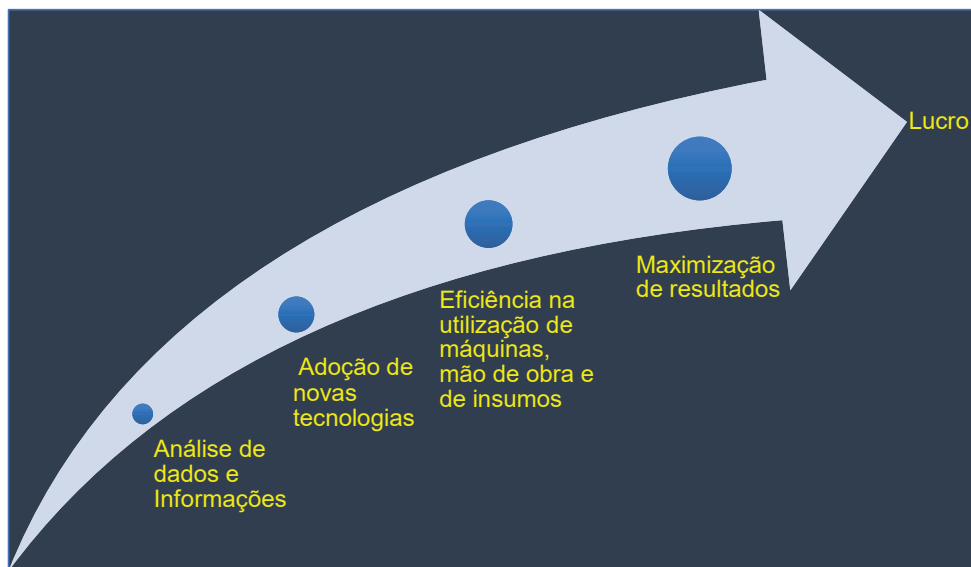


A agricultura de precisão no contexto do sistema de produção: lucratividade e sustentabilidade



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
209**

**A agricultura de precisão no
contexto do sistema de produção:
lucratividade e sustentabilidade**

Evandro Chartuni Mantovani
Rubens Augusto de Miranda
Elena Charlotte Landau
Alexandre Martins Abdão dos Passos

*Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2020*

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretário-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria Cristina Dias Paes.

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Mônica Aparecida de Castro

Ilustração da capa
Evandro Chartuni Mantovani

1ª edição
Publicação digital (2020)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Nome da unidade catalogadora

Agricultura de precisão no contexto do sistema de produção: lucratividade e sustentabilidade / Mantovani, Evandro Chartuni ... [et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2020.

32 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 209).

1. Agricultura. 2. Tecnologia. 3. Automação. 4. Implemento agrícola. 5. Máquina agrícola. I. Mantovani, Evandro Chartuni. II. Miranda, Rubens Augusto de. III. Landau, Elena Charlotte. IV. Passos, Alexandre Martins Abdão dos. Série.

CDD 631.3 (21. ed.)

Sumário

| | |
|------------------------------|----|
| Resumo | 05 |
| Abstract | 07 |
| Introdução..... | 08 |
| Material e Métodos | 15 |
| Resultados e Discussão | 17 |
| Considerações Finais..... | 26 |
| Referências | 28 |

A agricultura de precisão no contexto do sistema de produção: lucratividade e sustentabilidade

Evandro Chartuni Mantovani¹

Rubens Augusto de Miranda²

Elena Charlotte Landau³

Alexandre Martins Abdão dos Passos⁴

Resumo – As inovações técnicas incorporadas aos sistemas de produção agrícolas têm induzido os produtores a estabelecer uma gestão das atividades de alto nível, visando a maximização dos resultados em uma conjuntura de crescimento de custos. O presente trabalho é uma simulação dos custos com uso de agricultura de precisão (AP) com o objetivo de avaliar percentuais de lucro alcançados em culturas de milho e soja no Brasil, usando indicadores de custos retirados da literatura. Foram comparadas informações sobre custos de produção de plantios de milho e soja em 11 municípios situados em diversas regiões produtoras brasileiras, com utilização de agricultura de precisão. A partir das planilhas de custo de produção de soja de sete regiões produtoras do Brasil, elaboradas pelo IEG/FNP na safra 2017/2018, foi realizada uma estimativa dos custos adicionais de plantios de milho e soja com a implementação da agricultura de precisão, baseada em dados da experiência de quase duas décadas nos Estados Unidos (Schimmelpfenning, 2016; Snyder, 2016), com resultados de economia média de 5% nos custos de insumos pelo uso do RTK *auto guidance*, em semeadoras, equipamentos de preparo de solo, aplicadores de químicos e colhedoras, e 10% de ganho com adoção/não adoção, em máquinas e equipamentos. Tais percentuais foram aplicados às planilhas de custos de soja e milho tanto convencionais como transgênicos. O potencial impacto da AP sobre as planilhas foi analisado em termos de custos, lucro total e ponto de equilíbrio. Similar aos resultados obtidos para a cultura da soja, verifica-se que a adoção da agricultura de

¹ Agrônomo, DSc em Engenharia Agrícola, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo;

² Bacharel em Ciências Econômicas, DSc em Administração, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo;

³ Bióloga, DSc em Ecologia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo;

⁴ Agrônomo, DSc em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo;

precisão diminuiu significativamente o ponto de equilíbrio para a cultura do milho nas diversas regiões avaliadas, permitindo que, em anos que ocorram situações de queda do rendimento da lavoura, a adoção da agricultura de precisão represente uma alternativa para diminuição dos riscos associados à atividade produtiva. As simulações realizadas para a adoção de agricultura de precisão nas culturas da soja e do milho indicam o potencial de impacto positivo dessa prática sobre a lucratividade. Em ambas as culturas, as lavouras convencionais apresentaram maior aumento percentual dos lucros do que as lavouras transgênicas.

Termos para indexação: agricultura de precisão, RTK piloto automático, máquinas e equipamentos agrícolas, custos de produção, lucratividade.

Precision agriculture in the context of the production system: profitability and sustainability

Abstract – The technical innovations incorporated in the agricultural production systems have induced the producers to establish a management of the high level activities, aiming at the maximization of the results in a conjuncture of cost growth. The present work is a simulation of costs with the use of precision agriculture in order to evaluate the percentage of profit achieved in corn and soybean crops in Brazil, using cost indicators from the literature. Information on production costs for corn and soybean crops in 11 cities located in several Brazilian producing regions were compared, using precision agriculture. Based on the soybean production cost spreadsheets for seven producing regions of Brazil, prepared by the IEG/FNP in the 2017/2018 harvest, an estimate of the additional costs of corn and soybean plantations was carried out with the implementation of precision agriculture, based on data from the experience of almost two decades in the United States (Schimmelpfenning, 2016; Snyder, 2016), with results of average savings of 5% in the costs of inputs through the use of RTK auto guidance, in seeders, soil preparation equipment, applicators of chemicals and harvesters and 10% gain with adoption/non-adoption, in machinery and equipment (\$/acre). Such percentages were applied to both conventional and transgenic soybean and corn spreadsheets. The potential impact of PA on spreadsheets was analyzed in terms of costs, total profit and breakeven. Similar to the results obtained for the soybean crop, it can be seen that the adoption of precision agriculture significantly reduced the equilibrium point for the corn crop in the different regions evaluated, allowing that, in years that occur situations of fall in crop yield, the adoption of precision agriculture represents an alternative to reduce the risks associated with production activity. The simulations carried out for the adoption of precision agriculture in soybean and corn crops indicate the potential for a positive impact of this practice on profitability. In both crops, conventional crops showed a higher increase of the percentage in profits than transgenic crops.

Index terms: precision agriculture, RTK auto guidance, machinery and equipment, production costs, profitability.

Introdução

As inovações técnicas incorporadas aos sistemas de produção agrícolas têm induzido os produtores a estabelecer uma gestão das atividades de alto nível, visando a maximização dos resultados em uma conjuntura de crescimento de custos. Para tanto, há necessidade de adoção de uma série de procedimentos e mudança comportamental, tais como organização de dados e informações, planejamento das atividades desenvolvidas na propriedade, adoção de novas tecnologias, melhor dimensionamento da infraestrutura e um gerenciamento profissional efetivo.

A eficiência na gestão de uma propriedade agrícola não depende só da capacidade técnica para otimizar a utilização dos recursos nos sistemas de produção, mas também da maximização dos resultados para a obtenção de lucro (Figura 1). Naturalmente que, para alcançar esta alta capacidade de gerenciamento, é necessário ter o controle do uso eficiente de máquinas e implementos agrícolas, mão de obra e aplicação de insumos, das áreas exploradas nas respectivas culturas, visando ter um custo operacional compatível para as atividades.

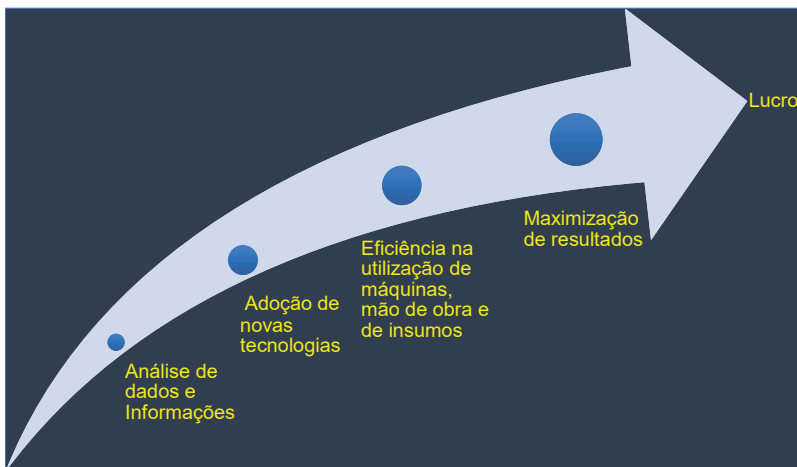


Figura 1. Esquema de gerenciamento eficiente de uma propriedade agrícola para a obtenção de lucro. Fonte: Nunes (2016).

Analisando as possibilidades para um gerenciamento eficiente, a Agricultura de Precisão (AP) apresenta-se como uma excelente ferramenta para o acompanhamento das atividades, pois, por meio de sistemas de localização geográfica (*Global Navigation Satellite Systems*) (Rovira-Más et al., 2015), tal como o Sistema de Posicionamento Global (GPS), há possibilidade de coleta de dados, permitindo o mapeamento georreferenciado de variáveis do solo, da produtividade de grãos, dentre outros componentes biofísicos e fatores de produção. As informações apresentadas em mapas criados a partir desses dados permitem conhecer características das áreas de produção dentro de uma propriedade agrícola, para a separação em Zonas de Manejo. Desta forma, pode-se tomar decisão em tempo real, estabelecendo práticas de manejo para cada área, da quantidade e mesmo qualidade adequada de insumos a serem aplicados em mapas de aplicação, e, com isso, programar equipamentos agrícolas para executar as operações no momento certo, no local correto e a um custo compatível com as propriedades e características específicas da área.

Costa e Guilhoto (2013) estimaram o impacto potencial da adoção das principais técnicas de agricultura de precisão na economia brasileira e obtiveram resultados consideráveis. Segundo os autores, em um cenário de aumento de 10% na produtividade das três principais culturas agrícolas, para as condições estudadas (soja, cana-de-açúcar e milho), a partir do uso amplo de técnicas da agricultura de precisão, em propriedades de 100 ou mais hectares, verificou-se um aumento potencial de R\$ 20 bilhões de produção; R\$ 10,8 bilhões no PIB brasileiro; R\$ 3 bilhões de remuneração e criação de 455 mil empregos.

De acordo com Pearce (2015), a agricultura mudou muito e especialmente nos últimos 10-15 anos. Não porque a ideia de rentabilidade na agricultura seja nova, mas sim porque os agricultores têm agora possibilidades de ferramentas para medir indicadores específicos na fazenda, como os níveis de fertilidade, desde a porcentagem de matéria orgânica do solo até a capacidade de troca catiônica, dentre outras importantes variáveis. Além disso, os equipamentos e sistemas utilizados para apoio à tomada de decisões são muito mais complexos hoje do que cinco anos atrás.

Neste contexto, há uma pressão adicional na tomada de decisões agrícolas, não apenas de ano para ano, mas às vezes de uma semana para a

outra. Um exemplo disso foi o lançamento de dispositivo para semeadoras de grãos em 2018, denominado *SmartFirmer*, que permite a tomada de decisão em tempo real, modificando e ajustando a profundidade e densidade de semeadura a partir de informações do solo e da presença de resíduos de palhada para melhorar a plantabilidade e o estabelecimento da lavoura. Isto é possível através de sensores instalados na linha de semeio, que medem os níveis de matéria orgânica, o teor de umidade do solo, além da localização do resíduo no sulco de plantio, orientando o(s) controlador(es) instalado(s) para o gerenciamento e o monitoramento dos parâmetros operacionais requeridos para realizar as tarefas necessárias.

A gestão tradicional dos sistemas de produção com agricultura de precisão inicia-se com coleta e organização dos dados. Os dados são transformados em informações e, a seguir, geram-se os mapas temáticos georreferenciados, para conhecimentos das áreas de produção. Desta forma, estabelecem-se as Zonas de Manejo. Em seguida, os agricultores:

- Planejam e programam os equipamentos para a aplicação de insumos a taxas variadas.
- Monitoram e corrigem as áreas de produção durante o crescimento e desenvolvimento das culturas, com o uso de sensoriamento remoto (a partir de imagens aéreas obtidas por veículos aéreos não tripulados como *drones*, por exemplo), ou mesmo com avaliações in loco de deficiência nutricional, água, problemas fitossanitários ou outros fatores limitantes.
- Organizam novos mapas georreferenciados de produtividade, para saber se a estratégia adotada de aplicação de insumos e controle das diferentes áreas de produção está respondendo adequadamente.
- Analisam os custos de produção e respectivos mapas de lucratividade das culturas exploradas.

A gestão do conhecimento derivada da agricultura de precisão tem tomado novas fronteiras do conhecimento e desafios antes não existentes (Fraser, 2018; Miller, 2019). Atualmente, muito se fala no *Big Data* como uma das vertentes da quarta revolução industrial, e da Agricultura 4.0 (Trivelli et al., 2019); contudo, um novo termo tem ascendido em importância, o *Right Data*, no qual o desafio e o valor estão em tirar efetiva e assertivamente os insights

derivados de uma miríade de dados coletados de forma submétrica (escala de centímetros) em milhões de hectares monitorados a cada segundo nos mais diversos sistemas de produção existentes (Delgado et al., 2019).

Esses dados têm tomado uma nova escala na cadeia de valor, tornando-se funcionais em novos modelos de negócio por serem elementos-chaves na construção de novas soluções tecnológicas (Fraser, 2018). Grande parte dos benefícios oriundos de análises, posicionamento e aplicações das informações derivadas da AP virá de modelos mais robustos e customizados de inteligência artificial, utilização em massa da Internet das Coisas (IOT – *Internet of Things*), computação em nuvem (*Cloud computation*) que impactarão por inteiro a cadeia produtiva, das fazendas aos consumidores (Khanna; Kaur, 2019; Singhal et al., 2018a, 2018b; Sowmya et al., 2019).

É evidente, atualmente, a contribuição que as novas tecnologias proporcionaram à agricultura e, principalmente, ao gerenciamento econômico da produção agropecuária. A agricultura tradicional, com o apoio das inovações, principalmente nos equipamentos agrícolas, permitiu uma nova fase para monitoramento, de maior eficiência das operações e otimização dos insumos aplicados. De acordo com Reid (2011), durante a maior parte do século XX, quatro fatores-chave influenciaram no aumento da taxa de produção agrícola:

1. Uso mais eficiente do trabalho
2. Oportunidade das operações
3. Uso mais eficiente dos insumos
4. Sistemas de produção mais sustentáveis

Estes quatro fatores contribuíram, com diferentes pesos, nos sistemas de produção mais eficientes, gerando economia de insumos. As inovações tecnológicas, de maneira geral, aumentaram o uso da mecanização agrícola, integrando processos funcionais em uma máquina ou sistemas de produção agrícola, tornando possível, para o agricultor, gerenciar áreas de produção em escala.

Benefício na redução do custo de produção, pela melhoria da assertividade na aplicação de insumos, é uma vantagem bastante conhecida da agricultura de precisão em diversas partes do mundo. Em estudo realizado na Rússia, comparando a aplicação tradicional de fertilizantes com método

baseado na agricultura de precisão, foi verificado um incremento de 22% na eficiência econômica da atividade pela utilização mais racional dos insumos utilizados, em uma mesma faixa de produtividade (Beznosov et al., 2019). Os autores concluíram que as tecnologias associadas à AP devem ser consideradas no país, pelos benefícios oriundos da redução de custos de utilização de fertilizantes, agroquímicos fitossanitários, combustível e lubrificantes.

A maior lucratividade das atividades pode ocorrer não somente pelo aumento da economia do uso de insumos ou incremento de produtividade, mas também pela melhoria da qualidade dos produtos. Em um experimento de larga escala e longa duração, envolvendo essencialmente a rotação de milho com soja em Missouri, Estados Unidos, em comparação com o sistema convencional, os autores verificaram que a adoção da AP não alterou significativamente a lucratividade e a variação espacial do lucro na cultura do trigo, mas reduziu a variação temporal do lucro, demonstrando ser a AP uma ferramenta de gestão de riscos, por diminuir a volatilidade das respostas financeiras das atividades (Yostet al., 2019). Dessa forma, a aplicação a taxas variáveis em zonas de manejo representa uma alternativa para minimizar riscos de volatilidade de mercados, agregando qualidade na cultura do trigo (teor de proteína), conforme observam Karatay e Meyer-Aurich (2019) em experimento e simulações realizadas na Alemanha.

Similarmente, o retorno no investimento em tecnologias da agricultura de precisão pode estar atrelado aos preços dos produtos e níveis de produtividade obtidos pelos produtores rurais. Em estudo avaliando 111 áreas na região do Oklahoma e Kansas, nos Estados Unidos, Mills et al. (2020) verificaram, por meio de análises de sensibilidade, que a aplicação a taxa variada de calcário foi lucrativa apenas quando os níveis de rendimento de grãos ou o preço do produto final, ou ambos, eram superiores à média histórica na região.

Apesar de ser mais recente que outras áreas, a irrigação de precisão tem se mostrado uma ferramenta tecnológica estratégica frente aos cenários e contexto de mudanças climáticas, em que tem aumentado a frequência de eventos extremos de déficit hídrico (El Chami et al., 2019). Comparando resultados obtidos com a adoção da irrigação de precisão aos com irrigação tradicional na Inglaterra, esses autores verificaram ganhos ambientais consideráveis, com menor emissão de C equivalente por unidade de produto e maior eficiência do uso da água. Os ganhos financeiros foram contabilizados

favoravelmente com o uso da irrigação de precisão. Para anos secos foram registrados incrementos nos lucros de 54,9% (3.142 euros ha⁻¹) e, em anos com níveis normais de precipitação, de 13,4% (677 euros ha⁻¹), demonstrando ser a AP na irrigação uma estratégia adicional de gestão de risco em sistemas de produção sob irrigação.

Devem-se elencar como recentes inovações na agricultura de precisão a utilização de nanossatélites com o uso e a disponibilização de imagens de alta resolução e baixo custo (Sozzi et al., 2019; Beznosov et al., 2019), assim como a utilização de sensores proximais embarcados em *vants* (veículos aéreos não tripuláveis, ou *drones*), tanto para o monitoramento de lavouras e rebanhos quanto para intervenções como aplicações de agroquímicos. Essas ferramentas e abordagens baseiam-se na disponibilização de serviços mais customizados e direcionados, permitindo que agricultores adotem inovações da agricultura de precisão, mesmo sem apresentar produção em escala econômica (Barbedo, 2019; Duchsherer, 2019; Stafford, 2018).

Visando o aumento na taxa de adoção de tecnologias de AP, deve-se atentar para a utilização de mecanismos de transferência de tecnologia e serviços de extensão. Em um estudo envolvendo produtores rurais de cinco países (Bélgica, Alemanha, Grécia, Países Baixos e Reino Unido) foram analisados os fatores determinantes para a adoção das tecnologias da agricultura de precisão, concluindo-se que há uma melhor percepção dos benefícios econômicos a partir de programas de difusão e demonstração de tecnologias em relação às políticas de subvenção econômica e de benefícios fiscais (Barnes et al., 2019).

Silva et al. (2007) realizaram um estudo de caso da viabilidade econômica da agricultura de precisão no estado do Mato Grosso. Segundo os autores, a lucratividade é maior no sistema de agricultura de precisão que no sistema convencional nas culturas da soja e do milho, sendo que a principal razão para esse resultado seria o aumento de produtividade viabilizada pelas tecnologias de AP.

Buscando construir um quadro da agricultura de precisão no Brasil, Borghi et al. (2016) realizaram uma pesquisa investigando percepção, restrições e motivações de produtores em relação ao uso das principais técnicas de AP. O referido estudo indicou que a adoção de agricultura de precisão no Brasil ainda é incipiente, precisando de ajustes para a sua popularização. A partir

do questionamento a empresas de serviços de tecnologias de agricultura de precisão, os autores constataram que as maiores expectativas relativas à AP são para a semeadura em taxa variável.

A utilização de aplicação em taxa variável deriva-se da existência da variabilidade espaço temporal dos fatores biofísicos da produção nos campos de produção, e embasa-se nessa existência (Feitosa et al., 2019). Apesar da existência da variabilidade espacial de importantes atributos físicos e químicos nos solos tropicais, a utilização de taxas variáveis de fertilizantes e de sementes não determina uma percepção de benefício para diversos produtores rurais adotantes da agricultura de precisão (Ruth, et al., 2019), especialmente pela baixa percepção de retornos sobre a produtividade e qualidade da produção, como pela diminuição da relação benefício custo financeiro pela utilização das tecnologias (Schimmelpfennig, 2016, 2018).

De acordo com Schimmelpfennig (2016), a decisão de adotar, ou não, novas tecnologias é muito complexa e requer um investimento inicial significativo de capital e de tempo.

- Até o início dos anos 2000, a taxa de adoção de diferentes tecnologias de AP, nos Estados Unidos, variou em até 22%. Após esse tempo, a adoção de algumas tecnologias começou a ultrapassar outras.
- O mapeamento de rendimento via GPS cresceu mais rápido para o milho e a soja.
- Os sistemas de orientação para tratores foram difundidos mais rapidamente que as aplicações a taxas variáveis (*variable-rate application* – VRA) de insumos.

O presente trabalho é uma simulação dos custos com uso de agricultura de precisão com o objetivo de avaliar percentuais de lucro alcançados em culturas de milho e soja no Brasil, usando indicadores de custos retirados da literatura. Apesar de focarmos na dimensão econômica financeira, faz-se necessário ressaltar que a AP é uma vertente tecnológica na produção agropecuária que visa a utilização mais racional de recursos naturais, colaborando também para o aumento da sustentabilidade social e ambiental na agricultura (Balafoutis et al., 2017; Bhakta et al., 2019; El Chami et al., 2019).

Material e Métodos

Foram comparadas informações sobre custos de produção de plantios de milho e soja em 11 municípios situados em diversas regiões produtoras brasileiras, com utilização de agricultura de precisão (Figura 2).

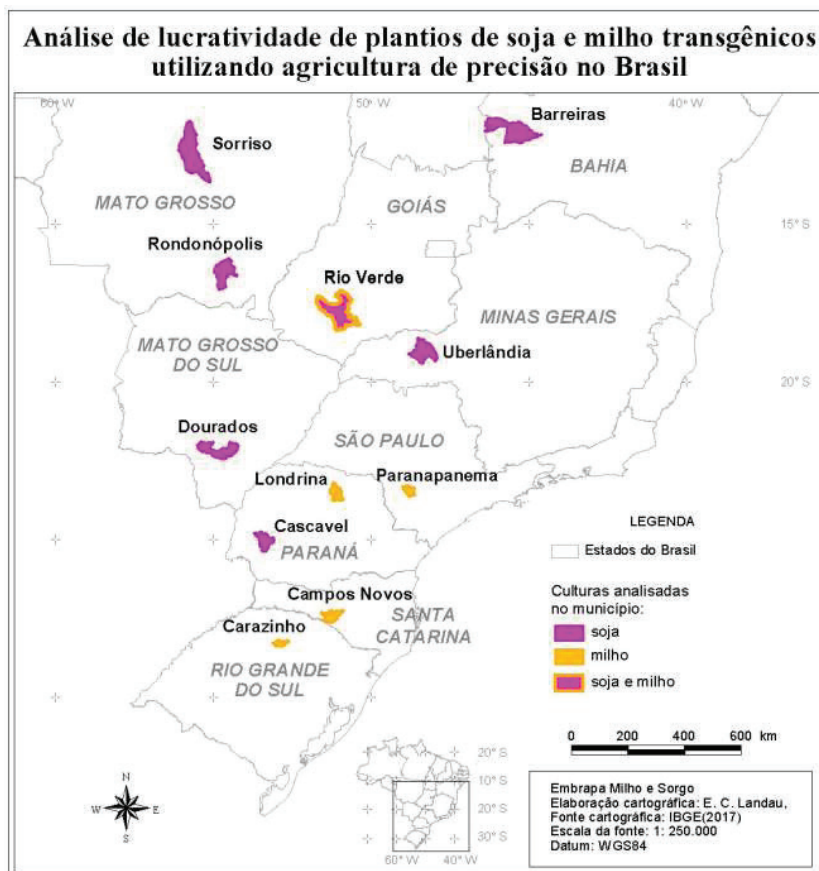


Figura 2. Localização geográfica dos municípios em que foram comparados os custos de produção de culturas de milho e/ou soja com e sem a utilização de agricultura de precisão.

A partir das planilhas de custo de produção de soja de sete regiões produtoras do Brasil, elaborado pelo Agriannual (2018), foi realizada uma estimativa dos custos adicionais de plantios de milho e soja com a implementação da agricultura de precisão, baseada em dados da experiência de quase duas décadas nos Estados Unidos (Schimmelpfennig, 2016; Snyder, 2016).

Por causa da dificuldade para encontrar dados de adoção e custos de produção da agricultura de precisão no Brasil, o trabalho de Schimmelpfennig (2016) foi considerado como referência, pela ampla gama de informações que o USDA/ERS, dos Estados Unidos, coletou, de 1996 a 2013, em seis culturas: milho, algodão, amendoim, arroz, soja e trigo de primavera.

Na planilha de cálculo do custo de produção, a agricultura de precisão, no Brasil, foi calculada com base nas pesquisas na agricultura norte-americana, com os seguintes percentuais:

- RTK *auto guidance*, em semeadoras, equipamentos de preparo de solo, aplicadores de químicos e colhedoras: resultados de economia média de 5% nos custos de insumos (Snyder, 2016).
- Máquinas e equipamentos (\$/acre): adoção/não adoção = 10% de ganho (Schimmelpfennig, 2016).

Tais percentuais foram aplicados às planilhas de custos de soja e milho tanto convencionais como transgênicos. As referências de origem não fazem distinção de cultivares ou nível tecnológico, apresentando os dados de forma agregada. Assim, no procedimento foi considerada a utilização da tecnologia “RTK piloto automático” (“*auto guidance*”), em semeadoras, equipamentos de preparo de solo, aplicadores de químicos e colhedoras, e a mensuração foi incorporada nos custos de produção da soja, com resultados de economia média de 5% nos “Insumos”. Na rubrica de “Operações”, com máquinas e equipamentos (\$/acre), comparando a adoção com a não adoção da agricultura de precisão, o acréscimo com a utilização da tecnologia foi de 10%. O potencial impacto da AP sobre as planilhas foi analisado em termos custos, lucro total¹ e ponto de equilíbrio².

¹ Resultante da Receita Total subtraída do Custo Total.

² Valor ou quantidade necessária a vender para cobrir os custos. No presente caso, considerou-se a quantidade de sacas necessárias para cobrir os custos.

Resultados e Discussão

Os percentuais de fazendas e áreas com adoção de tecnologias de agricultura de precisão nos Estados Unidos em plantios de milho e soja são apresentados na Figura 3. As planilhas com as estimativas de custos adicionais com a implementação da agricultura de precisão na agricultura brasileira são apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

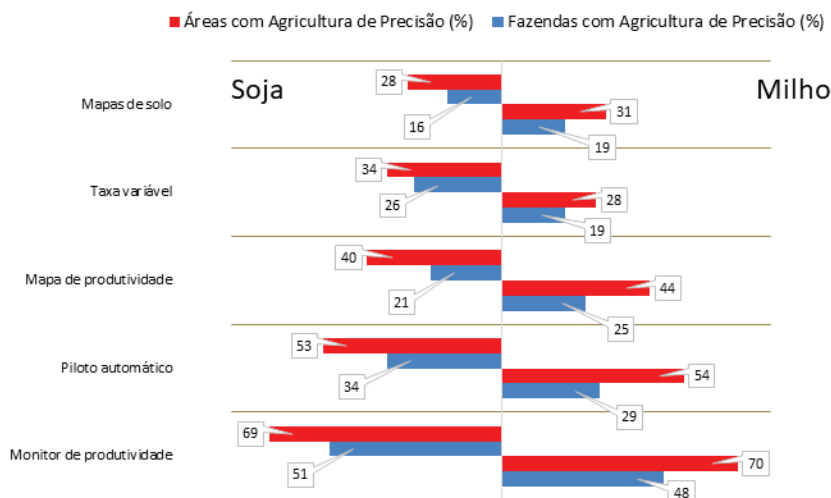


Figura 3. Adoção de tecnologias de agricultura de precisão, em fazendas de soja e milho dos Estados Unidos, de 1996 a 2013.

A Tabela 1 apresenta as estimativas dos impactos da adoção da agricultura de precisão na cultura da soja em Dourados, MS para três níveis tecnológicos: convencional; transgênico e transgênico de 2ª geração. Os resultados elencados na Tabela 2 comparam os custos médios agregados da cultura da soja com a implementação da agricultura de precisão sobre os mesmos níveis tecnológicos da Tabela 1, de sete regiões produtoras do Brasil

Tabela 1 - Custos de produção de soja, para três níveis de rendimento de grãos, e custos adicionais associados estimados com adoção de tecnologias de agricultura de precisão, safra 2017/2018 em Dourados, MS. Fonte: Elaboração própria. Dados do Agrianual (2018).

| Soja - Custo de Produção (R\$/ha) - 2017/18 | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------------|---------------------|----------|------------------|-------------------------------------|----------|--------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|
| DESCRIÇÃO | ESPECIFICAÇÃO | conv 3180 kg/ha | | | trans 3180 kg/ha | | | trans 2G3420 kg/ha | | | conv AP | trans AP | trans 2G AP |
| | | V.U. | Qtde. | Valor | V.U. | Qtde. | Valor | V.U. | Qtde. | Valor | Valor | Valor | Valor |
| A - OPERAÇÕES | | | | | | | | | | | | | |
| A.1. Conservação do solo | | | | | | | | | | | | | |
| Manutenção de terraços | HM TP 4x4 125cv + Terraceador de Arrasto 18 discos | 149,19 | 0,10 | 14,92 | 149,19 | 0,10 | 14,92 | 149,19 | 0,10 | 14,92 | 16,41 | 16,41 | 16,41 |
| A.2. Preparo do solo | | | | | | | | | | | | | |
| Calagem | HM TP 4x4 125cv + Distribuidor Calcário 2,3m ² | 134,43 | 0,12 | 16,13 | 134,43 | 0,12 | 16,13 | 134,43 | 0,12 | 16,13 | 17,75 | 17,75 | 17,75 |
| Serviço braçal | HH trabalhador braçal | 7,18 | 0,10 | 0,72 | 7,18 | 0,10 | 0,72 | 7,18 | 0,10 | 0,72 | 0,72 | 0,72 | 0,72 |
| Transportes internos | HM Caminhão Toco | 139,26 | 0,10 | 13,93 | 139,26 | 0,10 | 13,93 | 139,26 | 0,10 | 13,93 | 13,93 | 13,93 | 13,93 |
| A.3. Plantio | | | | | | | | | | | | | |
| Plantio | HM TP 4x4 185cv + Plantadeira 13 linhas à vácuo | 281,92 | 0,20 | 56,38 | 281,92 | 0,20 | 56,38 | 281,92 | 0,20 | 56,38 | 62,02 | 62,02 | 62,02 |
| Tratamento de sementes | Tratamento de Sementes | 14,85 | 0,10 | 1,49 | 14,85 | 0,10 | 1,49 | 14,85 | 0,10 | 1,49 | 1,49 | 1,49 | 1,49 |
| Serviço braçal | HH trabalhador braçal | 7,18 | 0,15 | 1,08 | 7,18 | 0,15 | 1,08 | 7,18 | 0,15 | 1,08 | 1,08 | 1,08 | 1,08 |
| Transportes internos | HM Caminhão Toco | 139,26 | 0,15 | 20,89 | 139,26 | 0,15 | 20,89 | 139,26 | 0,15 | 20,89 | 20,89 | 20,89 | 20,89 |
| A.4. Tratos culturais | | | | | | | | | | | | | |
| Aplicação de defensivos | Pulverizador Automotriz 3000l | 204,01 | 0,25 | 51,00 | 204,01 | 0,25 | 51,00 | 204,01 | 0,25 | 51,00 | 56,10 | 56,10 | 56,10 |
| Combate à formigas/cupins | HH trabalhador braçal | 7,18 | 0,20 | 1,44 | 7,18 | 0,20 | 1,44 | 7,18 | 0,20 | 1,44 | 1,44 | 1,44 | 1,44 |
| Serviço braçal | HH trabalhador braçal | 7,18 | 0,30 | 2,15 | 7,18 | 0,25 | 1,80 | 7,18 | 0,25 | 1,80 | 2,15 | 1,80 | 1,80 |
| Transportes internos | HM Caminhão Toco | 139,26 | 0,10 | 13,93 | 139,26 | 0,10 | 13,93 | 139,26 | 0,10 | 13,93 | 13,93 | 13,93 | 13,93 |
| A.5. Colheita | | | | | | | | | | | | | |
| Colheita mecânica | Colhedora de grãos 350cv | 548,34 | 0,36 | 197,40 | 548,34 | 0,36 | 197,40 | 548,34 | 0,36 | 197,40 | 217,14 | 217,14 | 217,14 |
| Serviço braçal | HH trabalhador braçal | 7,18 | 0,20 | 1,44 | 7,18 | 0,20 | 1,44 | 7,18 | 0,20 | 1,44 | 1,44 | 1,44 | 1,44 |
| Transportes internos | HM Caminhão Toco | 139,26 | 0,20 | 27,85 | 139,26 | 0,20 | 27,85 | 139,26 | 0,20 | 27,85 | 27,85 | 27,85 | 27,85 |
| Subtotal A | | | | 420,74 | | | 420,38 | | | 420,38 | 454,33 | 453,97 | 453,97 |
| B - INSUMOS | | | | | | | | | | | | | |
| B.1. Fertilizantes/Corretivos | | | | | | | | | | | | | |
| Calcário dolomítico | RS/tonelada | 105,00 | 0,50 | 52,50 | 105,00 | 0,50 | 52,50 | 105,00 | 0,50 | 52,50 | 49,88 | 49,88 | 49,88 |
| 00-20-20 + Micronutriente | RS/tonelada | 1.150,00 | 0,40 | 460,00 | 1.150,00 | 0,40 | 460,00 | 1.150,00 | 0,40 | 460,00 | 437,00 | 437,00 | 437,00 |
| B.2. Sementes/Mat. plantio | | | | 237,30 | | | 179,80 | | | 287,30 | 225,44 | 170,81 | 272,94 |
| Sementes | RS/kg | 4,60 | 50,00 | 230,00 | 3,45 | 50,00 | 172,50 | 5,60 | 50,00 | 280,00 | 218,50 | 163,88 | 266,00 |
| Inoculante + micronutrientes | RS/100ml | 2,00 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 2,00 | 1,90 | 1,90 | 1,90 |
| Como (Cobalto + Molebdenio) | RS/litro | 53,00 | 0,10 | 5,30 | 53,00 | 0,10 | 5,30 | 53,00 | 0,10 | 5,30 | 5,04 | 5,04 | 5,04 |
| B.3. Defensivos agrícolas | | | | | | | | | | | | | |
| Formicidas | RS/litro | 10,00 | 0,50 | 5,00 | 10,00 | 0,50 | 5,00 | 10,00 | 0,50 | 5,00 | 4,75 | 4,75 | 4,75 |
| Fungicidas | RS/litro | 295,38 | 0,85 | 251,07 | 295,38 | 0,85 | 251,07 | 295,38 | 0,85 | 251,07 | 238,52 | 238,52 | 238,52 |
| Herbicidas | RS/litro | 26,49 | 9,80 | 259,60 | 25,45 | 10,30 | 262,10 | 25,45 | 10,30 | 262,10 | 246,62 | 249,00 | 249,00 |
| Inseticidas | RS/litro | 87,72 | 1,46 | 128,07 | 87,72 | 1,46 | 128,07 | 60,99 | 1,28 | 78,07 | 121,66 | 121,66 | 74,16 |
| Outros produtos químicos | RS/litro | 11,89 | 4,50 | 53,50 | 11,80 | 5,00 | 59,00 | 11,80 | 5,00 | 59,00 | 50,83 | 56,05 | 56,05 |
| Subtotal B | | | | 1.447,04 | | | 1.397,54 | | | 1.455,04 | 1.374,69 | 1.327,66 | 1.382,29 |
| C - ADMINISTRAÇÃO | | | | | | | | | | | | | |
| M.O. Administrativa | RS/ha | 35,14 | 1,00 | 35,14 | 35,14 | 1,00 | 35,14 | 35,14 | 1,00 | 35,14 | 35,14 | 35,14 | 35,14 |
| Assistência Técnica | RS/ha | 23,43 | 1,00 | 23,43 | 23,43 | 1,00 | 23,43 | 23,43 | 1,00 | 23,43 | 23,43 | 23,43 | 23,43 |
| Contabil./Escritório | RS/ha | 7,81 | 1,00 | 7,81 | 7,81 | 1,00 | 7,81 | 7,81 | 1,00 | 7,81 | 7,81 | 7,81 | 7,81 |
| Luz / Telefone | RS/ha | 11,71 | 1,00 | 11,71 | 11,71 | 1,00 | 11,71 | 11,71 | 1,00 | 11,71 | 11,71 | 11,71 | 11,71 |
| Conserv./Deprec. Benf. | RS/ha | 6,68 | 1,00 | 6,68 | 6,68 | 1,00 | 6,68 | 6,68 | 1,00 | 6,68 | 6,68 | 6,68 | 6,68 |
| Viagens | RS/ha | 45,96 | 1,00 | 45,96 | 45,96 | 1,00 | 45,96 | 45,96 | 1,00 | 45,96 | 45,96 | 45,96 | 45,96 |
| Impostos/Taxas | % Receita | 1,2% | 1,00 | 36,89 | 0,01 | 1,00 | 36,89 | 0,01 | 1,00 | 39,67 | 36,89 | 36,89 | 39,67 |
| Subtotal C | | | | 167,61 | | | 167,61 | | | 170,40 | 167,61 | 167,61 | 170,40 |
| C - ADMINISTRAÇÃO | | | | | | | | | | | | | |
| Transporte até armazém | RS/tonelada | 15,20 | 3,18 | 48,34 | 15,20 | 3,18 | 48,34 | 15,20 | 3,42 | 51,98 | 48,34 | 48,34 | 51,98 |
| Recebimento/Limpeza/Secagem | RS/tonelada | 28,33 | 3,18 | 90,10 | 28,33 | 3,18 | 90,10 | 28,33 | 3,42 | 96,90 | 90,10 | 90,10 | 96,90 |
| Armazenagem (1 mês) | RS/tonelada | 6,67 | 3,18 | 21,20 | 6,67 | 3,18 | 21,20 | 6,67 | 3,42 | 22,80 | 21,20 | 21,20 | 22,80 |
| Taxa administrativa | RS/tonelada | 3,50 | 3,18 | 11,13 | 3,50 | 3,18 | 11,13 | 3,50 | 3,42 | 11,97 | 11,13 | 11,13 | 11,97 |
| Subtotal D | | | | 170,77 | | | 170,77 | | | 183,65 | 170,77 | 170,77 | 183,65 |
| Custo Total (R\$/ha) | | | 2.206,16 | | | 2.156,30 | | | 2.229,47 | 2.167,39 | 2.120,01 | 2.190,30 | |
| Custo Total (R\$/sc 60 kg) | | | 41,63 | | | 40,68 | | | 39,11 | 40,89 | 40,00 | 38,43 | |
| Receita (R\$/ha) | | | 3.074,00 | | | 3.074,00 | | | 3.006,00 | 3.074,00 | 3.074,00 | 3.006,00 | |
| Resultado (R\$/ha) | | | 867,84 | | | 917,70 | | | 1.076,53 | | | | |
| Margem sobre a venda | | | 28,23% | | | 29,85% | | | 32,56% | | | | |
| Preço Projetado (R\$/sc 60 kg) | | | 58,00 | | | 58,00 | | | 58,00 | | | | |
| Tecnologia | | | Convencional | | | Transgênico | | | Transgênico 2ª Geração | | | | |
| Região de referência | | | | | | Dourados/MS (módulo 1000 ha) | | | | | | | |

Fonte: Elaboração própria. Dados do Agrianual (2018).

Tabela 2 - Custos de produção total de cultivares de soja convencional e transgênica com e sem a adoção de agricultura de precisão em sete importantes regiões de produção no Brasil, safra 2017/2018.

| Município | Custo médio de produção de soja sem a adoção de agricultura de precisão (R\$/ha) | | | Custo médio de produção de soja com a adoção de agricultura de precisão (R\$/ha) | | |
|-----------------|--|-------------|---------------------------|--|-------------|---------------------------|
| | Convencional | Transgênico | Transgênico de 2ª geração | Convencional | Transgênico | Transgênico de 2ª geração |
| Sorriso-MT | 2.291,71 | 2.203,44 | 2.293,42 | 2.271,76 | 2.186,29 | 2.268,01 |
| Rondonópolis-MT | 2.472,14 | 2.363,67 | 2.399,40 | 2.442,42 | 2.335,80 | 2.367,44 |
| Dourados-MS | 2.206,16 | 2.156,30 | 2.229,47 | 2.167,39 | 2.120,01 | 2.190,30 |
| Uberlândia-MG | 2.079,91 | 2.011,60 | 2.003,40 | 2.039,63 | 1.974,72 | 1.965,03 |
| Rio Verde-GO | 2.547,21 | 2.462,49 | 2.561,33 | 2.543,81 | 2.463,30 | 2.558,17 |
| Barreiras-BA | 2.514,44 | 2.484,19 | 2.454,73 | 2.477,81 | 2.446,14 | 2.416,23 |
| Cascavel-PR | 2.429,64 | 2.316,04 | 2.462,39 | 2.400,93 | 2.281,20 | 2.420,72 |

Fonte: Elaboração própria. Dados do Agrifanual (2018).

Na Figura 4 foram comparados os dados da agricultura convencional com os da agricultura de precisão. Os resultados indicam que o acréscimo nas operações de máquinas e equipamentos foi compensado pela eficiência da aplicação de insumos, resultando na diminuição dos custos de produção em sistemas de plantio com cultivares convencionais e transgênicas em quase todas as regiões analisadas (excetuando-se o plantio de cultivares transgênicos em Rio Verde, GO³).

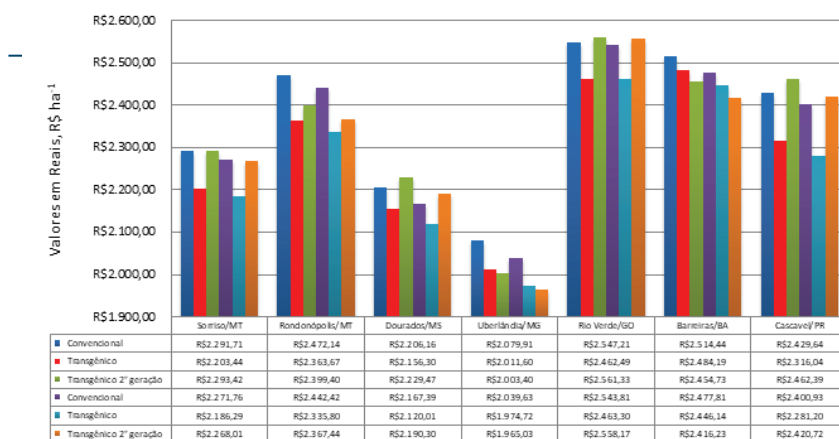


Figura 4. Custo Total de Produção de Soja, utilizando diferentes níveis tecnológicos em sementes (convencional, 1º e 2º geração em sete regiões do país, sem e com agricultura de precisão), calculados nas tabelas do IEG/FNP, na safra 2017/2018. Fonte: Elaboração própria. Dados do Agriannual (2018).

<? No levantamento dos custos da soja na Agriannual para Rio Verde,GO, observa-se o maior valor da colheitadeira e também o maior coeficiente técnico (1,00 por ha). Os maiores valores de maquinário nos custos de Rio Verde onerou a implementação da agricultura de precisão na extrapolação, reduzindo assim o impacto.

A Tabela 3 apresenta a projeção dos preços da saca da soja e do milho presente no levantamento da Agriannual. Os preços diferem entre as regiões de acordo com a respectiva relação entre a oferta e demanda do grão. Nas Figuras 5, 6 e 7 os mesmos resultados são observados também em relação ao Lucro e Ponto de Equilíbrio, com a agricultura de precisão proporcionando sistematicamente maiores lucros.

Tabela 3. Preços das sacas de 60 kg de soja e milho para as sete regiões produtoras do país na safra 2017/2018.

| Município | Soja | Município | Milho |
|-----------------|-----------|----------------------|-----------|
| Sorriso-MT | R\$ 54,00 | Oeste Baiano-BA | R\$ 24,00 |
| Rondonópolis-MT | R\$ 59,00 | Rio Verde-GO | R\$ 21,50 |
| Dourados-MS | R\$ 58,00 | Triângulo Mineiro-MG | R\$ 23,00 |
| Uberlândia-MG | R\$ 61,00 | Londrina-PR | R\$ 20,00 |
| Rio Verde-GO | R\$ 60,00 | Carazinho-RS | R\$ 24,50 |
| Barreiras-BA | R\$ 63,00 | Campos Novos-SC | R\$ 27,00 |
| Cascavel-PR | R\$ 64,00 | Paranapanema-SP | R\$ 25,00 |

Fonte: Elaboração própria. Dados do Agriannual (2018).

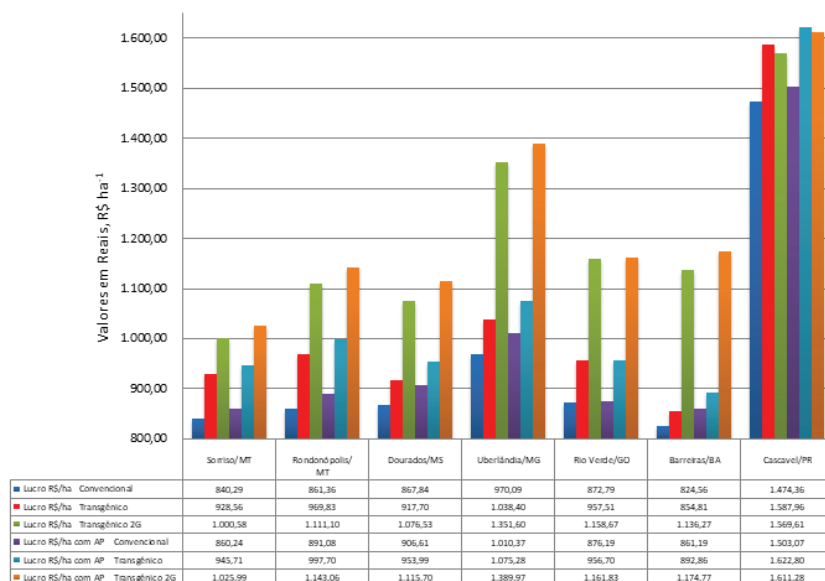


Figura 5. Resultados do lucro dos sistemas de produção de soja, em diferentes regiões do país, sem e com agricultura de precisão, calculados nas tabelas do IEG/FNP, na safra 2017/2018. Fonte: Elaboração própria. Dados do Agriannual (2018).

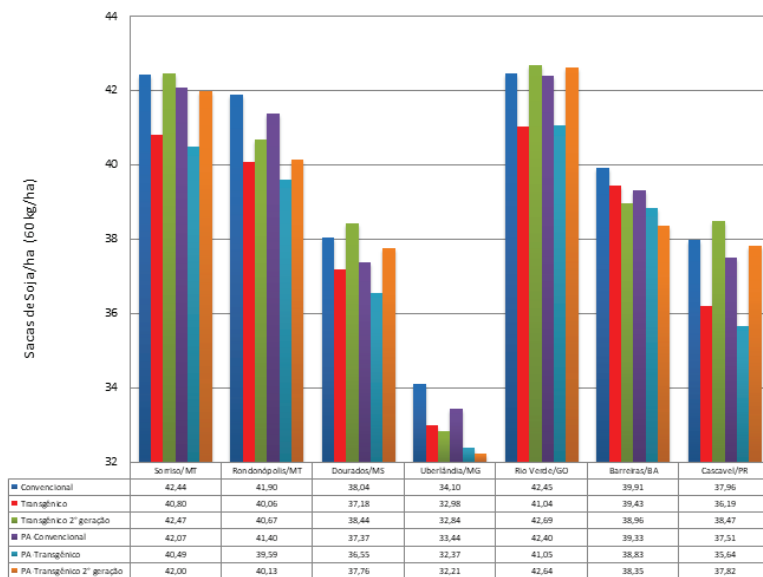


Figura 6. Ponto de equilíbrio dos sistemas de produção de soja, em diferentes regiões do país, sem e com agricultura de precisão, calculado nas tabelas do IEG/FNP, na safra 2017/2018. Fonte: Elaboração própria. Dados do AgriAnual (2018).

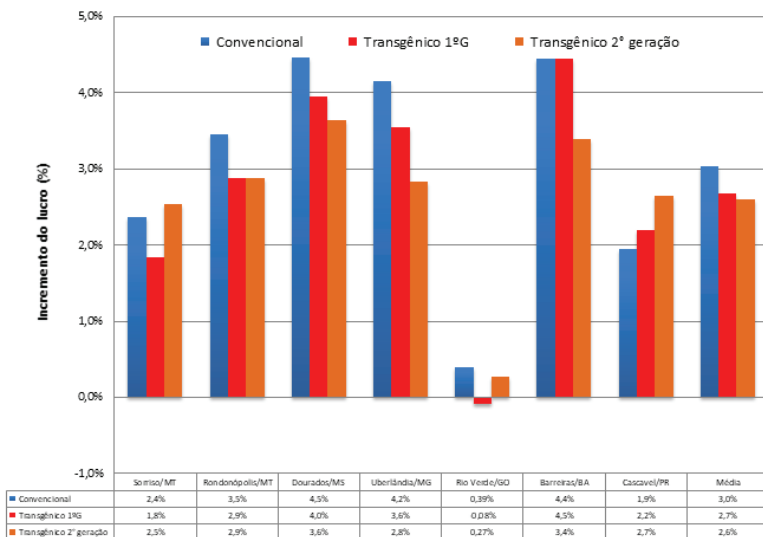


Figura 7. Incrementos no lucro total, utilizando agricultura de precisão, na cultura da soja, na safra 2017/2018, em sete regiões produtoras do país, em três sistemas de produção. Fonte: Elaboração própria. Dados do AgriAnual (2018).

A Tabela 4 apresenta os resultados da análise econômica dos sistemas de produção de soja para as regiões analisadas e os respectivos sistemas de produção na safra 2017/2018. Com a exceção de Rio Verde, em Goiás, a adoção de tecnologias de agricultura de precisão apresentou resultados com ganhos para a cultura da soja.

Tabela 4. Resultados da análise econômica dos sistemas de produção de soja, para as sete regiões produtoras do país, em três sistemas de produção, calculados nas tabelas do Agriannual (2018).

| Município | Tamanho modal (ha) | Lucro/prejuízo médio de produção de soja com a adoção de agricultura de precisão (R\$/1.000 ha) | | |
|-----------------|--------------------|---|----------------|---------------------------|
| | | Convencional | Transgênico | Transgênico de 2ª geração |
| Sorriso-MT | 1.500,00 | 19.950,00 | 17.150,00 | 25.410,00 |
| Rondonópolis-MT | 1.500,00 | 29.720,00 | 27.870,00 | 31.960,00 |
| Dourados-MS | 1.000,00 | 38.770,00 | 36.290,00 | 39.170,00 |
| Uberlândia-MG | 600,00 | 40.280,00 | 36.880,00 | 38.370,00 |
| Rio Verde-GO | 1.200,00 | 3.400,00 | -810,00 | 3.160,00 |
| Barreiras-BA | 1.200,00 | 36.630,00 | 38.050,00 | 38.500,00 |
| Cascavel-PR | 600,00 | 28.710,00 | 34.840,00 | 41.670,00 |

Fonte: Elaboração própria. Dados do Agriannual (2018).

Os resultados apresentados nas Figuras 8 a 11 indicam que a adoção da agricultura de precisão na cultura do milho projeta resultados sistematicamente melhores que na cultura da soja, sem exceções. O aumento do lucro estimado para algumas regiões chegou a ser superior a 10%. Os resultados, com o uso da AP, também indicam um maior impacto nas lavouras de milho convencional do que nas lavouras transgênicas, maior percentual de aumento (Figura 11).

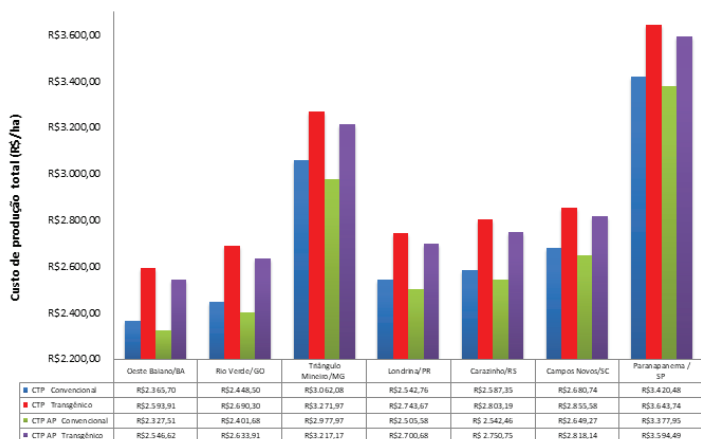


Figura 8. Custo Total de Produção de Milho, em sete regiões do país, sem e com agricultura de precisão, calculado nas tabelas do Agrianual (2018). Fonte: Elaboração própria. Dados do Agrianual (2018).

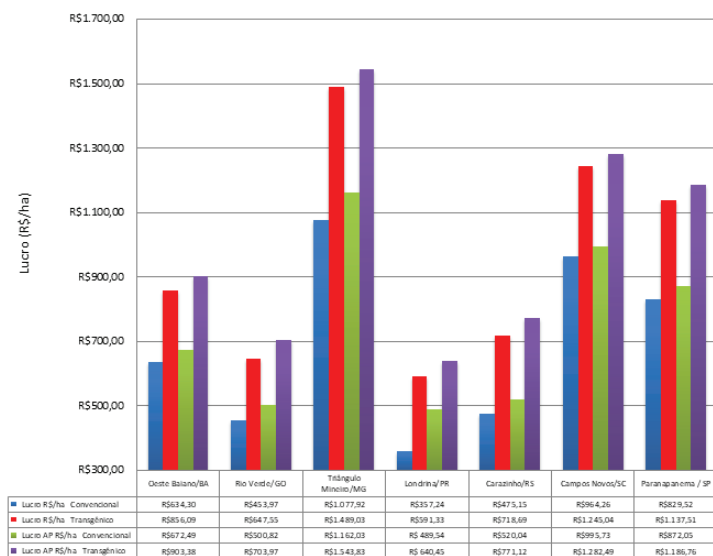


Figura 9. Resultados do lucro dos sistemas de produção de Milho, em diferentes regiões do país, sem e com agricultura de precisão, calculados nas tabelas do Agrianual (2018). Fonte: Elaboração própria. Dados do Agrianual (2018).

De forma similar aos resultados obtidos para a cultura da soja, verifica-se que a adoção da agricultura de precisão diminuiu significativamente o ponto de equilíbrio para a cultura do milho nas diversas regiões avaliadas, permitindo que, em anos que ocorram situações de queda do rendimento da lavoura, a adoção da agricultura de precisão represente uma alternativa para diminuição dos riscos associados à atividade produtiva (Figura 10). Dessa forma, a aplicação a taxas variáveis em zonas de manejo representa uma alternativa para minimizar riscos de volatilidade de mercados, agregando qualidade na cultura do trigo (teor de proteína), conforme observam Karatay e Meyer-Aurich (2019) em um experimento e simulações realizadas na Alemanha.

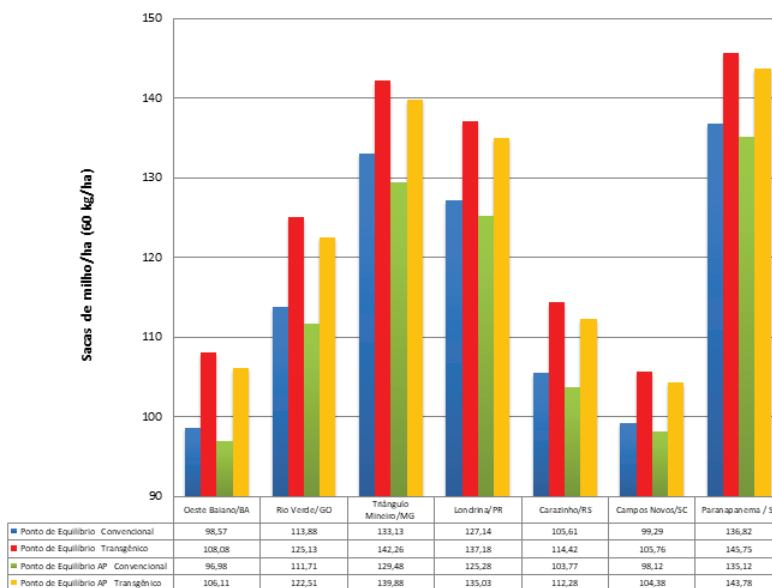


Figura 10. Ponto de equilíbrio dos sistemas de produção de milho, em diferentes regiões do país, sem e com agricultura de precisão, calculado nas tabelas do Agrianual (2018). Fonte: Elaboração própria. Dados do Agrianual (2018).

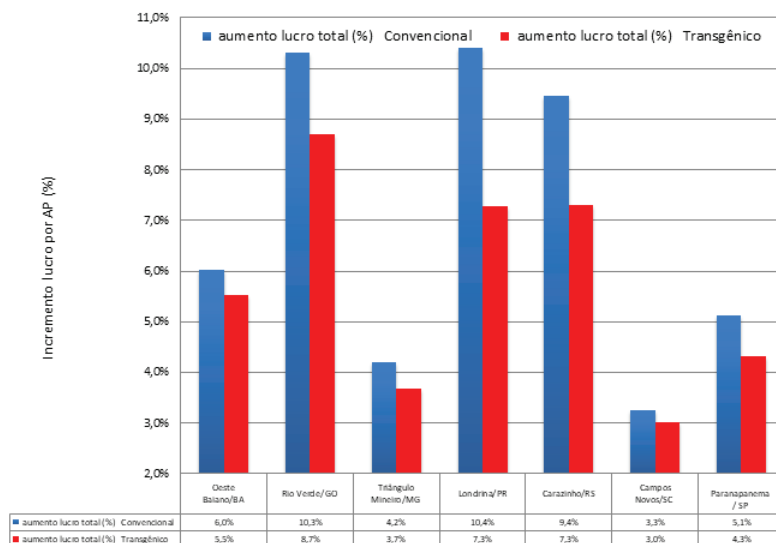


Figura 11. Ponto de equilíbrio dos sistemas de produção de milho, em diferentes regiões do país, sem e com agricultura de precisão, calculado nas tabelas do Agrianual (2018). Fonte: Elaboração própria. Dados do Agrianual (2018).

As simulações realizadas para a adoção de agricultura de precisão nas culturas da soja e do milho indicam o potencial de impacto positivo dessa prática sobre a lucratividade. Em ambas as culturas as lavouras convencionais apresentaram maior aumento percentual dos lucros do que as lavouras transgênicas.

Considerações Finais

Em síntese, a partir da revisão da literatura e dos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se inferir que:

1. Os ganhos com AP são positivos, estáveis e progressivos.
2. Os ganhos de escala são importantes e a adoção é maior, por causa do maior controle das atividades e da mão de obra especializada.
3. A tecnologia avançada em países desenvolvidos é utilizada pelo proprietário da fazenda, em áreas já bem estruturadas. Em países em

desenvolvimento, por funcionários e por serviços terceirizados, com uma maior heterogeneidade de campos e com uma mecanização agrícola, ainda deficiente.

4. Em relação à Economia de Insumos, temos uma logística complicada de distribuição, em regiões como o Centro-Oeste, com distâncias grandes para reposição - tomada de decisão com pouca margem para erro.

5. Assistência Técnica mais difícil para solução dos problemas.

6. Dificuldade de ajustes e regulagens dos equipamentos de alta complexidade, muitas vezes por falta de conhecimento.

Nesse sentido, para os agricultores, atualmente geradores dos dados *on farm*, iniciativas que desenvolvam plataformas amigáveis (Bucci et al., 2019), de fácil interpretação e portanto de alto e real valor agregado para o desenvolvimento sustentável de uma agricultura inteligente, é um dos caminhos buscados por pesquisadores, empresas e governos em diversos países no mundo (*Smart farms*) (King, 2017; Mcconnell, 2019; Roitsch et al., 2019; Tarabella et al., 2019).

A utilização de sensores apropriados, nem sub ou superdimensionados para cada perfil de produtor e sistemas de produção é um desafio, especialmente em países em desenvolvimento nos quais o custo de aquisição do hardware e serviços associados ainda é alto (Viana et al., 2019).

Por fim, devem ser consideradas também políticas públicas e parcerias públicas e privadas visando o desenvolvimento de soluções estruturantes para a adequada expansão da agricultura de precisão (Bucci et al., 2019). A ampliação do acesso às tecnologias pode sofrer restrições financeiras e de investimento de larga escala e montante, e longo prazo de retorno. Neste sentido, governos podem promover infraestruturas mínimas para que produtores possam usufruir do máximo dos benefícios das tecnologias associadas (Ruan et al., 2019).

Referências

AGRIANUAL 2017: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Informa Economics IEG: FNP, 2018. 456 p.

BALAFOUTIS, A.; BECK, B.; FOUNTAS, S.; VANGEYTE, J.; WAL, T. V. D.; SOTO, I.; GÓMEZ-BARBERO, M.; BARNES, A.; EORY, V. Precision agriculture technologies positively contributing to GHG emissions mitigation, farm productivity and economics. **Sustainability**, v. 9, n. 8, article 1339, 2017.

BARBEDO, J. G. A. A review on the use of unmanned aerial vehicles and imaging sensors for monitoring and assessing plant stresses. **Drones**, v. 3, n. 2, article 40, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2504-446X/3/2/40>>. Acesso em: 9 nov. 2019.

BARNES, A. P.; SOTO, I.; EORY, V.; BECK, B.; BALAFOUTIS, A.; SÁNCHEZ, B.; VANGEYTE, J.; FOUNTAS, S.; WALF, T. V. D.; GÓMEZ-BARBERO, M. Exploring the adoption of precision agricultural technologies: a cross regional study of EU farmers. **Land Use Policy**, v. 80, p. 163-174, 2019.

BEZNOSOV, G.; SEMIN, A.; SKVORTSOV, E.; VOLKOVA, S. **The economic essence of the category of precision agriculture**. [S. l.]: Atlantis Press, 2019.

BHAKTA, I.; PHADIKAR, S.; MAJUMDER, K. State-of-the-art technologies in precision agriculture: a systematic review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 11, p. 4878-4888, 2019. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.9693>>. Acesso em: 8 nov. 2019.

BORGHI, E.; AVANZI, J. C.; BORTOLON, L.; LUCHIARI JÚNIOR, A.; BORTOLON, E. S. O.; Adoption and use of precision agriculture in Brazil: perception of growers and service dealership. **Journal of Agricultural Science**, v. 8, n. 11, p. 89-104, 2016.

BUCCI, G.; BENTIVOGLIO, D.; FINCO, A.; BELLETTI, M. **Exploring the impact of innovation adoption in agriculture**: how and where Precision Agriculture Technologies can be suitable for the Italian farm system? [S.l.: s.n.], 2019. (IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, v. 275).

COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M. Impactos potenciais da agricultura de precisão sobre a economia brasileira. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 10, n. 2, p. 177-204, 2013.

DELGADO, J. A.; SHORT JR., N. M.; ROBERTS, D. P.; VANDENBERG, B. Big data analysis for sustainable agriculture on a geospatial cloud framework. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 3, article 54, 2019. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fsufs.2019.00054/full>>. Acesso em: 9 nov. 2019.

DUCHSHERER, C. J. **On the profitability of uas-based ndvi imagery for variable rate nitrogen prescriptions in corn and wheat in North Dakota**. Fargo: North Dakota State University Policy, 2019. (Policy Manual, 190). Disponível em: <<https://www.ndsu.edu/fileadmin/policy/190.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2019.

EL CHAMI, D.; KNOX, J. W.; DACCACHE, A.; WEATHERHEAD, E. K. Assessing the financial and environmental impacts of precision irrigation in a humid climate. **Horticultural Science**, v. 46, n. 1, p. 43-52, 2019.

FEITOSA, I. L.; PASSOS, A. M. A.; CIPRIANI, H. N.; OLIVEIRA, M. S.; MARCOLAN, A. L.; VASQUES, G. M. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em sistemas integrados de produção na região amazônica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e00324, 2019.

FRASER, A. Land grab/data grab: precision agriculture and its new horizons. **Journal of Peasant Studies**, v. 46, n. 5, p. 893-912, 2018.

KARATAY, Y. N.; MEYER-AURICH, A. Profitability and downside risk implications of site-specific nitrogen management with respect to wheat grain quality. **Precision Agriculture**, v. 21, p. 449-472, 2019.

KHANNA, A.; KAUR, S. evolution of internet of things (iot) and its significant impact in the field of precision agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2019.

KING, A. The future of agriculture. **Nature**, v. 544, n. 7651, p. S21- S23, 2017.

MCCONNELL, M. D. Bridging the gap between conservation delivery and economics with precision agriculture. **Wildlife Society Bulletin**, v. 43, n. 3, p. 391-397, 2019.

MILLER, D. **Right data farming**. Disponível em: <<https://www.dtnpf.com/agriculture/web/ag/blogs/machinerylink/blog-post/2019/04/23/right-data-farming>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

MILLS, B. E.; WADE BRORSEN, B.; ARNALL, D. B. The profitability of variable rate lime in wheat. **Precision Agriculture**, v. 21, p. 369-386, 2020.

NUNES, J. L. S. **Agricultura de precisão**. Agrolink. 12 set. 2016. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/georreferenciamento/agricultura-de-precisao_361504.html>. Acesso em: 20 fev. 2019.

PEARCE, R. **Farming for profitability**. Country Guide, 2015. Disponível em: <<https://www.country-guide.ca/crops/farming-for-profitability/>>. Acesso em: 15 jan. 2019.

REID, J. The impact of mechanization on agriculture. **National Academy of Engineering Bride**, v. 41, n. 3, p. 22-29, 2011.

ROITSCH, T.; CABRERA-BOSQUET, L.; FOURNIER, A.; GHAMKHAR, K.; JIMÉNEZ-BERNI, J.; PINTO, F.; OBER, E. S. Review: New sensors and data-driven approaches: a path to next generation phenomics. **Plant Science**, v. 282, p. 2-10, 2019.

ROVIRA-MÁS, F.; CHATTERJEE, I.; SÁIZ-RUBIO, V. The role of GNSS in the navigation strategies of cost-effective agricultural robots. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 112, p. 172-183, 2015.

RUAN, J.; WANG, Y.; CHAN, F. T. S.; HU, X.; ZHO, M.; FANGWEI, Z.; SHI, B.; SHI, Y.; LIN, F. A life cycle framework of green iot-based agriculture and its finance, operation, and management issues. **IEEE Communications Magazine**, v. 57, n. 3, p. 90-96, 2019.

RUTH, M. H. L.; RUIJUN, Q.; RICHTER, W.; STAMO, P.; STEIT, B.; NOULAS, C. Effect of tillage systems on spatial variation in soil chemical properties and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) performance in small fields. **Agronomy**, v. 9, article 182, 2019.

SCHIMMELPFENNIG, D. Crop production costs, profits, and ecosystem stewardship with precision agriculture. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v. 50, n. 1, p. 81-103, 2018.

SCHIMMELPFENNIG, D. **Farm and profits and adoption of precision agriculture**. Washington: USDA, 2016. (USDA. Economic Research Service, 211).

SILVA, C. B.; VALE, S. M. L. R.; PINTO, F. A. C.; MÜLLER, C. A. S.; MOURA, A. D. The economic feasibility of precision agriculture in Mato Grosso do Sul State, Brazil: a case study. **Precision Agriculture**, v. 8, p. 255-265, 2007.

SINGHAL, K.; FENG, Q.; GANESHAN, R.; SANDERS, N. R.; SHANTHIKUMAR, J. G. Introduction to the special issue on perspectives on big data. **Production and Operations Management**, v. 27, n. 9, p. 1639-1641, 2018a.

SINGHAL, K.; QI, F.; GANESHAN, R. Special issue on perspectives on big data. **Production and Operations Management**, v. 27, n. 9, p. 1631-1735, 2018b.

SNYDER, C. **Precision agriculture: finding the payback**. 2014. Disponível em: <<https://www.croplife.com/precision/finding-the-payback/>>. Acesso em: 15 jan. 2019.

SOZZI, M.; KAYAD, A.; GIORA, D.; SARTORI, L.; MARINELLO, F. Cost-effectiveness and performance of optical satellites constellation for precision agriculture. In: STAFFORD, J. V. (Ed.). **Precision agriculture 19**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2019. p. 501-507.

SOWMYA, B. J. C.; SHETTY, C.; CHOLAPPAGOL, N. V.; SEEMA S. IOT and Data analytics solution for smart agriculture. In: SOWMYA, B. J. C.; SHETTY, C.; CHOLAPPAGOL, N. V.; SEEMA S. **The rise of fog computing in the digital era**. Hershey: IGI Global, 2019. p. 210-237.

STAFFORD, J. (Ed). **Precision agriculture for sustainability**. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing, 2018.

TARABELLA, A.; TRIVELLI, L.; APICELLA, A. Precision agriculture. In: TARABELLA, A. **Food products evolution: innovation drivers and market trends**. Cham: Springer, 2019. p. 79-85. (SpringerBriefs in Food, Health, and Nutrition). Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-23811-1_6>. Acesso em: 9 nov. 2019.

TRIVELLI, L.; APICELLA, A.; CHIARELLO, F.; RANA, R.; FANTONI, R.; TARABELLA, A. From precision agriculture to Industry 4.0: unveiling technological connections in the agrifood sector. **British Food Journal**, v. 121, n. 8, p. 1730-1743, 2019.

VIANA, L.; TOMAZ, D.; MARTINS, R.; ROSAS, J.; SANTOS, F. F.; PORTES, M. Optical sensors for precision agriculture: an outlook. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 35, n. 2, p. 1-9, 2019.

YOST, M. A.; KITCHEN, N. R.; SUDDUTH, K. A.; MASSEY, R. E.; SADLER, E. J.; DRUMMOND, S. T.; VOLKMANN, M. R. A long-term precision agriculture system sustains grain profitability. **Precision Agriculture**, v. 20, p. 1177-1198, 2019.

Literatura Recomendada

PHILLIPS, P. W. B.; ECKSTEIN, J. A. R.; JOBE, G.; WIXTED, B. Configuring the new digital landscape in western Canadian agriculture. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 90/91, article 100295, 2019.

PLANT, R. E.; STUART PETTYGROVE, G.; REINERT, W. R. Precision agriculture can increase profits and limit environmental impacts. **California Agriculture**, v. 54, n. 4, p. 66-71, 2000. Disponível em: <<http://calag.ucanr.edu/archive/?type=pdf&article=ca.v054n04p66>>. Acesso em: 12 fev. 2020.



Milho e Sorgo



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

