

MONITORAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DOS FATORES DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA UTILIZANDO TÉCNICAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO

Eduardo Vicente do Prado¹

¹Centro Universitário Amparense – UNIFIA, Amparo – SP. Brasil.

Resumo:

A Agricultura de Precisão é uma forma de gestão do processo agrícola que leva em consideração a variabilidade espacial e temporal existente nas lavouras. É necessário avaliar, quantificar e mapear essa variabilidade, a fim de geri-la eficientemente. Muitos especialistas consideram que o ponto de partida para começar a praticar Agricultura de Precisão demanda a identificação da variabilidade espacial existente nas lavouras. O objetivo deste trabalho foi apresentar métodos e técnicas utilizadas de Agricultura de Precisão no monitoramento dos fatores de produção de culturas agrícolas e apresentar um resumo dos recentes avanços na área de monitoramento de culturas agrícolas.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão, monitoramento, produção, produtividade, mapa.

Abstract:

Precision Agriculture is a way of managing the agricultural process that takes into account the spatial and temporal variability existing in crops. It is necessary to analyze, quantify and map this variability in order to manage it efficiently. Many specialists consider that the starting point to start practicing Precision Agriculture demands the identification of the spatial variability existing in the crops. The objective of this work was to present methods and techniques of Precision Agriculture used in the monitoring of factors of production of agricultural crops and to present a summary of recent advances in the area of monitoring of agricultural crops.

Keywords: Precision agriculture, monitoring, production, productivity, map.

1. INTRODUÇÃO

Os mapas de produtividade são tidos como a informação mais completa e verdadeira para se visualizar a variabilidade nos cultivos (MALDANER et al., 2015). Um mapa de produtividade materializa o efeito da gestão de um determinado cultivo e possibilita a busca dos causadores de tal variabilidade. Visando a agricultura sustentável, várias ferramentas digitais são utilizadas para monitorar os campos. Esse monitoramento auxilia na tomada de decisão, garantindo melhor gestão dos recursos. Destaca-se o sensoriamento remoto (SR), devido à facilidade de adquirir informações em diferentes

extensões de área em curto período de tempo, facilitando a caracterização das variabilidades espacial e temporal das lavouras (VILLAR et al., 2020). O monitoramento da variabilidade dos fatores de produção agrícola engloba o monitoramento de operações que vão desde o preparo do solo, semeadura, plantio, aplicações de fertilizantes e corretivos, pulverizações, irrigação, até a colheita. Esse monitoramento da variabilidade espacial utiliza sensores, telemetria, automação, sistemas integrados, visando economia de insumos e de recursos naturais e propicia manejos mais adequados ao meio ambiente. Com o monitoramento adequado, o produtor terá mais informações para auxiliá-lo nas tomadas de decisões.

2. MONITORAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL NO PREPARO DO SOLO

Poucas aplicações de Agricultura de Precisão (AP) se dedicam ao preparo do solo. Existem variações nas condições de solo, principalmente vinculadas à compactação, que geram a necessidade de um tratamento diferenciado em relação à forma e intensidade de mobilização do solo. A subsolagem é uma operação que rompe as camadas compactadas do solo. Ela é de baixo rendimento operacional, altamente demandante em energia e altos custos. Com o aumento de áreas cultivadas com plantio direto, onde não há revolvimento do solo, a compactação do solo pode ser mais problemática. O tratamento para a descompactação do solo depende da mensuração do índice de compactação que caracteriza o seu adensamento. Para monitorar o preparo do solo, deve-se utilizar sensores que auxiliam no gerenciamento da operação. Os sensores trabalham com diferentes princípios de funcionamento, dependendo das propriedades a analisar. Podem-se destacar os sensores eletromagnéticos, ópticos, eletroquímicos, mecânicos, acústicos e pneumáticos (MOLIN et al., 2015).

Sensores eletromagnéticos usam circuitos elétricos para avaliar a capacidade dos solos em conduzir eletricidade. Isso permite identificar indiretamente o tipo de solo, pois algumas características se alteram, o sinal elétrico captado pelo sensor torna-se diferente. Isso ocorre porque as propriedades relacionadas à resistividade elétrica do solo são influenciadas pela sua textura, umidade, conteúdo de matéria orgânica (MO) e salinidade. Existem equipamentos que trabalham com a condutividade elétrica aparente do solo (CE) e indução eletromagnética.

Sensores ópticos usam a refletância da energia eletromagnética nas diferentes regiões do espectro, da mesma forma utilizada pelo SR. Esses sensores são eficazes na identificação de alguns parâmetros de solo, como argila, MO e umidade. Sensor com princípio semelhante capta a emissão natural de raios gama pelo solo, que é função do tipo de solo e se correlacionam com algumas de suas propriedades físicas e químicas. Há equipamentos que induzem a excitação das moléculas do solo por

meio de *laser*, enquanto outros, com *laser* mais potente, obtêm o espectro do plasma gerado. Outros trabalham com emissores de micro-ondas (radares) que penetram no solo, pois seu comportamento no perfil do solo pode indicar alterações na densidade ou a presença de camadas de impedimento.

Sensores eletroquímicos detectam a atividade de um íon específico, como o H⁺ na solução do solo, o que permite inferir o pH do solo e estimar a disponibilidade do potássio para as plantas.

Há sistemas para mensuração da compactação ou dureza dos solos, e os tradicionais utilizam o princípio de funcionamento mecânico, que avalia a resistência do solo a certa deformação imposta. Outro princípio é o pneumático, que assume que a permeabilidade do solo a certo volume de ar comprimido se relaciona com propriedades do solo, como umidade, estrutura e compactação.

Sensores acústicos partem do princípio de que há uma mudança no nível de ruído quando um objeto interage com as partículas de solo, infelizmente, resultados experimentais são escassos.

3. MONITORAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL NA SEMEADURA

Existem semeadoras que variam a taxa de semeadura por meio de informações recebidas de sensores e controladores. O controlador armazena informações do mapa de recomendação ou processa leituras de sensores e envia sinais para o elemento atuador. O mecanismo dosador é, normalmente, acionado por rodas de terra e regulado por combinações de rodas denteadas. Um motor, hidráulico ou elétrico, controla a velocidade angular do rotor acanalado em semeadoras para sementes miúdas, dosador de fluxo contínuo, ou do disco horizontal ou vertical em semeadoras de sementes graúdas. O atuador compensará variações de velocidade e atenderá às recomendações vindas do controlador.

Nas semeadoras-adubadoras, o controle de taxas pode ser realizado simultaneamente tanto para o adubo quanto para a semente, por meio de controladores com múltiplos canais e atuadores individuais em cada mecanismo dosador. Em alguns casos, têm-se mais de um compartimento de adubo para aplicação simultânea e variada de N, P e K, além do controle na taxa de sementes. A recomendação para semeadura em taxa variável é baseada na variação de propriedades do solo e de ambiente que confere ao campo diferentes potenciais produtivos. A população pode variar de acordo com Unidades de Gestão Diferenciadas (UGD), ou seguindo mapas de *pixels* ou sensores.

A população variada de sementes é uma das principais aplicações em sistemas que adotam UGD. O que define uma UGD e o seu potencial produtivo são dados históricos de produtividade e fatores de solo, como textura, profundidade, drenagem, relevo, entre outros (SILVA, 2018). Unidades de alto potencial são implantadas com maior densidade populacional, considera-se que nelas existem menores limitações à produção. Em regiões de baixo potencial produtivo, reduzir a utilização de sementes que

serão realocadas para as UDGs de alta produção. O desafio dessa tecnologia está na recomendação de populações, que é dependente da cultura e das condições locais de cada lavoura.

Os usuários da semeadura variável se baseiam em experimentações locais ou suposições empíricas para estimar a população de plantas ótima para cada situação encontrada no campo. A textura do solo pode ser mapeada por meio de amostragens georreferenciadas ou por meio de sensores e convertida em recomendações de populações. Usuários têm empregado tais sensores para guiar a semeadura variável. Se não houver expressiva salinidade, solos mais argilosos e mais úmidos apresentam maiores leituras de CE e podem receber maiores densidades populacionais. Os sensores ópticos de solo para mensuração de MO podem ser utilizados e quanto maior a leitura para tal parâmetro, maior a densidade de sementes.

4. MONITORAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL NA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES E CORRETIVOS

É a principal prática de AP no Brasil e no mundo. A forma mais frequente de recomendação é por meio de amostragem de solo em grade com um aumento no interesse por intervenções por UGD e, no caso da adubação nitrogenada, pelo uso de sensores ópticos. A aplicação em doses variadas de calcário, fertilizantes fosfatados e potássicos baseada em amostragem de solo georreferenciada em grade se tornou um pacote tecnológico mais difundido por empresas de consultoria em AP. Existem diversas formas de elaborar as recomendações. A mais comum é a aplicação a partir de mapas de recomendação, gerados por meio de equações que fornecem a dose de insumo demandado em cada *pixel*. O mapa de recomendação pode ser utilizado no formato original (*raster* ou de *pixels*), que resulta em aplicações mais detalhadas, ou convertido no formato vetorial, no qual as doses são aplicadas dentro de grandes intervalos. Se na etapa de amostragem o método utilizado foi a amostragem por célula, a equação de recomendação é aplicada em cada célula, resultando em uma aplicação com menor resolução. As equações mais simples, e por isso as mais adotadas em taxa variável, são as aplicadas nas recomendações de corretivos de solo (calcário e gesso), pois utilizam variáveis das análises de solo.

A maioria das equações ou tabelas de recomendação de adubação utilizam ao menos duas variáveis para o cálculo da necessidade de insumo, sendo uma a disponibilidade do nutriente no solo, ou nutrição foliar, no caso da adubação nitrogenada, e outra a produtividade esperada para a safra.

O mapa da produtividade esperada é obtido multiplicando-se o valor em cada *pixel* do mapa de produtividade original por um fator de incremento ou decremento da produtividade para a próxima safra, que é estimado pelo agricultor ou consultor de acordo com o conhecimento sobre a área e a cultura. O mapa de produtividade esperada é então sobreposto ao de fertilidade do solo em um Sistema

de Informações Geográficas (SIG), conferindo a cada *pixel* um valor para cada variável. Em cada *pixel* é aplicada a equação de recomendação com duas ou mais variáveis, gerando assim o mapa de recomendação que será inserido no monitor do controlador que direcionará a aplicação em doses variadas (MOLIN et al., 2015).

5. MONITORAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL NAS PULVERIZAÇÕES

Depois da gestão localizada da adubação é a área com mais atenção de pesquisadores e usuários de AP. As formas de investigação espacializada dos parâmetros fitossanitários e a elaboração de recomendações são menos difundidas e mais complexas do que na gestão da adubação. Os ganhos econômicos e ambientais podem ser maiores que na gestão da adubação, pois estão associados à redução do uso de insumos com alto valor. Os produtos fitossanitários são porção significativa dos custos de produção, e, se aplicados em excesso, aumentam os custos, e contaminam o produto final e o ambiente.

Para precisão em pulverizadores, o produto mais popular é o controle automático de seção, que não está vinculado à gestão localizada. Duas formas de variar taxas de aplicações: (i) variação do volume de calda: é necessária a alteração da vazão de aplicação, que pode ser feita de três formas: (1) variação na pressão de aplicação; (2) variação no número e vazão dos bicos; ou (3) pelo sistema de controle de vazão por pulsos; e (ii) variação da dose de princípio ativo, com volume de calda constante.

Há diferentes máquinas e sistemas de aplicação e uma grande variedade de formas de recomendação para o tratamento localizado. Aplicações podem ser guiadas por sensores ou por mapas gerados previamente. Os mapas de recomendação podem ser obtidos de diversas formas: por meio de amostragens em grade da incidência de problemas fitossanitários, ou de fatores indiretos à recomendação, como textura do solo ou MO no caso da recomendação de herbicidas pré-emergentes; por inspeção georreferenciada de pragas e doenças; pelo mapeamento de contornos de reboleiras; por imagens aéreas etc.

A aplicação com base em sensores ópticos e visão artificial são empregadas na aplicação de herbicidas após a colheita da cultura anterior, ou para dessecação da cultura quando há pouca vegetação. Sensores instalados na barra de pulverização, um sensor para cada bico, realizam leituras em busca de ervas daninhas. Ao reconhecer o alvo, os sensores acionam a válvula do respectivo bico de pulverização. O tempo entre a leitura e o acionamento do bico deve ser proporcional ao deslocamento da máquina e a distância entre o sensor e o bico, para que o produto atinja o alvo com exatidão. Pela refletância, o sensor é capaz de distinguir uma daninha da palha sobre o solo ou do solo exposto. Para os aplicadores de visão artificial, não se pode afirmar que esteja pronta comercialmente, mas avanços foram alcançados

em todo o mundo. O sistema de aplicação se baseia no reconhecimento de plantas invasoras por meio do tratamento de imagens coletadas por câmeras instaladas no pulverizador. Vantagem: pode ser empregado em pulverizações após a emergência da cultura, desde que o algoritmo de tratamento de imagem consiga distinguir a erva daninha da cultura. O processamento de cada imagem deve ser rápido, não superior ao tempo entre a leitura e aplicação. A popularização dos Veículos Aéreos Não Tripulados (Vants) deve impulsionar o desenvolvimento dessa solução.

Aplicação com base em características do solo é técnica de aplicação de herbicida pré-emergente com base na variação de textura e MO do solo. O herbicida é aplicado sobre o solo, podendo ou não ser incorporado. Após a aplicação, a molécula de herbicida pode se manter na solução do solo, ser absorvida pela erva daninha ou ser adsorvida aos colóides do solo. Propriedades do solo podem afetar a adsorção da molécula herbicida como a quantidade de MO, teor de argila, pH e umidade. Técnicas de mapeamento desses parâmetros ajudam na elaboração de mapas de recomendação para a aplicação variável de herbicidas pré-emergentes. A forma mais usual de mapeamento é a amostragem georreferenciada em grade, mas é possível por imagens aéreas, delimitação de manchas pela cor do solo exposto e direcionamento de amostragens, por sensores ópticos capazes de estimar os parâmetros pelo padrão de refletância do solo e por intermédio de indicadores indiretos como a CE, que está fortemente associada à textura e umidade do solo (MOLIN et al., 2015).

A aplicação de fungicidas visa o cobrimento da planta com o produto para prevenir a infecção de doenças ou ataque de pragas. Quanto maior a biomassa da cultura, maior o volume de calda aplicado. Há técnicas para guiar aplicações variáveis de acordo com a variação de biomassa. Há a pulverização de fungicidas baseada em leituras de sensores aéreos ou terrestres. Um simples sensor pendular de biomassa pode ser utilizado. Pêndulo do sensor é instalado na parte frontal do trator, desloca-se pelo dossel da cultura enquanto o trator movimenta. Quanto maior o ângulo de deslocamento do pêndulo, maior é a quantidade de biomassa e maior deve ser o volume de calda aplicado.

Sensores de refletância do dossel são mais usuais que o sensor pendular. Os índices de vegetação (IV), como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), são bons indicadores da quantidade de biomassa e são calculados por meio de leitura de sensores em plataformas orbitais, aéreas ou terrestres. Imagens, tanto de satélite como de plataformas aéreas, têm sido utilizadas para gerar mapas de NDVI e recomendações variadas de pulverizações.

Diversas pragas e doenças ocorrem no campo em reboleiras, que são porções definidas do campo e de forma agrupada. Aplicação variada segue um mapa contendo o contorno das reboleiras e direciona a aplicação dentro das áreas delimitadas. Há reduções no consumo de defensivos e nos custos de produção. A demarcação pode ser feita de forma indireta, por imagens aéreas ou mapas de

produtividade e validação *in loco* dos sintomas. Às vezes são necessárias ferramentas de amostragem para o monitoramento e mapeamento das ocorrências. A maior dificuldade é que cada praga ou doença apresenta um comportamento distinto de movimentação e dispersão no campo e necessita de metodologia e densidade amostral específica. Amostragem em grade pode demandar um grande número de pontos para caracterizar a variabilidade espacial. Estratégias mais utilizadas para mapeamento são a amostragem em grade e a direcionada, utilizando-se mapas de variabilidade de biomassa para escolha dos locais de coleta. Amostragem pode envolver a análise laboratorial tanto de solo quanto de tecido vegetal e a avaliação visual, atribuindo uma nota relacionada ao dano ou nível de infestação verificado. Há métodos combinados com o envio de amostras para o laboratório e realização de malhas mais intensas de avaliações visuais. Para padronizar a avaliação visual, pode-se adicionar referências ou fotos, que como comparação facilitam a atribuição da nota para a amostra. Pode-se fazer a avaliação por reconhecimento de imagens, utilizando Redes Neurais Artificiais (RNA) e técnicas de Inteligência Artificial como o *Machine Learning*. Pela foto da amostra o algoritmo retorna uma nota. A amostragem por zonas pode ser utilizada em imagens de satélites ou Vants, identificando manchas na lavoura.

Muitas espécies de ervas daninhas ocorrem em reboleiras. Isso se deve a aspectos da biologia das plantas. Outros fatores podem ser indicadores de maior agregação, como a umidade do solo, topografia, tipos de solos, produtividade da cultura. A maioria infestam as áreas em reboleiras, permitindo o mapeamento de suas distribuições no campo, para tratamentos. No mapeamento, além da localização das áreas de ocorrência é importante conhecer aspectos da biologia, como níveis de infestações, grau de contagiosidade, espécies presentes, capacidade de reprodução.

Há diversas metodologias de mapeamento e para simplificar será dividido em dois grupos: (i) técnicas de detecção manual, feita por avaliadores que percorrem a área avaliando visualmente; onde é feita a divisão da área em grades; e (ii) técnicas de detecção automatizadas feito por imagens aéreas de Vants, satélites e outras formas de sensoriamento. A mais utilizada é o mapeamento por amostragens em grade. Outro tipo de mapeamento é pelo método de contorno das infestações: consiste no caminhamento pelo campo contornando-se as reboleiras, registrando infestações e espécies, com o auxílio de um computador portátil e um receptor GNSS. São georreferenciados os contornos das reboleiras, sua flora daninha e níveis de infestações. Gerando mapas de prescrição que servem de base para posterior aplicação de herbicida.

Mapeamento por amostragens em grade consiste na divisão da área em quadrículas ou células de amostragem gerando uma grade pré-determinada e georeferenciada onde são feitas amostragens sistemáticas, gerando uma amostra que represente aquela subárea. Estas informações coletadas em cada subárea são convertidas em um mapa de infestação por krigagem ou outro método de interpolação.

Mapeamento das plantas daninhas na colheita da cultura é a marcação georeferenciada da infestação durante a colheita, no caminhamento da colhedora equipada com GNSS Diferencial. O operador marca quando entra na reboleira e pela largura da plataforma de colheita e da posição em que começou e terminou a marcação é possível calcular a faixa com a presença da erva daninha. Após a colheita e processamento dos dados em um *software* específico, as faixas de infestações geram um mapa. Ervas daninhas apresentam certa estabilidade espacial e temporal (GARZELLA et al., 2020).

6. MONITORAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL NA COLHEITA

O monitoramento da variabilidade da colheita pode ser obtido através do mapa de produtividade da área. Esse mapa mostra a resposta real da cultura ao manejo adotado, a resposta às condições presentes na lavoura durante a safra, representadas pelos fatores de produção. Esse mapeamento gera informação adequada para a visualização da variabilidade espacial, o que pode auxiliar na identificação de fatores limitantes à produção e seu tratamento de forma localizada. Três usos podem ser atribuídos aos mapas de produtividade: (i) a compreensão das relações causa e efeito, buscar entender por que a produtividade está sendo prejudicada ou favorecida em determinado ponto; (ii) a reposição de nutrientes baseada na exportação pela colheita ou o refinamento das equações de recomendações de fertilizantes em taxas variáveis; (iii) o auxílio à delimitação de regiões com produtividades contrastantes, que podem ser conduzidas de forma diferenciada (UGD). Para ter um confiável conjunto de dados, não basta o mapeamento de apenas uma safra, é necessário informações de diferentes safras, suscetíveis a contrastantes variações climáticas e variadas culturas.

As culturas de grãos possuem desenvolvidos sensores de fluxo de grãos para utilização em monitores de produtividade. O maior desenvolvimento na área é devido às extensas áreas de grãos no mundo, importância econômica e as colhedoras acompanham um padrão básico de conformação, facilitando a generalização de soluções disponíveis no mercado. Sensores de fluxo medem o fluxo de massa diretamente ou a concentração instantânea de sólidos que com a velocidade do fluxo dos sólidos, possibilita a obtenção do fluxo de forma indireta. Necessita de sensores em ponto da colhedora onde os grãos passem. O primeiro foi um sensor de raios gama, na parte superior do elevador de grãos limpos. Era composto de emissor e receptor de radiação, sendo este instalado no lado oposto ao emissor. O sistema emitia raios gama, que eram bloqueados pela massa de grãos que passava pelo elevador, a vazão era estimada pela diferença entre a intensidade da radiação emitida e a recebida. Atualmente é proibido devido uso de elementos radiativos.

Sensores gravimétricos se caracterizam por mensurar diretamente a massa de grãos que está sendo colhida, é feita por placa de impacto. Posicionado na parte superior do elevador de grãos limpos e é o mais utilizado. A força centrífuga provocada nos grãos pelo elevador gera um impacto proporcional à massa de grãos que está sendo colhida e que está passando pelo elevador. Para medir essa força, existem dois princípios: a célula de carga e o potenciômetro.

Célula de carga é um dispositivo que converte a força exercida sobre uma placa de impacto em sinal elétrico proporcional a essa força. É medida a força exercida diretamente sobre a placa ou o torque a que a placa é submetida pelo impacto dos grãos, estimando o fluxo de massa. O potenciômetro é um dispositivo elétrico no qual a resistência elétrica é alterada mecanicamente. Ele mede o deslocamento da placa de impacto causado pela força exercida pelos grãos e quanto maior o deslocamento, maior a massa de grãos no elevador. Ambos são sensíveis à velocidade de deslocamento do elevador, pois quanto maior a velocidade, maior é a força com que os grãos são impulsionados. Contam com um sensor auxiliar para monitorar a rotação de uma das rodas denteadas da corrente do elevador, estimando a velocidade do elevador e eliminando esse efeito da obtenção dos dados da quantidade de grãos colhidos.

Sensores volumétricos estimam a quantidade de grãos com base na medição do volume, assumindo uma densidade conhecida dos grãos, que é obtida por medidas realizadas manualmente pelos usuários com certa frequência durante a colheita. Há dois tipos desses sensores: (i) sensores de fecho de luz, que mede o volume de grãos nas taliscas do elevador. Utiliza emissor e receptor de luz, cujo fecho é cortado sempre que passam as taliscas vazias ou com grãos. As vazias representam a tara do sistema. O volume de grãos é determinado pela mensuração do tempo de interrupção do fecho de luz, que é proporcional à altura de grãos, das suas demais dimensões (largura e profundidade) e da velocidade de deslocamento das taliscas. Com a densidade dos grãos obtém-se a massa de grãos colhida; (ii) sensor de roda de pás, sistema onde é instalada uma roda de pás na saída do elevador, que armazena grãos acima dela e, quando cheia de grãos, promove uma rotação, com despejo dos grãos e início de preenchimento de outra pá. A identificação de quando a pá é preenchida é realizada por sensor óptico. Atualmente este sistema está em desuso.

Sensor de umidade dos grãos é indispensável nos monitores de produtividade, pois a produtividade é referenciada com base em grãos secos, que é o padrão para comercialização. Assim, é necessário converter os grãos colhidos a uma umidade qualquer em umidade padrão, para verificar a real variabilidade na produtividade. Sensores de umidade utilizam o princípio da capacitância. É instalado no elevador de grãos limpos e mede a umidade continuamente e requer a abertura de um desvio no elevador, para que uma pequena porção da massa de grãos passe pelo sensor e um dispositivo que force o retorno da amostra para o elevador. Há sensores que medem a umidade de forma intermitente,

localizados no final do elevador, dentro do tanque graneleiro. Um mecanismo coleta a amostra, faz a leitura da umidade e a ejeta, repetidamente. Os dados da umidade são registrados e é possível mapear a umidade dos grãos na lavoura, identificando sua variabilidade. Essa informação traz questões relacionadas à maturação desuniforme dentro da lavoura. Auxilia no planejamento da colheita, direcionando a colheita precoce em regiões que apresentam umidade ideal precocemente.

Outra aplicação que pode ser adaptada a diversas culturas e situações é a pesagem contínua. Uma carreta ou caçamba apoiada em células de carga permite o monitoramento da produtividade de diferentes culturas, dependendo de algumas adequações e ajustes operacionais. Cuidados para realizar medições com baixo erro são essenciais e devem ser analisados para cada situação. Na cultura do algodão há monitores que usam o princípio do fecho de luz, onde um receptor de luz instalado no lado oposto ao emissor no duto pneumático. Quanto maior a barreira exercida pelas fibras para a luz transpassá-las, maior é a quantidade de fibras colhida.

Sistema de sensor de ultrassom com emissor e receptor instalados no mesmo lado do duto pneumático, que estima a quantidade de fibras por meio da estimativa do volume de material que está impondo barreira ao sinal de ultrassom.

Colheita mecanizada de café mede-se o volume de grãos colhidos na esteira transportadora de grãos após a pré-limpeza. O volume entre duas taliscas é fixo, o sistema garante que esse intervalo esteja cheio antes de se deslocar. Um sensor de ultrassom instalado sobre o reservatório de alimentação das taliscas informa se está preenchido por grãos e comanda o motor hidráulico acionador da esteira mover. A vazão de grãos é determinada pela contagem de taliscas por unidade de tempo.

7. MONITORAMENTO DA VARIABILIDADE ESPACIAL NA IRRIGAÇÃO

Abrange grande parte das etapas de cultivo. Considerando que os sistemas modernos de irrigação utilizam ferramentas sofisticadas de automação e controle, não deveria demorar para que o tratamento localizado fizesse parte desses sistemas. A irrigação de precisão se tornou uma tecnologia amadurecida em AP, principalmente, em lavouras irrigadas por pivôs centrais. Pacotes tecnológicos, produtos e equipamentos estão disponíveis comercialmente e são adotados pelos produtores. As recomendações variáveis de irrigação se baseiam em mapas de CE do solo, pois, relacionam com a capacidade de armazenamento de água no solo, ou seguem as delimitações de UGDs, que definem a demanda diferenciada da cultura por água.

8. CONCLUSÕES

Em resumo, o monitoramento agrícola é um estudo dinâmico e multitemporal que é feito por tecnologias como análises de imagens de satélite, utilização de sensores e Vants, com objetivo de acompanhar a evolução quanto aos usos do solo. Por meio do monitoramento dos fatores de produção agrícola, é possível quantificar as áreas de produção, verificar o estado de cada plantação e sua capacidade de produção e gerar renda.

A agricultura não objetiva apenas o aumento de produtividade, mas também o aumento da eficiência do uso do solo, da mão de obra e dos recursos financeiros, devendo considerar o clima, a localização da propriedade e o tipo de solo. Dessa maneira, a Agricultura de Precisão disponibiliza técnicas e métodos para o monitoramento dos fatores de produção de forma localizada, que auxiliará o produtor nas tomadas de decisões. O produtor sabendo trabalhar as informações fornecidas pela Agricultura de Precisão, tomará decisões mais assertivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GARZELLA, T. C. Amostragem e interpretação de mapas. **In:** Agricultura Digital. QUEIROZ, D. M. [et al.] editores. Editora UFV: Viçosa, MG. 2020.

MALDANER, L. F.; SPEKKEN, M.; EITELWEIN, M. T.; MOLIN, J. P. Remoção de erros em mapas de produtividade de cana-de-açúcar. **X - SBIAGRO Congresso Brasileiro de Agroinformática**. 2015, 11p.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 236p.

VILLAR, F. M. M. [et al.]. Imagens e sensoriamento remoto aplicado à gestão agrícola. **In:** Agricultura Digital. QUEIROZ, D. M. [et al.] editores. Editora UFV: Viçosa, MG. 2020.

SILVA, S. A. A. **Manejo da população de plantas na cultura do milho a partir do NDVI obtido por imagens de satélite**. 49f. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS. 2018.