



Amostragem de Solo em Área de Soja sob Plantio Direto: Uso de Técnicas de Agricultura de Precisão

Carlos Alberto Silva¹
Pedro L. O. de A. Machado²
Alberto C. de Campos Bernardi³
Ciriaca A. F. de Santana do Carmo⁴
Luiz Ivan O. Valencia⁵
Aluísio Granato de Andrade³
Margareth Simões Meirelles⁶

Em lavouras de soja de alta produtividade é preciso otimizar as condições de desenvolvimento das plantas, invariavelmente, através da aplicação de fertilizantes. Para se definir as doses de adubos, é preciso averiguar a melhor profundidade de amostragem do solo, em função da variabilidade da disponibilidade de nutrientes e de atributos de solo ocorrer horizontalmente e em profundidade. O que condiciona a variabilidade horizontal é a forma de adubação e a distribuição das plantas no terreno, ao passo que as variações em profundidade são determinadas pelas mobilidades dos elementos químicos e pelas práticas de manejo do solo adotadas.

De fato, a definição do número de amostras de solo a ser coletado em determinada área depende, por exemplo, do histórico do local sob cultivo, da cultura a ser implantada, da variabilidade espacial (vertical e horizontal) dos atributos de solo a serem analisados, dos sistemas de cultivo adotados (combinação de sistemas de preparo do solo com esquemas de rotação de culturas), do modo de aplicação e das doses de fertilizantes usadas. Em sistemas de cultivo onde ocorre concentração de nutrientes em determinadas camadas do

solo, há uma estratificação dos teores de nutrientes, sendo as camadas mais férteis de solo localizadas em superfície (Chitolina et al., 1999). Um desses sistemas é o plantio direto, onde o não revolvimento do solo resulta em um acúmulo de resíduos vegetais e nutrientes na superfície do solo.

Nesses locais, com o tempo, ocorre um acúmulo de matéria orgânica nos primeiros centímetros do solo (Sá, 1993; Hikishina et al., 1996) como consequência do acúmulo de palha na superfície do solo. Essa particularidade encontrada em áreas sob plantio direto tem uma série de implicações sobre a dinâmica de atributos de fertilidade do solo, tendo em vista o relevante papel que a matéria orgânica exerce sobre propriedades químicas de solos tropicais. Segundo Chitolina et al. (1999), uma coleta de solo a 20cm de profundidade não reflete as diferenças anteriormente mencionadas, na medida em que o acúmulo de matéria orgânica, a melhoria da fertilidade do solo e a maior presença de raízes e água se mostram restritas às camadas de solo de até 10cm de profundidade.

¹Eng. Agrônomo, D.Sc. Departamento de Ciência do Solo – UFLA, Lavras, MG. e-mail: csilva@ufla.br

²Eng. Agrônomo, PhD. Embrapa Solos - R. Jardim Botânico, 1024. CEP: 22460-000 - Rio de Janeiro, RJ. e-mail: pedro@cnpes.embrapa.br

³Eng. Agrônomo, D.Sc. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. e-mail: alberto@cnpes.embrapa.br, aluisio@cnpes.embrapa.br.

⁴Eng. Agrônomo, M.Sc. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. e-mail: ciriaca@cnpes.embrapa.br.

⁵Estatístico, M.Sc. Instituto de Geografia – UFRJ. Rio de Janeiro, RJ. e-mail: liov@acd.ufrj.br

⁶Eng. Civil, D.Sc. Departamento de Engenharia de Sistemas e Geomática – UERJ / Embrapa Solos. Rio de Janeiro, RJ. e-mail: maggie@eng.uerj.br.

No caso da avaliação da disponibilidade de fósforo em solo, Sá (1995) encontrou melhor associação entre os teores desse elemento determinado em solo coletado a 10cm de profundidade com atributos da planta. Com base nesse tipo de informação, alguns autores tem sugerido que a amostragem em áreas de plantio direto seja feita nas profundidades de 0 a 5 e de 6 a 20cm, podendo também as amostras serem coletadas na camada intermediária de 6 a 10cm (Comissão de Fertilidade do Solo, 1994; Instituto Agrônomico do Paraná, 1996). No que diz respeito aos parâmetros ligados a acidez do solo, essas profundidades de amostragem são bastante razoáveis tendo em vista relatos por parte dos agricultores de menor toxidez de Al às plantas em áreas com maior acúmulo de matéria orgânica em superfície. Um outro fato importante é o de que, nos últimos anos, a aplicação de calcário em superfície tem sido executada com mais frequência em lavouras sob plantio, sendo de extrema importância amostrar o solo na profundidade correta, para que não haja supercalagem nas áreas cultivadas.

Todas essas informações levantadas sugerem que a profundidade de amostragem em áreas de plantio direto é condicionada pelo tempo de uso desse sistema no local estudado, pela forma e o local de aplicação de fontes e doses de nutrientes, pela profundidade efetiva do sistema radicular e pelo grau de associação dos teores de nutrientes acumulados em planta com aqueles presentes em diferentes camadas de solo amostradas. Em algumas situações de cultivo, torna se importante também considerar os estoques de nutrientes, ao invés dos teores, dado o pequeno volume de solo explorado pelas raízes (em áreas sob plantio direto é comum o sistema radicular de soja se concentrar nas camadas mais férteis localizadas em superfície) e à elevada exportação de nutrientes em áreas de alta produtividade.

Com relação à intensidade de amostragem de solo, no Brasil recomenda-se, de modo geral, a retirada de 10 a 30 amostras simples para formar uma composta, que devem ser coletadas em ziguezague, em áreas de 10 a 15ha, dependendo da uniformidade do terreno e do manejo do solo (Chitolina et al., 1999). Em áreas com o uso de técnicas de agricultura de precisão, a densidade de coleta de amostras é bastante superior a esses números, sendo comum a coleta de 2 a 13 amostras por hectare (Wollenhaupt et al., 1994). Segundo esses autores, os custos com amostragem e análise de solo aumentam sobremaneira com densidades de amostragens maiores que 2 amostras por hectare, contudo a precisão dos mapas de disponibilidade de nutrientes é aumentada à medida em que se diminui a área da célula de amostragem. Franzen et al. (1996) correlacionaram os níveis de nitrato do solo (10 amostras/ha) com valores dessa mesma variável determinados com os seguintes números de amostras coletados por hectare: 2, 1 e 0,5. Esses autores observaram

que os coeficientes de correlação obtidos foram 0,51, 0,35 e 0,16, respectivamente, para as coletadas de 2, 1 e 0,5 amostra por hectare. Assim, observou-se uma imprecisão nas determinações de nitrato no solo para as situações de intensidade de amostragem menores que 10 amostras/ha.

Diversos métodos sistemáticos de amostragem do solo têm sido desenvolvidos para melhor avaliar a fertilidade do solo (Assmus et al., 1985; Wollenhaupt et al., 1994). Haneklaus et al. (1997), num estudo sobre a textura do solo, teor de MOS e nutrientes disponíveis em solos do Norte da Alemanha, constataram, após estudos de variabilidade espacial, que o número representativo de amostras de solos era 4 amostras por hectare para textura do solo e de 11 amostras por hectare para a matéria orgânica do solo e nutrientes. A amostragem conduzida por esta grade resultou, segundo os autores, em operações laboriosas e de custos proibitivos.

Uma maneira de se chegar ou se aproximar da densidade de amostragem ideal seria o uso de técnicas de avaliação da variabilidade espacial de parâmetros de solo, sendo usado para isso métodos geoestatísticos (Vieira, 2000). Isso acontece devido ao fato de que, quando uma determinada propriedade varia de um local para outro com algum grau de continuidade, expresso através de dependência espacial, a estatística clássica deve ser abandonada e ceder lugar a, por exemplo, geoestatística. Nesta abordagem, a elaboração de semivariograma, que é o gráfico das semivariâncias versus as distâncias correspondentes dos pontos analisados, assume papel de importância, pois é ele que expressa a dependência espacial entre as amostras (Vieira, 2000). A elaboração de semivariogramas possibilita a obtenção de um parâmetro central na definição da densidade de amostragem, o alcance. O alcance é uma medida que avalia a distância limítrofe onde acima da qual já não há dependência espacial entre o ponto referência e os demais pontos avaliados em relação a esse. De fato, a extensão de célula de amostragem de parâmetros de solo é definida, de acordo com Mulla & McBratney (2000), como sendo $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{4}$ do valor de alcance do atributo sob análise.

Este estudo teve como objetivo identificar o número de amostras de solo a serem coletadas no sentido de representar o grau da fertilidade das camadas de solo sob plantio direto, utilizado-se para isso técnicas de posicionamento geográfico das amostras de solo coletadas em área de soja sob plantio direto há cerca de 12 anos.

Metodologia

O estudo foi conduzido na Fazenda Tabatinga, que pertence a cooperado da Fundação ABC e se localiza no município de Carambeí, PR, em área de 27 hectares cultivada com soja cultivar Embrapa-60 (31 plantas/m²) em rotação com trigo, milho e aveia preta, utilizada como planta de cobertura. Na adubação de manutenção da soja, foram aplicados, em 1999, 250kg ha⁻¹ de 0-25-25 (N-P₂O₅-K₂O), adicionado-se, também, numa fase anterior à floração dessa leguminosa, sulfato de manganês via adubação foliar. O tipo de solo predominante na área experimental, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), é o Latossolo Vermelho distroférico, com teores de argila compreendidos na faixa de 180 a 720g kg⁻¹. A área escolhida vem sendo cultivada desde 1988 pelo sistema de plantio direto.

A amostragem sistemática do solo foi realizada em janeiro de 2000, através da coleta de 251 amostras de solo em área de 17,12 hectares, em três profundidades de solo: 0-5, 5-10 e 10-20cm. A célula de amostragem possuía as seguintes dimensões: 40x40m, contudo, nas duas áreas visualmente mais argilosa e arenosa, a densidade de amostragem do solo foi acrescida, havendo situações em que era coletado uma amostra de solo em área de 25m² (5x5m), perfazendo-se, desse modo, 251 amostras de solo coletadas na área anteriormente mencionada. As coordenadas geográficas dos pontos amostrados foram obtidas através do uso de aparelho GPS Trimble® com precisão de cerca de 2 metros. O croqui utilizado a campo para a coleta das amostras, com o esquema de amostragem de solo adotado neste estudo, é apresentado na Figura 1. As amostras de solo foram secas ao ar, peneiradas (malha de 2mm) e analisadas de acordo com Silva (1999), para

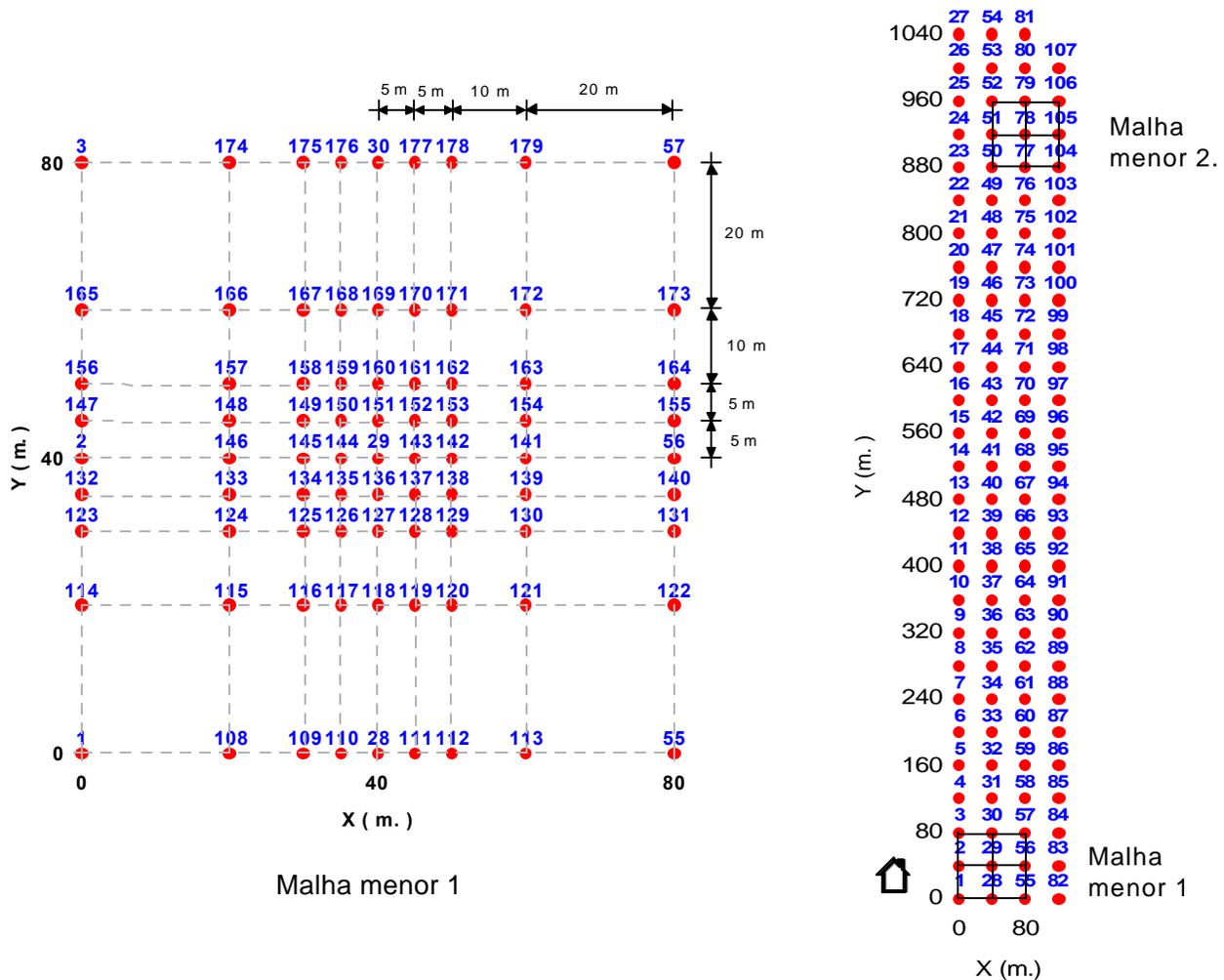


Fig. 1. Esquema de amostragem solo utilizado em área de soja sob plantio direto, em Latossolo Vermelho Distroférico localizado em Carambeí, PR.

determinação do pH em água, teores trocáveis de Ca, Mg, teores disponíveis (DTPA) de Cu, Mn, Fe, Zn e Mo, e dos teores de sulfato, argila e carbono, sendo, indiretamente, calculados, através do uso dos parâmetros anteriores, a saturação por bases e a capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0.

Para a definição da média, intervalo, desvio padrão e coeficientes de variação de cada atributo de acidez do solo analisado, foi utilizado o programa computacional EXCEL (Microsoft®). A aplicação de conceitos de geoestatística, ou seja, a obtenção dos semivariogramas, e seus parâmetros, e a krigeagem dos dados obtidos foi realizada através do uso de programa WINGSLIB.

Resultados e Discussões

No Tabela 1 são apresentados os parâmetros estatísticos relativos aos atributos de solo analisados. Os dados relativos à média, intervalo e coeficiente de variação dos atributos sob estudo são apresentados para as três profundidades de solo amostradas. A camada de 0-5cm é a que apresenta o maior grau de fertilidade do solo, ou seja, a acidez do solo é baixa, os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e P disponível estão acima dos níveis críticos normalmente

listados para esses atributos, o teor de carbono é alto, a CTC a pH 7,0 é bastante elevada. Esses resultados refletem a adoção do sistema de plantio direto por cerca de 12 anos na área. Nas camadas abaixo de 5cm, nota-se um empobrecimento do solo, ou seja, os níveis de P diminuem, a acidez é maior, os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} sofrem forte redução. Uma constatação foram os altos teores de Mg^{2+} no solo, estando a causa desse fato provavelmente ligada à aplicação freqüente de calcário dolomítico na área.

A aplicação a lanço de fertilizantes e de calcário, e a manutenção dos restos culturais na superfície do solo explicam, segundo Wiethölter (2000), os gradientes verticais de fertilidade verificados nos solos sob estudo. Esses resultados têm implicações importantes na definição da melhor profundidade de amostragem do solo: uma que, em relação à profundidade efetiva do sistema radicular, estudos exploratórios (dados não publicados), realizados na área de soja estudada, mostraram que as raízes das plantas se concentravam, em sua maioria, na camada de solo de 0-8cm, em manchas de solo argiloso, e na de 0-12cm de profundidade, nas manchas de solo de textura média. Em lavouras de milho sob plantio direto, a título de exemplo, Kleper & Anghinoni (1996) constataram que 65% das raízes se concentram nos primeiros 10cm de solo. Isso acontece, de acordo com esses autores, em função de a

Tabela 1. Média, intervalo e coeficiente de variação (CV) de atributos avaliados em três profundidades de solo cultivado com soja so plantio direto.

Atributo	Média			Intervalo ¹			CV ²		
	Profundidade (cm)								
	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
pH em água	5,8	5,4	5,3	5,0-6,7	4,7-6,4	4,6-6,7	6	6	7
C orgânico, g kg ⁻¹	28,2	22,4	20,2	11,9-38,2	7,9-27,9	7,9-27,9	24	22	20
Argila, g kg ⁻¹	489	516	555	180-700	160-700	180-720	31	28	26
CTC a pH 7, cmol _c dm ⁻³	14,0	12,5	11,0	7,9-17,5	6,8-16,3	5,8-15,4	17	18	21
Ca ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	5,0	3,3	2,5	2,4-7,0	1,5-5,8	0,8-5,5	18	25	39
Mg ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	3,1	1,8	1,4	1,3-5,0	0,6-3,9	0,5-3,6	23	32	41
Al ³⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,0	0,1	0,2	0,0-0,2	0,0-0,9	0,0-1,4	442	138	126
V, %	61	44	38	31-89	20-78	13-80	16	24	33
P resina, mg dm ⁻³	125	58	24	8-418	8-262	5-143	71	69	70
P Mehlich-1, mg dm ⁻³	28	15	7	6-99	1-60	1-38	59	65	79
K ⁺ , mg dm ⁻³	160	87	66	8-468	12-390	20-390	42	57	60
S-SO ₄ ²⁻ , mg dm ⁻³	1,1	0,9	1,2	0,0-8,8	0,0-8,4	0,0-4,1	92	85	63
Fe ²⁺ , mg dm ⁻³	30	30	27	12-66	12-66	12-42	30	38	22
Mn ²⁺ , mg dm ⁻³	5,9	3,1	1,9	2,6-12,1	0,9-6,5	0,4-6,2	23	33	61
Cu ²⁺ , mg dm ⁻³	1,9	2,1	2,4	0,5-7,9	0,4-7,3	0,1-7,6	65	53	55
Zn ²⁺ , mg dm ⁻³	1,8	1,2	0,8	0,6-8,7	0,1-10,8	0,1-10,1	65	109	168

¹ O intervalo apresentado se refere aos valores mínimo e máximo de cada atributo;

² Parâmetro calculo a partir da divisão do desvio padrão pela média e multiplicação desse fator por 100.

maior disponibilidade de matéria orgânica nas camadas de solo próximas à superfície do solo determinar maior disponibilidade de nutrientes e água para as plantas, o que resulta em um maior crescimento de raízes nesses horizontes de solo. Em função dessas constatações, a camada de solo de 0-10cm, em áreas já consolidadas de plantio direto parece ser a mais indicada para se amostrar o solo para fins de avaliação da fertilidade. É bastante razoável, contudo, levar em conta as observações de Wiethölter (2000), que dizem respeito ao fato de, em lavouras onde os teores de K e P estão abaixo do nível de suficiência, a amostragem de solo ser feita na camada de solo de 0-10cm de profundidade. Em áreas onde os teores de P e K estão acima dos níveis críticos, a amostragem de solo na camada de 0-20cm deve ser a utilizada, pois, nessas condições, os resultados analíticos não causam incorreções nas doses de fertilizantes recomendadas. Em termos de equipamentos usados nas coletas de amostras de solo, em áreas de plantio direto, os trados de roscas ou holandês não se constituem em instrumentos adequados para coleta de solo, sendo ideal o uso de pá-de-corte e a coleta de subamostras de 5cm de espessura e 10cm de largura, em áreas onde o adubo é aplicado a lanço, ou a coleta de fatias de solo de 3 a 5cm de espessura, de entrelinha a entrelinha, onde a adubação é feita em linha (Wiethölter, 2000).

Os dados relativos ao intervalo e aos coeficientes de variação apresentados na Tabela 1 ilustram a variabilidade dos atributos de solo analisados. No geral, há uma tendência de se aumentar a magnitude de variação dos dados com o aumento da profundidade de solo. Os teores de carbono, o pH em água e a CTC a pH 7,0 foram os atributos que apresentaram as menores magnitude de variação, ou seja, $CV < 30\%$. Os atributos argila, Ca^{2+} , Mg^{2+} , V, K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} e Cu^{2+} apresentaram CV entre 30 e 70%, ao passo que Al^{3+} , P Mehlich-1 e resina, S-sulfato e Zn^{2+} apresentaram alta variabilidade, ou seja, $CV > 70\%$. No caso do Al^{3+} , a alta variabilidade apresentada por esse atributo se relaciona mais à falta de sensibilidade do método analítico em determinar níveis baixos de Al trocável em solo, além disso os baixos teores desse cátion observados neste estudo têm pouco significado agrônômico. Os coeficientes de variação de alguns atributos de solo obtidos nesses estudo se encaixam nas faixas descritas por Mulla & McBratney (2000).

Os dados relativos ao alcance dos semivariogramas calculados para atributos de Latossolo sob plantio direto cultivado com soja são apresentados no Tabela 2. De um modo geral, os valores de alcance obtidos para os diferentes semivariogramas variaram de 10 a 85 metros. O cálculo desse parâmetro se mostra importante na definição da

Tabela 2. Alcance de semivariogramas calculados para atributos de Latossolo cultivado com soja sob plantio direto.

Atributo de solo	Alcance (m)					
	Profundidade de solo (cm)					
	0-5		5-10		10-20	
	Direção x*	Direção y	Direção x	Direção y	Direção x	Direção y
Argila	85	85	70	45	55	55
Carbono orgânico	80	80	75	75	80	80
CTC a pH 7,0	75	55	60	60	80	65
pH em água	80	80	80	80	10	60
Saturação por bases	55	55	10	60	10	55
Ca^{2+}	60	60	10	60	-**	-
Mg^{2+}	60	60	40	40	-	-
K^+	70	70	50	50	40	40
P (Mehlich-1)	50	50	-	-	20	20
P (resina)	75	30	25	25	35	35
S-sulfato	60	60	70	15	40	40
Mn (DTPA)	50	20	40	40	-	-
Mo (DTPA)	40	10	80	80	-	-
Fe (DTPA)	65	20	65	25	38	38
Cu (DTPA)	60	20	75	75	80	80
Zn (DTPA)	-	-	-	-	-	-
Alcance (m) médio	64,3	50,3	48,2	52,1	44,4	41,2

* Direções especificadas no diagrama de amostragem de solo apresentado na Figura 1;

** A ausência de alcance implica em falta de estrutura de variabilidade do atributo de solo analisado em uma dada profundidade de solo, ou seja, em efeito pepita puro.

intensidade de amostragem de solo a ser realizada na área sob estudo, pois, de acordo com Mulla & McBratney (2000), a extensão do lado de quadrado adotado como célula de amostragem de solo pode ser definida como sendo $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{4}$ do valor de alcance do semivariograma do atributo sob análise. Assim, optou-se, nesse estudo, em considerar a metade do valor de alcance para cálculo do lado de quadrado usado como célula de amostragem. Desse modo, no sentido de se representar a variabilidade dos atributos de solo analisados, seriam necessários coletar de 10 a 24 amostras de solo por hectare, dependendo da profundidade e da direção da amostragem. Na camada de solo de 0-5cm de profundidade, seriam necessários coletar 10 e 16 amostras por hectare, respectivamente, nas direções x e y do diagrama de amostragem mostrado na Figura 1. Na camada de solo de 5-10cm, seria necessário coletar 17 e 15 amostras de solo, respectivamente, para as mesmas direções x e y já mencionadas. Esses números são maiores na camada de solo de 10-20cm, ou seja, deve-se coletar nessa camada 20 e 24 amostras de solo para as direções x e y, respectivamente. Assim, em maiores profundidades de solo, aumenta-se o número de amostras de solo a serem coletadas por área. De acordo com Wollenhaupt et al. (1994), o emprego da agricultura de precisão implica em uma maior intensidade de amostragem, sendo comum a coleta, no sentido de representar a variabilidade de atributos de solo, de 2 a 13 amostras por hectare, que, por sua vez, são números inferiores aos aqui apresentados.

De fato, o número elevado de amostras a ser coletado por área, no sentido de se representar a variabilidade dos atributos de solo analisados, pode, pela laboriosidade da amostragem em grade, inviabilizar a abordagem dentro de um contexto de agricultura de precisão no manejo da fertilidade. Cabe a ressalva, porém, que, muitas das vezes, a variabilidade elevada de um determinado atributo de solo não tem, para as plantas, efeito negativo, pois o significado agrônomo dessa variabilidade não tem implicações para o crescimento e desenvolvimento das culturas. A título de exemplo, duas amostras de solo com teores de Al^{3+} de 0 e $0,3\text{cmol}_c\text{ dm}^{-3}$ resultam em coeficiente de variação de 300%. Do ponto de vista prático, é indiferente para a maioria das culturas se o teor de Al tóxico é próximo de zero ou de $0,3\text{cmol}_c\text{ dm}^{-3}$. Os resultados aqui relatados não se restringem aos solos brasileiros, uma vez que em outros países o número de amostras de solo a ser coletado é, do mesmo modo, elevado. Uma alternativa para se contornar esse problema seria o maior emprego a campo de sensores, no sentido de se avaliar em tempo real a variabilidade de atributos de solo e de aspectos fitotécnicos das culturas. Além disso, o emprego de funções de pedotransferência, com a finalidade de se estimar com segurança alguns atributos de solo, a partir de outros parâmetros analisados em laboratório, seria mais uma alternativa de se diminuir os custos elevados com análise de solo ressaltados com

frequência em áreas de manejo do solo através da espacialização dos atributos de fertilidade do solo e de rendimento das culturas.

Conclusões

O carbono orgânico, pH em água, e a CTC a pH 7,0 foram os atributos que apresentaram a menor magnitude de variação, ou seja, $CV < 30\%$; Argila, Ca^{2+} , Mg^{2+} , V, K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} e Cu^{2+} apresentaram CV entre 30 e 70%, ao passo que Al^{3+} , P Mehlich-1, P-resina, S-sulfato e Zn^{2+} apresentaram alta variabilidade, ou seja, $CV > 70\%$;

O número de amostras de amostras de solo a ser coletado por área, para se representar a variabilidade dos atributos de solo avaliados, varia em função da profundidade de solo e da direção no terreno amostrado, sendo necessária a coleta de 10 a 24 amostras de solo por hectare. Porém, a exequibilidade desta amostragem, se feita manualmente e posterior análise em laboratório, fica seriamente comprometida;

Uma alternativa potencial seria o desenvolvimento de sensores em tempo real para campo (ex. Veris), amostradores mecânicos de solo combinados com novas rotinas automatizadas e de baixo custo de análises laboratoriais. Além disto, o diagnóstico do estado nutricional da cultura (ex. DRIS) combinado com a avaliação da fertilidade do solo, na qual, após a identificação do nutriente limitante da produção a análise do solo seria feita especificamente para este nutriente.

Referências Bibliográficas

- ASSMUS, R. A.; FIXEN, P. E.; EVENSON, P. D. Detection of soil phosphorus spatial variability through the use of semivariograms and strip sampling. **Journal of Fertilizer Issues**, v.2, p. 136-143, 1985.
- CHITOLINA, J. C.; PRATA, F.; SILVA, F. C.; MURAOKA, T.; VITTI, A. C. Amostragem, condicionamento e preparo de amostras de solo para análise de fertilidade. In: SILVA, F. C. (org.) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília : Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p.13-48
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Recomendação do uso de fertilizantes para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1994. 224 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

FRANZEN, D. W.; HOFMAN, V. L.; HALVORSON, A. D.; CIHACEK, L. J. Sampling for site-specific farming: topography and nutrient considerations. **Better Crops**, Washington, DC, v.80, p.14-17, 1996.

HANEKLAUS, S.; RUEHLING, I.; SCHROEDER, D.; SCHNUG, E. Studies on the variability of soil and crop fertility parameters and yields in different landscapes of Northern Germany. In: Proceedings of the EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 1., Warwick, 1997. **Proceedings...** Oxford: Bios Scientific Publishers, 1997. p.785-792

HIKISHIMA, M.; PRATA, F.; SANTOS FILHO, A.; MOTTA, A. C.V. Avaliação da fertilidade do solo em plantio direto, convencional e reflorestamento de um Latossolo. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 4, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná - UFPR, 1996. p. 196

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Amostragem de solo para análise química**: plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagens e capineiras. Londrina, 1996. 28 p. (Circular, 90)

KLEPER, D.; ANGHINONI, I. Modos de adulação, absorção de nutrientes e rendimento de milho em diferentes preparos de solo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, RS, v.2, n.1, p.79-86, 1996.

MULLA, D. J.; McBRATNEY, A. B. Soil spatial variability. In: SUMNER, M. E. **Handbook of soil science**. Boca Raton : CRC Press, 2000. A 321-352.

SÁ, J. C. M. Calagem em solos sob plantio direto da região dos Campos Gerais, Centro Sul do Paraná. In: SÁ, J. C. M. (coord.). **Curso sobre o manejo do solo no sistema de plantio direto**. Castro, PR: Fundação ABC, 1995. p. 73-107

SÁ, J. C. M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro, PR: Fundação ABC, 1993. 96 p.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

VIEIRA, S. R. Geostatística aplicada à agricultura de precisão. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R.;

GOMIDE, R. L. **Agricultura de precisão**. Viçosa : Universidade Federal de Viçosa - UFV, 2000. p. 93-108.

WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiência nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRICAÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIAO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPOSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIAO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000. Santa Maria, RS. **Fertbio 2000**: biodinâmica do solo. Santa Maria, RS: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2000. 35 p.; 1 cd rom.

WOLLENHAUPT, N. C.; WOLKOWSKI, R. P.; CLAYTON, M. K. Mapping soil test phosphorus and potassium for variable-rate fertilizer application. **Journal Production Agriculture**, v.7, p.441-448, 1994.

**Comunicado
Técnico, 10****Ministério da
Agricultura,
Pecuária e
Abastecimento**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Solos**Endereço:** Rua Jardim Botânico, 1024 Jardim Botânico - Rio de Janeiro, RJ**Fone:** (21) 2274.4999**Fax:** (21)2274.5991**E-mail:** sac@cnps.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2002): **300 exemplares****Expediente****Supervisor editorial:** *Eduardo Godoy***Revisão de texto:** *André Luiz da Silva Lopes***Edição eletrônica:** *Carlos Felipe de Souza Oliveira*