

VARIABILIDADE HORIZONTAL DA FERTILIDADE DO SOLO DE UMA UNIDADE DE AMOSTRAGEM EM SISTEMA PLANTIO DIRETO⁽¹⁾

V. H. ALVAREZ V.⁽²⁾ & A. GUARÇONI M.⁽³⁾

RESUMO

A coleta de amostras de solo com trado é mais simples e rápida do que com a pá de corte, sendo esta, freqüentemente, utilizada no sistema plantio direto para amostragem e determinação da fertilidade média do solo. Com o objetivo de comparar dois sistemas de amostragem localizada do solo (pá de corte ou trado de caneca) quanto à variabilidade horizontal de características químicas, determinar o número de unidades de amostra necessário à formação de uma amostra representativa da unidade de amostragem e demonstrar que a análise da amostra composta apresenta iguais resultados aos obtidos pelas médias aritméticas das análises das amostras simples, realizou-se um estudo em área há 15 anos sob sistema plantio direto. Os sistemas de amostragem localizada foram: pá de corte (24 amostras simples coletadas perpendicularmente ao sulco de plantio e no espaço compreendido entre os pontos médios entre sulcos) e trado (20 amostras simples coletadas no sulco de plantio (Ts), 20 amostras simples coletadas lateralmente a 10 cm do sulco (T10) e 20 amostras simples coletadas a 40 cm do sulco (T40)). Subamostras representativas das amostras simples foram misturadas, visando à formação de amostras compostas, tanto para pá de corte quanto para trado. Nas amostras simples e compostas foram determinados os teores de P, K, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ e os valores de pH, H + Al e P-rem. Foram calculadas as médias das determinações das amostras simples e das compostas, os desvios-padrão e os coeficientes de variação, sendo as médias comparadas pelo teste t de Student. Foi também calculado o número de amostras simples necessário à formação de uma amostra composta, para os dois sistemas de amostragem. Os resultados mostraram que apenas os teores de K e Mg²⁺ e os valores de H + Al diferiram de um método de amostragem para outro. Na amostragem com trado de caneca, a variabilidade de todas as características avaliadas foi maior do que na amostragem com pá de corte. A variabilidade foi

⁽¹⁾ Recebido para publicação em agosto de 2002 e aprovado em janeiro de 2003.

⁽²⁾ Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa – UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG). Bolsista do CNPq. E-mail: vhav@ufv.br

⁽³⁾ Doutorando em Solos e Nutrição de Plantas do Departamento de Solos, UFV. Bolsista do CNPq. E-mail: agmfertsolo@hotmail.com

baixa para pH, P-rem e H + Al e alta para P, Al³⁺, Mg²⁺, K e Ca²⁺. Dez amostras simples coletadas com pá de corte ou 27 amostras simples coletadas de forma localizada com trado de caneca (cinco amostras coletadas no sulco de plantio, nove coletadas a 10 cm do sulco e 13 coletadas no ponto médio entre sulcos) foram necessárias à formação de amostras compostas representativas. As análises das amostras compostas, tanto de pá de corte quanto de trado, apresentaram valores semelhantes às médias das análises das respectivas amostras simples, caracterizando corretamente a fertilidade média da unidade de amostragem.

Termos de indexação: pá de corte, trado, número de amostras simples, amostra composta.

SUMMARY: *HORIZONTAL VARIABILITY OF SOIL FERTILITY IN A SAMPLING UNIT UNDER NO-TILL SYSTEM*

Sampling soil with the auger hole is simpler and faster than with the cutting shovel. The last is frequently used in no till systems to obtain soil samples for fertility analyses. This study had the following objectives: comparison of two different localized soil sampling systems concerning the horizontal variability of chemical soil characteristics; determination of the necessary unit number to compose a representative sample of the area, and the demonstration that mean fertility values obtained from the composite sample are the same as the obtained from the arithmetic mean of single samplings. The study was carried out in an area under no till system since 15 years. The localized sampling systems were: cutting shovel (24 single samples collected perpendicularly to the furrow and in the middle of the space between two furrows) and auger hole (20 single samples collected in the planting furrow (Ts), 20 single samples collected 10 cm beside the furrow (T10), and 20 single samples collected 40 cm beside the furrow (T40). Representative sub-samples of both methods were randomly chosen from the single ones, and mixed to make up respective composite samples. P, K, Ca²⁺, Mg²⁺, and Al³⁺, and the values of pH, H + Al, and P-rem were determined in the single and composite samples, and their means, standard deviation, and variation coefficient calculated. Data means were compared by the Student test. Only K, Mg²⁺, and H + Al values differed according to the employed sampling system. When the auger hole was used, the variability of all studied characteristics and the necessary number of single samples to compose a representative sample were higher than for sampling with the cutting shovel. The variability was low for pH, P-rem, and H + Al, and high for P, Al³⁺, Mg²⁺, K, and Ca²⁺. Ten single samples collected with the cutting shovel or 27 single samples collected by the auger hole (five samples collected in the furrow, nine collected 10 cm beside the furrow, and 13 collected in the space between two furrows) were necessary to compose representative samples. Analyses of the composite sample for both pieces of equipment presented values near the medium values obtained with single samples, thus characterizing the medium fertility of sampling units adequately.

Index terms: cutting shovel, auger hole, single sample number and composed sample.

INTRODUÇÃO

A amostragem de solo é a primeira e fundamental etapa de um programa de avaliação da fertilidade do solo, uma vez que as doses de corretivos e de fertilizantes são definidas a partir da interpretação dos resultados de análises químicas realizadas na amostra (Cantarutti et al., 1999). Portanto, as amostras de solo devem representar, com exatidão, a área que será corrigida e, ou, adubada, para obter aumento de produtividade e melhor aproveitamento de insumos.

Na amostragem, deve-se considerar a variabilidade do solo em relação as suas características químicas e físicas, visto que ela influencia o número e a distribuição das amostras simples (unidades de amostra) a serem coletadas por área de manejo de um cultivo, visando à determinação da sua fertilidade média.

Para que a amostra de solo seja representativa, a área amostrada deverá ser subdividida em glebas ou talhões homogêneos, considerando a vegetação, a posição topográfica, as características perceptíveis

do solo e o histórico da área (Cantarutti et al., 1999). Cada gleba, ou talhão homogêneo a ser amostrado, é considerada como sendo uma unidade de amostragem, ou seja, o universo das unidades de amostra.

Em vários estudos, conduzidos de formas distintas, verificou-se a variabilidade de características químicas e físicas dos solos sob sistema plantio convencional (aração/gradagem), seja em profundidade (variabilidade vertical), seja em superfície (variabilidade horizontal), nas áreas amostradas (Barreto et al., 1974; Alvarez V. & Carraro, 1976; Alvarez V. et al., 1986; Santos & Vasconcelos, 1987; Saraiva et al., 1992; Alves, 1996).

No sistema plantio direto, porém, as variabilidades, vertical e horizontal, de características químicas dos solos tendem a ser maiores do que no sistema plantio convencional, em virtude da manutenção de linhas de adubação dos plantios anteriores, decorrentes do não-revolvimento do solo (Salet et al., 1996; Anghinoni & Salet, 1998; Schlindwein et al., 1998). Esta característica é mais acentuada para elementos que apresentam menor mobilidade no solo, como o P e o K (Schlindwein et al., 1998; Schlindwein & Anghinoni, 2000).

Como no sistema plantio direto, com adubação em linha, a variabilidade horizontal das características químicas dos solos é maior do que no sistema plantio convencional, a amostragem tradicionalmente utilizada neste sistema (zig-zag/tradagem) pode não ser a adequada para plantio direto, considerando que o volume e o local de coleta da amostra simples (unidade de amostra) irão influenciar a medida da variabilidade e do valor médio da característica de fertilidade do solo a ser determinada.

Como são poucos os estudos para definir as técnicas de amostragem em áreas manejadas sob sistema plantio direto em Minas Gerais, Cantarutti et al. (1999), considerando vários trabalhos realizados no sul do País, recomendam, para fins de avaliação da fertilidade média do solo, a amostragem, em trincheiras, de uma fatia de 3 a 5 cm de solo, retirada com pá de corte, perpendicularmente aos sulcos e no espaço compreendido entre os pontos médios entre os sulcos, devendo a profundidade de amostragem variar de acordo com o tempo de adoção da prática de plantio direto. Esses autores indicam, ainda, que o número de amostras simples (trincheiras) para formar uma amostra composta deveria variar de 10 a 15 por gleba (unidade de amostragem).

Na prática, por economia de recursos e de tempo, não se analisa a amostra, propriamente dita, da unidade de amostragem, uma vez que não são analisadas, individualmente, as unidades de amostra, fato que permitiria estimar a média e a variância da unidade de amostragem. Rotineiramente, faz-se a análise da amostra composta formada pela mistura de determinado número de amostras simples, quando se quer conhecer a média, e, conscientemente, abstém-se de conhecer a variabilidade.

O objetivo deste estudo foi comparar dois sistemas de amostragem localizada de solo (com pá de corte ou com trado de caneca) e determinar a variabilidade horizontal de características químicas do solo, bem como o número de amostras simples (unidades de amostra) necessárias para formar uma amostra composta (amostra), em área há 15 anos sob sistema plantio direto. Além disso, demonstrar que a fertilidade média obtida pela média aritmética das análises das amostras simples é igual à obtida por meio da análise da amostra composta.

MATERIAL E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos propostos, foi montado um ensaio em área de aproximadamente 1 ha, onde vem sendo realizado experimento, comparando diversos tipos de manejo de um Argissolo Vermelho, no município de Coimbra (MG), há 15 anos. No presente estudo, foram utilizadas três parcelas medindo 14 x 8 m, sob sistema plantio direto. No ensaio, foram utilizados dois sistemas de amostragem localizada de solo em relação ao sulco de plantio, distribuída aleatoriamente em toda área das parcelas sob plantio direto. A coleta de amostras foi efetuada após a colheita de milho, semeado num espaçamento de 80 x 20 cm.

A primeira forma de amostragem foi em trincheiras, sendo retirada uma fatia de solo de 5 cm de espessura com pá de corte, na camada de 0-10 cm de profundidade, perpendicularmente aos sulcos e no espaço compreendido entre os pontos médios entre sulcos, de maneira que a linha de adubação estivesse centralizada na faixa de coleta (Figura 1). Foram coletadas 24 amostras simples (unidades de amostra) com pá de corte.

A segunda forma de amostragem foi efetuada com trado de caneca de 5,4 cm de diâmetro, com a retirada das amostras na camada de 0-10 cm de profundidade. Foram coletadas 60 amostras simples (unidades de amostra) com trado. Esta amostragem, porém, seguiu a seguinte ordem de localização: 20 amostras coletadas lateralmente a uma distância de 10 cm do sulco de plantio (T10); 20 amostras coletadas no sulco de plantio (Ts) e 20 amostras coletadas lateralmente a uma distância de 40 cm do sulco (T40) (Figura 1).

Cada grupo de três amostras simples coletadas com trado (T10, Ts e T40) foi retirado a 90 cm da trincheira onde uma amostra simples foi coletada com pá de corte (Figura 1).

Foram feitas misturas de subamostras⁽⁴⁾ representativas das amostras simples, escolhidas de

⁽⁴⁾ No texto, subamostra não é sinônimo de amostra simples, mas, sim, uma fração representativa, seja de amostra simples, seja de amostra composta. A amostra simples, sendo fração da amostra composta, pode ou não representá-la.

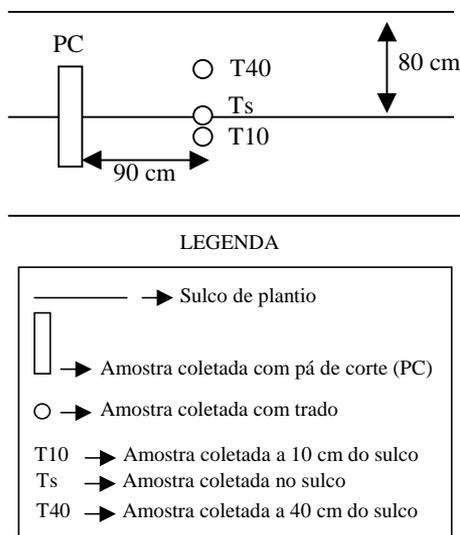


Figura 1. Tipo e localização das coletas de amostras simples de solo.

forma aleatória, após homogeneização das respectivas amostras simples, visando à formação de amostras compostas, tanto de trado quanto de pá de corte. Para trado, as amostras compostas geradas foram: 12 compostas de 5 simples, 6 de 10, 3 de 20, 2 de 30 e 1 amostra composta de 60 amostras simples. O volume de cada subamostra utilizado na mistura foi de: 40, 20, 20, 10 e 10 cm³, para as amostras compostas de 5, 10, 20, 30 e 60 amostras simples, respectivamente. Da mesma forma, foram geradas amostras compostas para pá de corte, sendo: 8 compostas de 3 simples, 3 de 8, 2 de 12 e 1 composta de 24 simples. O volume de cada subamostra utilizado na mistura foi de: 100, 50, 50 e 30 cm³ para as amostras compostas de 3, 8, 12 e 24 simples, respectivamente. Em todos os casos, as subamostras a serem misturadas foram previamente pesadas, com base na densidade do solo.

Em todas as amostras simples e compostas, foram determinados pH em água (1:2,5), P e K disponíveis (Mehlich-1), Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ (KCl, 1 mol L⁻¹), H + Al (Ca(OAc)₂, 0,5 mol L⁻¹ pH 7) e P-rem (P em solução após agitação de 60 mg L⁻¹ de P em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, na relação solo:solução de 1:10, por 1 h, Alvarez V. et al., 2000).

Como procedimentos estatísticos, foram calculados as médias, os desvios-padrão e os coeficientes de variação de cada grupo de amostras simples: pá de corte (24 amostras), trado (60 amostras), trado \bar{T} (média aritmética entre os valores obtidos em cada grupo de três amostras simples coletado com trado – T10, Ts e T40) e trado MP (média ponderada entre os valores obtidos em cada grupo de três amostras simples coletado com trado, visando simular a amostragem feita com pá de corte, calculada da seguinte forma: $MP = (2T10 + Ts + 3T40)/6$); a MP foi calculada desta forma, porque o volume coletado

com pá de corte é formado pelo sulco (Ts), por duas regiões a 10 cm do sulco, direita e esquerda (2T10), e por duas regiões a 40 cm do sulco, direita e esquerda. Porém, as regiões compreendidas entre 10 e 40 cm não estavam representadas na amostragem com trado. A forma encontrada para atenuar este fato foi representar a amostra simples retirada a 40 cm do sulco três vezes (3T40)). Calcularam-se também as médias, os desvios-padrão e os coeficientes de variação de cada grupo de amostras compostas: trado (12 de 5; 6 de 10; 3 de 20; 2 de 30 e 1 de 60) e pá de corte (8 de 3; 3 de 8; 2 de 12 e 1 de 24).

As médias das determinações das amostras simples e compostas obtidas com pá de corte e com trado foram comparadas pelo teste t de Student. Foram obtidas correlações lineares simples dos valores das características avaliadas por meio do uso da pá de corte, com os valores das médias aritmética (\bar{T}) e ponderada (MP) do grupo de três amostras simples coletadas com trado a 90 cm de distância da trincheira (Figura 1). Foi também determinado o número de amostras simples (unidades de amostra) necessário à formação de uma amostra composta representativa da unidade de amostragem, com definido desvio tolerado, utilizando a pá de corte ou o trado como instrumentos de coleta,

$$n = (t_{\alpha/2} CV/f)^2 \quad (1)$$

em que: n é o número de amostras simples para formar uma amostra composta representativa de área homogênea, $t_{\alpha/2}$ é o valor tabelado de distribuição t de Student, o qual depende do nível de probabilidade α e do número de graus de liberdade (n-1), CV é o coeficiente de variação da característica da fertilidade do solo a ser avaliada e f é o desvio admitido em torno da média.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de K e de Mg²⁺ obtidos com pá de corte foram maiores do que com trado de caneca, considerando os conjuntos de amostras (PC e T = T10 + Ts + T40) (Quadros 1 e 2). Por outro lado, o valor de H + Al obtido com trado de caneca foi maior do que o obtido com pá de corte (Quadros 1 e 2). Como os resultados de Mg²⁺ e H + Al estão relacionados com as aplicações de corretivos da acidez em superfície, as alterações nestas características da fertilidade do solo foram mais facilmente detectadas na amostragem com pá de corte, uma vez que esse tipo de amostragem cobre maior área superficial, em relação à amostragem com trado. Pequenas variações a curtas distâncias, causadas pela aplicação de corretivos a lanço, são menos expressivas, considerando o elevado volume de solo amostrado, tanto que as variabilidades de Mg²⁺ e H + Al foram menores na amostragem com pá de corte do que na amostragem com trado (Quadro 1).

Quadro 1. Valores médios e coeficientes de variação de características da fertilidade do solo, por dois sistemas de amostragem, em área há 15 anos sob sistema plantio direto

Característica	Forma de amostragem						MP ⁽⁷⁾
	PC ⁽¹⁾	T10 ⁽²⁾	Ts ⁽³⁾	T40 ⁽⁴⁾	T ⁽⁵⁾	\bar{T} ⁽⁶⁾	
pH	5,1	5,1	5,4	5,1	5,2	5,2	5,1
C.V. (%)	4,31	4,31	5,74	4,31	5,58	4,09	3,92
K, mg dm ⁻³	123,0	81,0	135,0	79,0	98,0	98,0	89,0
C.V. (%)	24,76	28,72	25,69	40,57	40,39	24,87	27,92
Al ³⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,29	0,29	0,28	0,25	0,27	0,27	0,27
C.V. (%)	41,37	55,17	60,71	56,00	55,56	45,82	44,44
Ca ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	2,14	2,10	3,35	2,09	2,51	2,51	2,30
C.V. (%)	26,64	24,76	32,24	25,36	37,85	24,90	23,91
Mg ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,62	0,37	0,32	0,39	0,36	0,36	0,37
C.V. (%)	27,42	37,84	40,63	41,03	41,67	37,57	37,84
H + Al, cmol _c dm ⁻³	5,61	5,96	6,14	5,79	5,96	5,96	5,90
C.V. (%)	7,49	10,74	10,91	9,84	10,57	8,91	8,81
P-rem, mg L ⁻¹	34,4	32,7	34,4	32,3	33,1	33,1	32,77
C.V. (%)	10,93	7,55	13,11	8,76	10,45	8,41	7,84

⁽¹⁾ Média e CV das 24 amostras coletadas com pá de corte. ⁽²⁾ Amostras coletadas com trado de caneca a 10 cm do sulco de plantio. ⁽³⁾ Amostras coletadas com trado no sulco de plantio. ⁽⁴⁾ Amostras coletadas com trado a 40 cm do sulco de plantio. ⁽⁵⁾ 60 amostras coletadas com trado. ⁽⁶⁾ Médias aritméticas dos três locais de amostragem com trado. ⁽⁷⁾ Médias ponderadas dos três locais de amostragem com trado: $MP = (2T10 + Ts + 3T40)/6$.

Quadro 2. Valores do teste t de Student para as comparações de valores médios de características da fertilidade do solo, por dois métodos de amostragem, em área há 15 anos sob sistema plantio direto

Comparação	pH	P	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H + Al	P-rem	t	
PC ⁽¹⁾ vs T ⁽²⁾	1,505	1,073	-2,749**	-0,576	1,763	-6,819**	2,478*	-1,499		
PC vs MP ⁽³⁾	0,000	-0,196	-3,912**	-0,538	0,920	-5,136**	1,999*	-1,597		
Ts ⁽⁴⁾ vs T10	3,440**	4,673**	5,637**	-0,187	4,546**	-1,141	0,847	1,441		
Ts vs T40	3,440**	5,322**	5,169**	0,594	4,565**	-1,480	1,734	1,719		
T10 vs T40	0,000	0,991	0,220	0,820	0,059	-0,410	0,865	0,464		
PC vs PC (1 de 24) ⁽⁵⁾	0,000	0,152	0,220	-0,879	-0,168	-0,056	0,000	-0,485		
PC vs PC (2 de 12)	0,000	0,143	0,134	-0,670	0,000	0,080	-0,543	0,036		
PC vs PC (3 de 8)	-0,748	-0,104	0,328	0,254	0,057	-0,285	1,262	-0,088		
PC vs PC (8 de 3)	-1,102	0,051	0,000	0,628	-0,089	0,000	0,416	0,072		
T vs T (1 de 60) ⁽⁶⁾	0,339	0,013	-0,199	-0,197	0,321	-0,852	0,546	0,426		
T vs T (2 de 30)	0,000	0,027	-0,210	0,185	0,393	-1,113	0,397	0,841		
T vs T (3 de 20)	0,000	0,135	-0,430	0,000	0,071	-1,701	0,648	0,836		
T vs T (6 de 10)	-0,827	-0,036	-1,120	0,801	-0,278	-2,879**	0,682	1,321		
T vs T (12 de 5)	-1,130	-0,132	-0,505	0,676	-0,138	-3,765**	1,269	1,083		

⁽¹⁾ Média de 24 amostras coletadas com pá de corte. ⁽²⁾ Média de 60 amostras coletadas com trado. ⁽³⁾ Média ponderada dos três locais de amostragem com trado $((2T10 + Ts + 3T40)/6)$. ⁽⁴⁾ Média das amostras por local de amostragem com trado – Ts (amostra coletada no sulco de plantio), T10 (amostra coletada a 10 cm do sulco de plantio) e T40 (amostra coletada a 40 cm do sulco de plantio). ⁽⁵⁾ Média das amostras compostas formadas por amostras simples coletadas com pá de corte. ⁽⁶⁾ Média das amostras compostas formadas por amostras simples coletadas com trado. *, **: Significativos a 5 e 1 %.

Os maiores teores de K obtidos na amostragem com pá de corte, em relação à amostragem com trado, considerando o grupo de amostras (T10, Ts e T40), podem ser explicados pela aplicação do nutriente no sulco de plantio e pela lavagem da parte aérea das plantas de milho, que, segundo Salet et al. (1996) e Anghinoni & Salet (1998), tendem a concentrar o K próximo ao sulco de plantio. Mesmo não ocorrendo diferença nos teores de K entre a amostragem a 10 cm e a 40 cm do sulco, realizada com trado (Quadros 1 e 2), e considerando os elevados teores obtidos em Ts (Quadro 1), provenientes apenas da aplicação localizada de K no sulco de plantio, pode-se aceitar a hipótese dos autores supracitados, por não ter sido a amostragem com trado capaz de detectar a área de abrangência desta concentração. Na amostragem com pá de corte, também não foi detectada a área de maior concentração de K, mas esta estaria embutida no elevado volume de solo amostrado, gerando maiores teores de K na amostragem com pá de corte.

As demais características da fertilidade do solo não apresentaram diferença pelo teste t a 5 e 1 %, quando foram utilizadas a pá de corte ou o trado de caneca para coleta de unidades de amostra (Quadros 1, 2 e 3). No entanto, o teor médio de P disponível obtido nas 60 amostras coletadas com trado de caneca foi 20,5 % maior do que o obtido, em média, com pá de corte (Quadro 3). Essa diferença pode ser atribuída não só aos teores de P disponível no sulco de plantio, que foram, em média, 164 % mais elevados do que os encontrados externamente ao sulco (Quadro 3), mas também à maior diluição da concentração de P presente no sulco na amostragem com pá de corte, já que a proporção de solo amostrado entrelinha : sulco é de 5,33:1 neste tipo de amostragem e de 2:1 na amostragem com trado de caneca.

Este resultado difere completamente do obtido por Schindwein & Anghinoni (1998), que encontraram maiores teores de P disponível utilizando a pá de corte. Esses autores utilizaram a pá de corte e o

Quadro 3. Teores, médias e coeficiente de variação (C.V.) de fósforo disponível, por dois sistemas de amostragem, em área há 15 anos sob sistema plantio direto

Amostra	Forma de amostragem						
	PC ⁽¹⁾	T10 ⁽²⁾	Ts ⁽³⁾	T40 ⁽⁴⁾	T ⁽⁵⁾	\bar{T} ⁽⁶⁾	MP ⁽⁷⁾
	mg dm ⁻³						
1	72,1	31,6	194,3	75,5		100,5	80,7
2	67,3	63,9	303,2	39,3		135,5	91,5
3	84,5	91,3	132,9	52,7		92,3	78,9
4	76,9	36,5	109,1	40,4		62,0	50,6
5	98,4	31,1	119,7	51,9		67,6	56,3
6	68,1	45,0	121,0	61,2		75,7	65,8
7	72,9	94,5	46,3	64,8		68,5	71,6
8	110,4	125,2	123,2	66,8		105,1	95,7
9	83,3	75,7	245,0	54,9		125,2	93,5
10	46,6	30,6	119,0	21,3		57,0	40,7
11	52,6	83,2	87,2	41,6		70,7	63,1
12	55,0	65,3	70,2	23,1		52,9	45,0
13	37,4	19,4	218,7	28,8		89,0	57,3
14	63,0	51,7	29,2	51,8		44,2	48,0
15	41,8	49,7	47,4	21,8		39,6	35,4
16	66,1	62,3	205,7	61,2		109,7	85,7
17	56,2	21,1	130,3	64,1		71,8	60,8
18	42,2	43,9	203,5	29,0		92,1	63,1
19	114,8	69,9	114,7	81,1		88,6	83,0
20	73,7	27,2	134,4	36,6		66,0	49,8
21	44,6						
22	70,9						
23	46,2						
24	63,8						
\bar{Y}	67,0	56,0	137,8	48,4	80,7	80,7	65,8
C.V. (%)	30,97	50,19	51,50	37,46	74,81	31,98	27,96

⁽¹⁾ Amostras coletadas com pá de corte. ⁽²⁾ Amostras coletadas com trado de caneca a 10 cm do sulco de plantio. ⁽³⁾ Amostras coletadas com trado no sulco de plantio. ⁽⁴⁾ Amostras coletadas com trado a 40 cm do sulco de plantio. ⁽⁵⁾ 60 amostras coletadas com trado, teores presentes nas colunas T10, Ts e T40. ⁽⁶⁾ Média aritmética dos três locais de amostragem com trado ((T10 + Ts + T40)/3). ⁽⁷⁾ Média ponderada dos três locais de amostragem com trado ((2T10 + Ts + 3T40)/6).

trado de rosca para coleta de amostras em área há 12 anos sob plantio direto e atribuíram o resultado às perdas de solo da camada superficial, onde estariam concentrados os nutrientes no momento da amostragem com trado de rosca. Por outro lado, vale destacar que a amostragem com trado de rosca não foi feita, pelos autores, no sulco de plantio, mas, sim, próxima a este, explicando, possivelmente, a diferença de resultados entre os trabalhos.

A manutenção de linhas de adubação no sistema plantio direto, dependendo da forma de amostragem, pode alterar a medida das características da fertilidade do solo, especialmente para K (Quadros 1 e 2) e, como observado por Schlindwein & Anghinoni (1998), para P disponível (Quadro 3). Entretanto, tal fato nem sempre se reverte em mudança da classe de fertilidade. Quando se utiliza modelagem no cálculo para obtenção das doses recomendáveis a partir dos valores de características da fertilidade do solo, podem ocorrer discrepâncias na recomendação de acordo com o método de amostragem utilizado. Dessa forma, a dose mais exata seria calculada pelo método de amostragem no qual os valores das características da fertilidade mais se aproximassem dos reais teores médios do solo.

Ao calcular a média ponderada (MP) dos três locais de amostragem com trado ($(2T10 + Ts + 3T40)/6$), os valores obtidos foram muito semelhantes aos obtidos quando se utilizou a pá de corte, para a maioria das características da fertilidade do solo estudadas (Quadros 1, 2 e 3), especialmente para P disponível. Desta forma, pode-se inferir que a amostra simples (unidade de amostra) coletada com pá de corte nada mais é do que uma amostra composta (amostra) formada por diversas amostras simples (unidades de amostra) coletadas, de forma localizada, com trado de caneca. Exceção feita às características Mg^{2+} , H + Al e K, pois, como já explicado, na amostragem com pá de corte cobre-se maior área superficial em relação à amostragem com trado de caneca, e, mesmo fazendo-se a MP dos três locais de amostragem com trado, não se obtêm valores semelhantes aos da amostragem com pá de corte, para características que sofrem influência da aplicação de corretivo a lanço (Mg^{2+} e H + Al).

No caso do K, a ponderação, que simula a amostragem com pá de corte, deveria atribuir maior peso aos teores encontrados no sulco de plantio, uma vez que estes foram, em média, 69 % mais elevados do que os encontrados externamente ao sulco (Quadro 1), sendo esta diferença muito menor do que a observada para o P disponível (164 %). Portanto, a MP dos três locais de amostragem com trado ($(2T10 + Ts + 3T40)/6$) avalia mais adequadamente os teores de P disponível em relação à amostragem com pá de corte do que os teores de K.

A variabilidade de todas as características da fertilidade do solo estudadas foi maior na amostragem com trado (60 amostras) do que na amostragem com

pá de corte (Quadros 1 e 3), como observado por Schlindwein & Anghinoni (1998), exceção feita a P-rem (Quadro 1).

A variabilidade obtida na amostragem com pá de corte apresentou, no entanto, pouca diferença da variabilidade obtida quando se utilizaram a média aritmética (\bar{x}) e a média ponderada (MP) dos três locais de amostragem com trado, para todas as características da fertilidade do solo, exceção feita ao Mg^{2+} e ao Al^{3+} (Quadros 1 e 3). Esse resultado evidencia que a unidade de amostra coletada com pá de corte nada mais é do que uma amostra formada por diversas unidades de amostra coletadas com trado de caneca. Se isto ocorre, e as unidades de amostra são coletadas com trado em locais que apresentem diferentes teores, especialmente dos nutrientes aplicados em linha, é evidente a menor variabilidade obtida com pá de corte, em relação à variabilidade obtida com trado (60 amostras) (Quadros 1 e 3).

Provavelmente, pela mesma razão, Schlindwein et al. (1998), que avaliaram diversos volumes de amostras simples em área sob plantio direto, concluíram que amostras de menor volume tendem a apresentar maior variabilidade de P e K disponíveis, quando comparadas a amostras de maior volume. Caso específico de amostras simples (unidades de amostra) coletadas com trado ($0,23 \text{ dm}^3$) e com pá de corte ($4,5 \text{ dm}^3$).

A ordem decrescente de variabilidade, quando utilizada a pá de corte, foi: $Al^{3+} > P > Mg^{2+} > Ca^{2+} > K > P\text{-rem} > H + Al > pH (H_2O)$ (Quadros 1 e 3). Quando se utilizou o trado de caneca como instrumento de coleta (60 amostras), a ordem decrescente de variabilidade foi: $P > Al^{3+} > Mg^{2+} > K > Ca^{2+} > H + Al > P\text{-rem} > pH (H_2O)$ (Quadros 1 e 3). Nos dois casos, as elevadas variabilidades de Al^{3+} e de Mg^{2+} , indicadas pelo CV, dependem mais do pequeno valor da média obtido para estas características do que da real variabilidade presente no solo. Como o CV é calculado pela razão do desvio-padrão pela média, quanto menor for o valor desta, em relação ao mesmo desvio-padrão, maior será o CV. Por isso, pode-se sugerir que as variabilidades de quaisquer características estudadas devam ser comparadas pelo desvio-padrão (s) em conjunto com o CV, o qual sofre grande influência da média.

O valor do CV obtido para P disponível, ao utilizar o trado de caneca na coleta de amostras (60 unidades de amostra) (Quadro 3), apresentou magnitude semelhante ao obtido por Barreto et al. (1974), num Argissolo Vermelho-Amarelo câmbico fase terraço, sem cultivo, em amostras simples coletadas com trado a 0-10 cm de profundidade, e ao obtido por Alvarez V. & Carraro (1976), num Latossolo Vermelho, sem cultivo, em amostras de 0-20 cm de profundidade, distanciadas de 14,7 em 14,7 m, coletadas com trado. Isto significa que o instrumento de coleta utilizado nos trabalhos supracitados (trado)

teve grande sensibilidade na medição da variabilidade a curta distância de P disponível, pois, em ambos os casos, a amostragem foi feita em áreas sem cultivo.

No entanto, é obvio que áreas onde a adubação foi realizada em linha apresentem maior variabilidade de P disponível do que áreas sem cultivo. Assim, pode-se presumir que a medida da variabilidade (CV), obtida por determinado método, nem sempre corresponde à real variabilidade (s^2) presente no solo, e que, muitas vezes, os programas de adubação são montados sobre bases pouco confiáveis.

Da mesma forma, ao utilizar a pá de corte na coleta de amostras, os valores dos CV obtidos para P e K disponíveis (Quadros 1 e 3) apresentaram magnitudes semelhantes aos valores obtidos por Salet et al. (1996), Schlindwein et al. (1998), Schlindwein & Anghinoni (1998) e Schlindwein & Anghinoni (2000), em diferentes lavouras no sistema plantio direto.

Considerando que a área amostrada neste estudo está há 15 anos sob sistema plantio direto, a semelhança entre as variabilidades obtidas nos diferentes trabalhos não corrobora, em parte, a hipótese de menor variabilidade horizontal no decorrer do tempo, pela não-coincidência das linhas de adubação, sugerida por Anghinoni & Salet (1998), posto que são comparadas lavouras com diferentes tempos de implantação do sistema plantio direto.

Por outro lado, a coleta de amostras com pá de corte, recomendada para o sistema plantio direto, tende a detectar as variabilidades obtidas na maioria dos trabalhos num mesmo nível, pois dilui o efeito das aplicações localizadas dado o elevado volume de solo amostrado, demonstrando que esta técnica (trincheira) pode não ser adequada a essa comparação. Tanto que Schlindwein & Anghinoni (2000), coletando amostras com pá de corte, em lavouras de três a 12 anos sob plantio direto e adubadas em linha, não observaram relação entre as variabilidades das características avaliadas (P e K) e o tempo de cultivo.

Correlações lineares simples dos valores das características da fertilidade do solo obtidos nas

amostras coletadas com pá de corte (PC) com os valores das médias, aritmética (\bar{T}) e ponderada (MP), do grupo correspondente de três amostras simples coletadas com trado, foram significativas, exceto para P disponível, considerando PC e a média aritmética (\bar{T}) (Quadro 4), apresentando, porém, pequenas magnitudes para P (PC-MP), K, Al^{3+} , Ca^{2+} , H + Al e P-rem (Quadro 4).

Considerando que o grupo de amostras coletado com trado (T10, Ts e T40) foi retirado a 90 cm da amostra correspondente coletada com pá de corte (Figura 1), pode-se inferir que a variabilidade das características da fertilidade, especialmente o P disponível, seja influenciada por diferenças de composição a curtas distâncias no solo, como sugerido por van den Hende & Cottenie (1960), Jackson (1970) e Saraiva et al. (1992).

As amostras compostas, formadas a partir de subamostras retiradas das amostras simples (unidades de amostra) coletadas com pá de corte, apresentaram, em média, valores das características da fertilidade do solo semelhantes às médias de todas as unidades de amostra coletadas com pá de corte (Quadros 1, 2, 3 e 5). O mesmo ocorreu nas amostras compostas formadas a partir de subamostras retiradas das amostras simples coletadas com trado de caneca, exceto para Mg^{2+} nas amostras compostas formadas por menor número de amostras simples (6 amostras compostas de 10 amostras simples e 12 amostras compostas de 5 amostras simples) (Quadros 1, 2, 3 e 5).

Este fato demonstra que, para determinada área (talhão), o valor médio de cada característica da fertilidade do solo pode ser obtido pela média das análises das amostras simples (o que encarece o custo do programa de avaliação da fertilidade) ou por análises das amostras compostas formadas a partir das amostras simples, como observado por Santos & Vasconcellos (1987). Neste caso, alguns cuidados devem ser tomados para que as amostras compostas representem fielmente a fertilidade média da área amostrada: o volume de solo retirado para formar cada amostra simples deve ser o mesmo, a homogeneização do conjunto das amostras simples

Quadro 4. Coeficiente de correlação linear simples dos valores das características da fertilidade do solo das amostras coletadas com pá de corte (PC) com as médias aritméticas (\bar{T}) e ponderadas (MP) do grupo correspondente de três amostras simples coletado com trado a 90 cm

Correlação	Característica da fertilidade do solo							P-rem
	pH	P	K	Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	H + Al	
PC- \bar{T}	0,726**	0,321	0,558*	0,607**	0,690**	0,852**	0,696**	0,517*
PC-MP	0,736**	0,576**	0,547*	0,631**	0,750**	0,853**	0,728**	0,597**

°, * e **: Significativos a 10, 5 e 1%, respectivamente.

Quadro 5. Valores médios e coeficientes de variação (C.V.) de características da fertilidade do solo em amostras compostas, por dois sistemas de amostragem, em área há 15 anos sob sistema plantio direto

Correlação	Pá de corte				Trado				
	8 de 3 ⁽¹⁾	3 de 8	2 de 12	1 de 24	12 de 5 ⁽²⁾	6 de 10	3 de 20	2 de 30	1 de 60
pH	5,2	5,2	5,1	5,1	5,3	5,3	5,2	5,2	5,1
C.V. (%)	3,8	1,9	2,0	0,0	3,7	2,0	3,8	3,8	0,0
P, mg dm ⁻³	66,6	68,3	64,8	63,7	83,1	81,6	75,9	79,5	79,9
C.V. (%)	15,5	7,6	14,4	0,0	36,5	16,4	18,2	45,0	0,0
K, mg dm ⁻³	123,0	117,0	120,0	116,0	104,0	108,0	108,0	104,0	106,0
C.V. (%)	14,8	2,0	2,3	0,0	19,6	17,1	7,4	13,6	0,0
Al ³⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,26	0,27	0,35	0,40	0,24	0,22	0,27	0,25	0,30
C.V. (%)	34,6	55,6	20,0	0,0	20,8	18,2	22,2	28,0	0,0
Ca ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	2,16	2,12	2,14	2,24	2,55	2,62	2,47	2,24	2,20
C.V. (%)	18,5	14,2	5,1	0,0	24,7	10,7	19,0	25,4	0,0
Mg ²⁺ , cmol _c dm ⁻³	0,62	0,65	0,61	0,63	0,53	0,54	0,51	0,48	0,49
C.V. (%)	14,5	18,5	6,6	0,0	15,1	9,3	7,8	0,0	0,0
H + Al, cmol _c dm ⁻³	5,53	5,28	5,78	5,61	5,72	5,78	5,72	5,78	5,61
C.V. (%)	9,9	6,3	4,0	0,0	5,6	4,8	3,3	4,0	0,0
P-rem, mg L ⁻¹	34,30	34,60	34,30	36,30	31,98	31,20	31,40	31,00	31,60
C.V. (%)	3,7	4,5	6,0	0,0	5,0	2,6	3,1	5,3	0,0

⁽¹⁾ r amostras compostas formadas por n amostras simples coletadas com pá de corte, no caso oito amostras compostas formadas por três amostras simples. ⁽²⁾ r amostras compostas formadas por n amostras simples coletadas com trado, no caso 12 amostras compostas formadas por cinco amostras simples.

deve ser muito bem feita e, principalmente, o local de coleta da amostra simples deve ser considerado, caso a amostragem seja feita com trado em áreas que receberam adubação em linha.

Nos quadros 6 e 7, pode-se observar a influência do local de coleta das amostras simples com trado no teor médio de P disponível em cada amostra composta. A escolha das amostras simples, que compuseram cada amostra composta (no estudo, foram utilizadas subamostras para formação de diferentes amostras compostas), foi realizada de forma aleatória. Portanto, em alguns casos, o número de amostras simples coletadas no sulco de plantio e utilizado na mistura foi maior do que das amostras simples coletadas externamente ao sulco, gerando maiores teores de P disponível nas respectivas amostras compostas formadas (Quadro 6).

Este fato pode também ser observado, quando se comparam os teores de P disponível obtidos nas amostras compostas com a média das amostras simples utilizadas na formação da amostra composta correspondente (Quadro 7), demonstrando que, em ambos os casos, as variações dos teores individuais das amostras simples influenciaram igualmente as médias, tanto que foram iguais pelo teste t de Student a 5 % (Quadro 7). Atribui-se a semelhança observada entre médias, em 100 % das comparações,

ao fato de que a amostra composta foi formada por amostras simples de mesmo volume (medido pela massa da subamostra), reafirmando a necessidade de coletar amostras simples de mesmo volume, ou seja, mesma seção horizontal, à mesma profundidade.

Os CV obtidos nas amostras compostas foram menores do que os obtidos nas amostras simples, tanto de trado quanto de pá de corte (Quadros 1, 3 e 5), concordando com os resultados obtidos por Santos & Vasconcellos (1987).

Cantarutti et al. (1999) recomendam, independentemente da profundidade de amostragem, a coleta de 20 a 30 amostras simples, retiradas com trado, ou a parte central de uma fatia retirada com pá de corte (prisma com área de 4 x 4 cm), para formar uma amostra composta representativa de área homogênea sob sistema plantio convencional. Da mesma forma, recomendam, independentemente da profundidade de amostragem, a coleta de 10 a 15 fatias de solo de 3-5 cm de espessura, retiradas com pá de corte, transversalmente aos sulcos e no espaço compreendido entre os pontos médios entre sulcos, de forma que a linha de adubação fique centralizada na fatia de solo, para formar uma amostra composta representativa de área homogênea sob sistema plantio direto.

Quadro 6. Teores, médias, desvios-padrão e coeficientes de variação (C.V.) de fósforo disponível em amostras compostas e número das respectivas amostras simples coletadas com trado, em área há 15 anos sob sistema plantio direto

Amostra	12 de 5 ⁽¹⁾	nT ⁽²⁾			6 de 10	nT			3 de 20	nT			2 de 30	nT		
		10	s	40		10	s	40		10	s	40		10	s	40
	mg dm ⁻³				mg dm ⁻³				mg dm ⁻³				mg dm ⁻³			
1	116,4	2	2	1	92,9	4	3	3	91,3	5	9	6	54,2	11	5	14
2	53,8	2	0	3	88,9	2	3	5	71,7	9	4	7	104,8	9	15	6
3	72,5	1	3	1	96,1	1	5	4	64,6	6	7	7				
4	56,6	2	1	2	66,9	3	3	4								
5	76,1	1	2	2	80,5	7	2	1								
6	103,6	1	3	1	64,6	3	4	3								
7	122,8	2	3	0												
8	129,1	2	3	0												
9	51,4	2	0	3												
10	89,3	2	2	1												
11	37,4	1	0	4												
12	88,5	2	1	2												
\bar{Y}	83,1				81,6				75,9				79,5			
s	30,31				13,38				13,83				35,81			
C.V. (%)	36,47				16,40				18,22				45,04			

⁽¹⁾ r amostras compostas formadas por n amostras simples, no caso, 12 amostras compostas formadas por cinco amostras simples.

⁽²⁾ Número de amostras simples – nT10 (a 10 cm do sulco de plantio), nTs (no sulco de plantio) e nT40 (a 40 cm do sulco de plantio).

Quadro 7. Teores de fósforo disponível em amostras compostas de n simples, média das análises das respectivas amostras simples (\bar{Y} S) coletadas com trado e valores do teste t de Student para comparar estas duas médias, em área há 15 anos sob sistema plantio direto

Nº	12 de 5 ⁽¹⁾	\bar{Y} S	t ⁽²⁾	6 de 10	\bar{Y} S	t ⁽²⁾	3 de 20	\bar{Y} S	t ⁽²⁾	2 de 30	\bar{Y} S	t ⁽²⁾	1 de 60	\bar{Y} S	t ⁽²⁾
	—mg dm ⁻³ —			—mg dm ⁻³ —			—mg dm ⁻³ —			—mg dm ⁻³ —			—mg dm ⁻³ —		
1	116,4	95,1	-1,786	92,9	88,8	-0,193	91,3	97,6	0,448	54,2	62,3	0,768	79,9	80,7	0,013
2	53,8	59,1	0,335	88,9	82,3	-0,389	71,7	70,0	-0,189	104,8	99,1	-0,538			
3	72,5	75,2	0,152	96,1	82,9	-0,683	64,6	74,4	0,603						
4	56,6	59,2	0,363	66,9	81,1	0,857									
5	76,1	80,7	0,263	80,5	74,1	-0,247									
6	103,6	106,6	0,078	64,6	75,0	0,591									
7	122,8	117,6	-0,135												
8	129,1	127,3	-0,038												
9	51,4	41,5	-1,056												
10	89,3	83,5	-0,192												
11	37,4	36,7	-0,131												
12	88,5	85,8	-0,079												
\bar{Y}	83,1	80,7		81,6	80,7		75,9	80,7		79,5	80,7		79,9	80,7	

⁽¹⁾ r amostras compostas formadas por n amostras simples, no caso, 12 amostras compostas formadas por cinco amostras simples.

⁽²⁾ Não-significativo a 5 %.

Esta recomendação demonstra que os autores consideraram, devido ao número de amostras simples preconizado, haver maior variabilidade no sistema plantio convencional, em relação ao sistema plantio direto, pois o número de amostras é

diretamente proporcional aos CV das características da fertilidade do solo, dada a fórmula utilizada para cálculo (Equação 1).

Essa maior variabilidade no sistema plantio convencional pode ser consequência do instrumento

utilizado para coleta de amostras. No plantio convencional, as amostras são coletadas com trado ou utiliza-se a parte central de uma pequena fatia de solo. Essas formas de amostragem, considerando o pequeno volume de solo amostrado ($\cong 0,23$ a $0,32 \text{ dm}^3$), tendem a apresentar maior variabilidade do que a coleta de amostras com pá de corte utilizada no sistema plantio direto ($\cong 4,5 \text{ dm}^3$), como ficou claro pelos resultados apresentados neste estudo, comparando as duas formas de amostragem numa mesma área sob plantio direto (Quadros 1 e 3).

A amostragem no sistema de plantio convencional é, além disso, geralmente realizada depois da colheita e antes de novo preparo do solo. Ora, a manutenção de linhas de adubação é apresentada como a geradora de elevada variabilidade no sistema plantio direto (Salet et al., 1996; Anghinoni & Salet, 1998; Schlindwein & Anghinoni, 1998). Assim, no momento da amostragem realizada com trado, no sistema plantio convencional, a variabilidade tende a ser maior ou, no mínimo, igual à variabilidade obtida no sistema plantio direto com pá de corte, independentemente do tempo de adoção do plantio direto. Portanto, a variabilidade no sistema de plantio convencional seria menor do que no sistema plantio direto apenas se a amostragem fosse realizada após a aração e gradagem, não no momento geralmente utilizado para coleta de amostras.

Uma baixa probabilidade de erro ($\alpha = 0,05$ e desvio f em relação à média de 10 %), se utilizada na equação 1, para o cálculo do número de amostras simples a serem coletadas, pode indicar o grau de confiabilidade e de representatividade dos resultados obtidos na amostra composta formada. Nesta condição, a coleta de pequeno número de amostras simples, tanto de pá de corte quanto de trado, é necessária para pH (H_2O), H + Al e P-rem (Quadro 8), posto que estas características apresentaram pequena variabilidade (Quadro 1).

Por outro lado, ao utilizar $\alpha = 0,05$ e desvio f em relação à média de 10 %, para calcular o número de

amostras simples para as características da fertilidade do solo que apresentaram maior variabilidade, o número de amostras simples obtido foi muito superior ao recomendado por Cantarutti et al. (1999) (Quadro 9). No quadro 9, não se deve dar importância ao número de amostras simples calculado com o CV de Al^{3+} e de Mg^{2+} , uma vez que estes valores foram elevados, dada a pequena magnitude da média apresentada por estas características, como já discutido anteriormente.

Schlindwein & Anghinoni (2000) consideram a utilização de $\alpha = 0,05$ e $f = 10$ % demasiadamente exigente para as condições de lavoura, tendo em vista os possíveis erros laboratoriais, inerentes às instalações, equipamentos, pessoal e limitações dos próprios métodos de análise. Por isso, os mesmos autores recomendam a utilização de $\alpha = 0,05$ e $f = 20$ %, valores mais compatíveis às condições de lavoura por gerarem um menor número de amostras simples por amostra composta representativa de área homogênea.

Considerando a proposta de Schlindwein & Anghinoni (2000), na prática, mais exequível, o número de amostras simples calculado para as características da fertilidade do solo que apresentaram maior variabilidade passa a ser compatível às condições de campo e, dentro do limite recomendado por Cantarutti et al. (1999), quando se considera a amostragem com pá de corte (Quadro 9).

Nessa mesma condição ($\alpha = 0,05$ e $f = 20$ %), o número de amostras simples calculado com o CV das 60 amostras coletadas com trado continuou elevado para P disponível (Quadro 9). Dessa forma, para a coleta de 20 e 30 amostras simples com trado de caneca, considerando a variabilidade de P disponível (60 amostras) e $\alpha = 0,05$, deve ser aceito um desvio f em torno da média de 33,5 e 27,3 %, respectivamente.

Com base nesse resultado, é fácil compreender porque a pá de corte é utilizada como instrumento de coleta de amostras de solo no sistema plantio direto, mesmo sendo um método mais laborioso do que a coleta de amostras com trado.

Quadro 8. Número de amostras simples calculado para formar uma amostra composta, considerando a variabilidade das características pH (H_2O), H + Al e P-rem, em área há 15 anos sob sistema plantio direto, para $\alpha = 0,05$ e $f = 10$ %

Característica	Número de amostras simples ⁽¹⁾			
	Pá de Corte	Trado ⁽²⁾	Trado (\bar{T}) ⁽³⁾	Trado (MP) ⁽⁴⁾
pH (H_2O)	1	1	1 (3)	1 (3)
H + Al	2	4	3 (9)	3 (9)
P-rem	5	4	3 (9)	3 (9)

⁽¹⁾ $n = (t_{\alpha/2} \cdot CV / f)^2$. ⁽²⁾ n calculado com o CV das 60 amostras coletadas com trado. ⁽³⁾ n calculado com o CV da média aritmética dos três locais de amostragem com trado ($T_{10} + T_s + T_{40}$). ⁽⁴⁾ n calculado com o CV da média ponderada dos três locais de amostragem com trado ($(2T_{10} + T_s + 3T_{40})/6$); () entre parêntesis o número efetivo de amostras a ser coletado, por se tratar do CV da média de três locais de amostragem.

Quadro 9. Número de amostras simples calculado para formar uma amostra composta, com base na variabilidade de fósforo e potássio disponíveis, e cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, em área há 15 anos sob sistema plantio direto, considerando $\alpha = 0,05$ e $f = 10$ e 20 %

Característica	Nº de amostras simples ⁽¹⁾	
	$\alpha = 0,05$	
	$f = 10$ %	$f = 20$ %
P (pá de corte)	41	10
P (trado) ⁽²⁾	224	56
P (\bar{T}) ⁽³⁾	45 (135)	11 (33)
P (MP) ⁽⁴⁾	34 (102)	9 (27)
K (pá de corte)	26	7
K (trado)	65	16
K (\bar{T})	27 (81)	7 (21)
K (MP)	34 (102)	9 (27)
Ca ²⁺ (pá de corte)	30	8
Ca ²⁺ (trado)	57	14
Ca ²⁺ (\bar{T})	27 (81)	7 (21)
Ca ²⁺ (MP)	25 (75)	6 (18)
Mg ²⁺ (pá de corte)	32	8
Mg ²⁺ (trado)	70	17
Mg ²⁺ (\bar{T})	62 (186)	15 (45)
Mg ²⁺ (MP)	63 (189)	16 (48)
Al ³⁺ (pá de corte)	73	18
Al ³⁺ (trado)	124	31
Al ³⁺ (\bar{T})	92 (276)	23 (69)
Al ³⁺ (MP)	87 (261)	22 (66)

⁽¹⁾ $n = (t_{\alpha/2} CV / f)^2$. ⁽²⁾ n calculado com o CV das 60 amostras coletadas com trado. ⁽³⁾ n calculado com o CV da média aritmética dos três locais de amostragem com trado ($T_{10} + T_s + T_{40}$). ⁽⁴⁾ n calculado com o CV da média ponderada dos três locais de amostragem com trado ($(2T_{10} + T_s + 3T_{40})/6$); () entre parêntesis o número efetivo de amostras a ser coletado, por se tratar do CV da média de três locais de amostragem.

Por outro lado, o número de amostras simples calculado ($\alpha = 0,05$ e $f = 20$ %) com o CV da média ponderada (MP) dos três locais de amostragem com trado foi inferior, para P disponível, ao calculado com o CV da média aritmética (\bar{T}) e ao calculado com o CV das 60 amostras simples coletadas com trado (Quadro 9), sendo um número muito mais coerente às práticas de campo.

A média ponderada dos três locais de amostragem com trado, utilizada neste estudo, pode ser extrapolada para o campo, fazendo-se a coleta localizada de 17 % das amostras no sulco de plantio, 33 % a 10 cm do sulco e 50 % no ponto médio entre sulcos.

Para validar esse tipo de amostragem localizada, foram realizadas simulações de amostragem, gerando-se 15 amostras compostas, formadas, cada uma, por cinco amostras (17 %) escolhidas aleatoriamente no grupo de 20 amostras coletadas com trado no sulco de plantio, nove (33 %) amostras no grupo de 20 amostras coletadas a 10 cm do sulco e 13 (50 %) amostras no grupo de 20 amostras coletadas no ponto médio entre sulcos, do total de 27 amostras simples preconizado para P disponível, utilizando-se a média ponderada (MP) (Quadro 9).

Para todas as características de fertilidade estudadas, as médias das 15 amostras compostas (simulações) foram muito semelhantes aos valores obtidos, quando foi estimada a média ponderada (MP) dos três locais de amostragem com trado (Quadros 1, 3 e 10). Além disso, o maior desvio f em relação à média das 15 amostras compostas simuladas foi de 13 % para P disponível (Quadro 10). Esses resultados validam a coleta localizada de amostras de solo com trado de caneca, para o sistema plantio direto, dentro da probabilidade de erro ($\alpha = 0,05$ e $f = 20$ %) sugerida por Schindwein & Anghinoni (2000).

Quadro 10. Médias, desvios-padrão, coeficientes de variação, diferenças entre as maiores e menores observações ($Y > - Y <$), limites superior (Ls) e inferior (Li) de características da fertilidade do solo e desvios em relação à média (f %), obtidos em 15 amostras compostas simuladas, utilizando-se a média ponderada ($(2T_{10} + T_s + 3T_{40})/6$), em área há 15 anos sob sistema plantio direto

Característica	\bar{Y}	s	C.V.	$Y > - Y <$ ⁽¹⁾	Ls ⁽²⁾	Li	f ⁽³⁾
			%				%
pH	5,14	0,033	0,65	0,10	5,19	5,09	1
P (mg dm ⁻³)	65,20	5,702	8,75	17,63	73,80	56,50	13
K (mg dm ⁻³)	90,50	4,725	5,22	17,07	97,71	83,38	8
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,27	0,021	8,02	0,08	0,30	0,24	11
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,29	0,092	4,00	0,33	2,43	2,15	6
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,37	0,018	5,05	0,06	0,39	0,34	7
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	5,88	0,090	1,54	0,32	6,02	5,74	2
P-rem (mg L ⁻¹)	32,59	0,441	1,35	1,20	33,26	31,92	2

⁽¹⁾ Maiores e menores teores das 15 amostras compostas simuladas. ⁽²⁾ Calculados segundo método de comparação da FAO ($Ls = \bar{y} + t_{0,05/2} \times s / \sqrt{2}$; $Li = \bar{y} - t_{0,05/2} \times s / \sqrt{2}$). ⁽³⁾ $f = 100((Ls - \bar{y})/\bar{y}) = 100((\bar{y} - Li)/\bar{y})$.

Assim, pode-se recomendar a coleta, com trado de caneca, de cinco amostras no sulco de plantio, nove amostras a 10 cm do sulco e 13 amostras no ponto médio entre sulcos, para o sistema plantio direto. Sugere-se, também, essa forma de amostragem para o plantio convencional, caso a coleta de amostras seja realizada depois da colheita e antes de novo preparo do solo.

Dessa forma, deve-se considerar o trabalho necessário para coletar dez amostras com pá de corte ou 27 amostras com trado, pois, uma vez que ambos os métodos caracterizam corretamente a fertilidade média da área amostrada, não se justifica maior esforço de amostragem tampouco maior tempo de execução.

CONCLUSÕES

1. Os teores de K disponível, Mg^{2+} trocável e os valores de H+Al foram os únicos que diferiram ao se proceder à amostragem com pá de corte ou com trado de caneca.

2. Na amostragem com trado de caneca, a variabilidade de todas as características avaliadas e o número calculado de amostras simples necessário à formação de uma amostra composta foram maiores do que na amostragem com pá de corte; todavia, a amostragem localizada com trado (17 % das amostras no sulco de plantio, 33 % a 10 cm do sulco e 50 % no ponto médio entre sulcos) e a amostragem com pá de corte proporcionaram variabilidades muito semelhantes.

3. A variabilidade foi baixa para P-rem, H + Al e pH (H_2O) e alta para P, Al^{3+} , Mg^{2+} , K e Ca^{2+} .

4. Pequeno número de amostras simples, utilizando-se a pá de corte ou o trado de caneca, foi necessário para formar uma amostra composta, dentro dos limites que conferem maior exatidão ($\alpha = 0,05$ e $f = 10\%$), para pH (H_2O), H + Al e P-rem; Porém, para P disponível, o número de amostras simples foi muito elevado nesta condição.

5. Considerando limites menos exigentes ($\alpha = 0,05$ e $f = 20\%$), 10 amostras simples coletadas com pá de corte ou 27 amostras simples coletadas de forma localizada com trado de caneca (cinco amostras coletadas no sulco de plantio, nove coletadas a 10 cm do sulco e 13 coletadas no ponto médio entre sulcos) foram necessárias à formação de uma amostra composta representativa da área há 15 anos sob sistema plantio direto.

6. As análises das amostras compostas, tanto de pá de corte quanto de trado, apresentaram valores semelhantes às médias das análises das respectivas amostras simples, caracterizando corretamente a fertilidade média da unidade de amostragem.

LITERATURA CITADA

- ALVAREZ V., V.H. & CARRARO, I.M. Variabilidade do solo numa unidade de amostragem em solos de Cascavel e de Ponta Grossa, Paraná. R. Ceres, 23:503-510, 1976.
- ALVAREZ V., V.H.; CAJUSTE, L.J. & CRUZ DIAZ, J. Estudio de la variabilidad en el contenido de fósforo del suelo en función de las dosis y ubicación del fertilizante fosfatado en un experimento de maíz (*Zea mays* L.). Agrociencia, 64:23-32, 1986.
- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E. & OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente, B. Inf., SBCS, 52:27-32, 2000.
- ALVES, J.F.O. Amostragem e análise da variabilidade de algumas características químicas e físicas de quatro solos de Minas Gerais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 64p. (Tese de Mestrado)
- ANGHINONI, I. & SALET, R.L. Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N.J., ed. Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p.27-52.
- BARRETO, A.C.; NOVAIS, R.F. & BRAGA, J.M. Determinação estatística do número de amostras simples de solo por área para avaliação da sua fertilidade. R. Ceres, 21:142-147, 1974.
- CANTARUTTI, R.B.; ALVAREZ V., V.H. & RIBEIRO, A.C. Amostragem do solo. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª Aproximação). Viçosa, MG, 1999. p.13-20.
- JACKSON, M.L. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1970. 489p.
- SALET, R.L.; KRAY, C.H.; FORNARI, T.G.; CONTE, E.; KOCHHANN, R.A. & ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal e amostragem de solo no sistema plantio direto. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1., Lages, 1996. Resumos Expandidos. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p.74-76.
- SANTOS, H.L. & VASCONCELOS, C.A. Determinação do número de amostras de solo para análise química em diferentes condições de manejo. R. Bras. Ci. Solo, 11:97-100, 1987.
- SARAIVA, O.F.; ALVAREZ V., V.H. & COSTA, L.M. Variabilidade de algumas características físicas e químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico distrófico. R. Ceres, 39:529-541, 1992.
- SCHLINDWEIN, J.A. & ANGHINONI, I. Variabilidade dos índices de fertilidade do solo no sistema plantio direto e coletas de amostras representativas. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2., Santa Maria, 1998. Resumos Expandidos. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p.142-145.
- SCHLINDWEIN, J.A. & ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal de atributos de fertilidade e amostragem do solo no sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 24:85-91, 2000.

- SCHLINDWEIN, J.A.; SALET, R.L. & ANGHINONI, I. Variabilidade dos índices de fertilidade do solo no sistema plantio direto e coletas de amostras representativas do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., Caxambú, 1998. Resumos. Caxambú, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p.265.
- van den HENDE, A. & COTTENIE, A. L'estimation de la fertilité du sol par les méthodes chimiques nouvelles. In: Comp. Rend. des Recherches; Travaux du Centre de Chemie Physique Agricole. Bruxelles. IRSIA, 25:27:174, 1960.