

## INTRODUÇÃO A AGRICULTURA DE PRECISÃO

### Introdução

As áreas agrícolas não são uniformes, tanto em termos dos fatores de produção (fertilidade, topografia, clima) como da própria produtividade obtida. Assim, cada porção da lavoura necessita de um manejo específico para otimizar a rentabilidade do agricultor e evitar impactos ambientais. A essa forma de se fazer agricultura, levando em conta as heterogeneidades das lavouras, se dá o nome de Agricultura de Precisão (AP).

De acordo com a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão do Ministério da Agricultura (CBAP/MAPA), "Agricultura de Precisão é um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial e temporal da unidade produtiva e visa ao aumento de retorno econômico, a sustentabilidade e a minimização do efeito ao ambiente".

No sistema de agricultura convencional as heterogeneidades presentes ao longo da lavoura não são consideradas nas decisões de manejo, o que acarreta em manejo inadequado, geralmente aplicando insumos em doses maiores ou menores do que as necessárias, o que pode acarretar maior gasto, menor aproveitamento destes e danos ao ambiente. Assim, a AP visa tratar cada pequena porção da lavoura de forma específica, considerando a variabilidade dos fatores de produção presente ao longo das áreas (Figura 1).

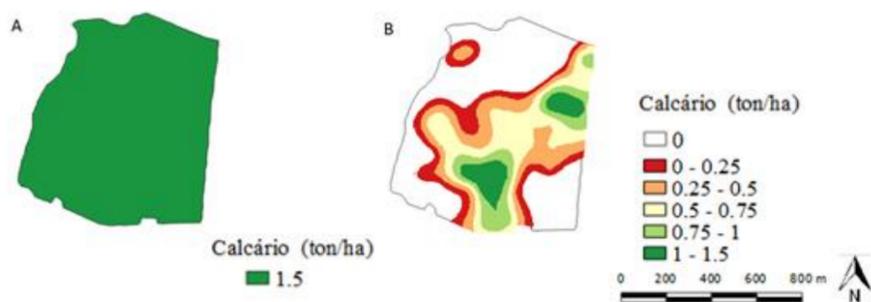


Figura 1 - Agricultura Convencional (A) x Agricultura de Precisão (B): análise da necessidade de calagem.

Desse modo, consideramos que a gestão da heterogeneidade existente nas lavouras deve ser realizada constantemente por meio das quatro etapas ilustradas na figura abaixo:



Figura 2- Ciclo da Agricultura de Precisão (AP).

Acreditamos que a implementação da AP deve ter início na investigação da variabilidade, tanto da produtividade quanto dos fatores de produção. Neste sentido, a estratégia principal é identificar primeiramente a variabilidade na produção, ou mesmo no desenvolvimento da cultura por meio de técnicas de sensoriamento, para então investigar os causadores dessa variabilidade. No entanto, muitos usuários iniciam o processo investigando a fertilidade do solo, com o objetivo de propor correções de solo e adubações em doses variadas; almejando, assim, o adequado equilíbrio nutricional da cultura.

Tais questões serão discutidas com maior profundidade em outras edições deste informativo técnico. Porém, é necessário destacar que a investigação da variabilidade não se limita à análise química da fertilidade do solo por meio de amostragem; pode-se também usar outras

propriedades do solo, relevo, cultura, clima, etc., medido de forma direta ou por métodos de sensoriamento.

## Premissas da AP

Independente de por onde o agricultor inicie a gestão espacializada de sua lavoura, **existem basicamente três estratégias que ele pode seguir**, de forma concomitante ou não:

### *Otimização do uso de insumo*

O reconhecimento da variabilidade dos talhões, por meio da coleta de informações da lavoura, permite adotar medidas que aumentem a eficiência do uso de insumos de acordo com as características particulares de cada local da área. Isso potencializa o aproveitamento dos fatores de produção, de modo que não ocorra sub ou superestimativa na quantidade de insumos necessários. Devemos nos atentar ao fato de que a aplicação localizada nem sempre acarreta em redução de custos, uma vez que a necessidade local de insumos pode ser maior do que vem sendo rotineiramente diagnosticado pela "agricultura convencional".

### *Aumento de produtividade do cultivo*

Com gestão espacializada das lavouras e com aplicações de insumos e intervenções otimizadas, acredita-se que muitas das vezes seja possível aumentar a produtividade dos cultivos, visto que os fatores limitantes à produtividade vão sendo corrigidos espacialmente ao longo do tempo. Além disso, o acompanhamento em tempo real da lavoura permite tomadas de decisões rápidas e assertivas, elevando o potencial produtivo.

### *Melhora na qualidade do produto colhido*

Com o uso otimizado de insumos de forma localizada e estratégias de gestão mais assertivas e rápidas, é esperado que se obtenha cada vez mais produtos com qualidade superior. As diversas tecnologias disponíveis permitem, por exemplo, reduzir a competição entre plantas, monitorar o desenvolvimento da lavoura, identificando os focos de infestação de pragas e doenças, bem como o desenvolvimento vegetativo para obtenção de um produto com maior qualidade.

## Tecnologias envolvidas

### *Sistema Global de Navegação por Satélite*

A aquisição das coordenadas de um ponto pode ser obtida por meio de qualquer receptor móvel que tenha acesso ao Sistema Global de Navegação por satélite (GNSS). Este sistema atualmente é composto por quatro sistemas: Americano (GPS), Russo (GLONASS) e os sistemas da união europeia (GALILEO) e da China (COMPASS) que estão em fase de implementação.

### *Amostragem*

Para definir estratégias de amostragem, é necessário saber que tipo de informações se pretende obter de uma área, por exemplo: atributos físicos, químicos ou biológicos do solo. Além disso, é preciso saber quais os recursos que o produtor tem disponível para este fim. Depois de definir quais atributos serão analisados, é preciso determinar quais formas de amostragem serão empregadas na área, qual equipamento será usado nas coletas, qual a melhor época para tal, a forma como serão coletadas as subamostras, quantas amostras por hectares serão necessárias, etc. Sobre amostragem, um ponto é certo: quanto maior o número de amostras em uma área, maior é sua representatividade e, por consequência, melhor será a detecção da variabilidade existente ao longo da lavoura.

A amostragem pode ser em grade por ponto ou células, ou de forma direcionada quando se tem o conhecimento prévio da área por meio dos mapas de produtividade ou de sensoriamento, o que pode promover um melhor entendimento sobre as causas da variabilidade. Lançaremos um Informativo Técnico exclusivo sobre esta questão.

### *Mapeamento da Produtividade*

Os mapas de produtividade, embora não sejam muito utilizados, tanto pela falta de conhecimento sobre a importância da informação que geram, quanto pela falta de orientação técnica, são a informação mais completa das lavouras. Este dado é o que efetivamente materializa a resposta da cultura a todo o manejo adotado ao longo da safra. A informação mais valiosa dele é a identificação de manchas de produção, principalmente as de produtividade baixa. Esta informação deve guiar o técnico responsável aos locais que demandam investigação dos fatores de produção causadores de tal limitação de produção, o que permite a correta tomada de decisão.

## Sensoriamento

A utilização de sensores tem sido uma interessante alternativa no desenvolvimento da AP. Por meio de diferentes técnicas é possível obter uma maior quantidade de informação sobre uma área em relação aos métodos tradicionais, geralmente baseados em amostragem. Informações de um alvo podem ser obtidas por meio de sensores com diferentes princípios de funcionamento. Com a popularização do termo Agricultura Digital, cada vez mais as empresas, tanto grandes quanto pequenas, estão focando em desenvolvimento de sensores e inteligência artificial para monitorar as lavouras e tomar decisões automáticas. Porém, apesar de todo este desenvolvimento, são poucas as técnicas de sensoriamento que tem como foco a investigação espacializada da lavoura. Nesse sentido, merecem destaque as técnicas de sensoriamento remoto e proximal.

Sensores proximais correspondem a sensores desenvolvidos para obtenção de dados por meio de contato direto com o alvo ou muito próximo (Figura 3). Eles são utilizados no campo, conduzidos de forma manual ou embarcados em máquinas agrícolas, o que possibilita medições em tempo real. Os mais utilizados atualmente são destinados a coleta de dados de solo e do dossel das plantas.

Em termos de investigação de solo, marcadamente o sensoriamento da condutividade elétrica aparente do solo (CEa) merece destaque pela sua facilidade de uso e qualidade da informação fornecida sobre variabilidade do solo como um todo.

Com relação a medição de propriedades do dossel das plantas, os sensores de reflectância, também conhecidos como sensor de verde ou de clorofila, são os de maior destaque, pois permitem inferências sobre variabilidade do acúmulo de biomassa da parte aérea da cultura e, conseqüente, possibilita investigações direcionadas ou mesmo a aplicação de insumos, como o nitrogênio. Também podem ser usados para identificar a presença ou ausência de plantas, o que permite, por exemplo, guiar a aplicação de herbicidas ou investigação sobre falhas da cultura. Outros Informativos Técnicos serão dedicados à essas tecnologias.

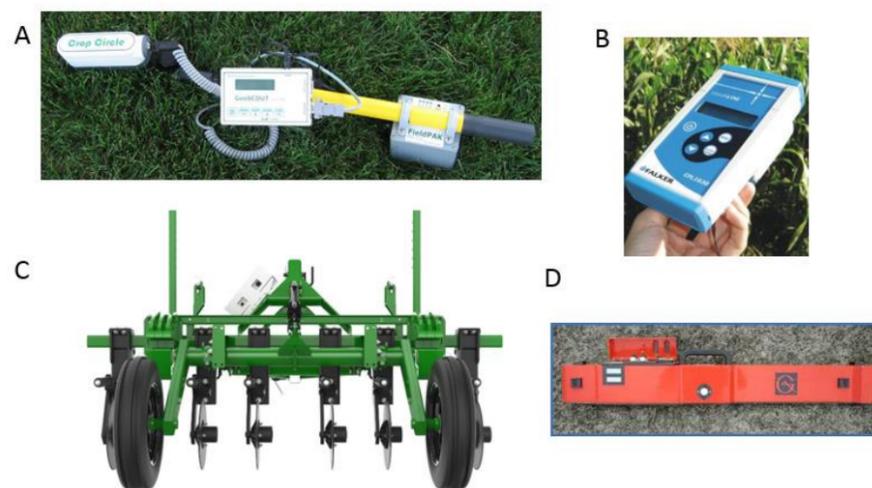


Figura 3- A) sensor de refletância de dossel (Crop Circle); B) sensor de medição de clorofila (Clorofilômetro); C) Sensor de condutividade elétrica do solo (Veris); D) Sensor de condutividade elétrica do solo (EM38).

No sensoriamento remoto, em geral, os sensores captam o comportamento espectral dos alvos, o que permite tirar inferências sobre eles. Esses sensores podem ser instalados em satélites, aeronaves e em veículos aéreos não tripulados (drones), apresentando prós e contras para cada objetivo (Figura 4). Porém, uma grande vantagem desse tipo de sensoriamento como um todo é a coleta de dados sem a necessidade de adentrar a lavoura, o que também permite a cobertura de grandes áreas de forma simples e rápida.

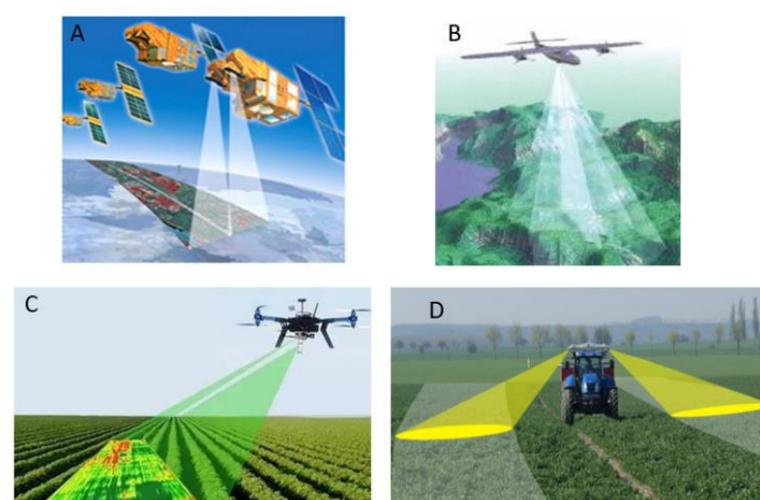


Figura 4- Diferentes plataformas para os sensores remotos: A) Satélites; B) Aviões; C) Drones; D) Sensor proximal embarcado em Trator.

## Manejo localizado

### Aplicação à taxa variável de fertilizantes

Visa aplicar de forma correta e eficiente os fertilizantes ao longo de uma área, garantindo que cada porção do solo receba a dose necessária de fertilizantes para o correto desenvolvimento das plantas, buscando otimizar os custos com insumos.

Amostragens georreferenciadas de solo têm sido bastante empregadas para obter o conhecimento da variabilidade do solo dentro da propriedade, o que é essencial para uma aplicação correta e adequada. No

entanto, a dependência espacial entre as amostras coletadas devem ser levadas em consideração para o adequado mapeamento das propriedades do solo. Se tal exigência não é atendida, a qualidade dos mapas de recomendação pode ser duramente impactada. A partir desses mapas é possível realizar aplicação localizada de fertilizantes.

### *Aplicação à taxa variável de defensivos agrícolas*

O tratamento localizado com defensivos é, talvez, a maior possibilidade de redução de uso de insumos na AP, uma vez que tem o objetivo de realizar a aplicação apenas onde a praga (inseto, doença ou planta daninha) esteja presente.

No mercado existem diversas técnicas de se variar a vazão da calda para aplicação em taxas variadas, sendo a mais promissora delas a variação de vazão individualizada bico a bico, com ajuste por válvula solenoide ou PWM. Entretanto, para que isso seja possível, o maquinário precisa estar equipado com sensores e sistema de tomada de decisão em tempo real, o que ainda é um desafio a ser vencido. Ainda, outra opção é carregar no controlador de taxa variável um mapa de recomendação elaborado em escritório, por meio de dados coletados previamente, o que é dificultado pelo comportamento dinâmico das infestações.

### *Plantio e semeadura em população variável*

Para viabilizar o plantio em taxa variável é necessário obter conhecimento da variabilidade da área via identificação de regiões com diferentes disponibilidades de recursos para desenvolvimento da cultura, como textura do solo ou qualquer outro fator limitante a produtividade. Com isso, de maneira geral, onde os recursos são escassos, a população de plantas almejada é menor, de forma a garantir adequadas condições de crescimento às plantas. Por outro lado, regiões onde os fatores de produção são abundantes o solo pode comportar maior quantidade de plantas, aumentando a produtividade final. Porém, tais recomendações ainda não são padronizadas e há necessidade de ajuste fino realizado pelo próprio usuário, com investigação *in loco* (experimentação na fazenda)

### *Unidade de Gestão Diferenciadas*

As unidades de gestão diferenciadas (UGDs), mais conhecidas como zonas de manejo, são sub-regiões definidas dentro de uma mesma área. Em essência, cada sub-região (ou UGD) deve apresentar as mesmas características, de forma a permitir um único manejo

uniforme, ou seja, os fatores limitantes a produtividade são os mesmos ao longo de cada UGD. Esta delimitação mais refinada da área é tida por muitos pesquisadores e usuários como o clímax da AP, uma vez que sintetiza grande quantidade de dados obtidos ao longo de safras consecutivas e resulta em manejo específico. Isso faz com que investigações espacializadas, principalmente por meio de amostragem, sejam cada vez menos demandadas, o que otimiza os custos e a gestão da lavoura.

Porém, para a correta definição das UGDs, é indispensável a obtenção de mapas de produtividade ou de dados que mensurem indiretamente a variabilidade dos cultivos, como obtidos com sensoriamento proximal ou remoto, por várias safras, para garantir a tomada de decisão com base em dados estáveis ao longo do tempo. Adicionalmente, também é preciso coletar dados de fatores de produção, como propriedades do solo e relevo, de forma a explicar a variação na produtividade e direcionar intervenções específicas. Para tal, dados topográficos e de sensores, como o de CEa, têm se destacado.

Apesar de ser um conceito antigo e desejado por muitos, a definição das UGDs ainda é complexa. Envolve muito conhecimento técnico para seleção das informações importantes de serem levadas em conta, assim como as melhores formas de análise dos dados para chegar na quantidade e tamanho adequado de UGDs dentro de uma mesma lavoura.

### *Sistemas de direcionamento de máquinas: um caso à parte*

Através da utilização de receptores GNSS com diferentes formas de correção de sinal é possível atingir precisões de posicionamento superiores a 5 cm. Isso permite que as máquinas agrícolas sejam direcionadas automaticamente, através de um caminamento pré-estabelecido. A esta tecnologia se dá o nome de Piloto Automático, sendo talvez a "tecnologia de AP" mais utilizada atualmente.

Porém, entendemos que esse tipo de tecnologia não é, em essência, agricultura de precisão, pois nada tem a ver com o gerenciamento da variabilidade dos cultivos; é simplesmente um sistema de direcionamento (automação) de máquinas agrícolas. No entanto, dentro das empresas, o setor que lida com GNSS e tecnologia embarcada ficou convencionalmente conhecido como setor/departamento de AP, sendo que muitas empresas estão buscando estar

alinhas com o “boom” do momento, convertendo o nome desses setores para Agricultura Digital.

Independente de todas essas questões, entendemos que o Piloto Automático é uma tecnologia vantajosa, que permite otimizar as operações agrícolas, principalmente em situações de operação com baixa visibilidade, como a noturna. Isso melhora o rendimento operacional das máquinas e reduz o dano as plantas e ao solo pelo deslocamento do maquinário fora da região indicada. É uma ferramenta capaz de auxiliar no plantio, nos tratos culturais, na colheita, ou seja, em todas as operações agrícolas.

## Porque adotar a gestão localizada das lavouras

O mundo tem uma grande demanda por alimentos, os agricultores buscam alcançar um sistema que seja produtivo com o menor custo. Logo, a gestão agrícola sob os preceitos da AP garante: aumentos de produtividade e de qualidade dos produtos colhidos, uso racional de insumos agrícolas e minimização dos impactos ambientais; consequente, garante maior rentabilidade da atividade agrícola e com maior sustentabilidade. É uma tendência e acreditamos que em pouco tempo não haverá mais agricultura convencional, agricultura de precisão, agricultura digital, entre outros termos. Será apenas a forma adequada e sustentável de se praticar a exploração agrícola.

### Autores:

Maiara Pusch, Doutoranda em Engenharia Agrícola.

Thiago Pontes Machado, Graduando em Engenharia Agrícola.

Lucas Rios do Amaral, Engenheiro Agrônomo, professor da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP.

### Conheça o GiTAP:



[www.feagri.unicamp.br/gitap](http://www.feagri.unicamp.br/gitap)

[www.facebook.com/gitap.feagri/](https://www.facebook.com/gitap.feagri/)

[www.linkedin.com/in/gitap-feagri-5a9567165/](https://www.linkedin.com/in/gitap-feagri-5a9567165/)

[www.youtube.com/channel/UCE3fpO8q9eGN6x9DdcffMdg](https://www.youtube.com/channel/UCE3fpO8q9eGN6x9DdcffMdg)

### Como citar este documento:

Pusch, M.; Machado, T.P.; Amaral, L.R. Introdução a Agricultura de Precisão, 03/2019. Disponível em: <[www.feagri.unicamp.br/gitap](http://www.feagri.unicamp.br/gitap)>. Acesso em: DD Mês. AAAA.

### Referências:

MOLIN, J.P.; AMARAL, L.R.; COLAÇO, A.F. Agricultura de Precisão. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.