

# AGRICULTURA DE PRECISÃO

Boletim Técnico 02

## Amostragem Georreferenciada

André F. Colaço<sup>1</sup>; José P. Molin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, MSc, Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas (USP-ESALQ);

<sup>2</sup> Prof. Dr. Associado III, coordenador do Laboratório de Agricultura de Precisão (USP-ESALQ).

### Quem somos?

O LAP, oficializado em 2008, é um laboratório dentro da USP-ESALQ dedicado ao estudo da Agricultura de Precisão, envolvendo infraestrutura e pessoas em torno do tema.

### Quais os objetivos?

Oferecer infraestrutura e ambiente de trabalho para as atividades e projetos relacionados ao estudo da variabilidade espacial das lavouras e das tecnologias embarcadas nos veículos e máquinas agrícolas.

### Onde estamos localizados?

O LAP está sediado junto ao Departamento de Engenharia de Biosistemas da USP-ESALQ, em Piracicaba-SP.

A amostragem georreferenciada, especialmente a amostragem de solo, se tornou uma das principais ferramentas utilizadas na Agricultura de Precisão (AP) praticada atualmente no Brasil. Essa técnica visa gerar mapas de atributos do solo e com isso orientar aplicações de fertilizantes e corretivos de solo em taxas variáveis, ou seja, de acordo com as demandas locais evidenciadas pelos mapas. O presente texto busca abordar conceitos envolvidos na amostragem georreferenciada, com foco especial para amostragem de solo, dada sua importância no contexto atual da AP.

A amostragem é um procedimento que visa caracterizar um todo a partir da avaliação de apenas uma pequena porção representativa do mesmo. Nas atividades agrícolas, esse é um processo imprescindível para o levantamento de parâmetros da lavoura, uma vez que avaliar um campo de produção em sua totalidade é normalmente uma tarefa inviável econômica ou tecnicamente. A amostragem é empregada comumente na avaliação da fertilidade do solo (a partir de amostras de solo), para

verificar o status nutricional de uma cultura (por meio de amostras de tecido vegetal), para estimar a incidência de doenças ou pragas (amostragem da ocorrência em pontos ao longo dos talhões), etc.

Dentro das aplicações em AP, a amostragem representa uma das principais formas de levantamento de dados do campo, fornecendo informações essenciais para a posterior aplicação dos insumos. Ela tem como objetivo, não só caracterizar a condição da lavoura para certo parâmetro, mas também estimar a distribuição espacial do atributo, ou seja, determinar o quanto ele varia dentro do talhão. Para tanto, a amostragem passa por duas alterações principais em relação àquela utilizada nas práticas convencionais. A primeira se refere à quantidade de amostras, que deve ser significativamente maior. Em segundo, ela deve ser georreferenciada, ou seja, deve ter a sua posição conhecida no espaço, o que permite o mapeamento daquele ou daqueles atributos. Os demais procedimentos da amostragem, por exemplo,

USP ESALQ

**LAP**  
Laboratório de Agricultura de Precisão

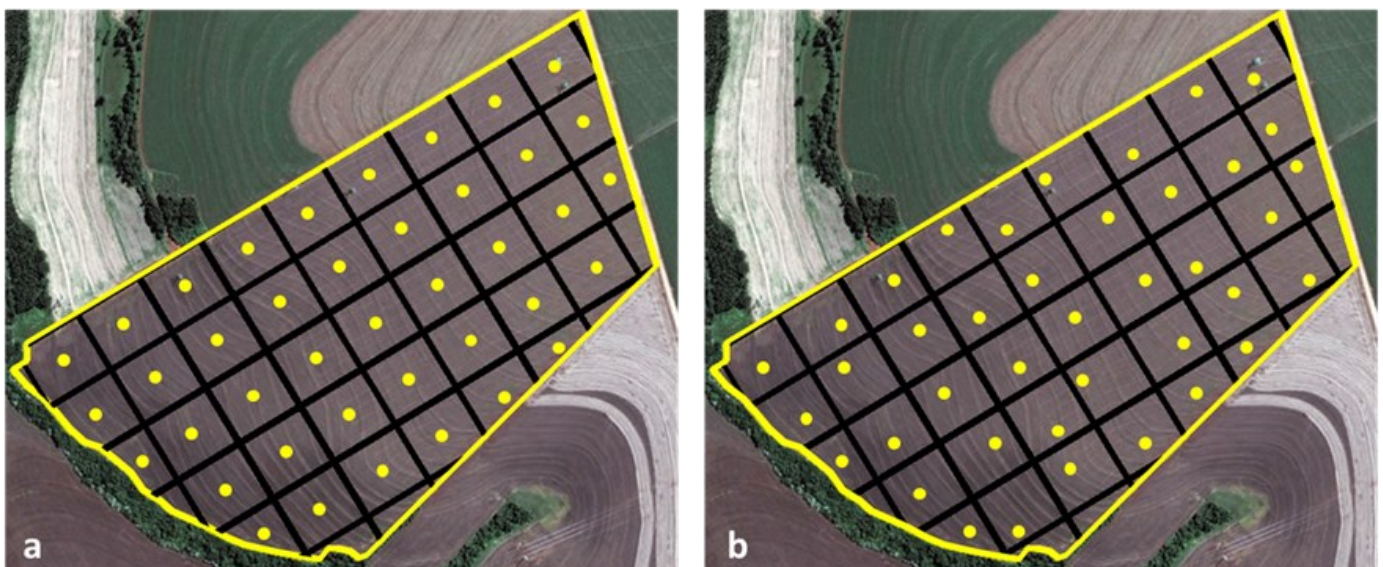
profundidade da coleta de solo, folha selecionada para amostras de tecido, deve seguir, na medida do possível, as prescrições estabelecidas para a coleta de amostras já utilizadas na prática convencional.

Existem basicamente dois métodos para a amostragem georreferenciada no contexto da AP, cada um deles com algumas variações. O primeiro denomina-se amostragem em grade, que por sua vez, apresenta dois tipos, a amostragem por ponto ou por célula. Em ambos, os locais de amostragem são distribuídos sistematicamente, de maneira a cobrir todo o talhão. O segundo método é a amostragem direcionada, onde os locais de coleta são atribuídos de acordo com mapas de outros fatores, como mapas de produtividade, por exemplo, que indicam regiões que demandam investigação por amostragem.

### Amostragem em grade por ponto

A amostragem de solo em grade por ponto é o procedimento de investigação que mais se popularizou no Brasil, especialmente pela ação de empresas prestadoras de consultoria e serviços em AP. Nessa técnica, uma grade regular virtual é gerada sobre o talhão por meio de um sistema de informação geográfica (SIG), dividindo o

campo em polígonos regulares (quadrados ou hexágonos, por exemplo). Dentro de cada polígono é gerado um ponto amostral. Este pode estar localizado no centro ou aleatoriamente no seu interior (Figura 1). As coordenadas dos pontos são então transferidas para um receptor GNSS de navegação que guiará a equipe de coleta até cada local de amostragem. Ao redor de cada ponto georreferenciado são coletadas subamostras. Orienta-se que elas sejam retiradas dentro de um raio em torno do ponto equivalente ao erro de posicionamento do receptor de GNSS utilizado, por exemplo, 3 a 5 m para um receptor de navegação comum. Com essa prática, pretende-se diluir o erro do receptor para a representação do ponto amostral. A quantidade de subamostras varia dependendo do fator amostrado. Quanto maior o número de subamostras menor será o erro amostral, porém maior será o tempo demandado para o trabalho e consequentemente, maior o custo. Tem sido comum a coleta em torno de 8 a 12 subamostras por ponto para a amostragem de solo. As subamostras são então homogeneizadas gerando uma amostra composta. Posteriormente, os resultados laboratoriais de cada amostra são vinculados às respectivas coordenadas. Para geração do mapa final é realizada a interpolação dos



*Figura 1: Alocação de pontos no centro (a) e aleatoriamente (b) dentro dos polígonos da grade*

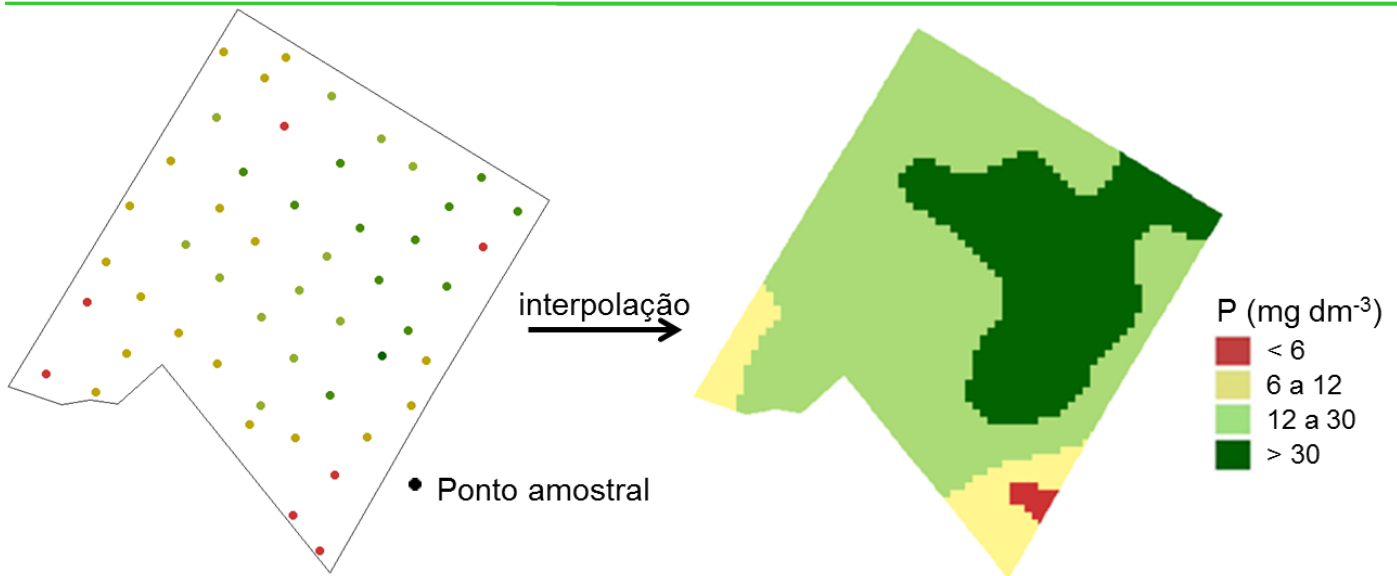


Figura 2: Geração do mapa de fertilidade por meio da interpolação de dados obtidos por amostragem em grade

dados, que estima valores em locais não amostrados, preenchendo assim toda a superfície do mapa (Figura 2).

Um fator importante para o planejamento da amostragem por ponto, e talvez uma das perguntas mais frequentes entre os praticantes da amostragem em AP, é a densidade amostral, ou seja, a quantidade de pontos amostrais por unidade de área. A densidade amostral afeta diretamente a qualidade do mapa final gerado a partir da amostragem. De maneira geral, quanto maior a quantidade de pontos, melhor é a representação da área, porém mais cara e laboriosa fica a coleta e a análise das amostras. Idealmente, busca-se a menor densidade amostral possível, porém sem prejudicar a qualidade do produto final.

O que limita a redução da densidade é a interpolação dos dados, pois quanto maior a distância entre os pontos, pior é a estimativa de valores no espaço entre eles. Sendo assim, a distância entre amostras, não deve exceder um limite aceitável para uma interpolação adequada. A maneira mais consolidada para se definir tal distância é por meio da geoestatística, que aponta a distância entre pontos a partir da qual não existe mais semelhança entre eles. A partir daí, a estimativa de valores pela interpolação é prejudicada. Poucos praticantes da amostragem georreferenciada efetivamente aplicam análises geoestatísticas para definir as dimensões das

grades amostrais. Muitas vezes, é notada a utilização de grades pouco densas, na ordem de três a cinco hectares por amostra (0,3 a 0,2 pontos por hectare), o que não é recomendado, visto que normalmente análises geoestatísticas indicam densidades em torno de uma amostra por hectare ou mais.

### Amostragem em grade por célula

Para a amostragem em grade por célula, o campo é dividido em subáreas, não necessariamente regulares, denominadas células. Ao contrário da amostragem por ponto, nesse caso as subamostras serão coletadas ao longo de toda a área de cada célula. É esperado que a quantidade de subamostras seja maior que aquela mencionada para a amostragem por ponto, uma vez que a área que se pretende cobrir é muito maior. Após a homogeneização das subamostras, uma amostra composta é gerada e o resultado de sua análise é atribuído a toda a área da célula, e não mais ao ponto amostral como anteriormente. Para geração do mapa final não é necessária, tampouco recomendada, a interpolação, já que não existem lacunas no espaço que exijam estimativa de valores. Para a plotagem e visualização final basta gerar um gradiente de cores de acordo com os valores obtidos em cada célula (Figura 3).

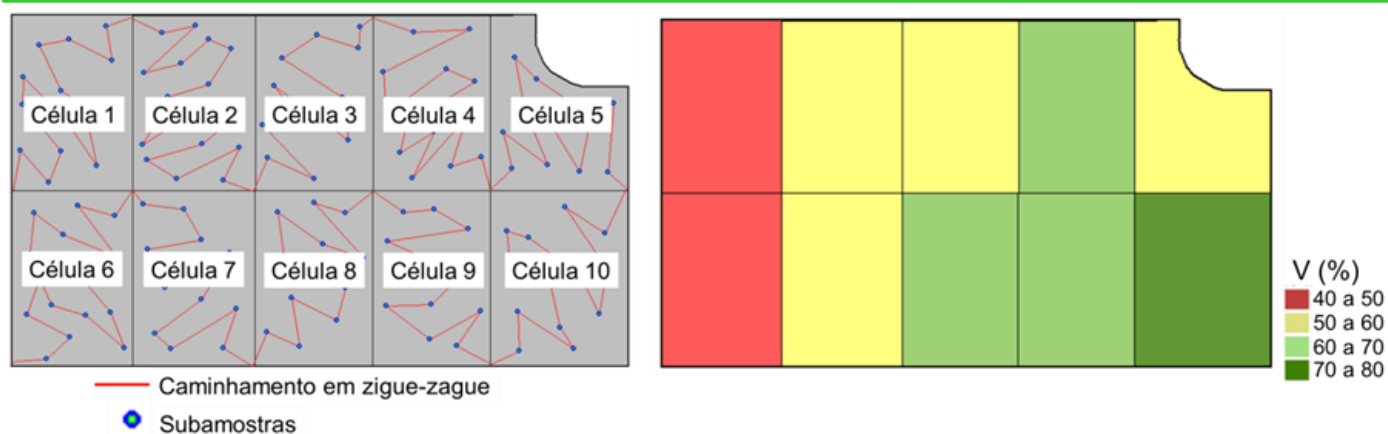


Figura 3: Mapa de fertilidade obtido por amostragem em grade por célula

Nota-se que para essa metodologia não há preocupação em relação à densidade amostral, uma vez que não é aplicada a interpolação. De fato, a amostragem por célula é uma alternativa para aqueles que pretendem realizar amostragem em grade, porém consideram muito alta a quantidade de amostras exigida no método por pontos.

### Amostragem direcionada

Na amostragem direcionada, não existe uma disposição regular dos locais de amostragem. Eles são escolhidos com base em mapas já obti-

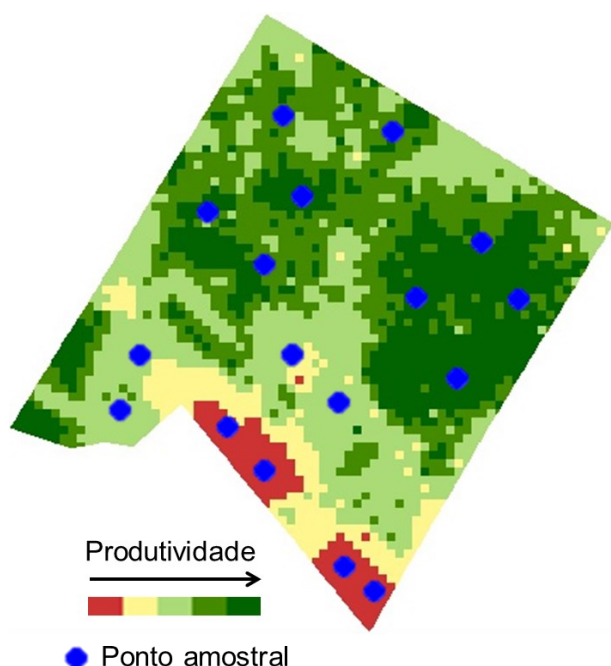


Figura 4: Amostragem direcionada com base em mapa de produtividade

dos da área, buscando investigar locais específicos no talhão.

Para definir os pontos de amostragem é recomendado o uso de mapas de produtividade, índice de vegetação (como o NDVI), relevo, mapas de tipo de solo, textura ou condutividade elétrica do solo.

Esses mapas podem evidenciar regiões que necessitam investigação, por exemplo, áreas de baixa produtividade ou baixo índice de vegetação (Figura 4). No caso de sistemas que empregam unidades de gestão diferenciada (UGD), o direcionamento da amostragem será realizado com base nas UGDs, ou seja, uma amostra composta por unidade.

A amostragem direcionada é recomendada para sistemas de produção mais amadurecidos em AP, já que se exige histórico de dados sobre a área.

### Equipamentos para amostragem de solo

Como a quantidade de amostras coletadas em AP é significativamente maior do que na prática convencional, é natural que os sistemas de coleta evoluíssem para ferramentas mais práticas e ágeis (Figura 5 e 6). Embora se deva considerar que os amostradores convencionais também podem ser utilizados. Os sistemas de amostragem de solo são normalmente compostos por uma fonte de potência, um elemento sacador e em alguns casos um veículo para transporte. Como fonte de potência tem-se principalmente motores de combustão interna, que são autôno-





Figura 5: Amostrador hidráulico automatizado montado em quadriciclo

mos, os motores elétricos, que necessitam de alimentação externa, ou os hidráulicos, que se utilizam do sistema hidráulico do trator, do veículo ou de um motor e bomba hidráulica externos. Como elemento sacador, têm-se os trados de rosca, caneca ou holandês e caladores ou sondas. Os mais comuns em sistemas mecanizados de amostragem são os trados de rosca e caladores. Como veículos, tem sido comum a utilização de quadriciclos, caminhonetes, utilitários ou o próprio trator.

### Amostragem georreferenciada de pragas e doenças

Embora a amostragem de solo seja a mais comum, outros fatores também podem ser investigados por meio de amostragem georreferenciada com o intuito de subsidiar tratamentos localizados.

Normalmente, a incidência de pragas e doenças em uma lavoura não ocorre de maneira uni-

forme e, portanto podem ser caracterizados por meio de mapas. A amostragem nesses casos pode seguir as mesmas metodologias mencionadas anteriormente (em grade ou direcionada). Os procedimentos de amostragem como a contagem de insetos ou observação de patógenos, por exemplo, devem seguir as mesmas recomendações já estabelecidas para esse tipo de levantamento. O maior gargalo para a amostragem georreferenciada de atributos fitossanitários está muitas vezes na falta de metodologias ou estudos sobre o comportamento espacial da praga ou doença a ser investigada. Se uma determinada praga apresentar alta capacidade de movimentação, a sua ocorrência durante a amostragem pode não ser a mesma da observada no momento do controle.



Figura 6: Amostrador manual com motor de combustão interna

### Contato:

Laboratório de Agricultura de Precisão  
Departamento de Engenharia de Biosistemas  
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
Universidade de São Paulo  
Av. Pádua Dias, 11 - CEP 13418-900  
Piracicaba - SP

Visite nosso site:  
[www.agriculturadeprecisao.org.br](http://www.agriculturadeprecisao.org.br)