

DIRECIONAMENTO AMOSTRAL COM BASE EM ZONAS PARA MAPEAMENTO DA FERTILIDADE DO SOLO: MELHOR OPÇÃO DO QUE A GRADE REGULAR?

**DERLEI DIAS MELO¹, ISABELLA ALVES CUNHA², HENRIQUE OLDONI³,
LUCAS RIOS DO AMARAL⁴**

¹ Mestrando em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, derlei.melo@feagri.unicamp.br

² Mestranda em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, isabella.cunha@feagri.unicamp.br

³ Pós-doc em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, holdoni@unicamp.br

⁴ Professor Doutor, Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, Lucas.amaral@feagri.unicamp.br

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO:

Neste estudo, tivemos como objetivo realizar uma comparação entre interpolações de baixa densidade amostral utilizando grade regular e grade direcionada. Uma grade regular com baixa densidade tende a não caracterizar de forma fiel a variabilidade espacial do solo, por isso com a grade direcionada espera-se que cubra as áreas que possuam maior variabilidade espacial dos atributos do solo. Esta última foi criada com zonas baseadas na suscetibilidade magnética do solo e no índice de vegetação (EVI). Os resultados não indicaram uma melhoria consistente nos mapas de fertilidade do solo ao utilizar o direcionamento amostral em comparação com a grade regular. Ambas as abordagens possuem vantagens e desvantagens, sendo a escolha dependente dos objetivos e características específicas da área em análise. Entretanto, para aprimorar o direcionamento por zonas, recomenda-se a inclusão de outras variáveis que possam contribuir para melhorar a qualidade das interpolações em situações de baixa densidade amostral.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de precisão, fertilidade do solo, sensoriamento remoto.

ZONE-BASED SAMPLE TARGETING FOR SOIL FERTILITY MAPPING: A BETTER OPTION THAN REGULAR GRID?

ABSTRACT:

In this study, our aim was to compare low-density interpolation using regular grid and directed grid. A low-density regular grid may not accurately represent the spatial variability of the soil, whereas the directed grid is expected to cover areas with higher spatial variability of soil attributes. The directed grid was created based on zones determined by soil magnetic susceptibility and vegetation index (EVI). The results did not consistently show an improvement in soil fertility maps when using the directed sampling compared to the regular grid. Both approaches have advantages and disadvantages, and the choice depends on the specific objectives and characteristics of the area under analysis. However, to enhance the zone-based targeting, it is recommended to include other variables that can improve the quality of interpolations in situations of low-density sampling.

KEYWORDS: Precision agriculture, soil fertility, remote sensing.

INTRODUÇÃO:

A amostragem de solo em grade é o método tradicional para mapeamento da fertilidade do solo e aplicação de fertilizantes em doses variadas no âmbito da agricultura de precisão. A grade amostral regular consiste em uma distribuição uniforme dos pontos de amostragem em uma área específica (MOLIN et al., 2016). Nesse método, a área é dividida em células ou quadrados de tamanho igual, e os pontos de amostragem são selecionados em cada célula. Essa abordagem é útil para cobertura ampla e uniforme, mas ineficiente em custo e tempo em áreas extensas com baixa densidade de amostragem; no entanto Cherubin et al., (2015), constataram que grades menos densas possuem acurácia menor, o que por consequência geram mapas de baixa confiabilidade. Para maior eficiência, o direcionamento de pontos de amostragem com base em características locais é estratégico, considerando variações de relevo, uso da terra, culturas e outras informações que representem a variabilidade espacial do solo. Isso é especialmente útil quando há conhecimento prévio dos fatores que influenciam a distribuição heterogênea do solo. Wang et al. (2023) destacam que, quando o tamanho da amostra é limitado, identificar os principais locais de amostragem é útil para obter resultados e mapas mais confiáveis. Variáveis como a susceptibilidade magnética (SM) podem ser utilizadas para inferir sobre propriedades do solo (Oliveira et al., 2015). Os índices de vegetação (IV) de imagens de satélite podem indicar variações no vigor vegetativo relacionado à variabilidade do solo, auxiliando no direcionamento dos pontos de coleta. Este estudo comparou o direcionamento amostral baseado em zonas criadas a partir da SM e IV com a amostragem em grade regular, que não leva em conta conhecimento prévio da área.

MATERIAL E MÉTODOS:

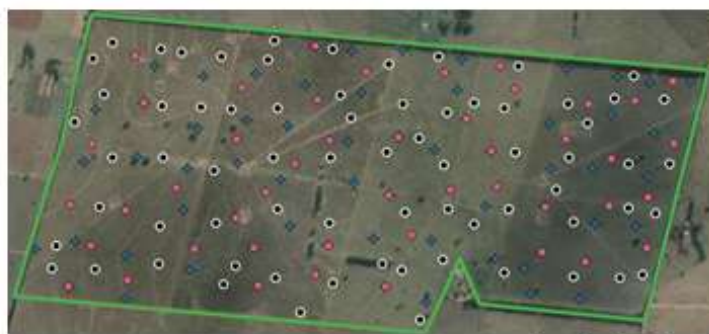
O experimento foi conduzido em duas áreas de cultivo de grãos nos municípios de Paulínia e Caiuá, em São Paulo. Para este estudo, as áreas serão referidas como "Área 1" para Paulínia e "Área 2" para Caiuá, ambas com respectivamente 106 e 200 hectares (Figura 1).

Área 1.



- validação
- ✦ grade+direcionados
- ★ Regular 2 ha

Área 2.



- regular+direcionados
- validação
- ✦ regular 3 ha

Figura 1. Áreas de estudo com pontos referentes à validação e grade regular e direcionada.

Zonas homogêneas foram criadas utilizando a SM medida pelo sensor EM38 em duas profundidades (0,375 e 0,75cm) e imagens de satélite com o índice EVI coletada no pico vegetativo da cultura. Na Área 1 foram utilizadas 7 safras (soja, sorgo e aveia) e na Área 2, 2 safras e soja. A alocação dos pontos amostrais foi baseada em amostragem densa de solo feita

anteriormente nas áreas. Assim, em software de SIG foram simuladas duas grades amostrais em cada área: amostragem regular e amostragem direcionada. Em Paulínia, devido à sua menor extensão, estabelecemos uma grade regular com 1 ponto a cada 2 hectares, posicionado no centro de cada célula, resultando em um total de 53 amostras; já para a grade direcionada, criamos uma grade com 1 ponto a cada 3 hectares, também selecionado no centro de cada célula, e os 11 pontos excedentes foram direcionados com base nas zonas homogêneas.

Em Caiuá, por ser uma área maior, estabelecemos uma grade regular com 1 ponto a cada 3 hectares, posicionado no centro de cada célula, resultando em um total de 70 amostras; já para a grade direcionada criamos uma grade com 1 ponto a cada 4 hectares, também selecionado no centro de cada célula, e os 17 pontos excedentes foram direcionados com base nas zonas homogêneas.

Os pontos resultantes das grades regulares e regulares+direcionadas em ambas as áreas foram interpolados por krigagem ordinária usando o complemento Smart-Map do QGIS. Para avaliar a acurácia das grades regulares e direcionadas, utilizamos pontos de validação distribuídos ao longo das áreas que não foram utilizados nas interpolações. Neste estudo focamos no mapeamento de argila, CTC, V% e K no solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A amostragem Direcionada se mostrou melhor ou igual em termos de coeficiente de determinação da validação cruzada para todos os atributos (Tabela 1. Sanches et al., (2016) constataram que uma grade direcionada é mais adaptada à estrutura espacial dos dados e, portanto, as previsões obtidas nessa grade refletem melhor a realidade. Neste estudo os pontos amostrais não foram 100% direcionados, mas os que foram alocados permitiram captar de forma melhor a variabilidade espacial dos atributos da área.

Tabela-1: Desempenho de métodos de interpolação na previsão de atributos físico-químicos de solo comparados a amostras de validação externa.

	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²
Área 1	Regula		Validação		Direcionado		Validação	
Argila	61.53	0.6	38.26	0.84	62.98	0.61	41.2	0.83
CTC	10.38	0.28	9.59	0.68	9.85	0.43	9.75	95.06
V%	5.89	0.01	1.61	0.32	5.57	0.06	7.12	50.69
K	1.7	0.12	6.54	0	1.78	0.17	2.14	4.58
Área 2	Regula		Validação		Direcionado		Validação	
Argila	30.76	0.38	4.42	0.51	29.39	0.44	5.11	0.33
CTC	5.34	0.35	30.21	0.27	5.53	0.35	33.03	0.24
V%	5.25	0.48	4.56	0.44	4.72	0.45	4.38	0.48
K	0.89	0.1	0.72	0.15	0.87	0.1	0.73	0.26

RMSE: Raiz quadrada do erro médio; R²: Coeficiente de determinação.

Apesar do melhor resultado da validação cruzada, o resultado obtido para os pontos de validação não tiveram um padrão de melhora com a grade direcionada (Tabela 1). Isso pode acontecer por questões de representatividade dos pontos de validação e sua similaridade com os valores obtidos nas diferentes grades. Outra razão para não termos obtido ganho com o direcionamento amostral é a falta de correlação entre os atributos do solo medidos e as

variáveis utilizadas para criação das zonas. Mais estudos precisam ser realizados para determinar melhores variáveis utilizadas no procedimento de direcionamento amostral.

CONCLUSÕES:

A distribuição espacial dos pontos com base no direcionamento por zonas homogêneas oriundas de Suscetibilidade magnética e índice de vegetação (EVI) melhoraram os parâmetros de qualidade das interpolações, reduzindo o RMSE e aumentando o R² da validação cruzada. O direcionamento por zonas deixa indícios que se aprimorado com a inserção de outras variáveis será possível melhorar a qualidade das interpolações em caráter de baixa densidade amostral.

AGRADECIMENTOS:

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (2022/03160-8 e 2023/02592-4), e ao Grupo Interdisciplinar de Tecnologia em Agricultura de Precisão Feagri – UNICAMP.

REFERÊNCIAS:

- CHERUBIN, M. R.; SANTI, A. L.; EITELWEIN, M. T.; AMADO, T. J. C.; SIMON, D. H.; DAMIAN, J. M. Dimensão da malha amostral para caracterização da variabilidade espacial de fósforo e potássio em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 168-177, 2015
- MOLIN, J. P.; DO AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. **Agricultura de precisão**. Oficina de textos, 2015.
- OLIVEIRA, I. A. D.; MARQUES JUNIOR, J.; CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E. D.; FREITAS, L. D.; SIQUEIRA, D. S.; CUNHA, J. M. D. Variabilidade espacial e densidade amostral da suscetibilidade magnética e dos atributos de Argissolos da Região de Manicoré, AM. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 668-681, 2015.
- SANCHES, G. M.; MAGALHÃES, P. S. G.; KÖLLN, O. T.; CASTRO, S. G. Q.; FRANCO, H. C. J. Determinação de grade de solo por meio de ferramentas de agricultura de precisão baseada na variedade espacial da argila. **STAB**, p. 150, 2016.
- WANG, Y.; QI, Q.; BAO, Z.; WU, L.; GENG, Q.; WANG, J. A novel sampling design considering the local heterogeneity of soil for farm field-level mapping with multiple soil properties. **Precision Agriculture**, v. 24, n. 1, p. 1-22, 2023.