

AGRICULTURA DE PRECISÃO - AUTOPILOTO E APLICAÇÃO A TAXA FIXA E VARIÁVEL

Autores: Ariel Fernando Schoenhals Ritter¹. Camila Machado². Camila Peligrinotti Tarouco³.

Palavras-chave: Agronegócio brasileiro. Sistemas embarcados. Insumos Agrícolas. Mecanização Agrícola.

RESUMO: O objetivo do presente trabalho é apresentar as novas tecnologias que estão tomando lugar importante no agronegócio brasileiro. Com o avanço da mecanização agrícola no país, muitos produtores rurais, com intuito de aperfeiçoar recursos na propriedade, investem em tecnologias e técnicas de agricultura de precisão para uma diminuição do custo de produção como também diminuir os impactos ambientais envolvidos no contexto, tornando esta atividade economicamente viável para os seus negócios.

INTRODUÇÃO

A proposta da Agricultura de Precisão é permitir que se faça em áreas extensas o que os pequenos agricultores sempre fizeram em áreas reduzidas, que é o tratamento dos detalhes considerando as diferenças existentes em um talhão, sem desperdiçar o conhecimento acumulado pelas ciências agrárias até hoje. Inicialmente, a Agricultura de Precisão era vista como um conjunto de ferramentas para o manejo localizado da lavoura, mais recentemente tem merecido uma definição mais sistêmica. Acima de tudo, é uma nova forma de gerenciamento da produção agrícola.

Pode ser considerado um elenco de tecnologias e procedimentos utilizados para que as lavouras e os sistemas de produção sejam otimizados, tendo como elemento chave o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores nela envolvidos. Dessa forma, observa-se que há duas grandes frentes de ação com o mesmo grau de importância e com uma necessidade premente de se juntarem cada vez mais. De um lado esta o segmento representado pelos pesquisadores e empresas que vem desenvolvendo soluções para se fazer Agricultura de Precisão e de outro estão os usuários e implementadores dessas soluções, ou seja, os profissionais ligados a produção.

A missão de promover o desenvolvimento sustentável e a competitividade do agronegócio em benefício da sociedade brasileira, incorporada em todas as ações da Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo (SDC), criou um ambiente favorável e inovador para o fomento da Agricultura de Precisão.

Diante dos fatos, o presente trabalho visa apresentar um pouco mais sobre a questão da utilização das tecnologias envolvidas na agricultura de precisão, citando desde definições até as diferentes situações às quais essas são empregadas. Também queremos abordar um pouco o retrospecto e tendências futuras da Agricultura de Precisão, uma vez que a mesma atualmente _____

¹ Acadêmico do 6º Semestre do Curso de Agronomia pela FAI Faculdades.

E-mail: ariel-ritter@hotmail.com

² Acadêmica do 6º Semestre do Curso de Agronomia pela FAI

Faculdades. ³ Doutora em Fitossanidade pela Universidade Federal de Pelotas – UFPel. já pode ser considerada, em situações de lavouras de

grande escala principalmente, uma tecnologia indispensável na produção agrícola, tanto a fins de qualidade e quantidade.

REVISÃO DO TEMA

A Agricultura de Precisão (AP) compreende um conjunto de técnicas e metodologias que visam aperfeiçoar o manejo das culturas e a utilização dos insumos agropecuários, proporcionando máxima eficiência econômica. As ferramentas de AP permitem o uso racional dos corretivos, fertilizantes e agrotóxicos garantindo a redução dos impactos ambientais decorrentes da atividade agropecuária.

Diversas técnicas de AP podem ser utilizadas nas culturas comerciais, muitas delas ainda em desenvolvimento, outras em plena operação. Uma tecnologia bastante utilizada e que proporcionou uma maior exatidão nas práticas realizadas a campo, é o conhecido piloto automático. Definir o caminho certo para o trabalho das máquinas e segui-lo com precisão é uma tarefa difícil no campo aberto, sem referências para a vista. A dificuldade aparece com mais força nas operações do plantio mecanizado e as consequências podem ser graves. Uma orientação incorreta de marcação do solo pode resultar no espaçamento irregular da cultura, e em perdas de produtividade durante vários anos naquele talhão.

Figura 1: Agricultura de Precisão: Piloto Automático.



Fonte: Google Imagens.

Para a orientação das máquinas em faixas adjacentes, foram desenvolvidos alguns métodos como os marcadores de espuma, riscadores de solo e a utilização de correntes ou cabos. A utilização dessas técnicas, porém, incorre frequentemente em sobreposições e falhas na demarcação das fileiras e dos espaçamentos desejados, com reflexos nas operações posteriores de aplicação de defensivos e de adubos ou corretivos. A imprecisão cobra um preço alto do produtor, na forma de gastos maiores com insumos e de perda da eficiência no controle das pragas.

O acesso aos recursos de posicionamento pelos sinais de GPS está fazendo muitos produtores deixarem esses métodos para trás e alcançarem maior precisão nas operações agrícolas. Os primeiros sistemas de direcionamento para a agricultura utilizando os sinais de

satélite oferecidos no mercado foram os de barra de luz. Eles ofereciam a informação visual sobre a rota programada através de um conjunto de luzes indicativas dispostas à frente do operador, que pode assim manter o equipamento no caminho certo. É comum também a utilização de um visor que indica ao operador qual o erro em metros em relação ao alinhamento predeterminado.

Um grande passo em direção a precisão das operações foi a utilização do piloto automático nos equipamentos agrícolas. Doravante o próprio sistema de direcionamento via satélite corrige a rota do veículo quando há necessidade, reduzindo o esforço do operador e aumentando a precisão de trabalho. Estes sistemas automatizados são acoplados por meio hidráulico ao sistema de direção do veículo (trator ou a colhedora). Com isso, a atenção do operador pode concentrar-se nos controles da colhedora ou na operação realizada pelo implemento do trator, com a certeza de que o equipamento está seguindo a rota definida.

A operação em campo desses sistemas é bastante simples. Na maioria dos modelos existentes é necessário apenas localizar os pontos inicial e final do alinhamento de referência. Quase todos os modelos já detectam automaticamente a manobra no final do alinhamento, indicando ao operador a posição da linha seguinte.

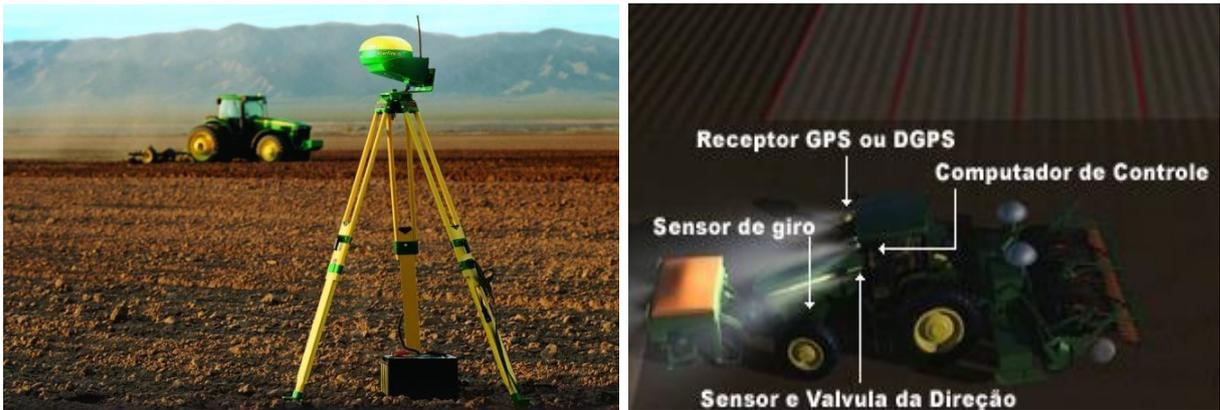
Com a utilização do Piloto Automático, a qualidade da operação deixa de depender da habilidade do operador. Há diversos sensores instalados na máquina para a determinação do posicionamento em campo, do alinhamento planejado, inclinação da máquina, posição dos rodados e do volante. O grau de precisão do trabalho é determinado pelo sistema de correção dos sinais do GPS utilizado.

Normalmente qualquer sistema de posicionamento é chamado de GPS, mas há vários tipos deles, com diferentes graus de precisão no posicionamento. O mais comum é o GPS de navegação, que proporciona um grau de precisão entre 5 e 10 metros. A procura de maior precisão levou à criação de tecnologias de correção dos sinais de GPS. Os sistemas mais comuns para uso na agricultura são três: o DGPS, o GPS absoluto com correção por algoritmo e o RTK (Real Time Kinematic).

O determinante para a adoção de um ou outro sistema, está diretamente ligado ao nível de precisão desejado para o serviço a ser realizado. No DGPS (Sistema de Posicionamento Global Diferencial), ou posicionamento relativo, a precisão oferecida varia entre 10 e 60 centímetros, suficiente para a maioria das aplicações na agricultura de precisão. Na correção por algoritmo, os receptores GPS trabalham em posicionamento absoluto, e a correção se dá pela diminuição da dispersão dos erros, alcançando maior precisão, permitindo que o sistema seja usado no piloto automático.

Para aplicações agrícolas que exigem precisão ainda maior, como o plantio mecanizado e a sulcação, recomenda-se a tecnologia mais acurada disponível, o GPS RTK. Nessa, a correção é feita via link de rádio com estação própria. A base recebe os sinais dos satélites GPS, compara com a posição em que a mesma está estacionada e envia a informação de correção para o GPS que está no equipamento em operação. O RTK tem um programa interno poderoso para o cálculo das coordenadas e dupla frequência para recepção dos sinais dos satélites GPS. A maioria dos sistemas usados na agricultura apresenta um nível de precisão de centímetros, mas este tipo de GPS pode alcançar uma precisão milimétrica. As vantagens da evolução da tecnologia vêm sendo sentidas por produtores brasileiros, pois com alta precisão, é possível trabalhar à noite, realizando semeaduras ou fazer aplicações mais rapidamente e com menor desgaste do operador, e assim cumprir os prazos curtos das operações exigidos pela agricultura moderna.

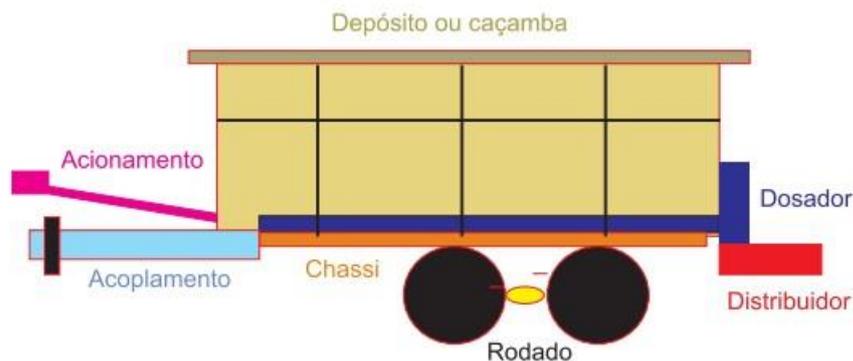
Figura 2: Sistema de GPS, DGPS e RTK.



Fonte: Google Imagens.

Para aplicação de corretivos e fertilizantes, existem dois métodos principais de aplicação: a lanço e em linhas ou sulco. A adoção de um ou outro método esta diretamente relacionada com o produto a ser aplicado, com a cultura a ser explorada e com a fase do sistema produtivo. Quando tratamos do calcário, gesso e fosfatos, geralmente são utilizados os equipamentos de aplicação a lanço. O mecanismo dosador de acordo com Mialhe (1986) pode ser gravitacional ou volumétrico. No dosador gravitacional o fluxo do produto do reservatório ao distribuidor ocorre por gravidade, sendo auxiliado, em alguns casos, por agitador mecânico, que opera sobre o orifício de abertura regulável. Por outro lado o dosador volumétrico promove um fluxo, com um determinado volume de produto, o qual é controlado de maneira continua, sendo retirado do fundo do deposito e encaminhado ao distribuidor. Os principais tipos de mecanismos volumétricos são a esteira, a roseta, e o prato giratório. Os dosadores volumétricos são acionados por elementos mecânicos que possibilitam a manutenção e regularidade da vazão.

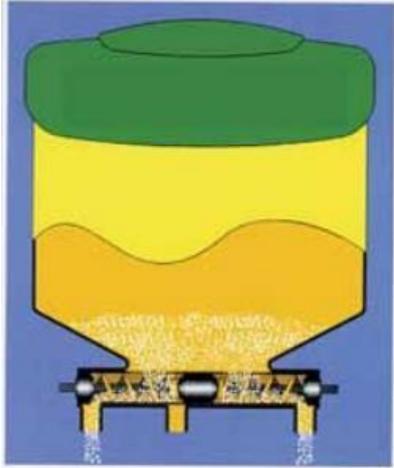
Figura 3: Esquema dos elementos constituintes de um aplicador a lanço



Fonte: Google Imagens.

Os distribuidores em linha geralmente estão associados à aplicação de fertilizantes, dispondo-os ao lado ou embaixo das sementes, ou em superfície ao lado ou em cima das linhas de plantio. Desta forma, o mecanismo distribuidor geralmente é do tipo queda livre, com tubo individual de saída para cada linha. O mecanismo dosador poderá ser do tipo helicoidal ou rosca sem fim, roseta, correias/correntes ou cilindros canelados. Hoje em dia, o mecanismo de linha mais utilizado pelos fabricantes é do tipo helicoidal.

Figura 4: Esquema de um distribuidor em linha de fertilizantes com dosador do



Fonte: Google Imagens.

Atualmente, o sistema de aplicação de corretivos e fertilizantes predominante na agricultura brasileira ainda é o convencional, onde trabalha-se com uma condição representativa da fertilidade do solo, gerando conseqüentemente uma recomendação constante para a área. Neste caso, adota-se o método de aplicação a taxa fixa, que representa uma aplicação pela fertilidade média encontrada da lavoura. Sabendo-se que o solo é, por natureza, variável em seus atributos químicos, a aplicação de corretivos e fertilizantes em taxa fixa não leva em consideração essa variabilidade e, desta forma, ocasionará uma subestimativa ou superestimativa da dose adequada para determinado local da área em exploração. Contudo, a partir da premissa, surge a necessidade de considerar essa variabilidade espacial dos atributos físico-químicos do solo e realizar a aplicação de insumos a taxa variável, adentrando então no sistema de Agricultura de Precisão (LUZ et al., 2010).

O processo de adoção da Agricultura de Precisão encontra-se na fase em que o agricultor busca solucionar os principais problemas levantados em sua lavoura, através de mapas de produtividade, fertilidade etc. Na solução dos impasses de fertilidade, a aplicação de fertilizantes a taxa variável é, atualmente, uma necessidade, sendo essa a principal razão pela qual se desenvolvem novas tecnologias para aplicações em taxa variada atuando-se diretamente sobre as variações espaciais e temporais. Diante da necessidade, são montados dispositivos em máquinas de aplicação que comandam as decisões de variação da aplicação, processando os dados dos sensores e os dados inseridos pelo usuário ao sistema, aplicando-se, portanto, a dose recomendada e necessária para tal local (DALLMEYER & SCHLOSSER, 1999).

A aplicação localizada de insumos compreende a quatro principais etapas. A primeira delas é a fase de mapeamento e coleta de dados da área; a segunda é a interpretação dos mapas, os quais servirão como suporte de decisão; a terceira é a aplicação localizada do insumo ou corretivo desejado, e; a quarta etapa é a avaliação final dos resultados (SARAIVA; CUGNASCA; HIRAKAMA, 2000).

No caso da aplicação de insumo e corretivo, o sistema começa pelo mapeamento dos fatores ligados a cultura e ao solo. Para tal etapa, são utilizadas colhedoras equipadas com GPS e monitores de produção, além de equipamentos para coleta de amostras de solo georeferenciadas. Em seguida, utilizando-se sistemas de informações geográficas (SIG) e

conceitos geostatísticos, tais informações são transformadas em mapas de atributos, os quais fornecem uma visualização espacial do desempenho do sistema produtivo.

Na segunda fase, é feito o planejamento da aplicação dos insumos, baseando-se na interpretação dos mapas de atributos, os quais envolvem produtividade, fertilidade do solo, compactação, etc. Nesse momento é muito importante realizar a análise da evolução e do comportamento desses fatores ao longo do tempo, além do profundo conhecimento agrônomo para as recomendações da aplicação.

Feito esse planejamento, passa-se então para a terceira etapa, na qual os mapas de aplicação serão interpretados pelos controladores eletrônicos das máquinas equipadas com a tecnologia. Durante a aplicação então, o DGPS fornece a posição das máquinas no campo e de acordo com esses mapas de aplicação, as mesmas aplicam somente a quantidade necessária e recomendada por profissionais habilitados, nos locais planejados.

Enfim na quarta e última etapa, é realizada uma avaliação dos resultados a partir dos rendimentos da cultura, podendo ser conseguidos a partir de mapas de rendimento de produção, gerados pelos sistemas e sensores instalados e acoplados nas colheitadeiras.

Segundo Delafosse & Bogliani (1989), devido à tendência dos aplicadores a lançar maior quantidade de produto no centro geométrico da máquina, deve-se efetuar o levantamento do perfil transversal através de ensaios a fim de determinar a porcentagem adequada de sobreposição, resultando em uma aplicação homogênea. Molin et al. (2001) afirma que, os distribuidores a lançar estão sendo utilizados como máquina alternativa, tanto nas aplicações em cobertura como em aplicações pré-plantio. No entanto, na maioria dos casos, não se tem informação confiável quanto à qualidade de aplicação de grande parte das máquinas disponíveis no mercado brasileiro.

Amando et al. (2006) comparando a aplicação de fertilizantes à taxa variável e a taxa fixa, em duas empresas agrícolas no Rio Grande do Sul, mostraram que, a aplicação à taxa variável de adubo promoveu uma redução no uso de fertilizantes em cerca de 53%, em relação a aplicação a taxa fixa. Campos et al. (2008) e Souza et al. (2007) complementam com relatos de que se gasta menos corretivos e fertilizantes com aplicações em taxa variável do que quando aplicados em dose fixa. Pressupõe-se que as aplicações à taxa variável permitem reduzir o risco de aplicação de quantidades super ou subestimadas, nas lavouras, sem gerar perdas em produtividade. Isso pelo fato de que a AP permite uma aplicação dos insumos nos locais corretos e nas quantidades requeridas, evitando desperdícios desnecessários (DERCON et al., 2006; MZUKU et al., 2005).

Da mesma maneira como a aplicação de fertilizantes e corretivos podem ser controlados pontualmente dentro de uma área de produção, outros insumos também podem ser manejados de acordo com esta tecnologia, incluindo as sementes e os defensivos. Do ponto de vista econômico, a aplicação localizada permite a priorização do investimento em insumos nas áreas onde o potencial produtivo seja mais efetivo, garantindo assim a possibilidade de um maior retorno econômico ao agricultor. A mesma situação pode ser observada quando é realizada a aplicação de produtos fitossanitários, podendo significar reduções de mais de 60% nas quantidades utilizadas. Levando em consideração os aspectos ambientais envolvidos, é de suma importância a racionalização e redução do uso tanto de fertilizantes, bem como de defensivos (ANTUNIASSI, s/a).

O gerenciamento localizado das culturas, baseado nos conceitos da Agricultura de Precisão, vem sendo uma das alternativas propostas para a redução do uso dos defensivos. Vários estudos vêm mostrando a existência de uma grande variação na ocorrência de plantas daninhas, não só em termos de espécies infestantes, mas também em densidade

(GERHARDS, et al., 1996; HEISEL et al., 1996; CHRISTENSEN et al., 1999). Resultado de tal fato é que grande parte do campo pode estar com baixa infestação ou até mesmo sem nenhuma ocorrência de plantas daninhas (NORDMEYER et al., 1997). Desta forma, a prática do gerenciamento localizado de plantas daninhas tem se mostrado uma estratégia interessante na redução das quantidades de herbicida aplicadas no campo.

Atualmente, existem no mercado máquinas de grande porte projetadas para a aplicação de defensivos. Contudo, estas máquinas possuem um alto custo inicial, mesmo com grande capacidade operacional, tornam-se inviáveis economicamente quanto ao seu uso em propriedades de pequeno porte. Diante dos fatos, esta limitação justifica novas pesquisas e o desenvolvimento de equipamentos mais simples, de forma a garantir que os conceitos da Agricultura de Precisão sejam praticáveis em quais quer as propriedades, indiferente do seu tamanho.

Segundo Lutman e Perry (1999), existem varias metodologias de mapeamento das plantas daninhas, no entanto todas se enquadram em dois grupos. O primeiro deles se resume a detecção manual das plantas daninhas, na qual se faz necessária a presença humana para a avaliação e divisão da área com o auxílio de um GPS para na sequencia realizar o controle das mesmas conforme a infestação. No segundo grupo existe a detecção automatizada, no qual se utiliza mapeamentos feitos normalmente por satélites, por imagens aéreas feitas em baixa altitude de voo ou por outras formas de sensoriamento remoto. Os métodos mais utilizados na atualidade envolvem amostragens sistemáticas, a qual a área é dividida em grades de amostragem; pelo método linear, ou também conhecido pela detecção visual, e; por sensoriamento remoto, ou detecção automatizada. No entanto, já vem sendo testada uma nova tecnologia que, com o auxílio de um GPS e sensores de detecção, fornecem ao operador em tempo real o local ao qual será realizada a aplicação do defensivo, diminuindo assim o desperdício em locais da lavoura a qual não são encontradas nenhuma planta a ser controlada. Essa tecnologia ainda esta restrita a pratica de dessecação, ou pré-emergência da cultura, uma vez que não existe a seletividade da planta a ser controlada (AGRISHOW, 2015).

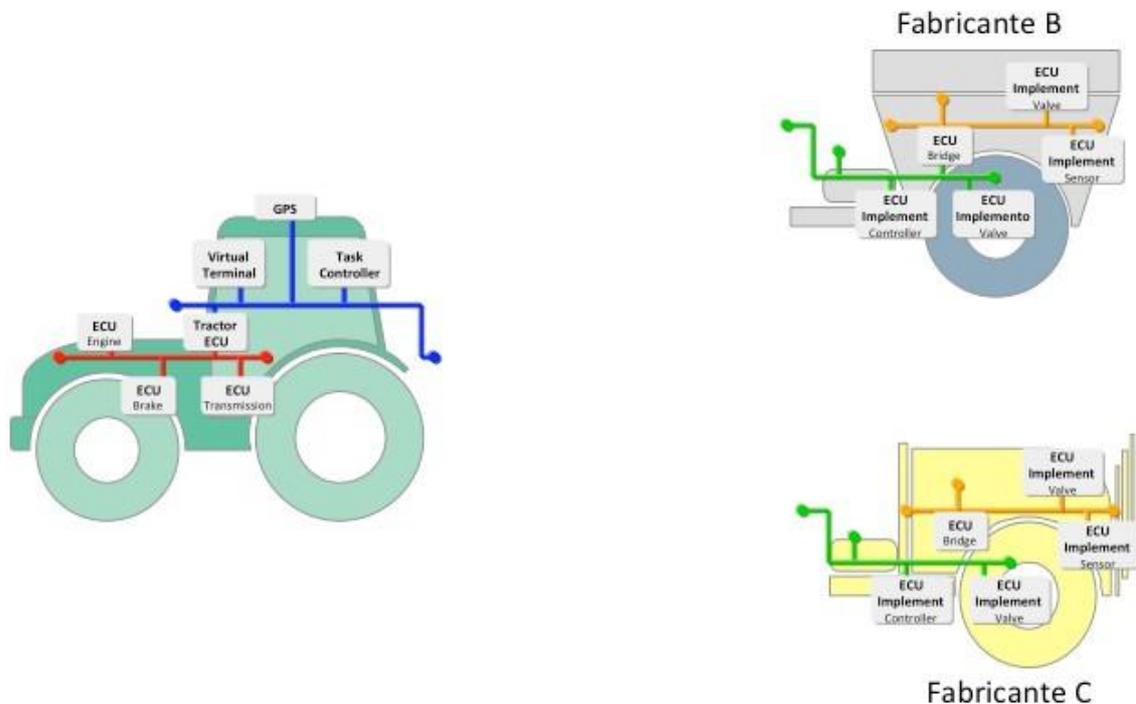
Atualmente, os sistemas embarcados estão presentes em todos os processos agrícolas e com as mais diversas aplicações. Apesar de o mercado agrícola ser bastante grande, o desenvolvimento de tecnologias para essa área não possui muito destaque. Contudo, a área agrícola tem exigido cada vez mais o desenvolvimento de novas tecnologias para aplicação dos conceitos da agricultura de precisão como um novo método de gerenciamento agrícola.

A crescente adoção dessas tecnologias, a falta de padronização nessas adoções e a postura comercial das empresas fornecedoras dessas soluções, têm gerado grande redundância de sistemas embarcados. Ainda hoje, cada sistema eletrônico possui seus próprios sensores, atuadores, sistema de controle e interface com o usuário. Dessa forma, uma máquina agrícola possui mais de um barramento de comunicação entre esses sistemas embarcados e utilizam protocolos de comunicações proprietários.

Diante o problema, criou-se a norma ISOBUS - ISO 11783, a qual visa oferecer a vantagem de integrar e compartilhar sistemas eletrônicos embarcados nas máquinas agrícolas, inclusive de diferentes fabricantes, eliminando redundância dos equipamentos, reduzindo complexidade operacional e de manutenção. O propósito dessa norma é prover um padrão aberto para interconexão de sistemas eletrônicos embarcáveis através de um barramento, que é um conjunto formado por fios, conectores e dispositivos de potência para promover a interconexão de dispositivos e permitir a comunicação de dados entre estes (BENNEWEISS, 2005; GODOY, 2007; PEREIRA, 2009; FORÇA..., 2011). O sistema de automação ISOBUS compatível precisa, obrigatoriamente, ser desenvolvido com funcionalidades de comunicação

e integração de mensagens entre todos os elementos instalados na rede de comunicação do trator.

Figura 6: Elementos de uma rede ISOBUS



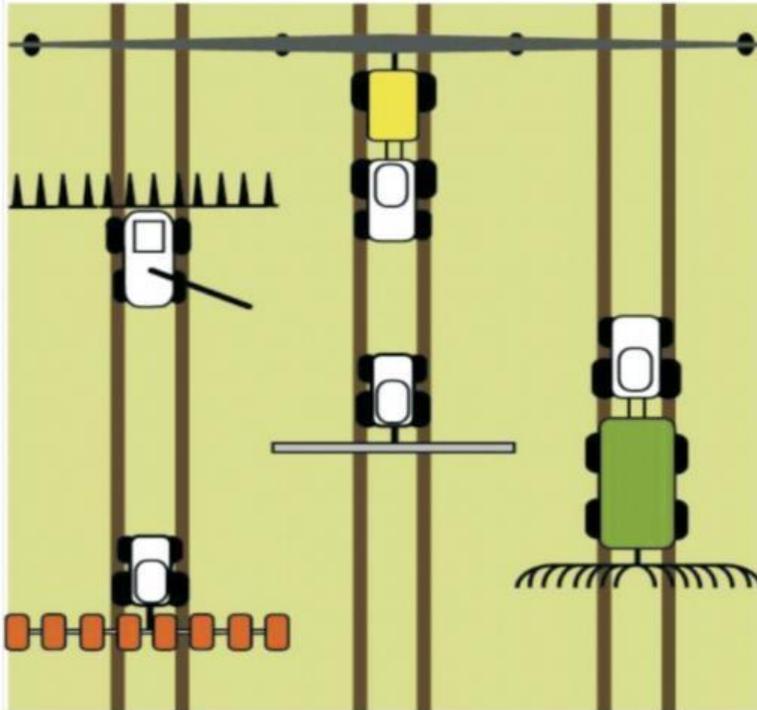
Fonte: INAMASU, Ricardo; SOUSA, Rafael.

Juntamente à avançada tecnologia embarcada nas mais diversas máquinas, geralmente, também aumenta seu tamanho e peso (TULLBERG et al., 2007; TREIN et al., 2009). O aumento de tamanho e peso dos tratores é necessário para que se mantenha a relação entre o peso/potência adequado para suprir a necessidade de tração de equipamentos cada vez maiores, como semeadoras, graneleiros e distribuidores. Porém, quando o tráfego destas máquinas é realizado em solos com condições de umidade acima da ideal, a consequência é a compactação do solo, que ocasiona a redução na infiltração e da produtividade das culturas. De fato, a compactação do solo é um dos principais desafios da agricultura contemporânea mundial. Neste contexto, prevenir a ocorrência generalizada da compactação ou confiná-la a locais específicos (zonas de tráfego) é uma estratégia que vem sendo avaliada em diversos países do mundo, se destacando pela adoção do tráfego controlado a Austrália (GASSEN, 2011), Canadá, Estados Unidos, Inglaterra e Nova Zelândia.

O sistema de tráfego controlado vem sendo estudado desde 1960, porém foi com advento das novas ferramentas da agricultura de precisão que a tecnologia ganhou um novo impulso. Este sistema visa à organização do sistema de tráfego de máquinas dentro da lavoura, tendo como pressuposto o confinamento de tráfego de máquinas e equipamentos em linhas pré-definidas que recebem o nome de “Tramlines”, restringindo, desta forma, a compactação a locais específicos (CHAMEN et al., 1992; TULLBERG et al., 2001; GASSEN, 2011). Com isto, a área livre de tráfego de máquinas agrícolas é aumentada, possibilitando a reestruturação do solo e o aprofundamento do sistema radicular das culturas (ALBA et al., 2011). As modernas ferramentas da agricultura de precisão tais como sistema de piloto automático, SIG e localização geográfica com elevada precisão (DGPS e RTK) possibilitam seguir com

acurácia o planejamento prévio das linhas de semeadura (BOCHTIS e VOUGIOUKAS, 2008; ALBA et al., 2011).

Figura 7: Modelo conceitual do sistema de tráfego controlado. Fonte: Bochtis et al., (2010).



Fonte: Google Imagens.

CONCLUSÕES

Diante do premissa, concluímos que a agricultura de precisão é a mais nova tendência do agronegócio. São inúmeras as vantagens que podemos obter a partir do adepto a essa tecnologia, podendo citar colheitas mais produtivas, uma menor poluição devido ao uso reduzido e eficaz de insumos, o que conseqüentemente resulta em economia.

A agricultura de precisão tende a tornar-se cada vez mais comum nas propriedades rurais. As tecnologias que encontramos atualmente no mercado permitem um grande conhecimento das variabilidades encontradas entre as diferentes áreas da propriedade. Introduzir o conceito de agricultura de precisão nas propriedades onde se tem como objetivo maximizar os lucros e minimizar as perdas, bem como danos ao meio ambiente, se torna imprescindível. No entanto a única desvantagem desse sistema ainda é o alto custo de investimento inicial dos equipamentos, bem como profissionais especializados para o correto manejo dessa tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRISHOW. POLO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO – 22ª Feira Internacional de Tecnologia Agrícola em Ação. Abril/Maio de 2015.

ALBA, P.J.; AMADO, T.J.C.; GIRARDELLO, V.C.; SCHOSSLER, D.S.; HORBE, T.A.N. & TRINDADE, B.S. Tráfego controlado em culturas de grãos no RS: princípios, desafios e resultados preliminares. **Revista Plantio Direto**, 112, 2011.

AMANDO, T. J. C. et al. Projeto Aquarius-Cotrijal:pólo de agricultura de precisão. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 91, p. 39-47, jan./fev. 2006.

ANTUNIASSI, U. R.; JUNIOR, C. D. G. Aplicação localizada de produtos fitossanitários. FCA/UNESP, p. 181-282.

BENNEWEIS, R. K. Status of the ISO 11783 serial control and communications data network standard. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS - ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2005, Tampa. Proceedings... Tampa: ASAE, 2005.

BOCHTIS, D.D. & VOUGIOUKAS, S.G. Minimising the non-working distance travelled by machines operating in a headland field pattern. *Biosystems Engineering*, 101: 1–12, 2008

CAMPOS, M. C. C. et al. Aplicação de adubo e corretivo após o corte da cana-planta utilizando técnicas geoestatísticas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n.4, p. 974-980, jul. 2008.

CHAMEN, W.C.T.; VERMEULEN, G.D.; CAMPBELL, D.J. & SOMMER, C. Reduction of traffic-induced soil compaction: a synthesis. **Soil and Tillage Research**, 24: 303-318, 1992.

CHRISTENSEN, S.; HEISEL, T.; BENLLOCH, J.V. Patch spraying and rational weed mapping in cereals. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4, 1998. Precision Agriculture: proceedings. Madison: ASA; CSSA, SSSA, 1999. p. 773-785.

DALLMEYER, A. U.; SCHLOSSER, J. F. Mecanización para la agricultura de precisión. In: Blu, R. O.; Molina, L. F. (org.). **Agricultura de precisión** – introducción al manejo sitioespecífico, 1999. Chillán: INIA e Cargill Chile, 1999, cap.3, 128p.

DELAFOSSE, R. M.; BOGLIANI, M. P. Fertilizadoras centrífugas, la importancia de una correcta elección, uso y mantenimiento. Santiago: Oficina Regional de la FAO para América Latina el Caribe, 1989, 32p.

DERCON, G. et al. Spatial variability in crop response under contour hedgerow systems in the Andes region of Ecuador. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 86, n. ½, p. 15-26, 2006.

FORÇA TAREFA ISOBUS BRASIL. Disponível em: <<http://www.isobus.org.br>>. Acesso em: 10 set. 2016.

GASSEN, D. Tráfego controlado como alternativa para reduzir a compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, 2011.

GERHARDS, R.; WYSE-PESTER, D.Y.; MORTENSEN, D.A. Spatial stability of weed patches in agricultural fields. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3, Minneapolis, 1996. Precision Agriculture: proceedings. Madison: ASA; CSSA, SSSA, 1996. p. 495-504.

GODOY, E. P. Desenvolvimento de uma ferramenta de análise de desempenho de redes CAN (Controller Area Network) para aplicações em sistemas agrícolas. 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

HEISEL, T.; CHRISTENSEN, S.; WALTER, A.M. Weeds managing model for patch spraying in cereal. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3, Minneapolis, 1996. Precision Agriculture: proceedings. Madison: ASA; CSSA, SSSA, 1996. p. 999- 1005.

LUZ, P. H. de C.; OTTO, R.; VITTI, G. C.; QUINTINO, T. A.; ALTRAN, W. S.; IKEDA, R. Otimização da aplicação de corretivos agrícolas e fertilizantes. International Plant Nutrition Institute – IPNI. Informações Agronômicas, nº 129. Março de 2010.

MIALHE, L.G. Características das máquinas distribuidoras de calcário de fabricação nacional. In: SIMPÓSIO SOBRE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO NA AGRICULTURA, 1., 1986, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 41-56.

MOLIN, J. P.; MENEGATTI, L. A.; PEREIRA, L. L.; CREMININI, L. C.; Evangelista, M. Avaliação do desempenho de distribuidora de produtos sólidos a lanço em doses variáveis de uréia. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 30, 2001, Foz do Iguaçu. Anais... Foz de Iguaçu: SBEA, 2001, CD Rom.

MZUKU, M. et al. Spatial variability of measured soil properties across site specific management zones. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 69, n. 5, p. 1572-1579, Sept. 2005.

NORDMEYER, H.; HÄUSLER, A.; NIEMANN, P. Patchy weed control as an approach in precise farming. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 1, Warwick, 1997. Precision Agriculture'97. Proceedings. J. V. Stafford (Ed.). Oxford: Bios Scientific Publishers Ltd., 1997. p. 307-314.

PEREIRA, R. R. D. Protocolo ISO 11783: procedimentos para comunicação serial de dados do controlador de tarefa. 2009. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

SARAIVA, A. M.; CUGNASCA, C. E.; PAZ, S. M. O problema da padronização e da integração de sistemas na agricultura de precisão. In: Congresso e Feira para usuários e Geoprocessamento da América Latina, 4., 25-29/5/98. Anais, CDROM. Curitiba. Sagres Editora. 1998.

SARAIVA, A. M.; CUGNASCA, C. E.; HIRAKAMA, A. R. Aplicação em taxa variável de fertilizantes e sementes. In: BORÉM, A. et al. (Ed.). **Agricultura de precisão**. Viçosa, MG: UFV, 2000. p. 109-145.

SOUZA, Z. M. et al. Influência da variabilidade espacial de atributos químicos de um latossolo na aplicação de insumos para cultura de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 371-377, mar./abr. 2007.

TULLBERG, J.N.; ZIEBARTH, P.J. & LI, Y. Traffic and tillage effects on run-off. **Australian Journal of Soil Research**, 39: 249–257, 2001.

TULLBERG, J.N.; YULE, D.F. & McGARRY, D. Controlled traffic farming: from research to adoption in Australia. **Soil and Tillage Research**, 97: 272-281, 2007.

TREIN, C.R.; MACHADO, A.P. & LEVIEN, R. Compactação do solo por rodados, podemos evitá-la. **Revista Plantio Direto**, 114, 2009.