

## A IMPORTÂNCIA DA SUBAMOSTRAGEM PARA CARACTERIZAÇÃO DE ATRIBUTOS DE FERTILIDADE DO SOLO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES

PEDRO R. ZOLIN<sup>1</sup>, EURIANA M. GUIMARÃES<sup>2</sup>, ZIGOMAR M. DE SOUZA<sup>3</sup>,  
MAURÍCIO R. CHERUBIN<sup>4</sup>, LUCAS R. DO AMARAL<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP, pedro.zolin@feagri.unicamp.br

<sup>2</sup>Eng. Agrícola, Doutoranda em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, CAMPINAS-SP

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, Professor titular, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo, Professor Doutor, ESALQ/USP, Piracicaba-SP

<sup>5</sup>Eng. Agrônomo, Professor Associado, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP

Apresentado no  
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024  
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

**RESUMO:** O mapeamento de atributos de fertilidade do solo em agricultura de precisão é geralmente realizado a partir de coleta de amostras em malha seguido por interpolação. Cada ponto dessa grade amostral é composto pela coleta de algumas subamostras, buscando diluir variações locais. Porém, a importância dessa coleta de subamostras, muitas vezes, é subvalorizada. Assim, neste trabalho demonstra-se o grau de variabilidade que alguns atributos de fertilidade do solo apresentam entre as subamostras como o teor de matéria orgânica (MO), pH, capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por Bases (V%) em duas profundidades (0,00-0,20 m e 0,20-0,40 m). Foi avaliado a dispersão de valores de subamostras coletadas em três pontos amostrais, em duas profundidades, em uma área produtora de grãos. Verifica-se dispersão dos valores, com coeficiente de variação (CV) de 9,00-22,19% para MO, 3,42-9,68% para pH, 5,14-22,01% para CTC e 7,71-30,95% para V%. No geral, recomenda-se coletar ao menos cinco subamostras para representar um único ponto.

**PALAVRAS-CHAVE:** amostragem; fertilidade de solo, mapeamento digital de solos

## THE IMPORTANCE OF SUBSAMPLING FOR CHARACTERIZING SOIL FERTILITY ATTRIBUTES AT DIFFERENT DEPTHS

**ABSTRACT:** Mapping of soil fertility attributes in precision agriculture is usually performed by collecting samples in a grid followed by interpolation. Each point of this sampling grid is composed of the collection of some subsamples, seeking to dilute local variations. However, the importance of this collection of subsamples is often undervalued. Thus, this work demonstrates the degree of variability that some soil fertility attributes present between the subsamples such as organic matter (OM) content, pH, cation exchange capacity (CEC) and base saturation (V%) at two depths (0.00-0.20 m and 0.20-0.40 m). The dispersion of values of subsamples collected at three sampling points, at two depths, in a grain producing area was evaluated. There is dispersion of values, with a coefficient of variation (CV) of 9.00-22.19% for MO, 3.42-9.68% for pH, 5.14-22.01% for CTC and 7.71-30.95% for V%. In general, it is recommended to collect at least five subsamples to represent a single point.

**KEYWORDS:** sampling; soil fertility; digital soil mapping

**INTRODUÇÃO:** Os atributos do solo variam ao longo das áreas agrícolas (CAMBARDELLA; KARLEN, 1999). Para o mapeamento desses atributos e a criação de mapas de prescrição de fertilizantes em agricultura de precisão, o que predomina é a amostragem de solo em malha (COLAÇO; MOLIN, 2014). Estabelecer um plano de amostragem do solo é uma das etapas mais importante. Nesse sentido, quando se busca representar adequadamente um ponto amostral, é necessário definir um número de subamostras (SA) que será utilizado para representar uma amostra composta. O que possibilita reduzir possíveis efeitos locais que contaminariam a investigação (MOLIN et al., 2015). Entretanto, um número equivocado de SA pode prejudicar o resultado, segundo

Molin et al (2015), é recomendado que na amostragem em malha por ponto para mapeamento de fertilidade do solo, o número de SA deve ser entre oito e dez. Tal número seria suficiente para diluir possíveis riscos locais de contaminação da amostra. No entanto, há carência de estudos quanto a essa demanda por SA. Contudo, carecem ainda mais pesquisas que direcionem como a amostragem de atributos de fertilidade deve ser feita quando estudadas variações em diferentes profundidades, muito menos que abordem a demanda por SA para essa variação. Assim, este trabalho analisou a variação das subamostras de fertilidade de modo a demonstrar a importância da coleta de SA para compor as amostras compostas e representar adequadamente os pontos em cada profundidade.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A área de estudo foi uma gleba produtora de grãos de 103 ha, localizada no município de Cosmópolis-SP. A classificação taxonômica dos solos foi realizada nessa área, assim como o levantamento da suscetibilidade magnética aparente do solo (SMA – sensor EM38-MK2, Geonics). Seis safras de grãos foram mapeadas, resultando em um mapa de produtividade média e outro do desvio padrão. Todos os dados foram projetados para o datum WG84 e sistema de coordenadas planas, UTM, zona 23 sul. Como a área de estudo apresenta uma região com um Gleissolo e o restante com Latossolo, optou-se por dividi-la em três macro-regiões, uma relativa ao Gleissolo e outras duas em função da variação textural dos Latossolos. Em cada macro-região foi definido três pontos de coleta de solos (Figura 1A), sendo que para a alocação desses pontos, foi utilizada a variabilidade observada nas camadas de informação da SMA, produtividade média e desvio padrão da produtividade, buscando pontos mais divergentes nesses atributos. Em cada ponto amostral, foram coletadas nove SA de solo deformado com um trado holandês, espaçadas 2,5 m num raio de 5 m (Figura 1B), na profundidade de 0,00-0,20 m. Além disso, para cada macro-região, foi definido um dos pontos amostrais para serem coletadas amostras de 0,20-0,40 m. Sendo coletados 108 amostras deformadas no período de novembro de 2023 para análise da fertilidade do solo.

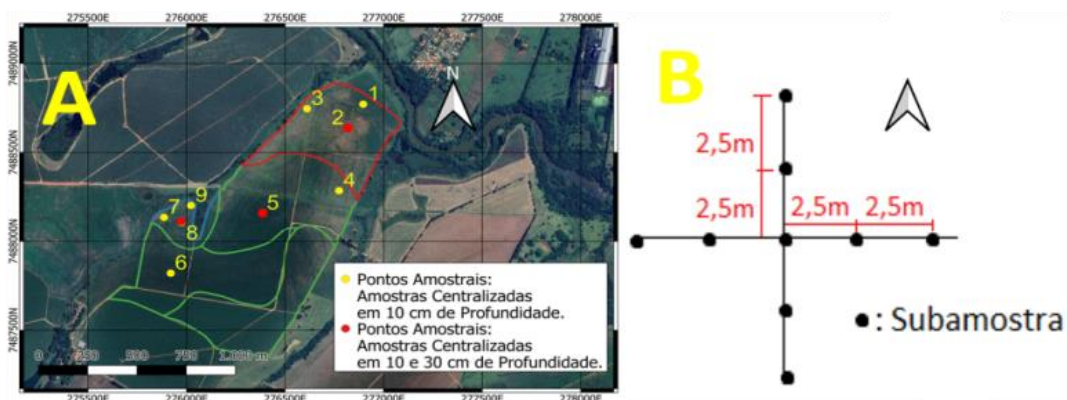


FIGURA 1. Localização georreferenciada dos pontos amostrais na área (A) e esquema de coleta de SA para cada ponto amostral, onde cada SA foi espaçada em 2,5 metros (B).

As amostras foram encaminhadas para laboratório comercial para caracterização da fertilidade química do solo seguindo metodologia de Raij et al. (2001). Optou-se por explorar individualmente quatro atributos que compõem a química do solo: teor de matéria orgânica (MO), pH, capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%) e analisar a variabilidade das SA nas duas profundidades.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O pH apresentou maior variação (Figura 2B), com classes de teores de acidez “baixa”, “média”, “alta” e “muito alta” (CANTARELLA et al., 2022) e, observa-se que as SA coletadas no mesmo ponto podem estar presentes em classes de disponibilidades distintas, o que geraria grande alteração nas doses de fertilizantes recomendadas. O coeficiente de variação (CV) demonstrou dispersões parecidas entre as SA para as profundidades de 0,00-0,20 m e 0,20-0,40 m. A necessidade de SA ocorreu, mas as quantidades a se coletar podem ser parecidas para ambas às profundidades.

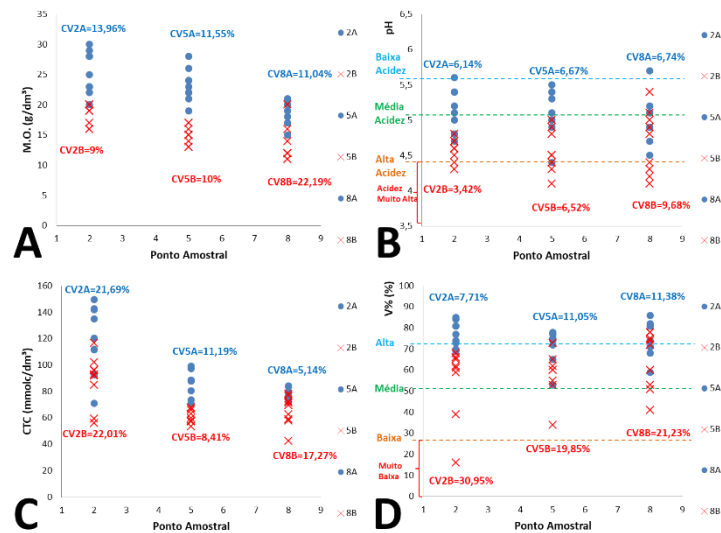


FIGURA 2. Dispersão dos valores das SA (pontos em azul) para M.O. (A), pH (B), CTC (C) e V% (D), indicando classes de teores e coeficiente de variação para cada amostra composta. SA representadas com “X” vermelho se referem às coletadas em profundidade de 0,20-0,40 m.

De modo similar para a V% (Figura 2D), apresentou as classes de teores “muito baixa”, “baixa”, “média” e “alta” (CANTARELLA et al., 2022) e, por meio d CV, verifica-se maior diferença nas dispersões em relação as profundidades estudadas, sendo que na profundidade de 0,00-0,20 m as SA apresentaram duas classes de valores, no entanto, para as SA de 0,20-0,40 m, a dispersão teve três classes de valores e o coeficiente de variação foi praticamente o dobro. Assim, tem uma maior necessidade de SA para os dados na profundidade de 0,20-0,40 m. Para os dados da MO e CTC, não estão bem definidos nas classes de valores, mas o coeficiente de variação foi baixo. Analisando os dados da MO (Figura 2A), observa-se que as dispersões são menores em relação aos outros atributos avaliados em ambas as profundidades, com necessidades menores de SA para as duas profundidades. Para os dados da CTC (Figura 2C) verifica-se que a dispersão em ambas as camadas foi no geral parecida, com exceção ao ponto 8B, que foi um pouco maior, de acordo com o CV. No geral, os coeficientes de variação foram alto para todos os casos, mas analisando a dispersão dos valores, bem como as classes de teores para os dados de pH e V%, fica evidente a importância da coleta de SA para representar um único ponto amostral.

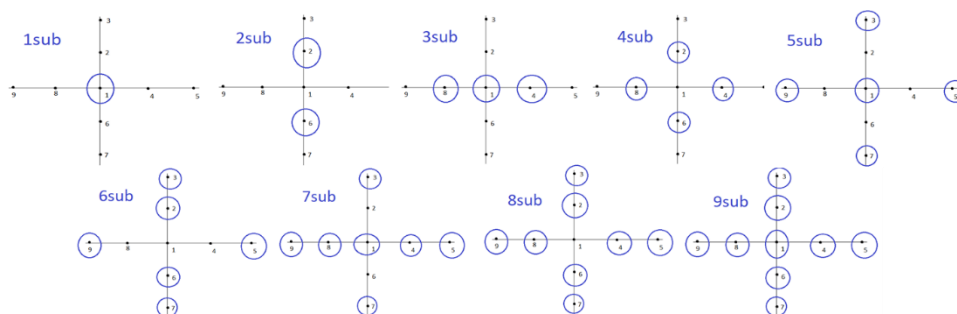


FIGURA 3. Simulação do número de SA para representar um ponto amostral (valor médio); cenários com 1 a 9 SA, sendo que as SA com círculo representam as que foram usadas no cálculo da média.

Em sequência, foi feito um teste calculando o valor médio para cada ponto amostral a partir de configurações de subamostragens pré-definidas (Figura 4), simulando possíveis coletas no campo (Figura 3). Nesse caso, fica evidente que para o dados do pH, CTC e V%, cinco SA

são suficientes para estabilizar a média em ambas as profundidades, contudo no caso do V%, as SA de 0,20-0,40 m são mais instáveis que na profundidade de 0,00-0,20 m, de modo que idealizam-se a coleta de seis SA para a profundidade de 0,20-0,40 m. Para os dados da MO esse número pode ser menor, observando uma dispersão bem mais baixa, sendo que três SA são suficientes para estabilizar a média em ambas as profundidades avaliadas.

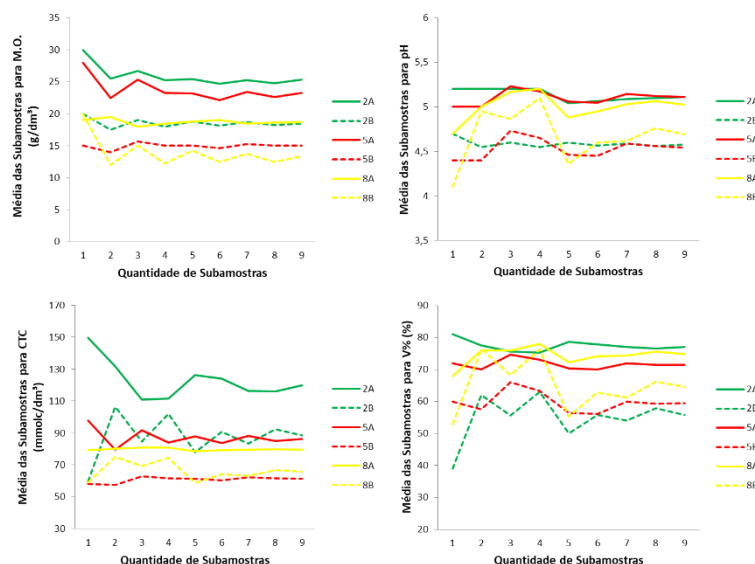


FIGURA 4. Valores médios de cada atributo do solo estudados, em função do número de subamostras utilizado no cálculo. Linhas tracejadas representam as coletas de 0,20-0,40 m de profundidade e linhas contínuas na profundidade de 0,00-0,20 m.

**CONCLUSÕES:** Os atributos pH, CTC e V% apresentaram dispersão semelhante, mas considerável, nos valores de subamostras nas duas profundidades, o V% foi mais instável na profundidade de 0,20-0,40 m e, a MO mais variável nas profundidades estudadas. Desse modo, é conclusivo que a coleta de subamostras para representar uma amostra composta é fundamental para interpretação dos níveis de fertilidade do solo, principalmente quando se almeja criar mapas no âmbito da agricultura de precisão. Para o pH, CTC e V% na profundidade de 0,00-0,20 m, cinco subamostras são suficientes para representar uma amostra composta. Na profundidade de 0,20-0,40 m, o número de subamostras não deve ser inferior a cinco para o pH e CTC, enquanto para a V% recomenda-se ao menos seis subamostras. Porém, para a matéria orgânica três subamostras são suficientes para representar o ponto.

**AGRADECIMENTOS:** Aos alunos dos laboratórios de Solos e de Agricultura de Precisão da FEAGRI/UNICAMP. Ao grupo SOHMA-ESALQ pela orientação técnica e ao apoio do CNPq com bolsa de Iniciação Científica ao primeiro autor e à FAPESP pelo apoio financeiro ao projeto (Processo: 2022/03160-8.).

#### REFERÊNCIAS:

- CAMBARDELLA, C. A.; KARLEN, D. L. Spatial analysis of soil fertility parameters. **Precision Agriculture**, v.1, p.5-14, 1999.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; DIRCEU MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; VAN RAIJ, B. (Eds.). **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2022.
- COLAÇO, A. F.; MOLIN, J. P. **Amostragem georreferenciada - Boletim Técnico 02**. Laboratório de Agricultura de Precisão, Departamento de Engenharia de Biosistemas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2014.
- MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. **Agricultura de Precisão**. São Paulo: Oficina de Textos. 2015, 238 p.
- RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 285 p.