

Agricultura de Precisão: uma ferramenta ao alcance de todos

Embrapa propõe o uso da tecnologia para aumentar a eficiência e manter a competitividade

José Paulo Molin¹

Agricultura de Precisão (AP) é um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial de propriedades do solo e das plantas encontradas nas lavouras e visa à otimização do lucro, sustentabilidade e proteção do ambiente. Trata-se de um conjunto de tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento que considere a variabilidade espacial da produção.

Existem relatos de que se trabalha com AP desde o início do século XX. Porém, a prática remonta aos anos 1980, quando na Europa foi gerado o primeiro mapa de produtividade e nos EUA fez-se a primeira adubação com doses variadas.

Mas o que deu o passo determinante para a sua implementação foi o surgimento do GPS (Sistema de Posicionamento Global por Satélites), em torno de 1990. No Brasil, as atividades ainda muito esparsas datam de 1995, com a importação de equipamentos, especialmente colhedoras e-quipadas com monitores de produtividade.

A AP tem várias formas de abordagem, mas o objetivo é sempre o mesmo - utilizar estratégias para resolver os problemas da desuniformidade das lavouras e se possível tirar proveito dessas desuniformidades. São práticas que podem ser desenvolvidas em diferentes níveis de complexidade e com diferentes objetivos.

Hoje, especialmente no Brasil, as soluções existentes estão focadas na aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variável, porém, não se deve perder de vista que AP é um sistema de gestão que considera a variabilidade espacial das lavouras em todos os seus aspectos: produtividade, solo (características físicas, químicas, compactação, etc.), infestação de ervas daninhas, doenças e pragas.

Sob a ótica do uso de fertilizantes e corretivos, resumidamente, existem duas estratégias que podem ser adotadas. A mais simples delas está relacionada ao manejo da fertilidade do solo por meio do gerenciamento da sua correção e adubação (fertilizantes, calcário e gesso) das lavouras com base apenas em amostragem georreferenciada do solo. Esta tem sido a estratégia para iniciação da grande maioria dos usuários brasileiros. É uma abordagem bastante simples e rápida. Do planejamento de uma amostragem sistemática de solo (amostragem em grade ou "grid"), passando pela sua retirada no campo, análise no laboratório, processamento dos

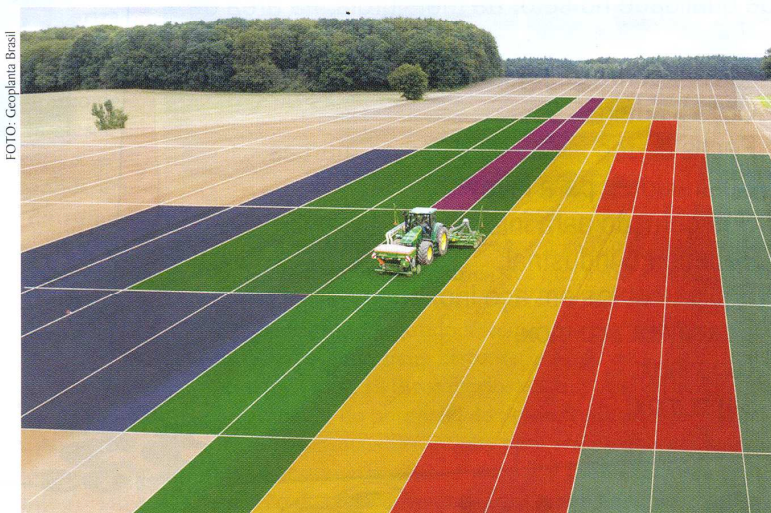



FOTO: Cceplana Brasil

dados e geração dos mapas de aplicação, por vezes, não é necessário mais do que 15 dias. Essa agilidade satisfaz o usuário que parte para soluções dessa natureza, normalmente em busca de economia de insumos.

Outra estratégia é mais ampla e mais elaborada e considera as plantas, pois leva em consideração a produtividade das culturas anteriores para se fazer a reposição dos nutrientes extraídos. É uma abordagem que exige a geração dos mapas de produtividade, portanto exige mais equipamento, mais trabalho e maior domínio por parte do usuário ou de seu consultor.

É uma estratégia que demanda mais tempo para a construção de um consistente conjunto de dados, mas a solução é proporcionalmente mais acertada por considerar também a variabilidade da produtividade da lavoura e não apenas aquela do conteúdo de nutrientes no solo.

A maior quantidade de dados implica em informação mais consistente e o consequente diagnóstico referente à variabilidade presente tenderá a ser mais acertado. Dessa forma, dados de produtividade expressos por mapas são fundamentais e a interpretação da variabilidade presente nas lavouras e evidenciada nos mapas de produtividade, implica em uma relação entre causas e efeito. A interpretação e explicação para os fatos é a tarefa mais complexa, em que devem ser identificados os fatores que podem estar causando as baixas produtividades onde elas se manifestarem. É nesse contexto que devem ser aplicados os conceitos agrônômicos que hoje são conhecidos, porém, diferenciados para cada pequena porção da lavoura e esse não é um desafio simples.

Outra grande diferença entre estratégias pode ser quanto aos objetivos que o usuário deve estabelecer. Uma abordagem pode ser a busca do aumento da produtividade-

AUTOR

1 - Pesquisador da Esalq/USP. Boletim Técnico do MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. www.agricultura.gov.br

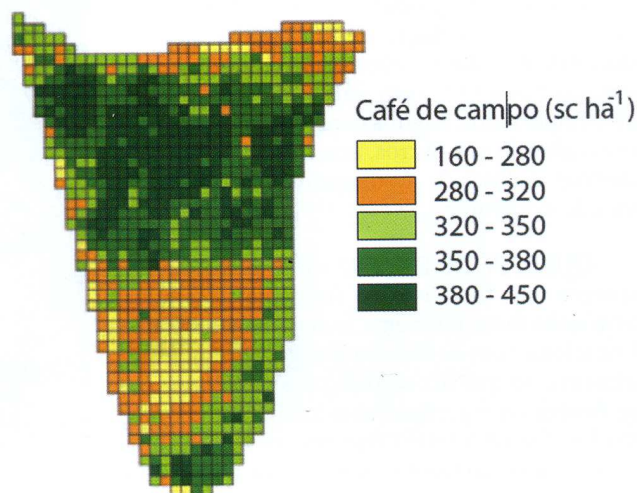
de e a outra pode ser a redução do consumo de insumos. Parece simples, mas a confrontação dessas duas visões tem muitos desdobramentos e compromissos.

Num primeiro momento, especialmente para aqueles que adotam AP apenas com base na amostragem georreferenciada de solo, as maiores chances estão na economia de calcário e de fertilizantes, com a aplicação destes em dose variável dentro de cada talhão. Este tem sido o resultado para a maioria dos usuários que se aventuram nessa técnica, indicando que a prática anterior, de aplicação de dose única, resultava em erro para mais, o que é perfeitamente compreensível quando a tomada de decisão pela recomendação de uma dose para toda a lavoura é feita de forma conservadora.

A busca por maiores produtividades com o uso de AP implica em estratégias mais elaboradas que normalmente estão associadas a aqueles usuários que investiram mais em dados e conhecimento e dispõem de mapas de produtividade. Em AP, atestar aumento de produtividade não é algo que se faz simplesmente comparando resultados de fechamento entre safras. No entanto, para aqueles que optam por fazer intervenções na fertilidade do solo, mesmo que apenas com base nas amostragens, é de se esperar que com a realocação dos insumos sejam diminuídos os desequilíbrios e num segundo momento a produtividade das culturas tende a melhorar.

Sobre esse aspecto, nas lavouras de grãos, em plantio direto, por exemplo, a opção pela economia de insumos, especialmente em anos em que os preços dos produtos estão baixos, parece ser uma boa seleção. Já um produtor de café,

FOTO: Embrapa Tecnologia



que trabalha com cultura de valor agregado significativamente maior, normalmente não deve focar redução de consumo de insumos e sim a busca pelo aumento de produtividade e qualidade do produto, dentro dos limites econômicos.

Especialistas ou empresas de consultoria e prestação de serviços na área de amostragem e geração de mapas têm se multiplicado pelo país. Os valores praticados pelos serviços variam dependendo de vários fatores, dentre eles a densidade de amostras.

Para a aplicação dos produtos é indispensável a disponibilidade de um componente eletrônico que governa um motor hidráulico que aciona o dosador e regula a taxa

de aplicação dos produtos pela máquina. Isso é feito com a instalação de um controlador em máquinas, que hoje ambos estão disponíveis no mercado brasileiro, com vários modelos nacionais e importados. Alguns controladores são mais sofisticados do que outros, mas a função básica de governar as doses de produtos a serem aplicadas, todos desempenham.

FOTO: Embrapa Tecnologia

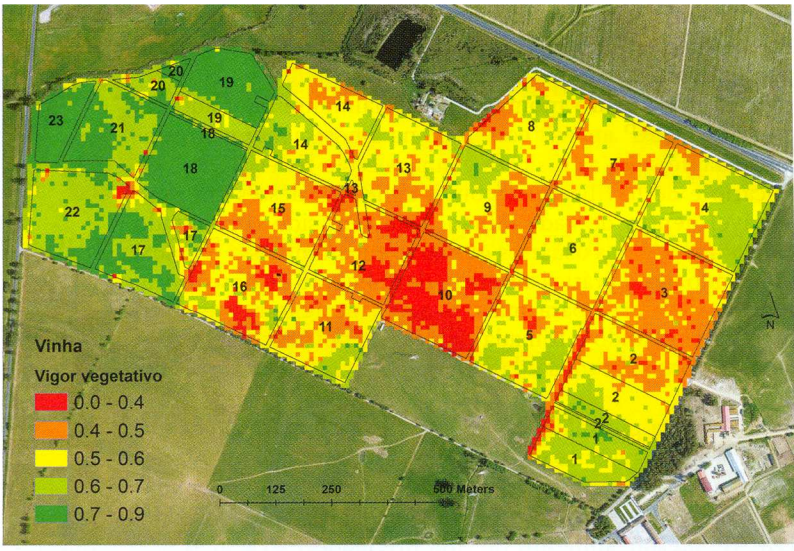
QUEM PODE FAZER? - É importante não esquecer que tudo isso só funciona se houver quem saiba fazer o sistema funcionar e o sistema só funciona com dedicação e organização, especialmente no que diz respeito aos dados gerados que devem ser rigorosamente analisados e armazenados. Essa é a tarefa que poucos agricultores se dão ao luxo de fazer e nesses casos a solução é ir em busca de quem sabe e pode ajudar.

O tamanho da propriedade ou das áreas não é o mais relevante. Desde que se possa amortizar o valor dos equipamentos, tê-los na fazenda é sempre mais recomendável. Mas a terceirização da aplicação dos produtos em taxa variável também é uma opção, se houver esse tipo de serviço na região. Para o caso de não se ter nem um e nem outro, ainda resta a opção da aplicação de calcário e adubos por zonas previamente demarcadas na lavoura. Nesse caso a aplicação não vai ficar tão bem distribuída porque serão aplicadas doses constantes dentro de cada zona e tem que haver nova regulação para cada uma. Esse é o papel do controlador eletrônico que automatiza todo esse processo.

GPS, BARRA-DE-LUZ E PILOTO AUTOMÁTICO -

O maior impulso que a AP teve, sem dúvida, foi com o surgimento do GPS, que, com a existência do GLONASS (Rússia) e o anúncio de outros sistemas como o Galileo (União Européia) e Compass (China), dão origem à sigla GNSS ou Sistemas de Navegação Global por Satélites. Os primeiros usuários de tecnologia GPS na agricultura brasileira não foram especificamente para AP, mas sim na aviação agrícola, a partir de 1995. Nessa época, a única maneira de poder utilizar GPS era com alguma forma efetiva e prática de correção diferencial em tempo real. Esse sinal era suprido pelos próprios usuários a partir de estações temporariamente estacionárias, equipadas com rádio transmissor e em 1997 surgiram os serviços de correção via satélite, com sinal pago.

Os dispositivos popularmente conhecidos como “barra de luz” tiveram inicialmente grande expansão na aviação



agrícola e depois na pulverização terrestre e hoje são largamente utilizados para direcionamento em passadas paralelas em várias operações que não exigem precisão com erros menores que 0,3 m entre passadas. Tais dispositivos, para oferecer essa precisão, exigem um receptor de GPS com boa especificação, normalmente não compatível com aqueles que equipam os controladores de taxa variável, por exemplo.

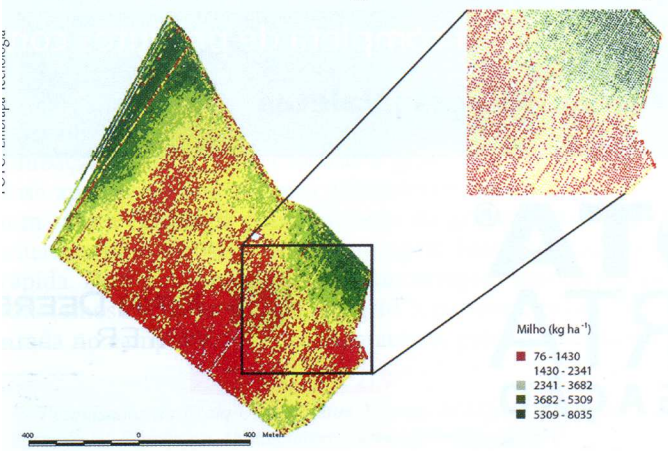
A evolução natural para a orientação em faixas paralelas com as “barras de luz” deu origem aos sistemas de auto-esterçamento ou piloto automático. Estudos sobre veículos autônomos agrícolas, principalmente relacionados ao desenvolvimento do sistema de piloto automático surgiram no início de 1960, apesar disso, apenas mais recentemente eles têm sido desenvolvidos com sucesso.

O sistema de auto-esterçamento propicia aumento da capacidade de cultivar mais áreas com o mesmo maquinário em razão do aumento do número de horas trabalhadas devido ao menor cansaço, a maior velocidade alcançada e à redução da sobreposição. Também permite praticar o controle de tráfego das operações em campo, que é a organização e controle criterioso das passadas de máquinas sobre o solo das lavouras de forma organizada para minimizar a compactação, concentrando-a em locais que podem depois ser manejados localizadamente. Essa automação, ligada à orientação e auto-esterçamento de veículos tem um significado muito expressivo para a agricultura porque provavelmente marca o início de uma jornada que não se sabe exatamente onde vai chegar, mas certamente vai fomentar definitivamente a robótica aplicada à agricultura.

OS MAPAS DE PRODUTIVIDADE - COMO SÃO GERADOS E PARA QUE SERVEM -

O mapa da colheita é a informação mais completa para se visualizar a variabilidade espacial das lavouras. Várias outras ferramentas têm sido propostas para se identificar as manchas existentes em um talhão. É assim que as fotografias aéreas, as imagens de satélite, a videografia e outros têm sido testados e utilizados. Todas têm seu potencial, porém, o mapa de produtividade materializa a resposta da cultura com a melhor exatidão possível, considerando as tecnologias existentes para a sua mensuração.

No final dos anos 1980 surgiram as primeiras tentativas de se medir o fluxo de grãos em colhedoras de cereais e



o primeiro monitor de colheita surgiu no mercado em 1991, na Europa. Uma característica importante é a presença de dois grupos distintos. O primeiro deles é aquele formado pelos equipamentos das empresas fabricantes das colhedoras e são fornecidos de fábrica. O outro grupo é de fabricantes de equipamentos próprios para a instalação em qualquer marca e modelo de colhedora.


O mapa de produtividade de um talhão é um conjunto de muitos pontos e cada ponto representa uma pequena porção da lavoura. Para se saber qual a quantidade de grãos colhidos é utilizado um sensor de fluxo no elevador de grãos limpos da colhedora. Para que o mapa represente grão seco (padrão comercial) é necessário medir a umidade com que está sendo colhido e para isso é utilizado um sensor específico, normalmente entre o meio e a saída do elevador. A largura do retângulo é mesma da plataforma da colhedora e o comprimento é a distância percorrida pela máquina durante um período de tempo pré-determinado, normalmente de um a três segundos. A posição do ponto é obtida por meio de um receptor de GPS que dá o posicionamento correto da latitude e longitude da máquina.

Os dados são instantaneamente armazenados em algum dispositivo de memória no monitor propriamente dito (computador de bordo dedicado). A forma dos arquivos gerados é particular para cada fabricante e pode ser visualizada

FOTO: Tejet



como mapa. O mapa é um conjunto de pontos; aqueles pontos delimitados por uma área de alguns metros quadrados composta pela largura da plataforma e a distância percorrida entre duas leituras. A montagem do mapa nada mais é do que o gráfico que contem cada um daqueles pontos num sistema cartesiano, onde o eixo "x" é a longitude e o eixo "y" é a latitude.

Basta que se escalonem os pontos em diferentes cores ou tons para diferentes valores de produtividade, obtidos naquela tabela de dados gerados no campo. Essa é uma 

das formas de se visualizar o mapa. Outra forma bastante comum é a representação do mapa por linhas de “iso-produtividade”, ou seja, isolinhas que delimitam regiões com produtividades dentro de um mesmo intervalo. Para se obter esse mapa é apenas necessário se manipular alguma função específica do software de mapa que acompanha o monitor ou a colhedora. Por trás de tudo isso existe um método de interpolação entre os pontos e de atenuação das pequenas variações locais.

Os dados coletados apresentam suas limitações e erros e é sempre necessário um tratamento preliminar antes de transformá-los em um mapa para análise e tomada de decisões. Tais erros são intrínsecos ao processo de geração dos dados e às limitações dos sistemas e não devem ser motivo para descrédito, apenas uma preocupação e uma tarefa (obrigatória) a mais. Além disso, a manipulação de alguns parâmetros de construção do mapa é de extrema importância para uma boa visualização. Se forem atribuídos intervalos de produtividades sem muito critério pode-se esconder informações importantes de manchas da lavoura. Todos os programas de visualização de mapas permitem alguma forma de manipulação desses parâmetros.

A calibração é um processo que depende de cada equipamento, mas basicamente é necessário se transformar o número gerado pelo sensor de fluxo em um valor equivalente ao que a balança demonstra. Se o sensor tem boa linearidade e está ajustado para a máquina e o produto que está sendo colhido, a calibração será um processo de ajuste entre o que de fato está sendo colhido (peso da balança) e o que o monitor está mostrando. Normalmente uma seqüência de pesagem de alguns tanques graneleiros cheios é suficiente para se calibrar a máquina para um novo produto, lembrando que é importante repetir a calibração sempre que se mudar de cultura.

Os mapas de produtividade são de primeira importância, não somente porque mostram a variabilidade das lavouras, mas também porque numa abordagem mais correta para a recomendação de adubação do ciclo seguinte, leva-se



FOTO: Empresa Tecnologia

em consideração a produtividade da cultura anterior para se fazer a reposição dos nutrientes extraídos. Isso significa que não basta a amostragem georreferenciada do solo, que somente considera os teores de nutrientes disponíveis no solo. Trata-se de uma estratégia que demanda tempo para a construção de um consistente conjunto de dados, mas a solução é proporcionalmente mais acertada por considerar também a variabilidade da produtividade da lavoura e não apenas aquela do conteúdo de nutrientes no solo.

Muitas das demais culturas já têm solução comercial para a geração de mapas de produtividade. No caso da cana-de-açúcar, no Brasil já existem produtos tanto para colheita mecanizada como para corte manual. Também existe solução comercial para o café em colheita mecanizada e algumas soluções práticas para os citros.

A PRÁTICA DA AMOSTRAGEM GEOREFERENCIADA DE SOLO - A técnica que tem se tornado bastante popular é a geração do mapa individual para cada indicador da fertilidade do solo. Para isso é necessário investimento na coleta de amostras na forma que se convencionou denominar de amostragem em grade. Ela tem o objetivo de determinar as necessidades do solo com maior detalhamento quando comparado a prática da amostragem convencional. Para tanto, divide-se o talhão em quadrículas imaginárias, regulares ou não, e em cada quadrícula retiram-se amostras de solo que irão para o laboratório. Podem-se usar diferentes estratégias para amostragem em grade. A mais comum delas é a amostragem pontual onde as amostras serão coletadas no centro de cada quadrícula.

Utiliza-se GPS para localizar cada um desses pontos e retira-se algumas sub-amostras em torno do ponto para então juntá-las e compor a amostra que será enviada ao laboratório e representará aquele ponto. A composição da amostra é muito importante para eliminar ou pelo menos diminuir bastante a interferência de ocorrências locais, naturais ou não, tais como uma pequena mancha de alta fertilidade causada pela semeadora no ciclo anterior, ou então o local onde houve um acúmulo acidental de adubo. O número de sub-amostras é um aspecto bastante polêmico e de difícil definição. O solo é um ambiente bastante heterogêneo, mesmo a pequenas distâncias e para cada componente que se queira analisar, essa heterogeneidade terá um comportamento próprio.

Na prática tem-se utilizado números de sub-amostras que vão de 3 a 12. Outra estratégia de amostragem é fa- ➔

zer-se a coleta espalhada e aleatória dentro de toda a quadrícula ou célula. As várias sub-amostras são então combinadas para formar a amostra que irá ao laboratório.

No primeiro caso, com amostragem de pontos, é possível adotar o procedimento denominado de interpolação, que consiste em estimar valores nas regiões não amostradas da lavoura. No caso da amostragem por célula não há como se fazer a interpolação porque não existe um valor para os atributos do solo centrado em um ponto e cada célula é então tratada com uma unidade de manejo.

A estratégia da amostragem por células é recomendada para casos em que a densidade amostral, por algum motivo, é limitada e nesse caso utilizam-se células ou quadrículas grandes, da ordem de 5 a 20 hectares. Já na amostragem por pontos deve haver uma investigação preliminar para definir a distância entre amostras. Nesse caso é importante que haja o suporte de algum especialista que possa conduzir ou orientar essa investigação. Um projeto piloto dentro da propriedade, envolvendo uma área representativa e suficientemente grande, permite que essa investigação com o uso de conceitos da Geoestatística indique uma distância e, portanto, uma densidade amostral adequada.

Aspectos relativos a ferramentas e métodos de coleta de amostras apenas devem respeitar os procedimentos que garantem a qualidade das amostras. Quanto à mecanização ou automatização da coleta, fica por conta do usuário, visando apenas à ergonomia, conforto e custo.

Os itens de análise a serem solicitados do laboratório têm a ver com o que se está investigando. Portanto, a in-



clusão de micronutrientes é válida para uma investigação mais detalhada, porém representará custos adicionais. Sabe-se que a distribuição granulométrica ou textura do solo tem uma participação importantíssima nas relações de trocas, disponibilidade de nutrientes, capacidade de armazenamento de água, tendência à compactação e tantas outras características do solo, o que sugere que na primeira amostragem seja feita também a análise granulométrica, que terá valor praticamente permanente. **(CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO).**

