalhos identificaram correlações entre as medidas de CE do solo e outros atributos do solo, como Machado et al. (2006) entre a CE rasa (de 0 a 30 cm) e o teor de argila; e Castro & Molim (2004) entre a CE e teores de matéria orgânica (MO), argila, areia, entre outros atributos. Correlações menos expressivas foram encontrados em Molin et al. (2005) e Reis (2005).

Em Reis (2005) foram realizados nove mapeamentos da CE em uma mesma parcela, durante um período de vinte dias, gerando-se nove superfícies para a CE. Embora os padrões espaciais tenham se mantido, houve uma grande variação nos índices de correlação encontrados entre cada um dos nove mapeamentos da CE e os atributos de solo: capacidade de troca catiônica (CTC), teor de argila, matéria orgânica e pH.

As diferenças entre resultados de estudos distintos são compreensíveis, pois são realizados em diferentes solos e demais condições experimentais, mas a alta variabilidade espacial dos fenômenos envolvidos, em especial da CE, pode ajudar a explicar alguns resultados inesperados como os obtidos por Reis (2005).

Neste trabalho discute-se a importância de neutralizar a alta variabilidade espacial da CE e apresenta-se resultados de um estudo onde as correlações foram estabelecidas utilizando dados de baixa frequência, comparando valores médios de CE e demais atributos de solo por parcela.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras dos atributos físico-químicos do solo são normalmente constituídas por subamostras no entorno de um ponto ou, conforme o objetivo, distribuídas em uma parcela agrícola. Este procedimento é utilizado para minimizar a alta variabilidade espacial dos atributos de solo. Como a CE está correlacionada com diversos atributos de solo, é muito plausível que cuidado semelhante tenha que ser tomado com a medida de CE dos solos. Para minimizar a informação de alta freqüência da CE pode-se usar algum artifício como filtragem passa-baixa, krigagem por blocos ou adoção de valores médios locais da CE. Como no nosso caso estavam disponíveis resultados de análises de solo para as trinta e duas parcelas, adotou-se valores médios de CE por parcela para o estabelecimento das correlações

O levantamento de campo da CE ocorreu em 21/06/2007 utilizando o sistema Veris 3100. As medidas de posição foram efetuadas com o GPS Trimble AG114, com correção diferencial via satélite. O levantamento foi realizado em uma gleba de aproximadamente 5 ha, com coordenadas centrais -22,7248° (latitude) e -47,0155° (longitude), dentro da fazenda experimental da Embrapa Meio Ambiente, localizada no município de Jaguariúna, SP. A Figura 1 mostra a área de estudo, as parcelas e o caminho que o Veris executou em campo. O solo predominante na área é Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, classe textural franco-argilo-arenosa.

A superfície de CE foi gerada por interpolação dos valores de CE rasa (de 0 a 30 cm), método krigagem universal (com compensação para a tendência), grade de 3,8 metros de espaçamento. A interpolação foi realizada no aplicativo *Surfer 8.02*. Para a geração da matriz de correlação e dos gráficos de espalhamento foi utilizado o software *Estatística 5.5*. O cálculo da CE média por parcela foi realizado por uma ferramenta do sistema *SPRING 5.1.3* que extrai estatísticas por áreas pré-definidas de uma superfície ou imagem (CAMARA, 1996). Também no SPRING foi criado um plano de informação do tipo cadastral, onde a representação geográfica de cada parcela foi associada ao seu conjunto de parâmetros de solo e a CE média.

As amostras de solo foram coletadas na primeira semana de outubro de 2008, na profundidade de 0 a 20 cm, compostas por doze subamostras por parcela, que foram posteriormente homogeneizadas. De cada amostra foram retiradas duas partes, uma para

análise dos parâmetros físicos (Laboratório de Solos da Embrapa Meio Ambiente) e a outra para análise dos parâmetros químicos (Instituto Agronômico de Campinas).

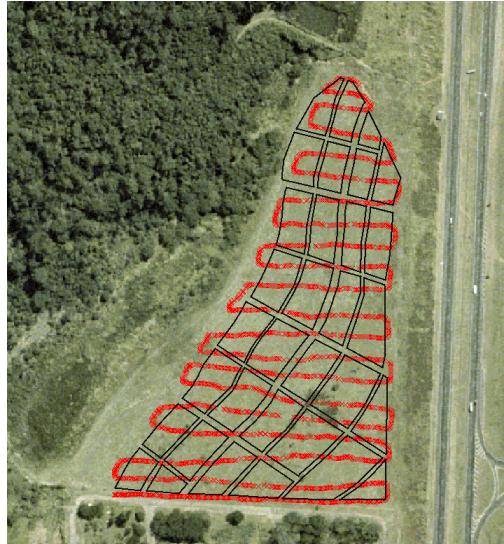


FIGURA 1: Área do levantamento, caminho em campo do sistema Veris (em vermelho) e as 32 parcelas (em preto).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 mostra uma imagem em tons de cinza correspondendo ao resultado da interpolação dos valores da CE rasa. Nesta figura aparecem sobrepostos os limites das 32 parcelas. Pode-se verificar que dentro de uma mesma parcela aparecem pequenas estruturas espaciais (claras e escuras) geradas por pontos discrepantes ou por pequenos grupos de valores altos e baixos da CE, retratando a presença da alta frequência. Ressalta-se que nenhum valor da CE medido em campo foi excluído da análise.

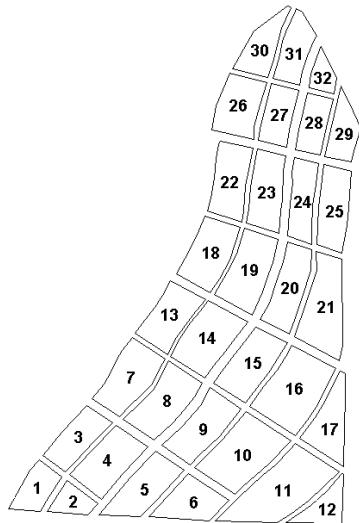


FIGURA 2: Identificação das 32 parcelas.

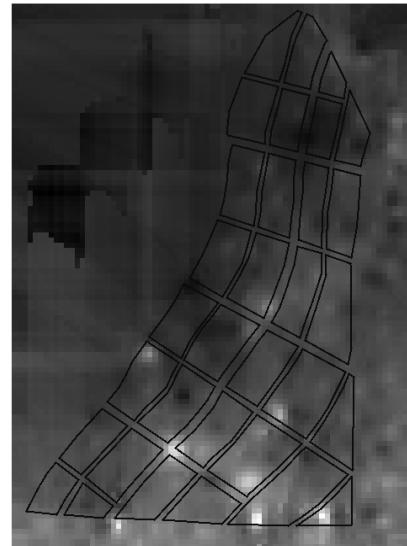


FIGURA 3: Resultado da interpolação.

Para cada parcela, identificada na Figura 2, foram extraídas estatísticas a partir do conjunto correspondente de células da superfície interpolada (Figura 3). Os resultados são apresentados na Tabela 1. Os valores da tabela mostram a amplitude de variações que ocorrem dentro de uma mesma parcela, e também, o comportamento diversificado entre as

parcelas. Os demais coeficientes (de assimetria e de variação) corroboram com a variabilidade existente entre as parcelas e dispersão de valores de CE.

TABELA 1: Estatísticas para os valores de CE, por parcela.

Parcelas	CE média (mS.m^{-1})	número de células	valor mínimo de CE	valor máximo de CE	Amplitude da variação	desvio padrão	coeficiente de assimetria	coeficiente de variação
1	3,76	52	3,26	4,42	1,16	0,29	0,63	7,73
2	3,38	37	2,71	4,07	1,36	0,33	-0,07	9,66
3	3,22	70	2,43	3,73	1,31	0,28	-0,80	8,65
4	3,51	97	2,78	4,65	1,86	0,34	0,69	9,81
5	4,49	87	3,55	6,72	3,18	0,48	1,37	10,72
6	4,38	76	3,32	5,66	2,34	0,35	0,19	7,88
7	3,07	104	2,20	5,69	3,49	0,58	1,69	18,91
8	3,26	104	1,69	5,68	3,99	0,68	0,42	20,72
9	4,25	96	3,13	8,59	5,46	0,93	1,71	21,86
10	4,68	139	2,90	7,75	4,85	1,02	1,06	21,84
11	4,46	165	2,40	9,57	7,18	1,09	1,88	24,44
12	4,87	47	3,06	9,62	6,56	1,44	1,40	29,55
13	2,23	87	1,36	2,67	1,30	0,27	-0,71	11,93
14	2,54	110	1,80	4,13	2,33	0,47	1,15	18,61
15	3,18	97	2,54	3,66	1,12	0,26	-0,52	8,10
16	3,42	146	2,54	6,88	4,34	0,69	2,65	20,12
17	3,43	86	2,63	4,02	1,39	0,30	-0,07	8,77
18	2,28	98	1,36	2,85	1,49	0,26	-0,31	11,55
19	2,95	108	2,12	4,96	2,84	0,56	1,36	18,96
20	3,44	88	2,76	4,18	1,41	0,25	0,21	7,32
21	3,46	122	2,71	3,97	1,25	0,25	-0,69	7,23
22	2,30	90	1,98	3,04	1,06	0,20	0,86	8,67
23	2,43	86	1,96	2,90	0,94	0,21	-0,26	8,83
24	2,58	72	1,82	3,22	1,40	0,31	0,29	11,98
25	2,93	82	2,36	3,75	1,40	0,30	0,52	10,21
26	2,08	86	1,93	2,24	0,31	0,08	0,27	3,69
27	1,93	59	1,41	2,32	0,91	0,20	-0,30	10,45
28	1,77	53	1,29	2,19	0,89	0,20	-0,02	11,21
29	2,42	54	1,77	3,21	1,44	0,32	0,31	13,08
30	2,26	63	1,99	2,49	0,50	0,13	-0,41	5,66
31	2,46	65	1,94	3,38	1,45	0,27	0,48	11,09
32	2,73	27	2,29	3,47	1,18	0,30	0,54	11,09

Na Figura 4 é mostrado um diagrama de “caixa com bigodes” para ilustrar, agora graficamente, a variabilidade dos valores da CE. A Tabela 1 e o diagrama apresentado na Figura 4 demonstram a importância de minimizar a alta variabilidade da CE, pois em espaços reduzidos elas podem apresentar valores consideravelmente diferentes, gerando resultados variáveis. Os valores dos demais parâmetros de solo são apresentados na Tabela 2 (atributos químicos) e Tabela 3 (atributos físicos).

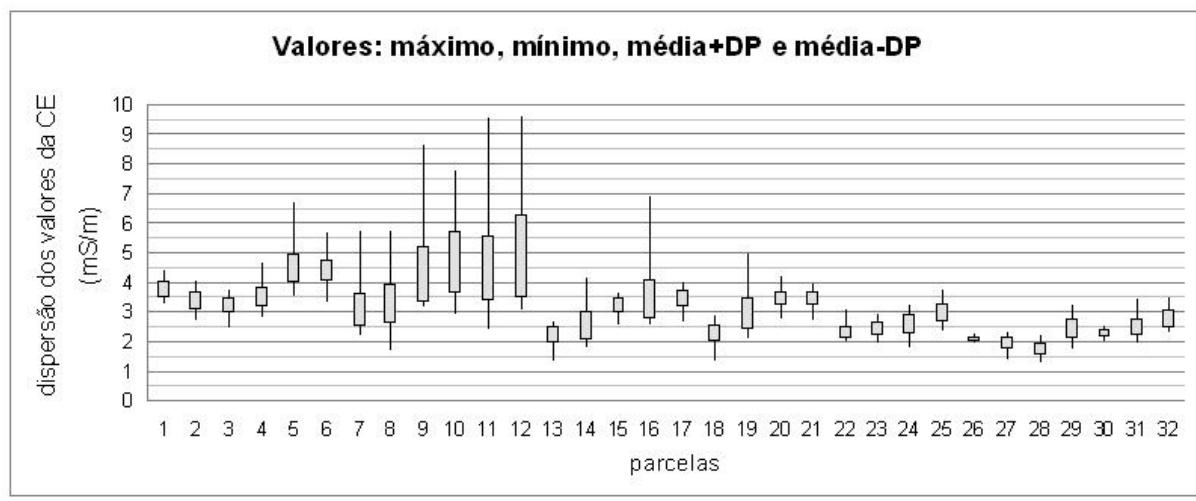


FIGURA 4: Variabilidade dos valores de CE dentro das parcelas.

TABELA 2: Resultados da análise química dos solos das parcelas,

parcelas	M.O.	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	S.B.	CTC	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1	23	5,1	13	1,9	23	13	20	37,9	58,1	65	0,1	1,1	29	13	1,1
2	24	5	21	2	21	13	25	36	61	59	0,12	1,4	39	11,6	1,5
3	24	5,1	16	1,6	22	14	20	37,6	57,8	65	0,11	0,9	39	14,8	1,4
4	24	5,1	19	1,9	22	14	22	37,9	60,4	63	0,11	1,3	47	17	1,5
5	25	5,1	12	1,9	23	13	22	37,9	60,4	63	0,12	1,3	47	18,1	1,4
6	27	5,2	26	1,7	28	17	22	46,7	69,2	68	0,14	1,2	49	11,4	2,5
7	22	4,9	12	1,5	17	10	20	28,5	48,7	58	0,11	0,7	39	9,5	1,1
8	26	5	16	1,5	21	14	20	36,5	56,7	64	0,12	0,8	52	10,2	1,6
9	25	5,2	14	1,9	23	14	20	38,9	59,1	66	0,12	1	42	10,1	1,3
10	30	5,3	16	1,7	28	17	22	46,7	69,2	68	0,16	1	43	10,9	1,4
11	27	5,1	16	2,1	23	16	25	41,1	66,1	62	0,14	1	47	9,6	1,4
12	32	5,1	25	3,7	26	16	25	45,7	70,7	65	0,13	1	53	11,7	2,4
13	20	5	17	1,4	15	9	18	25,4	43,6	58	0,07	0,7	31	9,2	0,9
14	20	5	11	1,3	13	9	18	23,3	41,5	56	0,1	0,7	31	10,9	1,1
15	23	4,9	12	1,9	17	10	25	28,9	53,9	54	0,11	0,7	38	12,7	1,1
16	28	5,2	14	2,4	31	20	22	53,4	75,9	70	0,12	0,8	30	11,5	1,9
17	25	5,1	6	2,3	16	12	25	30,3	55,3	55	0,11	0,5	28	8,2	1,4
18	22	4,9	11	1,9	15	10	22	26,9	49,4	54	0,09	0,7	34	9,4	0,8
19	24	5	11	1,8	18	13	22	32,8	55,3	59	0,1	0,8	38	13	1,1
20	24	5,1	9	2	18	12	22	32	54,5	59	0,1	0,7	31	13,6	1
21	26	5,3	9	1,6	23	17	20	41,6	61,8	67	0,1	0,5	27	11,3	1
22	20	4,8	7	1,9	11	7	25	19,9	44,9	44	0,09	0,7	35	5,9	1,2
23	24	4,8	12	1,7	16	11	28	28,7	56,5	51	0,1	0,8	52	9,8	0,9
24	20	4,6	6	1,6	13	9	28	23,6	51,4	46	0,11	0,8	35	12,7	1
25	24	4,9	11	1,4	18	11	25	30,4	55,4	55	0,1	0,6	28	9,9	1,2
26	22	4,6	9	1,7	12	7	31	20,7	51,5	40	0,09	0,8	53	8,4	1,2
27	22	4,7	11	1,6	15	9	25	25,6	50,6	51	0,08	0,8	46	9,4	2,9
28	20	4,6	5	1,6	11	7	28	19,6	47,4	41	0,1	0,7	33	10,1	1
29	22	5,2	6	1,8	20	14	18	35,8	54	66	0,07	0,5	21	10,9	1,2
30	23	4,9	7	2,2	15	9	25	26,2	51,2	51	0,09	0,8	44	10,1	1,1
31	24	5	22	2,4	19	12	22	33,4	55,9	60	0,11	0,3	18	4,8	0,7
32	26	5,3	8	2,2	22	16	20	40,2	60,4	67	0,09	0,3	17	6,6	0,5

Obs.: Na Tabela 2: M.O. (matéria orgânica) é dada em g/dm^3 ; P (fósforo), S (enxofre), B (boro), Cu (cobre), Fe (Ferro), Mn (manganês) e Zn (zinco) são dados em mg/dm^3 ; K(potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), Na (sódio), Al (alumínio), H+Al (acidez potencial), S.B. (soma de bases) e CTC (capacidade de troca catiônica) são dados em $mmol/dm^3$; e V (saturação de bases) em %.

TABELA 3: Resultados da análise física dos solos das parcelas,

parcelas	areia grossa (%)	areia média (%)	areia fina (%)	areia total (%)	silte (%)	argila (%)
1	19,2	17,8	25,5	62,5	16,7	20,4
2	15,0	15,1	26,7	56,8	16,0	26,6
3	18,6	17,1	26,6	62,3	14,2	22,9
4	13,9	17,1	29,3	60,2	14,5	24,6
5	14,3	17,5	24,8	56,5	14,9	28,0
6	14,5	18,1	26,7	59,3	13,1	27,2
7	23,3	23,7	25,1	72,2	10,5	16,7
8	19,4	20,0	27,8	67,1	13,7	18,7
9	18,9	16,6	24,2	59,8	15,0	24,5
10	15,9	14,6	23,9	54,3	14,9	30,3
11	16,1	16,9	22,0	55,0	13,5	30,9
12	16,6	14,5	19,7	50,8	14,9	33,6
13	30,8	26,5	22,3	79,6	8,2	12,0
14	29,3	26,0	22,1	77,4	8,5	13,7
15	24,1	21,8	22,8	68,7	10,6	20,2
16	21,0	18,5	18,5	58,0	12,8	28,7
17	21,4	14,9	16,6	52,9	14,9	31,6
18	22,5	20,4	19,0	61,8	15,3	22,6
19	24,4	17,2	16,0	57,6	17,5	24,5
20	21,6	16,1	14,4	52,2	19,9	27,3
21	20,2	14,9	14,3	49,4	19,8	30,2
22	22,6	16,4	15,9	54,9	18,6	26,1
23	19,6	16,0	16,1	51,7	18,0	29,7
24	20,2	13,4	14,6	48,2	23,3	28,1
25	18,9	14,1	14,7	47,7	18,0	33,7
26	22,4	17,1	17,8	57,2	14,4	27,8
27	20,8	16,1	15,4	52,2	20,5	26,7
28	19,7	14,7	16,6	51,0	17,5	31,1
29	18,1	13,5	16,1	47,8	19,1	32,7
30	22,5	17,4	16,5	56,3	15,7	27,0
31	18,9	15,7	17,8	52,4	19,5	27,7
32	23,4	13,2	14,0	50,5	17,1	31,9

Na Tabela 4 são apresentados os índices de correlação (*índice de Person*) envolvendo todos os atributos físico-químicos de solo disponíveis, incluindo o valor médio de CE por parcela (última linha ou coluna). Os valores em vermelho correspondem aos que apresentaram uma significância estatística acima do nível $p = 0,05$ (assumindo-se normalidade na distribuição dos desvios da reta de regressão). A CE se correlacionou de forma significante com 15 dos 20 parâmetros. Seis atributos se correlacionaram com a CE acima dos 70% (boro, cálcio, matéria orgânica, soma bases – S.B., CTC e magnésio). A argila teve uma baixa correlação, enquanto que a areia grossa apresentou uma correlação negativa de 59%.

Na Figura 5 são apresentados os diagramas de espalhamento entre alguns atributos (MO, pH, CTC, areia grossa, argila e CE média). Na Figura 6, são mostrados mapas para o mesmo subconjunto de atributos. Os resultados da classificação nos diferentes mapas evidentemente não são iguais, mas alguns padrões semelhantes podem ser identificados em diferentes casos. O mapa correspondente a areia grossa segue padrão inverso dos demais, como esperado, por apresentar correlação negativa.

TABELA 4: Matriz de índices de correlação dos atributos de solo e a CE.

Correlations (tabcompletacombap.sta)																					
Continue... Marked correlations are significant at p < .05000 N=32 (Casewise deletion of missing data)																					
Variable	MORG	PH	P	K	CA	MG	H_AL	S_B	CTC	V	B	CU	FE	MN	ZN	A_GROS	A_NEDI	A_TOT	SILTE	ARGILA	MEDIA_CE
MORG	1.00	.65	.54	.60	.84	-.08	.87	.91	.68	.72	.25	.27	.14	.42	-.54	-.33	.19	-.28	-.07	.45	.79
PH	.65	1.00	.35	.27	.80	.85	-.70	.83	.62	.93	.37	.08	-.24	.20	.06	-.26	.07	.28	.01	-.20	.11
P	.54	.35	1.00	.34	.60	.47	-.19	.56	.54	.51	.56	.50	.36	.14	.46	-.42	.15	.63	.23	-.35	-.13
K	.60	.27	.34	1.00	.37	.37	.16	.42	.52	.24	.26	.05	.06	-.06	.25	-.28	-.34	-.11	-.34	.08	.45
CA	.84	.80	.60	.37	1.00	.95	-.39	.99	.92	.90	.65	.38	.10	.33	.40	-.57	-.19	.42	-.11	-.15	.24
MG	.84	.85	.47	.37	.95	1.00	-.41	.98	.90	.90	.58	.21	-.02	.25	.30	-.50	.26	.26	-.20	-.06	.32
H_AL	-.08	-.70	-.19	.16	-.39	-.41	1.00	-.38	-.03	-.72	.07	.10	.40	-.14	.11	-.19	-.41	-.35	-.46	.34	.47
S_B	.87	.83	.56	.42	.99	.98	-.38	1.00	.93	.90	.63	.32	.05	.30	.37	-.55	.23	.35	-.16	.11	.29
CTC	.91	.62	.54	.52	.92	.90	-.03	.93	1.00	.70	.71	.38	.21	.27	.44	-.67	-.41	.24	-.35	.01	.50
V	.68	.93	.51	.24	.90	.90	-.72	.90	.70	1.00	.43	.20	-.13	.30	.21	-.35	-.02	.42	.07	-.21	.02
B	.72	.37	.56	.26	.65	.58	-.07	.63	.71	.43	1.00	.51	.41	.24	.34	-.61	-.14	.50	-.06	-.20	.20
CU	.25	.08	.50	.05	.38	.21	.10	.32	.38	.20	.51	1.00	.67	.65	.48	-.57	.04	.70	.15	-.22	-.10
FE	.27	-.24	.36	.06	.10	-.02	.40	.05	.21	-.13	.41	.67	1.00	.32	.53	-.35	.10	.43	.13	-.23	-.06
MN	.14	.20	.14	-.06	.33	.25	-.14	.30	.27	.30	.24	.65	.32	1.00	.21	-.37	.04	.44	.10	-.09	-.10
ZN	.42	.06	.46	.25	.40	.30	.11	.37	.44	.21	.34	.48	.53	.21	1.00	-.41	-.08	.26	-.08	-.07	.15
A_GROSSA	-.54	-.26	-.42	-.28	-.57	-.50	-.19	-.55	-.67	-.35	-.61	-.57	-.35	-.37	-.41	1.00	.61	-.34	.53	.32	-.57
A_MEDIA	-.33	-.07	.15	-.34	-.19	-.26	-.41	-.23	-.41	-.02	-.14	-.04	.10	.04	-.08	.61	1.00	.43	.96	-.80	-.91
A_FINAL	.19	.28	.63	-.11	.42	.26	-.35	.35	.24	.42	.50	.70	.43	.44	.26	-.34	.43	1.00	.60	-.61	-.51
A_TOTAL	-.28	.01	.23	-.34	-.11	-.20	-.46	-.16	-.35	-.07	-.06	.15	.13	.10	-.08	-.53	.96	.60	1.00	-.84	-.94
SILTE	-.07	-.20	-.35	.08	-.15	-.06	.34	-.11	.01	-.21	-.20	-.22	-.23	-.09	-.07	-.32	-.80	-.61	-.84	1.00	.62
ARGILA	.45	.11	-.13	.45	.24	.32	.47	.29	.50	.02	.20	-.10	-.06	-.19	.15	-.57	-.91	-.51	-.94	.62	1.00
MEDIA_CE	.79	.67	.55	.40	.80	.73	-.21	.79	.77	.69	.82	.56	.32	.44	.37	-.59	-.13	.50	-.04	-.21	.19
																					1.00

MORG: Matéria orgânica
PH: Potencial Hidrogeniônico
K: Potássio
CA: Cálcio
MG: Magnésio
H_AL: Ac.potencial

S_B: Soma bases
CTC: Capacidade de troca catiônica
V: Saturação de base
B: Boro
CU: Cobre
FE: Ferro

MN: Manganês
ZN: Zinco
AREIA_GR: Área grossa
AREIA_MD: Areia média
AREIA_FN: areia fina
AREIA_TT: areia total

SILTE: Silte
ARGILA: argila
CE_MEDIA: CE média por parcela

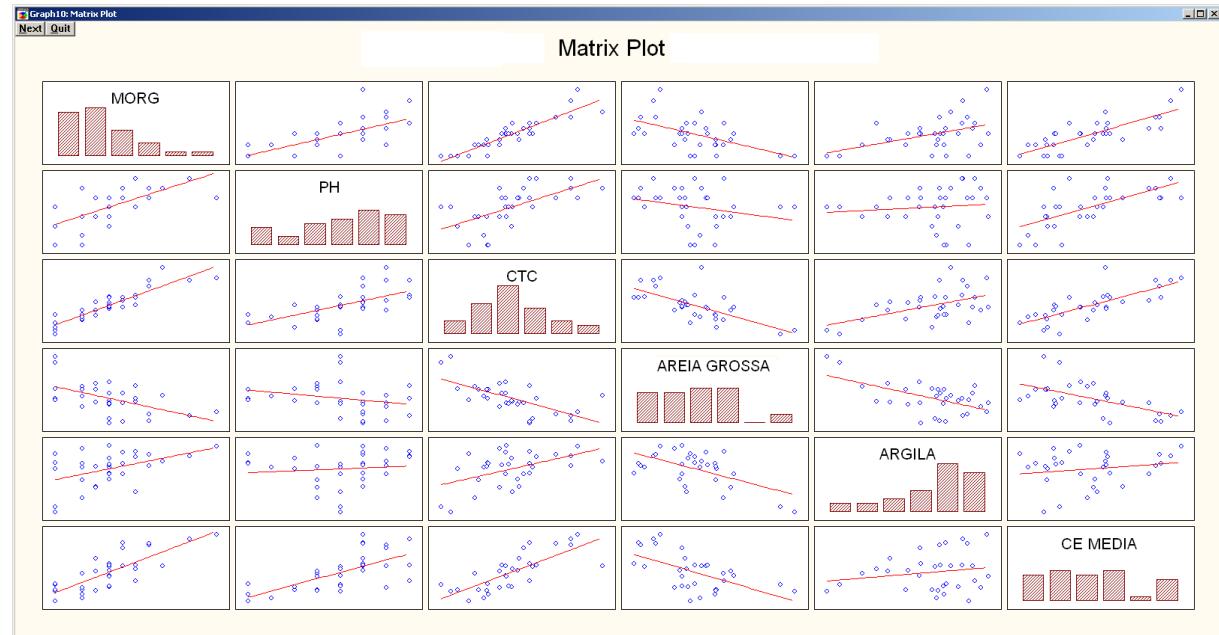


FIGURA 5: Gráficos de espalhamento de alguns atributos de solo e valores médios de CE.

CONCLUSÕES

Neste trabalho utilizou-se de várias técnicas para avaliar a alta variabilidade dos valores da CE como forma de subsidiar as discussões sobre seus efeitos no estabelecimento de correlações com outros atributos de solo. Os resultados encontrados neste trabalho,

combinados com outros estudos de correlação entre atributos de solos brasileiros, apontam para a necessidade de minimizar a alta variabilidade das medidas de CE, de forma semelhante ao procedimento adotado na coleta de amostras de solo. Os padrões espaciais encontrados também fortalecem o uso do mapeamento da CE para o estabelecimento de zonas de manejo, pois vários fatores de produção importantes apresentaram padrões espaciais semelhantes aos encontrados para a CE.

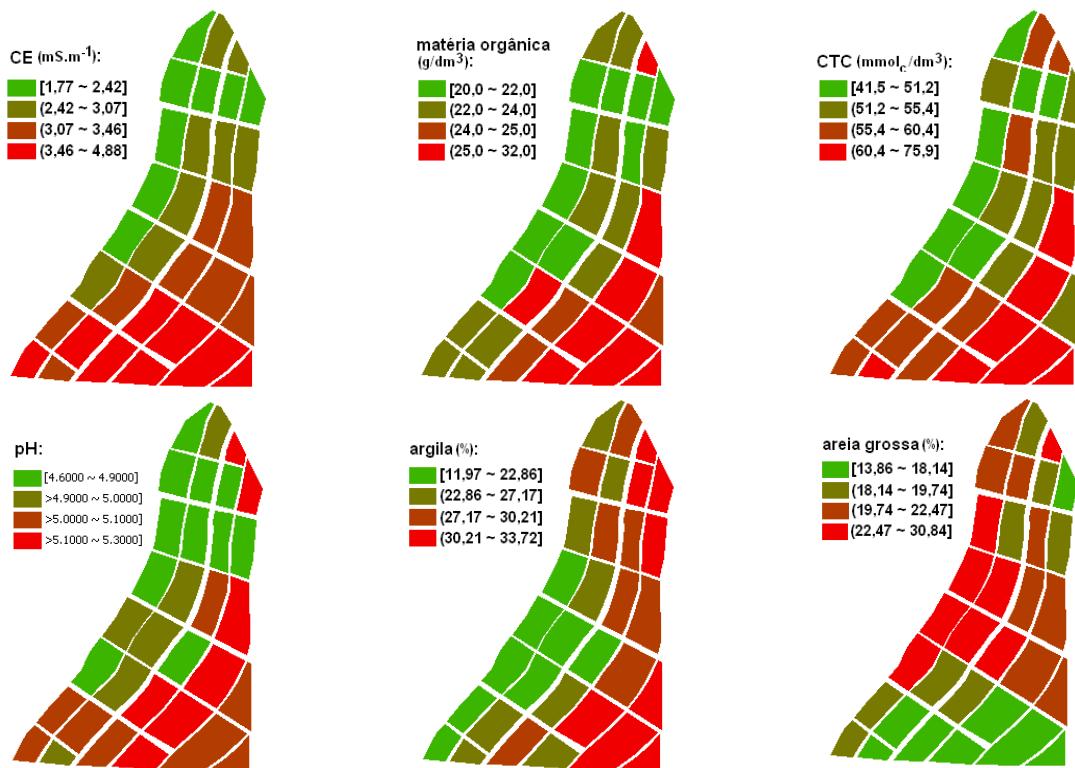


Figura 6: Padrões observados na classificação de alguns atributos do solo.

AGRADECIMENTO

Aos colegas Henrique Bastos, Meire Ferrari e Waldemore Moriconi pela indispensável ajuda na aquisição dos dados em campo e nas análises.

REFERÊNCIAS:

- CAMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, v.20, n. 3, p.395-403, 1996.
- CASTRO, C.; MOLIN, J. Definição de unidades de gerenciamento do solo através da sua condutividade elétrica e variáveis físico-químicas utilizando classificação fuzzy. *Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão*. Piracicaba: anais..., 2004.
- MACHADO, P.; BERNARDI, A.; VALENCIA, L.; MOLIN, J.; GIMENEZ, L., SILVA; C., ANDRADE; A.G., MADARI, B.; MEIRELLES, M. Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de latossolo sob plantio direto. *Pesquisa agropecuária brasileira*. Brasília, v. 41, pp. 1023-1031, 2006.
- MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; SCHMIDHALTER, U.; HAMMER, J. Mensuração da condutividade elétrica do solo por indução e sua correlação com os fatores de produção. *Engenharia Agrícola*. Jaboticabal, v.25, n.2, p.420-426, 2005.
- REIS, L. R. *Utilização da condutividade elétrica para o estabelecimento de zonas de manejo em um latossolo amarelo-escuro*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005.