



AGRICULTURA DE PRECISÃO

SUMÁRIO

1-	SISTEMA GLOBAL DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE	3
2-	A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA DE ORIENTAÇÃO POR SATÉLITE	12
3-	A CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE	20
4-	AS PRINCIPAIS APLICAÇÕES DO SISTEMA DE NAVEGAÇÃO NA AGRICULTURA	26
5-	SENSORES MAIS UTILIZADOS NA AGRICULTURA	30
6-	A IMPORTÂNCIA DO SENSORIAMENTO REMOTO NAS OPERAÇÕES AGRÍCOLAS	47

REFERÊNCIAS

1- SISTEMA GLOBAL DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE

O **sistema de posicionamento global**, mais conhecido pela sigla **GPS** (em inglês *global positioning system*), é um sistema de navegação por satélite que fornece a um aparelho receptor móvel a sua posição, assim como o horário, sob quaisquer condições atmosféricas, a qualquer momento e em qualquer lugar na Terra; desde que o receptor se encontre no campo de visão de três satélites GPS (quatro ou mais para precisão maior).

Encontram-se em funcionamento dois desses sistemas: o GPS americano e o GLONASS (versão russa do GPS). Existem também dois outros sistemas em implementação: o Galileo da União Europeia e o Compass chinês. O sistema americano é administrado pelo Governo dos Estados Unidos e operado pelo Departamento de Defesa americano. A princípio, o seu uso era exclusivamente militar, estando mais recentemente disponível para uso civil gratuito. No entanto, acredita-se que, em um contexto de guerra, sua função civil seria revogada para que o dispositivo volte a ser um artifício militar.

O que comprometeria a funcionalidade do GPS para o cotidiano de pessoas comuns, pois o sistema de posicionamento global, além de ser utilizado na aviação geral e comercial e na navegação marítima, também é utilizado por diversas pessoas para deslocamento nos bairros e cidades e, principalmente, para viagens.

Inclusive, com um sistema de navegação por satélite integrando um GPS, é possível encontrar o caminho para um determinado local e saber a velocidade e direção do seu deslocamento. Atualmente, o sistema está sendo muito utilizado em automóveis com um sistema de mapas. Existem diversos tipos de GPS, de diversas marcas com soluções "tudo em um", como os externos que são ligados por cabo ou ainda por bluetooth e celulares modernos (smartphones), que possuem o GPS integrado e acessível através de seus próprios aplicativos.

O sistema foi declarado totalmente operacional em 1995. Seu desenvolvimento custou 10 bilhões de dólares. Consiste numa "constelação" de 24 satélites. Os satélites GPS, construídos pela empresa Rockwell, foram lançados entre Fevereiro de 1978 (Bloco I) e 6 de Novembro de 1985 (o 29º). Cada um circula a Terra duas vezes por dia a uma altitude de 20.200 quilômetros (12.600 milhas) e a uma

velocidade de 11.265 quilômetros por hora (7.000 milhas por hora), de modo que, a qualquer momento, pelo menos 4 deles estejam “visíveis” de qualquer ponto da Terra. Os satélites têm a bordo relógios atômicos e informações adicionais como os elementos orbitais de movimento e um conjunto de estações de observação terrestres.

O receptor não precisa ter um relógio de alta precisão, mas um suficientemente estável. O receptor capta os sinais de quatro satélites para determinar as suas próprias coordenadas e ainda o tempo. Então, o receptor calcula a diferença entre as distâncias dos quatro satélites pelo intervalo de tempo entre o instante local e o instante em que os sinais foram enviados (esta distância é chamada pseudodistância). Descodificando as localizações dos satélites a partir dos sinais de micro-ondas de uma base de dados interna.

As diferenças entre os tempos de chegada dos sinais ao receptor são a base para a medição de posição. Cada diferença de tempo entre dois satélites corresponde a um hiperbolóide de revolução. A linha que une esses dois satélites forma o eixo do hiperbolóide, e o receptor está localizado no ponto onde três hiperbolóides se interceptam.^[1] Por isso são necessários 4 satélites.

Algumas vezes é dito incorretamente que a localização do usuário é a intercessão de três esferas. Esse seria o caso se o receptor tivesse um relógio sincronizado com os satélites, e medisse as distâncias reais a cada um, em vez da diferença de distâncias. Nesse caso haveria um complicador adicional: os intervalos de tempo não são os mesmos para um relógio em terra e um satélite em órbita pela teoria geral da relatividade. Esse desvio teria que ser levado em conta nos aparelhos.

Até meados de 2000 o departamento de defesa dos EUA impunha a chamada "disponibilidade seletiva" que consistia em um erro induzido ao sinal, impossibilitando que aparelhos de uso civil operassem com precisão inferior a 90 metros. Porém, o presidente Bill Clinton foi pressionado a assinar uma lei determinando o fim dessa interferência no sinal do sistema. Desse modo, entende-se que não há garantias que em tempo de guerra o serviço continue à disposição dos civis e com a atual precisão. No cenário militar, o **GPS** é também usado para o direcionamento de diversos tipos de armamentos de precisão, como as

bombas JDAM (*Joint Direct Attack Munition*) e os famosos mísseis Tomahawk. Estas bombas "inteligentes" são guiadas a seus alvos por um sistema inercial em conjunto com um GPS; esse tipo de sistema de direcionamento pode ser usado em qualquer condição climática e garante um alto índice de acertos.

Aplicações



Coordenadas com um GPS com bússola e altímetro integrado



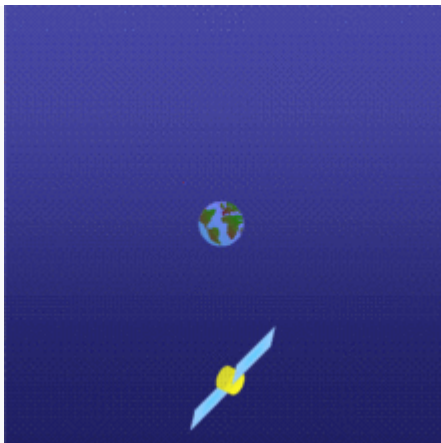
Exemplo de um receptor GPS com mapas, instalado em um carro.

A comunidade científica utiliza o sistema de posicionamento global pelo seu relógio altamente preciso, já que durante experiências científicas de coleta de dados, pode-se registrar com precisão de microssegundos (0,000001 segundo) quando a amostra foi obtida. Naturalmente, a localização do ponto onde a amostra foi recolhida também pode ser importante. Agrimensores diminuem custos e obtêm levantamentos precisos mais rapidamente com o GPS. Unidades específicas têm custo aproximado de 3.000 dólares e precisão de 1 metro, mas existem receptores mais caros com precisão de 1 centímetro. A coleta de dados por estes receptores é mais lenta.

Guardas florestais, trabalhos de prospecção e exploração de recursos naturais, geólogos, arqueólogos, bombeiros, são enormemente beneficiados pela tecnologia

do sistema. O GPS tem-se tornado cada vez mais popular entre ciclistas, balonistas, pescadores, ecoturistas, *geocachers*, voo livre ou por aventureiros que queiram apenas orientação durante as suas viagens. Com a popularização do GPS, um novo conceito surgiu na agricultura: a agricultura de precisão. Uma máquina agrícola dotada de receptor GPS armazena dados relativos à produtividade em um dispositivo de memória que, tratados por programa específico, produz um mapa de produtividade da lavoura. As informações permitem também otimizar a aplicação de correctivos e fertilizantes. A função de geolocalização desse sistema é a base de aplicativos de relacionamento como o Tinder e jogos de realidade aumentada como Ingress e Pokémon GO.

Tipos de receptores



Comparação entre a duração da órbita de um satélite e o período de rotação da Terra.

Geralmente categorizados em termos de demandas de uso em Geodésicos, Topográficos e de Navegação, a diferenciação entre as categorias de sistemas de posicionamento- que a princípio pode parecer meramente de preço de aquisição-, se deve à precisão alcançada, ou seja, a razão da igualdade entre o dado real do posicionamento e o oferecido pelo equipamento. Assim, sendo os mais acurados (com valores na casa dos milímetros) os receptores Geodésicos são capazes de captar as duas frequências emitidas pelos satélites (L1 e L2), possibilitando assim a eliminação dos efeitos da refração ionosférica. Os topográficos, que tem características de trabalho semelhantes à categoria anterior, mas captam somente a portadora L1, também possuem alta precisão; geralmente,

na casa dos centímetros. Ambas as categorias têm aplicações técnicas, e características próprias como o pós-processamento, o que significa que, normalmente, não informam o posicionamento instantaneamente (exceto os modelos RTK, modo cinemático).

No caso da categoria de maior uso do GPS (a navegação), embora possua menor precisão de posicionamento, há várias vantagens em sua utilização; como o baixo preço de aquisição e suas aplicações como: ferramenta de equipamentos como computadores de mão, celulares, relógios, entre outros. Atualmente, com a convergência de dispositivos, existem muitas opções de Pocket PCs com GPS interno, que têm a vantagem de se poder escolher o software de localização que se pretende utilizar com eles.

Atualizações

Em 24 de março de 2009 foi lançado o primeiro satélite GPS equipado com uma amostra de *hardware* funcionando em frequência L5. Entre outras novidades, este satélite foi o primeiro a emitir o sinal GPS numa frequência de 1176,45 MHz (± 1.2 GHz). E suas vantagens são:

- Melhoria da estrutura do sinal para maior desempenho;
- Transmissão com sinal superior ao dos satélites L1 e L2.

A data limite para que a Força Aérea Americana colocasse um satélite GPS de forma operacional em frequência L5 foi 26 de agosto de 2009. Caso ultrapassassem essa data, o governo dos Estados Unidos perderia o direito de utilizar essa frequência em seus projetos militares/civis. O L1C é um sinal de uso civil transmitido na mesma frequência L1 (1.575,42 MHz), contém o sinal GPS L1C utilizado por todos os atuais usuários e está disponível com o primeiro bloco III desde 2013.

Hoje em dia, em dois países os aparelhos receptores de GPS são proibidos: a Coreia do Norte e a Síria. O Egito suspendeu a proibição em abril de 2009

O GPS (Sistema de Posicionamento Global) é formado por três segmentos: o espacial, de controle e utilizador.

O espacial é composto por 24 satélites distribuídos em seis planos orbitais. O segmento de controle é responsável pelo monitoramento das órbitas dos satélites. Por fim, o segmento do utilizador é o receptor GPS, responsável pela captação dos sinais fornecidos pelos satélites.

Esse sistema de navegação permite, através de satélites artificiais, a obtenção de informações sobre a localização geográfica em qualquer lugar da superfície terrestre e em qualquer hora do dia.

A localização geográfica ocorre em razão da emissão de rádio dos satélites, que são captadas por receptores GPS na Terra, onde são decodificadas as informações e fornecidos a latitude, longitude e altitude.

Na história da humanidade sempre foram utilizadas técnicas de localização, muitas delas através de fatores naturais como estrelas, sol, vento, formações rochosas, entre outras. No entanto, o Sistema de Posicionamento Global apresenta extrema eficácia na obtenção de informações referentes à localização e orientação geográfica. Proporciona a posição geográfica em qualquer ponto do planeta.



Modelo de Receptor GPS

O Sistema de Posicionamento Global é um programa que foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, com o custo aproximado de 10 bilhões de dólares. O primeiro receptor foi testado em 1982. O objetivo era de que esse se tornasse o principal sistema de navegação das forças armadas

estadunidense.

Atualmente existem dois sistemas de posicionamento por Satélite em pleno funcionamento, o GPS desenvolvido e mantido pelos Estados Unidos e o Glonass, desenvolvido na Rússia. A China está desenvolvendo um sistema denominado Compass. Outro sistema em fase de implantação é o Galileo europeu.

O desenvolvimento de outros sistemas de posicionamento por satélites é de fundamental importância para os usuários, pois o GPS, tecnologia desenvolvida e controlada pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, limita informações destinadas aos civis, e, em caso de guerras envolvendo esse país, a emissão de sinal pode ser ainda mais restrita.

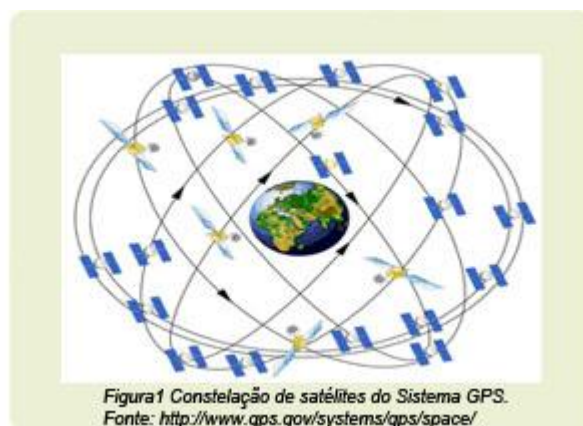
Por Wagner de Cerqueira e Francisco
Graduado em Geografia



Desde a antiguidade o homem vem estudando métodos de se localizar na superfície da Terra com observações baseadas nas posições dos astros. Hoje, o processo de localização segue o mesmo princípio, com as posições baseadas em constelações artificiais de satélites. O sistema NAVSTAR, acrônimo do inglês NAVigation Satellite with Time And Ranging, ou apenas GPS, acrônimo do inglês Global Positioning System, é um sistema criado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos para atender a necessidade de precisão do posicionamento para o uso militar. Contudo, devido a grande necessidade em áreas como engenharia, cartografia, geografia, navegação e outros setores, o sistema possui um serviço disponível ao

usuário civil, sem custo e com precisão limitada, acessível em qualquer período do dia, sob quaisquer condições atmosféricas e em qualquer local do planeta.

O projeto GPS foi desenvolvido em 1973 e concebido para inicialmente conter 24 satélites, estando completamente operacional em 1994. Já em 2005 o sistema operava com 29 satélites e no meio de 2007 com 30 satélites, hoje já se estima uma quantidade maior, sendo alguns já substituídos.



A determinação da posição do receptor GPS é feita utilizando o princípio da triangulação, onde são determinadas as distâncias entre o receptor e os satélites, sendo necessários para isto três satélites. Um quarto satélite é imprescindível no cálculo do posicionamento, este serve para corrigir o erro na medida de tempo entre o relógio do receptor e do satélite, já que os satélites utilizam relógios mais sofisticados que os receptores.

O GPS é composto de três segmentos: espacial, controle e usuário.

O Segmento Espacial representa a constelação de satélites artificiais do sistema GPS e trabalha com no mínimo 24 satélites, dispostos em 6 planos orbitais, inclinados 55° em relação ao Equador. A altitude dos satélites é de aproximadamente 20.200 km, fazendo com que completem uma volta ao redor da Terra em aproximadamente 12 horas. Essa configuração garante ao usuário do sistema receber o sinal de pelo menos 4 satélites em qualquer local da superfície da Terra ou próxima a ela.

O monitoramento do sistema é feito pelo Segmento Controle. Este segmento é composto por estações terrestres de controle localizadas em pontos estratégicos e uma estação principal localizada em Colorado Springs, Colorado, EUA. O segmento terrestre responde pela manutenção e controle do sistema, monitorando o tempo e a órbita dos satélites, informações imprescindíveis no cálculo do posicionamento pelos receptores.

Já o Segmento Usuário, corresponde aos receptores de uso civil e militar. Estes recebem os sinais emitidos pelos satélites e calculam sua posição. Hoje os receptores do sinal GPS estão facilmente disponíveis, muitos dos veículos já saem de fábrica com um sistema de navegação embutido no painel ou a aquisição de um aparelho receptor está mais acessível em relação ao custo. Sua utilização e destinação abrange uma ampla faixa de trabalho como, por exemplo, navegação, logística, aviação e também agricultura. A precisão da posição varia conforme o tipo de equipamento, desde milímetros a poucos metros.

Paralelo ao Sistema GPS (Americano) existem sistemas como o Glonass (Antiga União Soviética), Galileu (União Europeia) e o sistema Beidou-Compass (Chinês), cada qual com sua própria constelação de satélites artificiais e propósitos distintos. Os avanços tecnológicos nesta área visam o aumento da precisão e a confiabilidade dos sistemas, trazendo novos produtos e proporcionando melhor qualidade nos serviços prestados.

2- A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA DE ORIENTAÇÃO POR SATÉLITE

Acho que todos já ouviram falar em GPS (Sistema Global de Posicionamento) que é um sistema de navegação por satélite. O GPS foi o primeiro sistema de navegação a

se tornar operacional e é representado pelo sistema Navstar, criado pelo EUA entre as décadas de 1960 e 1970. No entanto, o termo correto para utilizar é o GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) que representa todos os sistemas de navegação por satélite, não apenas o Navstar. Portanto, quando uma pessoa diz que adquiriu um GPS, na verdade ela comprou um receptor de sinal GNSS.

Sistemas de orientação de satélite vem transformando a agricultura, tornando-a muito mais moderna e competitiva juntamente com a mecanização agrícolas. Sistemas de geolocalização são utilizados para agricultura de precisão, monitoramento de máquinas agrícolas e logística. Segundo o Senar (Serviço Nacional de Aprendizagem Rural), colhedoras equipadas com dispositivos de comunicação com satélites podem elaborar mapas de produtividade automaticamente, ao se deslocarem pelo campo, permitindo realizar a análise da variabilidade espacial da produtividade da lavoura. Diversas máquinas agrícolas, por exemplo, semeadoras-adubadoras, distribuidores de fertilizantes, pulverizadores e colhedoras, já saem de fábrica com algumas dessas tecnologias embarcadas de série.

Por meio do uso do GNSS é possível localizar pontos dentro dos talhões e fazer os registros destes, criando um mapa de calor. Com esse mapa em mãos é possível analisar as variações de produtividade e tomar decisões como correção do solo. Também é possível comparar diversos talhões das propriedades e analisar suas diferenças.

Abaixo outros usos para dos sistemas de orientação por satélite:

- Georreferenciamento para elaboração de mapas de variabilidade
- Amostragem de solos
- Controle automático da direção de máquinas agrícolas
- Aplicação de corretivos, fertilizantes e defensivos
- Adoção de técnicas de rastreabilidade em toda cadeia produtiva
- Melhor planejamento no estabelecimento das lavouras
- Maior controle sobre a inspeção da colheita

Para um melhor manejo das culturas agrícolas, novas tecnologias têm sido desenvolvidas no campo com o auxílio da mecanização agrícola. Dentre elas, destaca-se a utilização de sistemas de navegação global por satélite (Sistema GNSS) aliados a sistemas de direcionamento automático de máquinas agrícolas.

O Sistema GNSS é composto por diferentes constelações de satélites, que têm como objetivo a navegação e o posicionamento de pontos sobre a superfície terrestre. Podemos citar como sistemas do GNSS, o *Global Positioning System* (GPS) dos EUA, o *Global Navigation Satellite System* (Glonass) da Rússia e o *BeiDou Satellite Navigation System* da China.

Essa combinação entre o sistema GNSS e os sistemas de direcionamento de máquinas agrícolas permite um maior controle das operações mecanizadas como tráfego, paralelismo e repetibilidade na semeadura, plantio e aplicação de insumos.

Caso haja a necessidade da repetibilidade das linhas de plantio, como no caso da cultura de cana-de-açúcar, o método de posicionamento relativo cinemático em tempo real - RTK (*Real Time Kinematic*) aliado ao piloto automático hidráulico seria a combinação mais indicada, devido à alta qualidade de posicionamento que atinge, na casa dos centímetros.

Porém, quando o manejo não exige qualidade de centímetros, pode-se utilizar métodos e equipamentos que proporcionam qualidade de decímetros, como o posicionamento diferencial (DGPS) em conjunto com piloto automático elétrico. Porém, é possível, também, combinar o piloto automático elétrico com a correção fornecida pelo sistema RTK, principalmente quando não é disponível uma correção DGPS em tempo real.

Nesse contexto, o Núcleo de Geomática e Agricultura de Precisão (NGAP), da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV), da Unesp, conduziu um experimento para avaliar a qualidade do posicionamento proporcionada

pelo sistema RTK aliado a um piloto automático elétrico, na operação de abertura de sulcos para fins de implantação de uma cultura perene.

O trabalho foi conduzido numa gleba de terras, localizada no interior do estado de São Paulo, durante a operação de sulcagem para fins de implantação de uma cultura perene. Nessa operação foi utilizado um sistema de navegação da marca John Deere, receptor GPS StarFire ITC e monitor GreenStar 2 1800 com sistema RTK de correção, aliado a um piloto automático elétrico, também marca John Deere.

Para a avaliação do paralelismo e do espaçamento da sulcagem, foram mapeados os sulcos de plantio com cerca de 200m de comprimento. Esse mapeamento foi realizado com uma estação total marca Topcon, modelo GTS701 com precisão angular de 2" e linear de 2mm + 2mm/km. Equipamento classificado como de alta precisão pela Norma de Execução de Levantamento Topográfico NBR 13.133. Foi utilizado o método das Irradiações para planimetria e o Nivelamento Trigonométrico para a altimetria.

Destaca-se que foram aplicadas as correções de curvatura e refração atmosférica para as medidas de distâncias. Para a correção da refração foram observadas medidas de temperatura e pressão durante a medição de distâncias. Para registro da temperatura e da pressão foi utilizado termômetro de mercúrio marca Labortherm-N, modelo Skalenwert 1k (resolução de 1° C) e barômetro marca Fischer (resolução de 1mbar).

O espaçamento de sulcagem adotado no momento da operação foi de 3,5m entre as linhas de plantio. Para cada entre linhas foram determinados o espaçamento médio e a respectiva precisão. Baseando-se no valor de referência, de 3,5m para o espaçamento, foi determinada a acurácia da sulcagem. Foi realizada análise de variância, comparando-se o espaçamento entre linhas dos sulcos amostrados. Como o trecho avaliado era aproximadamente retilíneo (orientação NE-SW), foi realizada uma análise de regressão linear para verificar se a operação de sulcagem manteve essa trajetória retilínea (Figura 1).

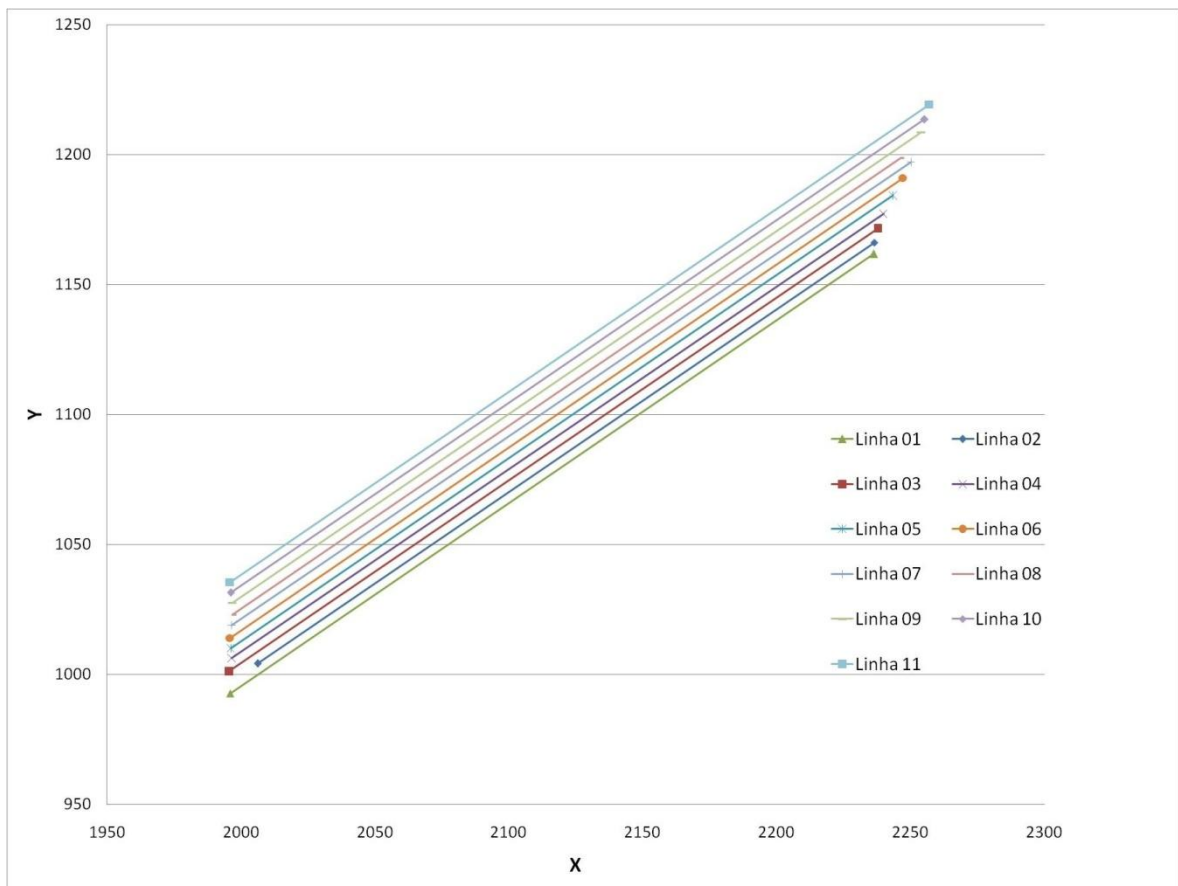


Figura 1 - Representação gráfica dos sulcos mapeados no experimento

Fonte: Rosalen e Deghaid (2013).

A Tabela 1 exibe os resultados da análise de regressão, os dados exibidos indicam que a trajetória da operação de sulcagem nas linhas de plantio manteve-se retilínea; pois, todos os coeficientes de correlação linear determinados estão próximos a um. Também, outro indicativo da qualidade da trajetória da sulcagem foi a precisão média para as retas ajustadas igual a $(0,09 \pm 0,02)$ m, isto é, houve um desvio da trajetória em torno de 9cm.

Tabela 1 - Resultados da análise de regressão para os sulcos de plantio mapeados

Linhas de plantio Coeficiente de correlação linear

1 0,9999973

2 0,9999987

3 0,9999982

5 0,9999977

6 0,9999989

7 0,9999992

8 0,9999913

9 0,9999983

10 0,9999992

11 0,9999976

Média 0,9999978

Fonte: Rosalen e Deghaid (2013).

A Tabela 2 exhibe os resultados do espaçamento médio obtido para cada uma das entre linhas de plantio. Destaca-se que não foi detectada diferença significativa ($P < 0,05$)

Tabela 2 - Resultados do espaçamento médio entre as linhas de plantio para os sulcos mapeados

Entre linha de plantio Média (m)¹ Desvio padrão (m)

1 3,59 0,02

2 3,58 0,02

3	3,48	0,02
5	3,59	0,05
6	3,46	0,03
7	3,53	0,04
8	3,54	0,04
9	3,52	0,02
10	3,55	0,05
11	3,43	0,02
Média	3,53	0,02

Fonte: Rosalen e Deghaid (2013).

Também, na Tabela 2, observa-se que o espaçamento médio encontrado para as entre linhas dos sulcos mapeados foi de $(3,53 \pm 0,02)$ m, indicando uma acurácia de 3cm, considerando o valor de referência de 3,5m. Dessa forma, foi obtida uma acurácia na ordem de centímetros, conforme é esperado para a correção RTK.

Os resultados encontrados no experimento indicaram que a operação de sulcagem, no tocante à navegação da máquina agrícola, obteve um desempenho adequado, visto que o paralelismo foi mantido entre cada sulco e o espaçamento desejado foi alcançado, com erro residual na ordem de centímetros.

3- A CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITE

A precisão na agricultura exige que todos os “atores”, do trator à colheitadeira, tenham conhecidas suas posições exatas no interior da lavoura. É para esta exatidão que os sistemas de navegação global por satélites são necessários

Gustavo Portz e Lucas Rios do Amaral, engenheiros agrônomos, mestrandos na USP/Esalq, gportz@gmail.com e lucasamaral@agronomo.eng.br, e José Paulo Molin, engenheiro agrícola, professor da USP/Esalq, Departamento de Engenharia de Biossistemas, jpmolin@usp.br

Agricultura de Precisão (AP) é um termo frequentemente discutido em qualquer reunião de agricultores, pesquisadores e empresas agrícolas. No entanto, existe ainda muita controvérsia sobre o que seria essa “precisão” na agricultura. Muitos apontam que é o uso de sistemas de posicionamento (GPS) no campo, outros, que é a aplicação de fertilizantes em taxa variável, outros, ainda, o uso de sistemas de orientação de máquinas agrícolas, como o piloto automático. No entanto, o conceito de AP é muito mais amplo. Pode-se estabelecer que AP é um elenco de tecnologias e procedimentos utilizados para que as lavouras e o sistema de produção sejam otimizados, tendo como elemento chave o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores a ela relacionados.

Navegar, monitorar, intervir localizadamente — Para que as práticas de AP sejam executadas é preciso gerenciar a variabilidade espacial das áreas. E para tanto, precisamos saber o local específico onde ela ocorre dentro das lavouras, o que só se tornou viável em nível de produtor depois da introdução da navegação global por satélites em tempo real. Com essa tecnologia, passou a ser possível georreferenciar todas as atividades dentro das áreas de produção de forma a se fazer um monitoramento preciso dos fatores que influenciam a produção e sua disposição dentro das lavouras. Este monitoramento preferivelmente deve ser iniciado avaliando-se a variabilidade espacial da produtividade das lavouras.

A produtividade em forma de mapa espacializado direciona a busca pelos causadores da variabilidade verificada. Essa busca deve passar, por exemplo, por uma amostragem e análise criteriosa das propriedades físicas e químicas do solo, checagem em campo de possíveis causadores de manchas de baixa produtividade, como plantas infestantes, pragas e doenças, assim como apontar os possíveis fatores que possibilitam a existência de manchas de alta produtividade. A partir daí é sensato passar para o próximo passo, que é o tratamento localizado dos fatores considerados como culpados desta variabilidade, buscando, muitas vezes, não eliminá-los, mas tirar proveito deles. Nesse caso as práticas envolvem aplicar menos insumos em locais com menor potencial produtivo, controlar moléstias mais cautelosamente em certos locais ou aumentar os investimentos em áreas que apresentam alta capacidade de resposta.

As práticas de AP implicam em precisão no processo agrícola como um todo, ou seja, precisão na coleta de dados, na interpretação das informações e, principalmente, na aplicação dos insumos. O processo implica em aplicação com máquinas bem reguladas, propiciando doses certas para cada local indicado em faixas e trajetos regulares, sem sobreposição ou falha – ainda um grande desafio aos produtores brasileiros em função de mão de obra despreparada. Caso isso não ocorra, o processo não se justifica. Assim, pode-se realçar o conceito de “precisão na agricultura”.

Sistemas de navegação por satélites — Para que se possa obter precisão na agricultura, é fundamental que todos os atores (colhedora, trator, amostradores etc.) tenham uma posição conhecida e exata dentro da lavoura. Para tanto, os sistemas de navegação global por satélites são vitais. Apesar de ser o mais conhecido e utilizado, o sistema GPS (**G**lobal **P**ositioning **S**ystem) ou sistema de posicionamento global, não é único sistema de navegação por satélites. Existem atualmente dois sistemas funcionais (GPS e **GLONASS**) e mais dois em construção (**GALILEO** e **COMPASS**), todos independentes, tendo cada um sua própria constelação de satélites.

O GLONASS (**G**LObal’**n**aya **N**avigatsionnaya **S**putnikovaya Sistema), sistema de satélites russo, oriundo da guerra fria e utilizado para fins militares, estava praticamente abandonado na década de 1990, mas tem passado por melhorias com o lançamento de novos satélites, somando hoje 23 em órbita, 21 funcionando e dois em espera. Importante é o fato de que o uso do seu sinal está livre a todos desde maio de 2007, tornando o GLONASS uma alternativa complementar ao GPS.



O GALILEO, da União Européia, lançou seu primeiro satélite de testes em 2005 (GIOVE A) e o segundo em 2007 (GIOVE B). Em janeiro passado foi anunciada a construção de mais 14 satélites da constelação com previsão do sistema estar operacional em 2014. O COMPASS é o sistema mais recente e está sendo construído pelo governo chinês. Já possui três satélites em órbita dos 35 previstos para estarem ativos e funcionais em 2020.

Em virtude desta disponibilidade de sistemas, atualmente se adota o termo GNSS (**G**lobal **N**avigation **S**atelite **S**ystems) ou Sistemas de Navegação Global por Satélites, que se refere a todas as constelações em órbita. Os GNSS possuem o mesmo princípio de funcionamento e podem ser definidos resumidamente como sistemas de rádio navegação com o uso de satélites. Eles fornecem ao usuário, desde que munido de um receptor de sinais, coordenadas de posicionamento tridimensional e informações de navegação e tempo. Para isso, os sistemas baseiam-se em distâncias determinadas pelo tempo decorrido entre a emissão e a recepção de um sinal de rádio. Essa distância é obtida pela multiplicação da velocidade das ondas de rádio (300 mil quilômetros/segundo) e o tempo decorrido entre a emissão e a recepção. A distância entre cada satélite sintonizado e o receptor define uma esfera de todas as possíveis posições em que o aparelho receptor pode estar. Quando temos quatro satélites definindo cada um a sua própria esfera de possibilidades, a posição do aparelho receptor é definida pelo ponto formado pela intersecção dessas quatro esferas.

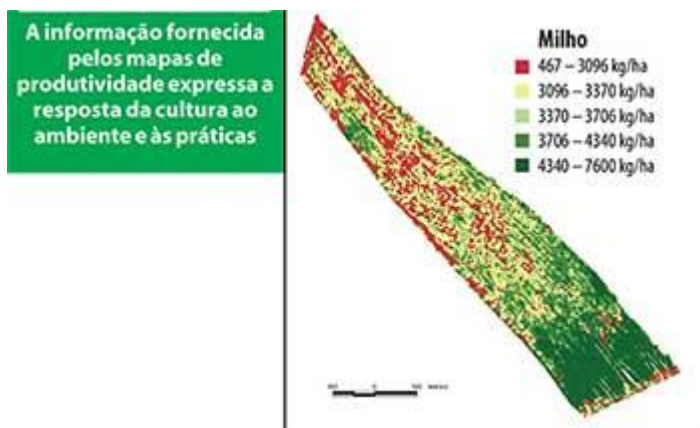
Dentre os GNSS o sistema GPS merece maior atenção por ser o sistema atualmente mais utilizado. Pertencente ao Departamento de Defesa dos EUA e seu nome completo é NAVSTAR GPS (NAVigation System with Time and Ranging Global Positioning System) e foi concebido na década de 1970, no auge da guerra fria, paralelamente ao GLONASS. Inicialmente o sinal GPS era exclusivo dos militares, porém o presidente Ronald Reagan, em dezembro de 1983, liberou o sinal para uso civil, mas impondo limitações. Assim foi criado um erro aleatório denominado SA (selective availability) ou disponibilidade seletiva. Era um erro que o Departamento de Defesa dos Estados Unidos inseria propositalmente para limitar o uso do GPS por forças hostis durante guerras e crises armadas, impedindo o uso do sistema com precisão. Este erro foi retirado do sistema GPS em maio de 2000 pelo presidente Bill

Clinton, dando início a uma nova era em seu uso. Esse ato de política interna norte-americana reconhecidamente proporcionou a expansão da AP no Brasil.



O sistema GPS é composto de três segmentos principais: espacial, de controle e do usuário. O segmento espacial é formado por uma constelação de 24 satélites operacionais distantes 20.200 quilômetros da terra, divididos em seis órbitas de 60° e cada satélite percorrendo sua órbita em 12 horas. O segmento de controle é formado por estações terrestres que têm a função de monitorar os satélites, identificar anomalias e executar correções necessárias. Já o segmento usuário é formado por todos nós que possuímos um receptor de sinal. O sistema GPS transmite sinais de seus satélites continuamente, de forma que em qualquer local no globo terrestre haverá no mínimo quatro satélites visíveis ao receptor.

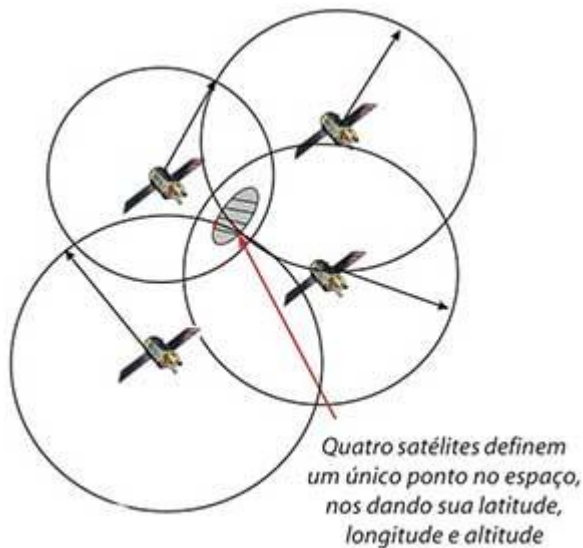
O GPS atualmente disponibiliza três formas de sinal (C/A, L1 e L2). O C/A (coarseacquisition) é o mais comum e menos preciso. É o sinal captado pelos receptores de navegação (portáteis, de mão) que apresentam erro de posicionamento nominal de nove metros com 95% de probabilidade. Esses receptores são largamente utilizados para encontrar ou georreferenciar os pontos de amostragem, por exemplo. Os receptores da frequência L1 permitem o uso de correções diferenciais para reduzir o erro de posicionamento e os receptores das frequências L1/L2 são os mais precisos do mercado. O governo norte-americano já trabalha para disponibilizar outras duas frequências, o que vai melhorar ainda mais a exatidão de posicionamento.



Correções diferenciais — Visando aumentar a exatidão de localização do receptor para centímetros, existem as chamadas correções diferenciais, que podem funcionar de diversas maneiras. Uma opção é através do sinal de um satélite geoestacionário que transmite um sinal de correção por ondas de rádio para o receptor informando o erro momentâneo de sua posição. Atualmente, no Brasil, duas empresas fornecem esta prestação de serviço. Outra forma de correção diferencial é a comunicação do receptor por ondas de rádio com uma estação fixa (torre local ou regional), com receptor GPS, situada junto a um marco de coordenadas geográficas conhecidas. O receptor móvel pode trabalhar na frequência L1 ou L1/L2 e suas coordenadas são permanentemente corrigidas pelo sinal da estação fixa. O sistema mais sofisticado e com maior exatidão e que utiliza esse recurso é o denominado “Real Time Kinematic” (RTK) e resulta em erro de posicionamento da ordem de alguns centímetros.

Existe um sistema comumente usado em barras de luzes e mesmo em pilotos automáticos para aumentar a precisão do paralelismo das passadas, que erroneamente é confundido com correção diferencial, mas se trata de um algoritmo interno aos receptores que corrige valores fora de uma referência paralela. O uso de receptores GPS L1 com algoritmo interno se presta para serviços de precisão média como colheita e pulverização. Já o uso de correções diferenciais é indicado para operações que exigem maior precisão, como o plantio.

Existem sinais de correção diferencial para o sistema GPS que são públicos, como é o caso do norte americano WAAS e do europeu EGNOS. Eles foram projetados para atuar nos seus países de origem não sendo recomendada a sua ativação aqui no Brasil, pois sua utilização aumenta o erro de localização do receptor.



Os agricultores que pretendem adotar AP dificilmente vão prescindir de tecnologias de GNSS em suas propriedades. Porém, devem investir em tecnologia cautelosamente, pouco a pouco, em função de seus objetivos e sempre analisando o retorno previsto ao longo do tempo, buscando assistência técnica capacitada que forneça um bom suporte, principalmente no início da implantação e avaliação do sistema. AP é um sistema de gerenciamento das lavouras altamente promissor, que ainda deverá oferecer muitas soluções inovadoras e que tende a abranger cada vez mais áreas em todo o território nacional, favorecendo o produtor rural, o meio ambiente e a sociedade como um todo.

4- AS PRINCIPAIS APLICAÇÕES DO SISTEMA DE NAVEGAÇÃO NA AGRICULTURA

O **sistema de posicionamento global (GPS)** possibilitou o desenvolvimento e implantação do sistema de agricultura de precisão, através de suas informações geográficas (GIS), assim é possível coletar dados em tempo real e com informações precisas de posição. Com os dados informados é possível realizar um **planejamento de plantio**, mapeamento em campo, amostragem de solo, direcionamento do trator, inspeção da colheita, tempos variáveis de aplicação e mapeamento da produção. E ainda, os produtores podem fazer todo o trabalho, mesmo em condições adversas,

como baixa visibilidade do campo em detrimento da chuva, poeira, névoa ou escuridão.

Esse sistema de coleta de dados recebe o nome de agricultura de precisão, ou seja, é possível coletar as informações geoespaciais sobre os requisitos relativos ao conjunto solo-planta-animal e prescrever e aplicar ações específicas e localizadas, visando o aumento da produção e a **proteção do meio ambiente**.

A **agricultura de precisão** tem ganhado espaço, pois trabalha com inovações como a integração de computadores de bordo, sensores coletores de dados, e sistemas de posicionamento e de contagem de tempo do GPS. Os benefícios observados com a agricultura de precisão são muitos, o processo pode ser aplicado por qualquer produtor, seja ele de grande, médio ou pequeno porte.

Dentre as vantagens estão: a localização precisa das **amostras do solo** e a coleta e análise de dados permitem a aplicação localizada e diferenciada de **produtos químicos** e a densidade da plantação mais adequada à área específica; a navegação no campo minimiza redundâncias e falhas na aplicação de fertilizantes e produtos químicos e permite a máxima abrangência do terreno, em menor tempo possível; é possível trabalhar em condições adversas, contribuindo para produtividade; o monitoramento permite a preparação futura do campo; entre outros.

Uma das técnicas utilizadas é o gerenciamento da adubação com base na amostragem sistematizada de solo. Outra – que exige a geração de mapas de produtividade – leva em consideração a produtividade da cultura ou do ciclo anterior para se fazer a reposição dos nutrientes extraídos.

Nesse cenário tem ganhado força o uso de sistemas de orientação e de direção automática de veículos (tratores, colheitadeiras, pulverizadores, entre outros) com o uso do GPS (*Global Positioning System*). Mas um dos desafios da agricultura com o sistema norte-americano de navegação por satélites consiste em não se saber com exatidão o desempenho desses receptores para aplicações em movimento.

Pesquisadores da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) da Universidade de São Paulo (USP) desenvolveram um veículo instrumentado para testar uma metodologia para ensaio cinemático com o GPS.

De acordo com José Paulo Molin, professor do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Esalq da USP, o objetivo do experimento foi avaliar o desempenho de receptores de GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*), buscando simular aplicações agrícolas cinemáticas, como mapeamento de colheitas, aplicação de insumos em taxa variável e navegações em campo.

GNSS é o termo genérico para sistema de navegação por satélites. Atualmente o único disponível é o GPS norte-americano, com o Glonass russo em processo de restauração e o Galileo europeu previsto para 2014.

“O objetivo foi qualificar melhor esses equipamentos. A literatura e a indústria oferecem informações sobre dados estáticos do GNSS, mas nas aplicações agrícolas temos necessidade de aplicação em movimento”, disse Molin à **Agência FAPESP**.

O estudo, que foi publicado na revista *Engenharia Agrícola*, é um braço do Projeto Temático “GNSS: investigações e aplicações no posicionamento geodésico, em estudos relacionados com a atmosfera e na agricultura de precisão”, coordenado por João Francisco Galera Monico, da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Estadual Paulista (Unesp), campus de Presidente Prudente, e apoiado pela FAPESP.

De acordo com Molin, responsável pelas aplicações agrícolas do Temático, a pesquisa envolve especialistas de diversas áreas com o objetivo de desenvolver algoritmos e metodologias para aplicações como agricultura de precisão, cartografia, meteorologia e monitoramento do nível médio dos mares.

“Como se trata de uma tecnologia multidisciplinar, o domínio pleno dessa tecnologia pode ser facilitado pelo desenvolvimento de um projeto que integre especialistas envolvidos nessas várias disciplinas”, disse.

Segundo Molin, os usuários brasileiros conhecem muito pouco as diferentes aplicabilidades dos receptores e diferentes categorias. “Na agricultura, existem demandas que vão dos GPS de navegação menos acurados aos mais sofisticados, que são os RTK (*Real Time Kinematic*), usados em tratores com piloto automático”, disse.

Segundo ele, os fabricantes de receptores utilizados em agricultura de precisão geralmente disponibilizam apenas relatórios da performance de seus aparelhos no modo estático, que nem sempre são indicativos de desempenho em movimento.

“Uma das razões da falta de informação dos fabricantes sobre a acurácia cinemática dos receptores é a ausência de padrão estabelecido para ensaios em movimento”, disse.

Para os testes com receptor GPS, os pesquisadores utilizaram um veículo que varia a velocidade e se mantém estável em uma mesma trajetória: um minitrator equipado com motor de 2,57 kW de potência, movido a gasolina, com rotação máxima de 3.500 rpm e transmissão mecânica de seis marchas.

A partir do ensaio experimental, os resultados mostraram que a metodologia possibilitou o cálculo da acurácia, necessitando apenas de melhorias nos equipamentos de aquisição de dados em ensaios de longa duração.

Seleção de receptores

De acordo com Molin, na primeira fase o objetivo foi qualificar as operações agrícolas em movimento. “Para isso, desenvolvemos o método de coleta e o procedimento de análise com o receptor em velocidades variáveis para quantificar os erros”, explicou.

A metodologia permitiu o cálculo de erros de trajeto e a caracterização do desempenho desse receptor. Mas, segundo o pesquisador, são necessárias melhorias, principalmente na robustez do coletor de dados.

Na segunda fase, o grupo busca melhorar os sistemas desenvolvidos de modo que permitam a realização de ensaios com coletas de dados em períodos mais longos e vários receptores ao mesmo tempo, para permitir comparações entre receptores, configurações e sinais de correção.

“Testamos a metodologia e vimos que funciona. Na próxima etapa, com os ajustes necessários, a metodologia poderá estabelecer uma padronização de ensaios com comparabilidade e que serviria aos usuários para a correta seleção de receptores de sistemas de navegação para diferentes demandas usuais da agricultura moderna”, indicou.

Segundo Molin, ao criar uma padronização dos ensaios de caracterização de desempenho, tanto a indústria como os pesquisadores e os usuários finais serão beneficiados com a metodologia.

“Se o produtor fez a amostragem do solo e quer colocar um receptor GPS para auxiliar o trator na aplicação de calcário, qual o nível de erro do aparelho? Quanto mais longe do alvo, mais desperdício de recursos”, disse.

5- SENSORES MAIS UTILIZADOS NA AGRICULTURA

Os sensores permitem que você tenha informações de qualidade sobre o cultivo, clima local e o solo.

Além disso, é possível obter informações que vão além da percepção humana. Eles potencializam e agilizam a coleta de dados; realizam comandos de forma automática ou remota; e executam tarefas e ações a distância em tempo real.

A agricultura vive uma era **digital**, do big data e da IOT (internet das coisas).

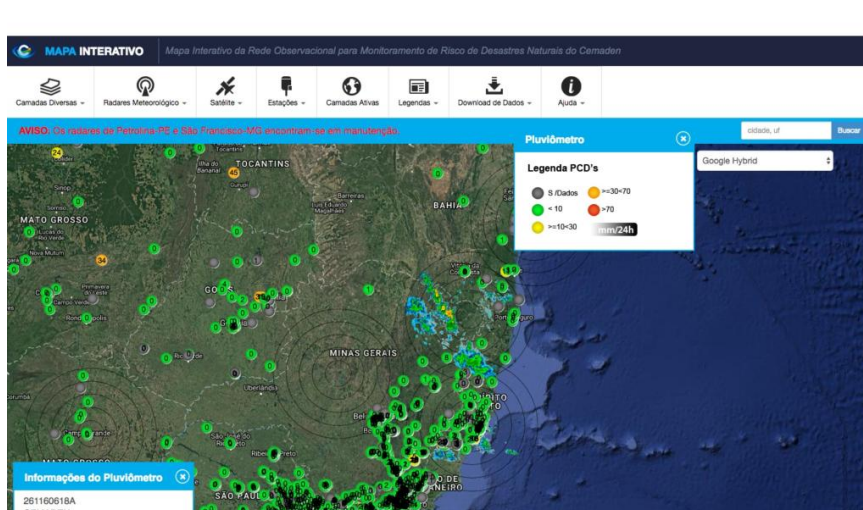
Empresas como a Monsanto estão apostando no Big data como a nova geração de agricultura orientada a dados.



(via Imetos Brasil)

Por exemplo, já é possível você ter acesso a uma rede de sensores espalhados no Brasil.

O Cemaden desenvolveu um mapa interativo, com todos pluviômetros e estações meteorológicas cadastradas. Estes sensores são automáticos e atualizados de hora em hora.



Você pode acessar as informações por cidade e até fazer download dos arquivos.

O monitoramento climático pode reduzir até 42% do uso de defensivos agrícolas em lavouras.

Se você ainda não monitora o clima da sua lavoura, esta pode ser uma excelente ferramenta gratuita.

A internet das coisas criará novas oportunidades na Agricultura Brasileira. Através desta **tecnologia** é possível acessar grandes bancos de dados de sensores que estão remotos.

Utilizar esses dados para entender o passado e prever o futuro com estatísticas avançadas. Por exemplo, a IOT pode ajudar a indicar onde e quando o insumo deve ser aplicado na terra, pode entender o clima e ter maior assertividade no período chuvoso.

Pode ser útil para tomada de decisão em outras áreas relacionada a investimento, financiamento de safras e máquinas, seguro e logística.

Com as análises dos dados oriundo da sensores instalados no campo, empresas podem aumentar as receitas e diminuir os custos, às vezes, as duas coisas ao mesmo tempo.

Vou falar mais sobre a importância dos sensores na agricultura.

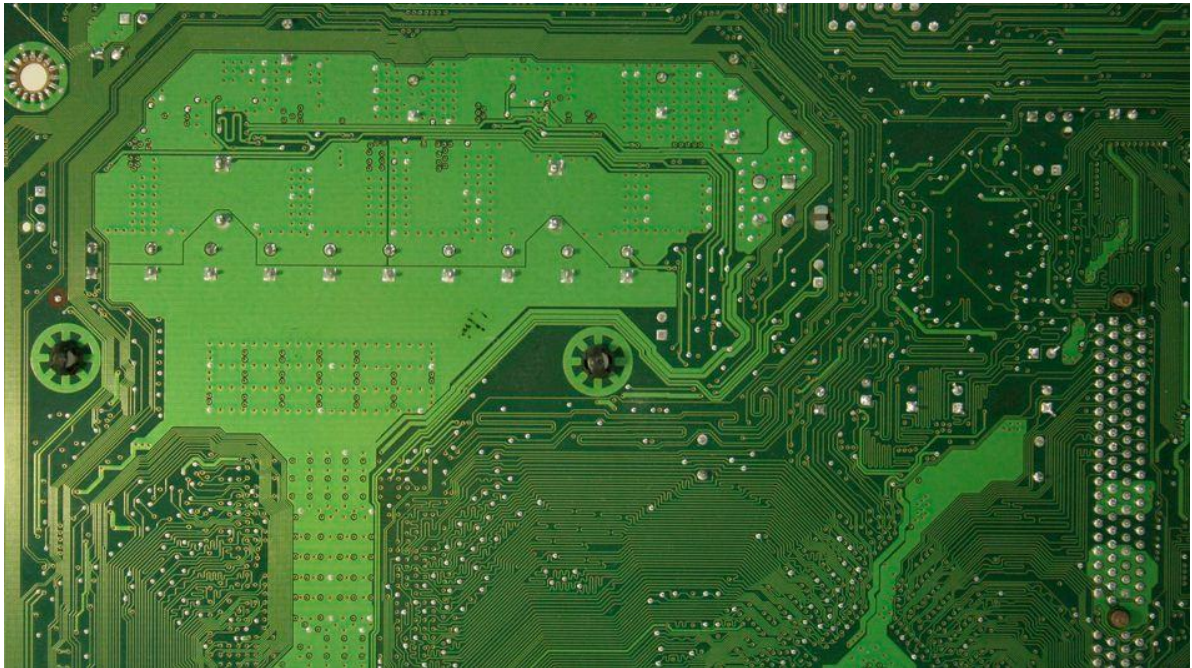
A importância do sensoriamento nas operações agrícolas

Os sensores são grandes aliados no desenvolvimento da agricultura de precisão. Isto é, são elementos importantes para seu desenvolvimento e sucesso.

No entanto, muitas pessoas ainda não conhecem os tipos de sensores disponíveis atualmente, suas funções, **vantagens e aplicações**.

Sistemas de sensoriamento, quando aliados à técnicas de agricultura de precisão, oferecem melhoria significativa no processo produtivo. Isso sem contar melhoria na sustentabilidade ambiental e em seu potencial retorno econômico.

Como exemplo podemos destacar a **aplicação localizada de insumos**, em tempo real, em cada lavoura e de acordo com as suas necessidades específicas.



Softwares e aplicativos aliados a sensores na agricultura monitoram culturas, custos, receitas, condições meteorológicas e outros fatores de operação de fazenda.

Da mesma forma que o **maquinário agrícola** complementa o serviço braçal do agricultor, os sensores são seus olhos e ouvidos na lavoura, mesmo que de forma remota.

Além de permitir identificar e obter dados de forma ágil e facilitada, também permitem executar tarefas difíceis ou em condições de trabalho inacessíveis aos seres humanos.

Aplicações dos sensores na agricultura

Por definição, o **sensoriamento agrícola** é a obtenção de informações sem que haja contato físico direto com o objeto sensorizado.

Em geral, os sensores agrícolas são ópticos, térmicos ou elétricos. Além disso, permitem monitorar funções específicas como **teor de umidade ou fluxo de grãos**, dentre outras aplicações.

Seu uso tem sido realizado em diversas aplicações, como:

- avaliação do **estado hídrico** e nutricional de plantas;
- detecção de **plantas daninhas** e de insetos;
- contagem e fluxo de **grãos**;
- dentre outras possibilidades.

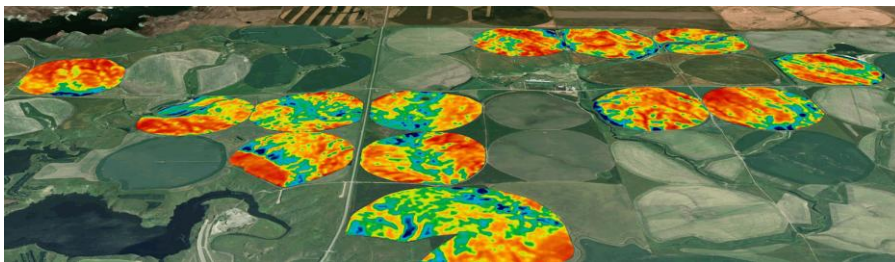
Instituições financeiras e bancos utilizam sensoriamento remoto para crédito agrícola.

O uso de sensores também oferece uma maneira eficiente e rápida de controlar variações temporais e espaciais dentro de uma área ou propriedade agrícola.

Além disso, também é possível destacar que as **tecnologias** de sensoriamento são desenvolvidas visando oferecer informações de qualidade sobre o solo; diferentes tipos de estresses de plantas; estimar produção de culturas; dentre outras vantagens bastante nítidas para o agricultor.

Algumas das melhores utilidades dos sensores na agricultura

Índices de vegetação



(Fonte: Geo Drones)

Dentre as utilizações dos sensores na agricultura, é possível destacar a análise e desenvolvimento de índices de vegetação. Assim, é possível obter índice de crescimento, estado nutricional e também produtividade.

É possível ainda analisar questões como estresses bióticos e abióticos; estimar o crescimento e as condições da planta; além de prever e classificar a produtividade das culturas.

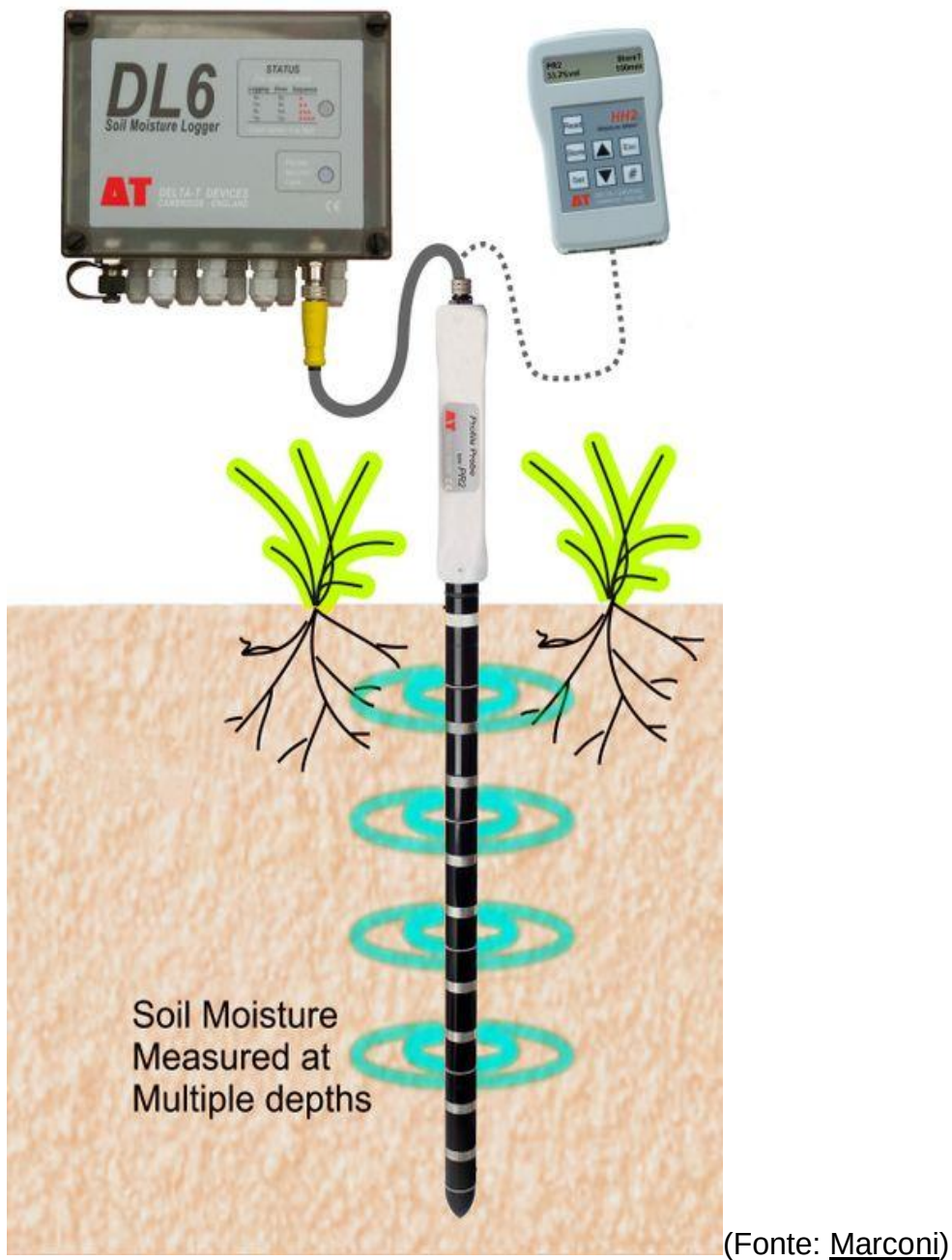
Daniel Duft destacou as aplicações do **NDVI** na agricultura:

- Monitoramento de culturas;
- **Deteccção de secas;**
- Localização de pragas;
- Estimativas de **produtividade;**
- Modelagem hidrológica;
- **Mapeamento** de culturas.

Características de solo

Também é possível utilizar os sensores na agricultura para analisar e prospectar características do solo de uma lavoura, cultura ou propriedade, em tempo real.

Isso permite agilizar e tornar mais eficiente a análise do solo e potencializar os resultados da agricultura de precisão, com análise de dados “in situ” (em condições reais de campo), de forma altamente eficaz e confiável.



Condutividade elétrica

Outra técnica interessante e que vem sendo disseminada na agricultura é o mapeamento da condutividade elétrica do solo. Com auxílio de GPS é possível determinar textura e propriedades do solo de forma bastante eficiente.

Essa medição é realizada em conjunto com análises laboratoriais, integrando os efeitos da argila e os teores de sais do solo.



(Fonte: [Falker](http://www.falker.com.br))

Outros levantamentos

Também é possível realizar outros levantamentos, como:

- teor de **matéria orgânica**;
- características da **lavoura**;
- análise das **variações do solo** e do clima ao longo do tempo;
- **mapeamento remoto** de área e de qualidade do solo;

Dentre outras informações importantes e que podem ser obtidas de forma eficiente e até mesmo remota.

Tipos de sensores mais utilizados na agricultura

Antes de analisarmos melhor os tipos de sensores mais comuns e úteis, é interessante realizar uma pequena divisão dos tipos de sensores existentes atualmente.

É comum dividirmos os sensores na agricultura como **sensores diretos** e **remotos**.

Sensores Diretos

Os sensores diretos são aqueles que têm contato físico direto com o alvo da medição. Ou seja, contato direto com o solo, plantas, frutos, água, dentre outros elementos, como é o caso dos penetrômetros, sensores de umidade, de pH, dentre outros.

Sensores Remotos

Já os sensores remotos são aqueles que realizam a observação terrestre ou aquática de forma remota. Ou seja, a distância e sem contato físico com o alvo da medição, como nas imagens aéreas, de satélite, análise por infravermelho, dentre outras ferramentas.



(Fonte: Clima e Ambiente)

Os 8 sensores mais utilizados na agricultura de precisão

Agora que diferenciamos os tipos de sensores, irei falar dos 8 sensores mais utilizados na agricultura de precisão hoje. **Confira agora a lista:**

Sensores ópticos

Os sensores ópticos, em geral, são espectrômetros utilizados para medir as características do solo. Servem também para **orientação e delimitação** de zonas para recolhimento de dados.

Permitem analisar e estudar a matéria orgânica (MO) do solo em tempo real, de forma semelhante ao que é realizado para análise da umidade.



Também é possível determinar diversos fatores do solo como

- Densidade aparente;
- Compactação;
- Índice de plasticidade;
- Uniformidade dos agregados.

Esses elementos permitem analisar e prospectar, por exemplo, a produtividade do solo.

Alguns sensores permitem determinar a exigência da cultura em nitrogênio, auxiliando a reduzir os efeitos ambientais, maximizando o potencial produtivo das culturas.

Sensores térmicos

Os sensores térmicos são utilizados para identificar diversos tipos de radiação no âmbito dos **raios infravermelhos**.

Para cada tipo de radiação é utilizado um espectro de banda. Existem sensores com até 15 bandas, com calibração independente para cada uma delas.

O funcionamento desse tipo de sensor se baseia na **reflexão de superfícies**, resultante da incidência da luz solar, já que as diferentes temperaturas correspondem a diversas bandas térmicas, permitindo a medição de valores e identificando as várias superfícies do solo.

Como as plantas necessitam irradiar, por meio da evapotranspiração, parte da energia solar recebida, visando diminuir a temperatura, para **manter seus processos químicos** fundamentais, essa análise permite analisar, calcular e prever questões como estado de desenvolvimento da cultura e também para estimar produções.

Também é possível estimar, de forma remota, questões como **teor de matéria orgânica**, argila, ferro, dentre outros minerais.

Sensores elétricos

Os sensores elétricos também vêm ganhando cada vez mais espaço na agricultura, permitindo caracterizar e analisar as propriedades físicas e químicas do solo, baseando-se em sua **condutividade elétrica**.

Isso faz com que esse tipo de medição seja mais barata e mais eficiente do que a realização de análise laboratorial de grandes quantidades de amostras do solo.



(Fonte: [Embrapa](#))

Esse tipo de sensor, em geral, consiste na emissão de corrente elétrica, detectando a diferença de potencial no campo eletromagnético gerado no solo e resultante da corrente elétrica aplicada.

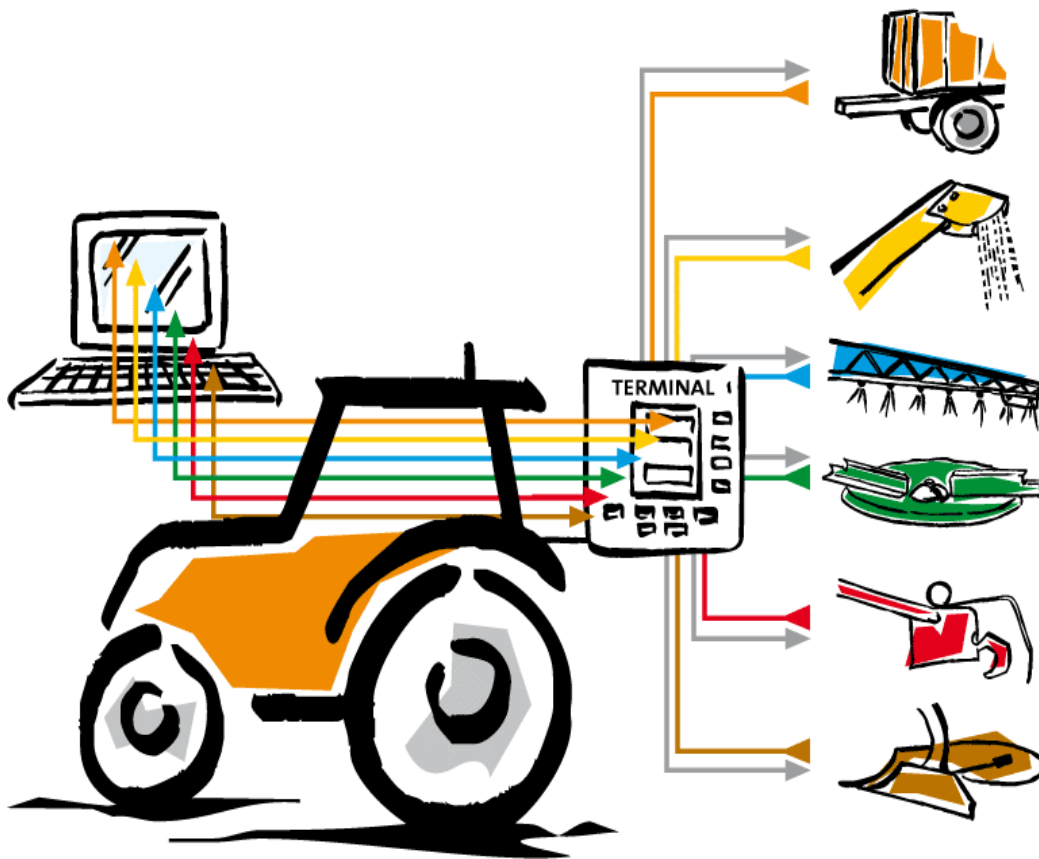
Isso permite que a **energia eletromagnética** seja utilizada para medir a condutividade elétrica do solo. Essa condutividade varia de acordo com questões como concentração de íons; umidade; quantidade e tipo de íons na água do solo; assim como a quantidade e o tipo de argila presente no solo.

Isso faz com que seja possível identificar zonas de **solo com características semelhantes**, como potencial hídrico; teor de nutrientes, umidade do solo, dentre outros elementos.

Monitor de funções das operações

O monitor de funções é instalado, em geral, **na cabine da colhedora**, estando conectado à todos os sensores utilizados. Isso permite que todas as informações obtidas pelos sensores sejam acessadas pelo monitor.

Isso faz com que seja possível realizar o **monitoramento de todas as operações** e também o cálculo da produtividade dos grãos em uma etapa posterior.



(Fonte: Opticrop)

Nesse monitor é possível analisar dados como:

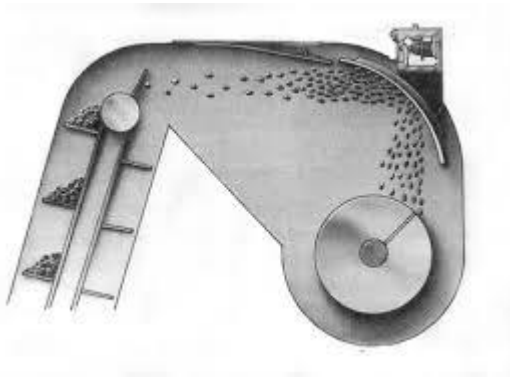
- Produtividade em kg/ha;
- **Umidade do grão;**
- Velocidade de avanço;
- Quantidade total colhida;
- Dentre outras informações.

Também permite ao operador da máquina fornecer dados e informações ao sistema, como largura de corte de sua plataforma, por exemplo.

Sensores para medição do fluxo de grãos

Existem alguns tipos de sensores para medição do fluxo de grãos, ou seja, permitem analisar o fluxo dos grãos limpos, antes de serem armazenados no depósito da máquina. Dentre os sensores na agricultura deste tipo, é possível destacar os seguintes:

- **Sensor de placa de impacto:** É um tipo de sensor onde a força centrífuga dos grãos gera impacto maior ou menor, de acordo com a massa dos grãos deslocados, o que permite analisar seus dados por meio da placa de impacto.



(via [leb esalg](#))

- **Sensor óptico:** O sensor óptico para medição do fluxo de grãos mede o volume dos grãos nas canecas da colhedora, sem que seja necessário contato com o produto. Isso é realizado por meio de um emissor e de um **receptor de luz infravermelha**, que é interceptada pela passagem dos grãos, fazendo com que seja possível calcular sua **proporção** pela diferença nos resultados da captação da luz.

Sensores na agricultura: Umidade dos grãos

Esse tipo de sensor é utilizado para analisar o **teor de umidade dos grãos**, ou seja, para determinar qual o teor de umidade no fluxo de grãos de colheita.

Seu funcionamento se dá por meio da análise do fluxo de massa e geralmente usa métodos de capacitância para medir o teor de umidade de forma contínua, enquanto os grãos são deslocados.

Sensor de velocidade de deslocamento da colhedora

Existem diversos tipos de sensores na agricultura para medir a velocidade de deslocamento da colhedora, sendo os principais os seguintes:

- Sistema de sensores magnéticos instalados nos eixos das rodas;
- Sistema de radar;
- Sistema de ultrassom; e
- Sistema de GPS.

Cada um dos sensores tem suas vantagens e desvantagens, sendo bastante comum que mais de um tipo de sensor seja utilizado em conjunto, visando resultados mais precisos.

Indicador da posição da plataforma da colhedora

Esse sensor permite controlar o **cálculo da área colhida**, evitando que o sistema de monitoramento de grão seja desligado. É especialmente interessante para mostrar a interrupção de colheita em locais como a cabeceira ao final das linhas de uma plantação.

Sensores na agricultura de precisão: como eles estão criando um campo mais conectado?

O uso de sensores na agricultura de precisão está ajudando os produtores a serem mais eficientes e impactando positivamente em questões ambientais. Também chamada de agricultura inteligente, essa nova estratégia de cultivo permite a maximização dos rendimentos usando recursos mínimos, como água, fertilizantes e sementes.

Ao implantar sensores e campos de mapeamento, os agricultores podem começar a entender suas culturas em uma escala micro, gerir os recursos e reduzir os impactos no meio ambiente. A seguir, você verá como essas tecnologias de sensoriamento estão tornando o agronegócio mais moderno, conectado e eficiente.

Sensores na agricultura de precisão

Atualmente, são utilizados vários tipos de sensores na agricultura de precisão. Eles fornecem dados que ajudam os agricultores a monitorar e otimizar as culturas, bem como adaptar-se a fatores ambientais variáveis. Algumas das principais tecnologias de sensoriamento são:

Sensores de localização

Esse tipo de sensor usa sinais de satélites GPS para determinar latitude, longitude e altitude, o que permite uma representação topográfica muito precisa de qualquer terreno. Esses mapas de precisão são úteis, por exemplo, para elaborar um mapa de rendimento, para determinar as áreas que apresentam melhores condições naturais para cultivo.

Além disso, é possível mapear os limites do terreno, estradas existentes e áreas úmidas de toda propriedade. Essas informações são muito úteis no planejamento agrícola.

Sensores ópticos

Esses sensores são utilizados, principalmente, para medir as propriedades do solo. Eles podem ser colocados em veículos ou plataformas aéreas, como drones ou até mesmo satélites. A refletância do solo e os dados de cores da planta são apenas duas variáveis de sensores ópticos que podem ser utilizados na agricultura de precisão.

Sensores eletroquímicos

Essa é uma das principais aplicações de sensores na agricultura de precisão. Esses sensores fornecem informações essenciais, tais como pH e níveis de nutrientes do solo. Comumente, essa tecnologia é utilizada em conjunto com veículos especialmente projetados para essa finalidade. Eles são dotados de GPS, o que ajuda a mapear os dados químicos de toda a propriedade.

Sensores mecânicos

Nessa modalidade, os sensores usam uma sonda que penetra no solo e registra forças resistivas por meio do uso de células de carga. Uma forma similar desta tecnologia é usada em tratores grandes para prever os requisitos de tração para equipamentos de aterramento.

A utilização desses sensores na agricultura de precisão é muito importante, visto que eles detectam a força usada pelas raízes na absorção de água e são muito úteis para intervenções de irrigação.

Sensores capacitivos

Esse tipo de sensor é utilizado, principalmente, para avaliar os níveis de umidade do solo. Isso é feito mediante medições da constante dielétrica, uma propriedade elétrica que muda dependendo da quantidade de umidade presente no solo.

Agricultura conectada

Esses vários tipos de sensores coletam diversos tipos de dados que são processados e disponibilizados em diversas aplicações disponíveis em computadores, smartphones e tablets.

Assim, é possível criar análises detalhadas e recomendações valiosas para otimizar a produção agrícola.

A agricultura de precisão cresceu para atender à crescente demanda mundial por alimentos, usando tecnologias que tornam mais simples e barato coletar e aplicar

dados, adaptar-se às mudanças nas condições ambientais e usar os recursos com maior eficiência, aliando tecnologia e sustentabilidade.

Embora as grandes fazendas tenham sido as primeiras a adotar essas tecnologias, as fazendas menores agora também podem se beneficiar, usando ferramentas integradas em telefones inteligentes, aplicativos relevantes e máquinas de menor porte.

Além disso, o uso de sensores na agricultura de precisão está contribuindo para soluções que se estendem além das fazendas, incluindo poluição, aquecimento global e conservação.

6- A IMPORTÂNCIA DO SENSORIAMENTO REMOTO NAS OPERAÇÕES AGRÍCOLAS

O sensoriamento remoto é uma técnica que vem ganhando novos mercados e aplicações nos últimos anos.

Esta tecnologia visa à representação e a coleta de dados de uma determinada região na superfície terrestre sem que seja necessário o contato direto, ou seja, os dados são coletados de forma aérea e distante.

Desta forma todas as informações são obtidas através de sensores e instrumentos de alta performance.

O sensoriamento remoto consiste no **tratamento, armazenamento e análise dos dados coletados**, de forma que se conheça melhor os fenômenos existentes na superfície monitorada.

Esta técnica é capaz de revelar dados geográficos e até mesmo históricos de espaços naturais, como por exemplo, a distribuição das áreas florestais e o avanço do desmatamento em determinada região.

Esta tecnologia também pode ser utilizada para acompanhar o crescimento de áreas urbanas e monitorar as mais diversas plantações e culturas agrícolas entre inúmeras outras funções.

Como funciona o sensoriamento remoto?

Os sensores utilizados nesta tecnologia coletam os dados através da detecção da energia refletida pela superfície terrestre.

Estes sensores modernos podem ser montados e utilizados em satélites, aviões, helicópteros e atualmente vêm sendo largamente aplicados em drones, que têm possibilitado ótimos resultados. Os sensores utilizados para sensoriamento remoto podem ser de dois tipos: ativos ou passivos.

Os **sensores passivos** respondem a estímulos externos, ou seja, informações já existentes. Eles coletam a energia que é refletida ou emitida pela superfície da Terra. A fonte mais comum de radiação detectada de forma passiva é a reflexão da radiação solar.

O outro tipo, os **sensores ativos**, utilizam estímulos internos para coletar os dados da superfície. Por exemplo, um sensor com canhão laser que projeta os raios na superfície e calcula o tempo que os raios gastam para serem refletidos pela terra e retornarem ao sensor. As informações recebidas pelos sensores são tratadas em algoritmos complexos ou sistemas integrados que geram imagens e dados de acordo com as necessidades do usuário.

Aplicações do sensoriamento remoto

Esta tecnologia permite diversas aplicações em várias áreas e possibilitam inúmeras vantagens. Os usos mais comuns do sensoriamento remoto são:

- **Aplicações na costa:** monitorar as mudanças nas margens, controlar o transporte de sedimentos, mapear a costa e prevenir contra erosão.
- **Aplicações marítimas:** monitorar a circulação do oceano, medir temperatura da água e altura das ondas. Os dados ajudam a melhorar a gestão dos recursos marítimos.
- **Mapeamento de riscos:** controle de furacões, erosões e inundações. Consegue-se avaliar os impactos de desastres naturais e criar estratégias para a prevenção.
- **Aplicações na agricultura:** monitoramento de plantações, controle de crescimento, detecção de pragas entre vários outros.

Sensoriamento remoto na agricultura

A tecnologia de sensoriamento remoto tem grande potencial ao ser aplicada no setor agrícola. Através dos sensores e sistemas integrados é possível obter diversas informações, como:

- **Estimativa de área plantada:** através das imagens consegue-se estimar toda extensão da plantação, podendo controlar e acompanhar o crescimento da área plantada.

- **Levantamento do número de plantas em determinada área:** utilizando as imagens como base e aplicando os algoritmos modernos é possível conhecer a quantidade de plantas existentes, detectar áreas de menor densidade e otimizar a plantação.
- **Saúde das plantas e culturas:** através das diferentes colorações das plantas nas imagens é possível perceber aquelas que não estão desenvolvendo como deveriam e também as que carecem de água e determinados nutrientes.
- **Deteção de pragas na plantação e gargalos no processo produtivo:** assim como no monitoramento da saúde das plantas, através da coloração das imagens consegue encontrar pragas e locais de baixa produção, permitindo evitar quedas significativas na produção.

O sensoriamento remoto na agricultura pode ser feito da forma mais clássica, através de satélites e aviões. Porém o custo de ambos é bastante elevado, o que levou os agricultores a buscarem por tecnologias mais acessíveis.

Sensoriamento remoto e os drones

Atualmente o uso de drones na agricultura de precisão para o monitoramento aéreo das plantações é largamente utilizado, por ser mais acessível e flexível quando comparado às tecnologias clássicas.

Estas pequenas aeronaves não tripuladas possuem uma grande vantagem, diferentemente dos satélites elas podem realizar as imagens independente das condições climáticas. Além disso, os drones permitem a utilização sempre que houver necessidade, diferente dos satélites que só podem ser usados para o monitoramento da plantação somente de acordo com a disponibilidade.

O sensoriamento remoto é uma das tecnologias que vêm sendo aplicadas na agricultura de precisão. Esta maneira moderna de gerir as plantações tem proporcionado resultados de produtividade nunca antes alcançados, e ainda possibilitando uma redução de diversos custos de operação.

REFERÊNCIAS

https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_posicionamento_global>acesso em 20/02/2020

<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/gpssistema-posicionamento-global.htm>>acesso em 20/02/2020

<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=25264&secao=Colunas%20e%20Artigos>>acesso em 20/02/2020

<https://agriconnected.com/porque-utilizar-um-sistema-de-geolocalizacao-agricola/>>acesso em 20/02/2020

<https://www.grupocultivar.com.br/artigos/beneficios-do-uso-de-navegacao-por-satelite-e-sistemas-de-direcionamento-automaticos>>acesso em 20/02/2020

<https://edcentaurus.com.br/agranja/edicao/739/materia/2953>>acesso em 20/02/2020

<http://agencia.fapesp.br/agricultura-de-precisao-com-gps/12328/>>acesso em 20/02/2020

<https://blog.aegro.com.br/sensores-na-agricultura/>>acesso em 20/02/2020

<https://www.aliger.com.br/blog/sensores-na-agricultura-de-precisao-com-eles-estao-criando-um-campo-mais-conectado>>acesso em 20/02/2020

<https://pixforce.com.br/sensoriamento-remoto/>>acesso em 20/02/2020