

Agricultura de Precisão no Brasil: conjuntura atual, desafios e perspectivas
Precision Agriculture in Brazil: current situation, challenges and perspectives
Agricultura de Precisión en Brasil: situación actual, desafíos y perspectivas

Recebido: 24/10/2020 | Revisado: 02/11/2020 | Aceito: 07/11/2020 | Publicado: 11/11/2020

Wanderson Vasconcelos Rodrigues da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7631-9830>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Brasil

E-mail: wanderson.vasconcelos@ifpi.edu.br

Renata Silva-Mann

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5993-3161>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: renatamann@gmail.com

Resumo

Garantir a segurança alimentar das próximas gerações tem sido um desafio recorrente frente ao crescimento da população. Diante disso, diversas inovações tecnológicas têm contribuído para o gerenciamento eficiente da produção agrícola de modo a garantir a produtividade e a sustentabilidade. Neste cenário, destaca-se a Agricultura de Precisão, um conjunto de técnicas para gerenciar a aplicação diferenciada de insumos, considerando a variabilidade espacial e temporal, aumentando o rendimento da produção e reduzindo o impacto ambiental. À vista disso, este trabalho teve por objetivo fornecer um diagnóstico da conjuntura atual da Agricultura de Precisão no Brasil, identificando os desafios e as perspectivas de desenvolvimento. Esta é uma pesquisa básica, qualitativa e exploratória, na qual foram utilizadas como procedimentos as pesquisas bibliográfica e documental estruturadas sob os seguintes aspectos: arcabouço legal, atuação do governo e das principais entidades, produção tecnológica e adoção. Analisando os aspectos definidos, conclui-se que existe um compromisso conjunto de empresas privadas, centros de pesquisas, universidades e associações em difundir as práticas da precisão agrícola, no entanto, há certa resistência por parte dos produtores. Verificou-se ainda a necessidade do desenvolvimento de tecnologias nacionais para tornar o país competitivo e do levantamento de dados atualizados para um diagnóstico preciso do setor.

Palavras-chave: Tecnologia agrícola; Aplicação variável; Contexto brasileiro.

Abstract

Ensuring food security for future generations has been a recurring challenge in the face of population growth. Therefore, several technological innovations have contributed to the efficient management of agricultural production to ensure productivity and sustainability. In this scenario, Precision Agriculture stands out, a set of techniques to manage the differentiated application of inputs, considering spatial and temporal variability, increasing production yield, and reducing environmental impact. In view of this, this work aimed to provide a diagnosis of the current situation of Precision Agriculture in Brazil, identifying the challenges and development prospects. This is a basic, qualitative, and exploratory research, in which bibliographic and documentary research structured under the following aspects were used as procedures: legal framework, performance of the government and main entities, technological production and adoption. Analyzing the defined aspects, it is concluded that there is a joint commitment of private companies, research centers, universities, and associations to spread the practices of agricultural precision; however, there is some resistance from the producers. There was also a need for the development of technologies to make the country competitive and the collection of data specified for an accurate diagnosis of the sector.

Keywords: Agricultural technology; Variable application; Brazilian context.

Resumen

Garantizar la seguridad alimentaria para las próximas generaciones ha sido un desafío recurrente frente al crecimiento de la población. Por ello, varias innovaciones tecnológicas han contribuido a la gestión eficiente de la producción agrícola con el fin de garantizar la productividad y la sostenibilidad. En este escenario, se destaca la Agricultura de Precisión, un conjunto de técnicas para gestionar las distintas aplicaciones de insumos, considerando la variabilidad espacial y temporal, aumentando el rendimiento de la producción y reduciendo el impacto ambiental. Por ello, este trabajo tuvo como objetivo brindar un diagnóstico de la situación actual de la Agricultura de Precisión en Brasil, identificando los desafíos y perspectivas de desarrollo. Se trata de una investigación básica, cualitativa y exploratoria, en la que se utilizaron como procedimientos la investigación bibliográfica y documental estructurada en los siguientes aspectos: marco legal, gobierno y entidades principales, producción y adopción tecnológica. Analizando los aspectos definidos, se concluye que existe un compromiso conjunto de empresas privadas, centros de investigación, universidades y asociaciones para difundir las prácticas de precisión agrícola, sin embargo, existe cierta

resistencia por parte de los productores. También era necesario desarrollar tecnologías nacionales para hacer competitivo al país y recopilar datos actualizados para un diagnóstico preciso del sector.

Palabras clave: Tecnología agrícola, Aplicación variable, Contexto brasileño.

1. Introdução

A redução da disponibilidade dos recursos naturais e o aumento da demanda por alimentos provenientes da agricultura têm exigido maior eficiência na produção agrícola de modo a garantir a sustentabilidade do setor e a segurança alimentar da população, ou seja, é necessário obter o maior rendimento das lavouras com o menor dispêndio de recursos possível. Essa transformação teve início após a Segunda Guerra Mundial com o advento da Revolução Verde, que introduziu na agricultura novas cultivares, técnicas de irrigação, fertilizantes, defensivos e principalmente a mecanização dos processos (Basso et al., 2019; Molin et al., 2015).

Com o avanço da eletrônica embarcada, a agricultura passou a fazer uso de novas ferramentas como sensores e atuadores, permitindo a automatização da produção agrícola. Anos mais tarde, as novas tecnologias da informação e comunicação, o uso de sistemas de posicionamento global (GPS) e os sistemas de informação geográfica (GIS) trouxeram mudanças significativas na agricultura. Essa capacidade de inovação do setor permitiu que as transformações tecnológicas modernizassem a agricultura convencional, tornando-a uma atividade cada vez mais produtiva e sustentável. Desse modo, as áreas de cultivo, que se tornaram cada vez maiores, puderam ser manejadas com maior precisão, garantindo eficiência no gerenciamento das lavouras (Coelho & Silva, 2009).

Foi nesse cenário de inserção de novas tecnologias que surgiu a Agricultura de Precisão (AP), uma forma inovadora de analisar o campo e corrigir problemas, considerando as necessidades de cada ponto específico da área de cultivo e, conseqüentemente, o uso racional dos fatores agrícolas. Dessa forma, a Agricultura de Precisão é um sistema completo de gerenciamento da produção agrícola, visando otimizar o uso de insumos, como sementes, água, fertilizantes, corretivos, defensivos, entre outros, considerando o mapeamento da variabilidade espacial e temporal das áreas de manejo (Prado, 2018; Pires et al., 2004).

Segundo Vasconcelos (2018), o mundo passa por uma revolução agrícola e cada vez mais as inovações tecnológicas têm mudado a forma como as decisões são tomadas no campo, assegurando maior precisão e sustentabilidade. Compreender como as novas

tecnologias do agronegócio têm sido incorporadas no país é fundamental para definir a contexto atual do Brasil frente às demandas globais e direcionar os próximos passos para o setor.

Dessa forma, este trabalho teve por objetivo fornecer um diagnóstico da conjuntura atual da Agricultura de Precisão no Brasil, bem como identificar os desafios e perspectivas para o seu desenvolvimento.

2. Fundamentação teórica

2.1 Agricultura de Precisão

A Agricultura de Precisão (AP), denominada no inglês com os termos, Precision Agriculture, Precision Farming ou Site-specific Crop Management, refere-se à utilização de equipamentos de alta tecnologia, envolvendo desde hardware (componentes físicos) próprios até os mais variados softwares (programas de computador) especializados e redes de telecomunicação (transmissão de dados), criando um sistema complexo que permite coletar dados para monitoramento e avaliação de determinadas áreas destinadas à agricultura, para posterior execução dos fatores de produção, como a aplicação de fertilizantes e fitofármacos, regulação da densidade da sementeira e plantação, controle do uso de água, entre outros coeficientes (Bernardi et al., 2014).

Devido a sua grande abrangência, existem diversos conceitos na literatura nacional e internacional que definem de forma genérica a Agricultura de Precisão, uma vez que ela combina técnicas e conceitos antigos relacionados à administração personalizada e localizada das lavouras, com ferramentas e procedimentos modernos de posicionamento georreferenciado dos campos agrícolas (Santi et al., 2016).

Buscando a concretização de um conceito que abstraia todos os aspectos da AP, Coelho & Silva (2009) propõem uma definição que sintetiza o próprio desenvolvimento da agricultura, as evoluções das ferramentas tecnológicas e a necessidade crescente da responsabilidade ambiental:

A Agricultura de Precisão envolve a aplicação diferenciada e à medida dos fatores de produção, tendo em conta a variação espacial e temporal do potencial produtivo do meio e das necessidades específicas das culturas, de forma a aumentar a sua eficiência de utilização e, assim, melhorar o rendimento econômico e reduzir o impacto ambiental da atividade agrícola (Coelho & Silva, 2009, p. 4).

O desenvolvimento da agricultura se deu principalmente a partir do processo de mecanização da atividade agrícola, o qual permitiu o aumento da produção da lavoura para larga escala. Porém, antes da mecanização do trabalho no campo, quando a agricultura convencional era praticada em escalas menores, os agricultores reconheciam a existência da variabilidade das características físicas, químicas e biológicas entre as parcelas das áreas cultivadas (Coelho & Silva, 2009).

Dessa forma, era possível reconhecer e tratar as áreas com menor fertilidade ou maior incidência de pragas, para variar os insumos, através de trabalho humano ou animal, a aplicação de adubos, inseticidas, dose de sementes ou plantio, densidade de rega, entre outros fatores associados à produção. Essa capacidade de discernimento era evidenciada também pela divisão em tabuleiros dos terrenos destinados à agricultura, agregando certa precisão à atividade agrícola da época, sendo bastante presente em algumas regiões do Brasil (Pires et al., 2004).

Com o aumento da extensão das áreas cultivadas, impulsionado pelo processo de mecanização do trabalho agrícola, tornou-se cada vez mais dificultoso e inviável o gerenciamento variável dos fatores de produção em virtude da variabilidade espacial e temporal das enormes áreas de plantio, visto que já se tinha comprovado que em diferentes terrenos, e até mesmo em porções do mesmo terreno, era possível verificar rendimentos de produção diferentes de acordo com a variação dos fatores de produção aplicados (Santi et al., 2016).

Essa nova forma de gerenciamento das lavouras, mediante adoção de fatores à taxa variável, culminou no advento da Agricultura de Precisão (AP), uma vez que, independente do tamanho das áreas cultivadas, conhecer a variabilidade e a qualidade da produção é um diferencial para que os produtores agrícolas possam explorar as potencialidades e as carências de cada lavoura para quaisquer que sejam as culturas cultivadas, ao tempo que reduz os impactos ambientais da atividade agrícola. Essa prática permite o gerenciamento dos recursos agrícolas, preservando o equilíbrio econômico e ecológico, criando assim uma agricultura sustentável (Bhakta et al., 2019).

Portanto, a Agricultura de Precisão está fundamentada principalmente em dois objetivos gerais e seus respectivos objetivos específicos, conforme apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Objetivos gerais e específicos da Agricultura de Precisão.

| Objetivos Gerais | Objetivos Específicos |
|---|---|
| Aumentar o rendimento da atividade agrícola | <ul style="list-style-type: none">▪ Reduzir os custos de produção;▪ Aumentar a produtividade. |
| Reduzir o impacto ambiental decorrente da atividade agrícola | <ul style="list-style-type: none">▪ Aumentar o rigor na aplicação dos insumos de produção que geram externalidades ambientais negativas (uso indiscriminado de defensivos agrícolas, entre outros). |

Fonte: Autores.

Para alcançar os objetivos da AP, é necessário primeiramente observar a variabilidade dos fatores de produção das áreas de plantio de acordo com cada cultura. Os principais tipos de variabilidade consideradas para a Agricultura de Precisão são: variabilidade espacial, que ocorre quando um atributo analisado apresenta valores diversos para diferentes amostras da lavoura; variabilidade temporal, que ocorre no campo ao longo do tempo; e variabilidade induzida pelo manejo, a qual é consequência das ações do produtor (Srinivasan, 2006).

2.2 Contexto histórico da Agricultura de Precisão

Como descrito anteriormente, há séculos os agricultores reconheciam que o campo não possui características uniformes em toda sua extensão. Ainda que em pequenas propriedades, o solo destinado ao plantio apresenta diferentes aptidões agronômicas e essa variabilidade espacial deve ser considerada para a implantação das lavouras.

A literatura sobre o tema aponta que a Agricultura de Precisão moderna teve origem nos Estados Unidos da América (EUA) em 1929, quando pesquisadores da Universidade de Illinois verificaram grande variabilidade da necessidade de aplicação de calcário entre as áreas analisadas de um terreno agrícola. Os pesquisadores emitiram um boletim aconselhando ao agricultor que elaborasse um mapa com as marcações em grade dos pontos do solo que serviram de amostra para os testes de acidez e só então prosseguir com o processo de calagem do solo de acordo com a variabilidade identificada (Linsley & Bauer, 1929).

No entanto, com o avanço no desenvolvimento de novos equipamentos para aplicação dos insumos agrícolas, em especial com a substituição da força animal pela tração mecânica, tornou-se possível e viável a aplicação dos fatores de produção em grandes extensões de terra, porém, em distribuição uniforme. A filosofia da Agricultura de Precisão, como conhecida

atualmente, ressurgiu nos anos 80 com a criação de mapas de produtividade na Europa e com as primeiras aplicações de adubos à taxa variável nos EUA. Essas práticas foram possíveis graças à difusão da eletrônica por meio do desenvolvimento de sensores e microcomputadores que passaram a ser embarcados nas máquinas agrícolas, tornando-as programáveis, flexíveis e eficientes. Associados à computação embarcada, os softwares de desenho assistidos por computador (Computer-Aided Design - CAD) tiveram um papel essencial no desenho de mapas das lavouras e visualização de imagens de satélite (Adamchuka et al., 2004; Montagna & Hauschildt, 2018).

A primeira década da Agricultura de Precisão se concentrou na identificação da variabilidade das áreas agrícolas e aplicação dos insumos por meio do desenvolvimento de tecnologias de sensores e monitores eletrônicos, mas foi a partir da década de 90 que houve um avanço significativo das pesquisas sobre AP em virtude da disponibilização de sinal de satélites através do sistema global de navegação desenvolvido pelos EUA (Global Positioning System - GPS) que, embora tenha entrado em funcionamento na década de 70, tornou-se totalmente operacional apenas em 1995 (Inamasu & Bernardi, 2014; Pires et al., 2004).

Uma vez que se tornou possível localizar pontos na superfície terrestre, a AP passou a reunir um conjunto de ferramentas em seu arcabouço tecnológico, envolvendo desde sensores eletrônicos em máquinas computadorizadas, até Sistemas de Informação Geográfica (SIG), também conhecidos por Geographic Information System (GIS), e tecnologias de aplicações diferenciadas, denominadas Variable Rate Technology (VRT) ou Variable Rate Application (VRA). Esse arsenal tecnológico tornou possível não apenas o mapeamento da variabilidade da lavoura para aplicação de insumos condizentes com os dados coletados, como também permitiu o monitoramento instantaneamente a produção agrícola em associação às coordenadas geográficas (Resende et al., 2014).

No Brasil, as práticas associadas à Agricultura de Precisão iniciaram a partir da importação de equipamentos informatizados ainda nos anos 80, porém de forma incipiente e sem resultados favoráveis devido às dificuldades nesse processo. Somente a partir de 1995, com o início da utilização de sinais de satélites GPS e o aumento do conhecimento sobre AP por parte do agronegócio brasileiro, inicia-se a abertura do comércio de máquinas que, gradativamente, incorporavam as tecnologias da informação, da robótica e da eletrônica para o processamento de dados georreferenciados. Nessa fase se destacaram as colhedoras com receptores para monitoramento da produtividade (Inamasu & Bernardi, 2014; Montagna & Hauschildt, 2018).

Segundo Resende et al. (2010), apesar do crescimento dos ânimos entre os produtores

agrícolas brasileiros em relação ao potencial aumento de rendimento da produção em meio ao boom da Agricultura de Precisão, a adoção das novas tecnologias agrícolas no campo foi retraída devido à complexidade de manuseio dos equipamentos de coleta, processamento e apresentação dos dados sobre as colheitas realizadas pelos maquinários da AP. Por outro lado, esse cenário oportunizou a criação de empresas especializadas na prestação de serviços de assistência à utilização dos recursos tecnológicos oferecidos pela Agricultura de Precisão.

Um fato importante que foi apontado por Inamasu & Bernardi (2014) é que muitas das tecnologias da Agricultura de Precisão eram importadas de outros países e, dado o alto desempenho exigido pelos sistemas de processamento da época e a necessidade de aparelhagem específica para uso do GPS, havia um custo elevado para adoção dessa prática nas lavouras do Brasil. Isso levou ao questionamento sobre os resultados econômicos resultantes da adoção da AP em razão do investimento inicial arrojado o que a limitava, quase que exclusivamente, a produtores com grandes recursos financeiros.

Consequentemente, surgiu a necessidade de se avaliar a viabilidade do emprego da Agricultura de Precisão, levando em conta as dimensões das áreas de cultivo e acreditando-se que a prática se tornaria viável a partir de um tamanho específico da propriedade agrícola. No entanto, os projetos desenvolvidos por pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) na última década sugerem que o retorno sobre o investimento em AP está sujeito às características de cada lavoura, bem como dos processos utilizados por cada agricultor. Para tanto, é necessário primeiramente que o produtor reconheça a variabilidade dos fatores de produção de sua lavoura para avaliar se a amplitude entre os valores é suficiente para que a adoção da Agricultura de Precisão seja economicamente sustentável (Inamasu & Bernardi, 2014).

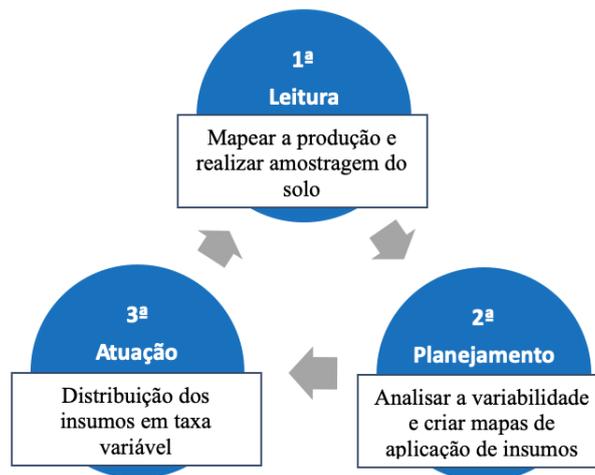
2.3 Etapas da Agricultura de Precisão

Como já discutido anteriormente, a Agricultura de Precisão envolve a utilização de um conjunto de ferramentas e tecnologias com o propósito de realizar o manejo diferenciado da área agrícola, tomando em consideração a sua variabilidade espacial e temporal, aumentando o rendimento da produção e minimizando as externalidades ambientais negativas. No entanto, a adoção da AP não se resume à obtenção de veículos, equipamentos e tecnologias de ponta, mas a um conjunto de ações de gerenciamento que compreende desde a coleta de dados até a aplicação dos insumos, fornecendo um feedback contínuo de todo o processo agrícola.

A análise da literatura investigada neste artigo confirmou que os autores que discorrem

sobre o tema consentem em dividir o sistema de Agricultura de Precisão em basicamente três etapas que foram sintetizadas e apresentadas na Figura 1:

Figura 1 – Etapas da Agricultura de Precisão.



Fonte: Autores.

Ao final da última etapa, o processo deve ser reiniciado e assim novos dados são coletados e analisados para regulação dos mapas de aplicação. Dessa forma o sistema permite criar o histórico da lavoura. O ciclo completo da AP compreende diversas atividades, entre elas (Coelho & Silva, 2009; Nunes, 2016):

- a) Colheita por máquinas equipadas com sensores de produtividade e GPS;
- b) Análise dos dados obtidos para geração de mapas de produtividade;
- c) Análise do solo para identificar as principais causas da variação de produtividade;
- d) Geração dos mapas de aplicação de fatores segundo a variabilidade;
- e) Preparação do solo e plantio em taxas variáveis;
- f) Mapeamento de pragas e doenças, e aplicação diferenciada de defensivos;
- g) Reinício de um novo ciclo.

Compreender o ciclo da Agricultura de Precisão constitui uma habilidade essencial ao produtor agrícola que permitirá conhecer as ferramentas básicas necessárias para coletar o máximo de dados relevantes ao sistema de AP. Depois de processadas as informações, será possível identificar e avaliar a variabilidade da lavoura e, a depender da necessidade encontrada em cada subdivisão da área analisada e dos recursos financeiros disponíveis, definir quais as ferramentas e tecnologias a serem adotadas para o manejo da variabilidade

(Nunes, 2016; Pires et al., 2004).

2.4 Ferramentas e tecnologias da Agricultura de Precisão

A Agricultura de Precisão surgiu, a princípio, como um sistema para gerenciar informações sobre a produção das lavouras por meio da confecção de mapas de produtividade, mas foi a partir da incorporação de novas tecnologias como o uso dos sinais de satélites de posicionamento global (GPS) e das técnicas de sensoriamento remoto que a AP alcançou maior destaque entre as tecnologias agropecuárias, fazendo uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e das tecnologias de aplicação diferenciada de insumos agrícolas (Nunes, 2016; Pires et al., 2004).

Essa consolidação de diversas tecnologias (hardware, software, satélites, etc.) aplicadas ao campo criou uma nova filosofia de gerenciamento da produção agrícola que permitiu aos produtores mapear a variabilidade espacial, temporal e induzida da lavoura e identificar porções de área de manejo menores e mais homogêneas. Assim, respeitando as peculiaridades de cada porção da terra, é possível aplicar os fatores de produção (adubos, defensivos agrícolas, água, entre outros) na quantidade correta, no local adequado e no momento ideal, de modo a obter a maior eficiência possível, contanto que os custos implicados e as tecnologias envolvidas viabilizem a adoção da AP. A seguir, são apresentadas algumas das principais ferramentas e tecnologias utilizadas pela Agricultura de Precisão (Nunes, 2016; Santi et al., 2016).

2.4.1 Global Positioning System (GPS)

A disponibilização dos sinais de satélites de posicionamento no final dos anos 90 foi uma das grandes inovações tecnológicas que impactou diversos setores, incluindo a agricultura, que passou a utilizar receptores de sinais GPS conectados às máquinas agrícolas, seja para mapear a variabilidade da produção, seja para realização de análises georreferenciadas do solo. Assim, o GPS se tornou a base de todo o sistema de Agricultura de Precisão, uma vez que para definir a variabilidade espacial das propriedades da lavoura de forma precisa é indispensável determinar a localização geográfica de cada ponto de amostragem (Coelho & Silva, 2009; Inamasu & Bernardi, 2014).

2.4.2 Geographic Information System (GIS)

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG, em inglês GIS) são ferramentas computacionais que gerenciam dados georreferenciados, ou seja, pontos localizados geograficamente e, portanto, estão diretamente relacionados à tecnologia do GPS. Assim, os SIGs apoiam a etapa de planejamento da AP, funcionando como um sistema de suporte à decisão aliado a outras ferramentas como a geoestatística. A principal vantagem dos SIGs é estruturar mapas de uma área demarcada por coordenadas geográficas em camadas de dados, criando um modelo computacional. Desse modo, é possível criar novas modelagens e simulações a partir da modificação do nível de informações e da integração de dados de diferentes naturezas, para então extrair ideias e soluções adequadas a cada lavoura (Filippini Alba, 2014; Budiharto et al., 2019; Grego et al., 2014).

2.4.3 Sensoriamento e sensores

Para alcançar os objetivos da Agricultura de Precisão é necessário o levantamento de uma enorme quantidade de dados que podem ser coletados por sensoriamento remoto ou sensores conectados diretamente ao solo, ou próximo. O sensoriamento remoto consiste na análise de imagens áreas da superfície obtidas por meio de sensores acoplados em satélites, aeronaves, veículos aéreos não tripulados (VANTs), etc. Quanto aos sensores proximais, os mais adotados na AP são: de produtividade, de propriedades do solo e de cultivo. Quanto maior a quantidade e qualidade dos sensores utilizados e o volume de informações coletadas para análise pelos SIGs, maior será a precisão no manejo e, conseqüentemente, maior o rendimento da produção (Grego et al., 2014; Shiratsuchi et al., 2014).

2.4.4 Variable Rate Technology (VRT)

As tecnologias citadas anteriormente dão suporte à coleta e à análise dos dados para definição da variabilidade das áreas de manejo. No entanto, para completar o ciclo da Agricultura de Precisão, são necessárias ferramentas e tecnologias para aplicação dos fatores agrícolas conforme a variabilidade encontrada. Assim, as VRTs são um conjunto de tecnologias capazes de realizar a aplicação dos insumos em taxa variável, ou seja, controlar a distribuição de nutrientes, produtos químicos, sementes, etc., segundo a variabilidade espacial e/ou temporal. Vale destacar que, para cada insumo, deve ser elaborada uma estratégia

própria, gerando mapas de aplicação individuais para garantir a precisão (Coelho & Silva, 2009; Pires et al., 2004).

3. Procedimentos Metodológicos

A definição dos instrumentos e procedimentos utilizados neste estudo se deu a partir do conhecimento do tipo de pesquisa a ser realizada, categorizando-a na sua forma metodológica de estratégias investigativas (Kauark et al., 2010).

Dessa forma, do ponto de vista de sua natureza, esta é uma pesquisa básica, uma vez que se pretende ampliar a compreensão e entender o comportamento da Agricultura de Precisão no Brasil. Quanto à abordagem, a pesquisa se classifica predominantemente como qualitativa, visto que se busca o aprofundamento da temática por meio da interpretação dos fenômenos e atribuição de significados, embora apresente também alguns elementos quantitativos. Em relação aos objetivos, essa pesquisa possui um caráter exploratório ao proporcionar maior familiaridade com o tema, permitindo a construção de hipóteses para trabalhos futuros.

As pesquisas exploratórias geralmente assumem a forma de pesquisa bibliográfica e/ou estudo de caso. Assim, no que diz respeito aos procedimentos, a pesquisa compreendeu um levantamento bibliográfico e documental, coletando dados de fontes primárias (documentos, patentes, decretos, leis e regimentos) e secundárias (artigos científicos, livros e portais oficiais ou especializados) em torno do tema (Gil, 2002).

Para responder à problemática apresentada nesta pesquisa, os dados e informações levantados sobre o objeto de estudo foram estruturados de forma a explorar os principais fundamentos e questões da pesquisa, relacionando-os por meio da análise e da interpretação crítica, para promover a reflexão e argumentação sobre o panorama da Agricultura de Precisão no Brasil. Na Figura 2 é apresentada a estrutura de organização para o mapeamento dos dados coletados nas pesquisas bibliográfica e documental para posterior análise e discussão.

Figura 2 – Definição da estrutura de organização dos dados coletados sobre AP.



Fonte: Autores.

O mapeamento do arcabouço legal consiste em identificar a legislação pertinente acerca do tema da Agricultura de Precisão. Para isso, utilizou-se como fonte de coleta de dados o projeto LexML, um portal especializado em informação legislativa e jurídica, que integra leis, decretos, projetos de leis, entre outros documentos das esferas municipal, estadual e federal dos Poderes Executivo, Legislativo e Judiciário de todo o Brasil. De acordo com LexML (2016), o projeto é uma iniciativa conjunta de vários países que busca estabelecer um padrão aberto de integração de esforços nas três esferas administrativas e entre os três poderes da República para estruturar uma rede de informação jurídica e legislativa. Utilizaram-se como estratégia de busca as palavras-chave: "agricultura", "de precisão".

Para descrever a atuação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), foram coletados dados e informações de documentos disponíveis no portal oficial do órgão. Visando a um maior alcance de conteúdo, utilizou-se no campo de busca o termo "agricultura de precisão". Entre os documentos recuperados estão os boletins técnicos, as portarias, os regimentos e outras publicações, selecionados de acordo com os objetivos deste trabalho, de forma a identificar as ações do MAPA no tocante à Agricultura de Precisão. Em relação à atuação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), a fonte consultada foi a Base de Dados da Pesquisa Agropecuária (BDPA), utilizando como palavra-chave o mesmo termo da busca anterior, selecionando as publicações que retratam o histórico e as ações da Embrapa sobre o tema.

Além do MAPA e da Embrapa, existem diversas entidades que estão ligadas direta ou indiretamente com a disseminação dos conhecimentos e avanços da Agricultura de Precisão no Brasil, seja através da realização de pesquisas científicas ou por meio da oferta de cursos, capacitações, treinamentos; como também pela promoção de eventos, palestras e feiras do setor. Identificar e analisar as principais instituições permite conhecer o envolvimento da

comunidade acadêmica, empresarial e da sociedade com essa tecnologia agrícola, contribuindo para a percepção da conjuntura atual da temática abordada nesta pesquisa.

Para o mapeamento da produção tecnológica no Brasil, a principal fonte de informações são os depósitos de patentes nas bases de dados dos órgãos responsáveis pela concessão. Nesse caso, a pesquisa se deu pelo levantamento dos dados disponíveis no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), sendo utilizada como estratégia de busca a palavra-chave "agricultura de precisão" para o resumo das patentes. Os documentos recuperados foram submetidos a exames a fim de detectar inconsistências e, em seguida, analisados para discussão.

Para a análise e a discussão sobre o nível de adoção da Agricultura de Precisão no Brasil, foram considerados os resultados divulgados em 2017 pelo Laboratório de Agricultura de Precisão (LAP) da Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz (ESALQ/USP): Boletim Técnico 03 “Agricultura de Precisão – números do mercado brasileiro” (Molin, 2017).

4. Resultados e Discussão

4.1 Arcabouço legal da Agricultura de Precisão no Brasil

Para que haja o desenvolvimento das atividades de determinado setor, bem como de suas ferramentas e tecnologias, é necessário conhecer os aspectos legais envolvidos que lhe garantem segurança jurídica. Assim, para mapear o arcabouço legal e a jurisprudência associada à Agricultura de Precisão no Brasil, foi realizada uma pesquisa documental segundo as estratégias adotadas nos procedimentos metodológicos deste trabalho.

A busca na Rede de Informação Legislativa e Jurídica - LexML realizada em 10 de julho de 2020 recuperou um total de 13 atos emitidos pelo Poder Público divididos entre legislações e proposições legislativas. O Quadro 2 apresenta os documentos retornados segundo sua categoria no ordenamento jurídico.

Quadro 2 – Atos do poder público sobre Agricultura de Precisão.

| Categoria | | Atos |
|------------------------------|---------------------|---|
| legislações (6) | Decretos (3) | <ul style="list-style-type: none">▪ Decreto (municipal) n° 158, de 17 de julho de 2017;▪ Decreto (municipal) n° 166, de 25 de julho de 2017;▪ Decreto (federal) n° 10.052 de 09 de outubro de 2019. |
| | Leis (3) | <ul style="list-style-type: none">▪ Lei (federal) n° 12.081, de 29 de outubro de 2009;▪ Lei (municipal) n° 4.359, de 10 de fevereiro de 2014;▪ Lei (municipal) n° 985, de 09 de abril de 2014. |
| Proposições legislativas (7) | Projetos de lei (7) | <ul style="list-style-type: none">▪ PL (câmara) n° 1.753, de 14 de agosto de 2007;▪ PL (câmara) n° 5.166, de 04 de maio de 2016;▪ PL (câmara) n° 10.879, de 16 de outubro de 2018;▪ PL (câmara) n° 149, de 04 de fevereiro de 2019;▪ PL (câmara) n° 355, de 04 de fevereiro de 2019;▪ PL (câmara) n° 361, de 05 de fevereiro de 2019;▪ PL (câmara) n° 4.538, de 15 de agosto de 2019. |

Fonte: Autores.

Em relação à legislação, observa-se o interesse dos Poderes Executivos Municipais do Estado do Rio Grande do Sul, seja na implantação de programas de incentivo à Agricultura de Precisão, disponibilizando subsídios aos produtores para análise de solo e distribuição de fertilizantes em taxa variável (Lei n.º 985/2014), como também na contratação de professores para atuar nos cursos de AP oferecidos (Lei n.º 4.359/2014). Os decretos municipais tratam de custeio financeiro para apoio ao Congresso Sul Americano de Agricultura de Precisão e Máquinas Precisas (APSUL), evento bianual que ocorre no município de Não-Me-Toque/RS e tem por objetivo difundir as tecnologias recentes da AP.

Segundo Santi et al. (2016), o município de Não-Me-Toque/RS se destaca na produção de maquinários e implementos agrícolas, desenvolvendo projetos, capacitações e eventos na área de AP, o que levou o PL n.º 1.753/2007 a ser transformado na Lei Federal n.º 12.081/2009 que conferiu ao município o título de Capital Nacional da Agricultura de Precisão.

No âmbito federal, o Decreto n.º 10.052, de 09 de outubro de 2019, instituiu a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital, um órgão de caráter consultivo, formado por mais de 20 entidades, com o objetivo de promover o desenvolvimento da AP no Brasil. Quanto às proposições legislativas, alguns projetos de lei já perderam a razão de existir, uma vez que foram apensados a outros atos legais abarcando a matéria. É o caso do PL n.º 5.166, de 04 de maio de 2016, que instituiria a utilização de VANTs na agricultura de precisão, que foi incorporado a outros PL mais abrangentes.

Os demais projetos de lei propõem a criação da Política Nacional de Incentivo à Agricultura de Precisão. Devido à similaridade das matérias abordadas, esses projetos foram

incorporados e arquivados a um único dispositivo. Nesse sentido, foi aprovado na Câmara dos Deputados o PL n.º 149, de 04 de fevereiro de 2019, visando aumentar a eficiência na aplicação dos insumos de produção, diminuir o desperdício, reduzir os custos, aumentar a produtividade, bem como garantir a sustentabilidade social, ambiental e econômica. O projeto, que também prevê parcerias com entidades públicas e privadas para incentivo ao setor, aguarda apreciação pelo Senado Federal.

4.2 Atuação do Ministério da Agricultura e da Embrapa

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) tem a missão de promover o desenvolvimento sustentável e a competitividade do agronegócio brasileiro em benefício da sociedade, por meio de políticas públicas de estímulo à agropecuária e fomento da agricultura sustentável. Assim, a Agricultura de Precisão tem sido muito importante para garantir esses objetivos diante dos elevados custos dos fatores de produção agrícola e da necessidade de reduzir os prejuízos ambientais (Brasil, 2020).

Visando promover um ambiente inovador e favorável ao desenvolvimento da AP no país, foi criada em 2005 a Coordenação de Acompanhamento e Promoção da Tecnologia Agropecuária (CAPTA) que, em 2007, com apoio das instituições de ensino e pesquisa agropecuária, bem como do setor da indústria e de prestação de serviços em AP, criou a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP), um fórum consultivo e propositivo para elaboração de políticas públicas ao setor (Brasil, 2013b, 2013c).

A comissão foi oficializada pelo MAPA três anos depois por meio da Portaria n.º 852 de 20 de setembro de 2012, tendo em sua fase inicial o propósito de estruturar cada setor da Agricultura de Precisão, mediante a criação de entidades representativas de cada segmento específico e, por fim, promover a desmistificação da AP, a proposição de programas de financiamento e a difusão das ferramentas e das tecnologias existentes por meio da publicação de boletins técnicos, do incentivo à qualificação dos produtores, do apoio a eventos, dentre outros (Brasil, 2012, 2013a).

Desde então, a CBAP tem passado por reestruturações que são propostas e discutidas em reuniões técnicas, agregando novas entidades representativas em sua secretaria executiva e criando grupos de trabalhos específicos. Esta pesquisa também verificou que, embora diversas ações tenham sido executadas, a comissão ainda possui demandas a serem trabalhadas como, por exemplo, a estruturação de programas específicos para Agricultura de Precisão junto aos Núcleos de Inovação Tecnológica (NITs), o apoio aos projetos de transferência de tecnologia,

e a definição de estatísticas e indicadores para o setor da AP. Para fomentar as discussões e definir os passos que levarão a AP a um novo patamar no Brasil, a CBAP elaborou a Agenda Estratégica 2014 - 2030, contendo 51 ações divididas em 9 áreas estratégicas: Governança da Cadeia; Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação; Diagnóstico do setor; Legislação e Marco Legal; Gestão da Qualidade; Marketing; Política de Incentivos; Assistência Técnica e Extensão Rural; Formação e Capacitação (Brasil, 2013b, 2014).

Em relação à atuação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), suas primeiras iniciativas envolvendo a Agricultura de Precisão foram realizadas em 1999, em virtude da aprovação de dois grandes projetos de pesquisas, envolvendo a AP para o milho e para a soja, com recursos do Projeto de Apoio ao Desenvolvimento de Tecnologia Agropecuária para o Brasil (Prodetab). Paralelamente, a Embrapa também iniciou o desenvolvimento de pesquisas sobre AP em parceria com o departamento de agricultura dos EUA, por meio do seu recém-inaugurado Laboratório Virtual da Embrapa no Exterior (Labex) (Bernardi et al., 2014).

Os projetos foram finalizados em 2003 e, para dar continuidade às pesquisas sobre AP, a Embrapa iniciou em 2004 o primeiro projeto em rede, ainda com obstáculos na execução por não compreender a AP como sustentável. Porém, em 2009, um segundo projeto em rede (Rede AP) mais robusto é aprovado, envolvendo mais de 200 pesquisadores e 20 centros de pesquisa da Embrapa, bem como parceiros entre empresas, universidades e produtores. Como resultados dessa segunda fase, destacam-se a ampliação do impacto da AP sobre diferentes culturas e a transferência de tecnologias. Os conhecimentos gerados também foram muito relevantes, tendo sua divulgação realizada por meio de palestras em parceria com o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR) e pela publicação de dois livros com estudos técnicos e científicos (Bernardi et al., 2014; Embrapa, 2020; Inamasu et al., 2011).

Em 2016, a Embrapa inicia a terceira fase da Rede AP, estruturada em projetos técnicos que envolvem, desde a criação de tecnologias para viabilizar a implementação rápida e eficaz da AP, até o desenvolvimento de projetos disruptivos e de gestão de resultados. Para isso, a Embrapa inaugurou, em 2013, o Laboratório de Referência Nacional em Agricultura de Precisão (Lanapre), um espaço para o desenvolvimento de sensores, componentes eletrônicos embarcados e outros equipamentos. O espaço também conta com sistemas computacionais de geoestatística para gerenciamento de informações em AP e um amplo campo experimental com áreas de plantio para apoiar testes de protótipos, máquinas, sensores e drones (Embrapa, 2020).

A Embrapa tem procurado criar novas oportunidades para pesquisas e

desenvolvimento da AP e aposta nas novas tecnologias de automação tais quais, Internet das Coisas (IoT), uso da robótica e inteligência artificial, Big Data, entre outras, como a chave para um futuro promissor no setor.

4.3 Atuação de outras entidades ligadas à Agricultura de Precisão

Como já foi discutido anteriormente, a Agricultura de Precisão no Brasil passou por várias fases e entraves desde sua chegada ao país nos anos 90. A dificuldade inicial se deu principalmente pelos altos custos de investimento e pela escassez de mão de obra especializada nas novas tecnologias. Foi a partir da iniciativa de empresas do setor agrícola, em colaboração com produtores e órgãos públicos de pesquisa, que surgiram os primeiros projetos de pesquisa e extensão das tecnologias na área de AP.

Nesse cenário, em 2000, inicia-se o projeto Aquarius, no Rio Grande do Sul, sendo considerado o projeto mais antigo em funcionamento e uma das iniciativas que transformaram a Agricultura de Precisão no Brasil em uma realidade. O projeto, desenvolvido no município de Não-Me-Toque/RS, contou com a parceria de empresas privadas e posteriormente da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Outro projeto gaúcho que merece destaque é o APcoop, resultante da parceria entre a UFSM e a CCGL, uma das maiores cooperativas de produtores agrícolas do país, que tem por objetivo estimular a adoção da AP nas cooperativas do estado (Amado et al., 2016; Santi et al., 2016).

No ambiente acadêmico, as primeiras iniciativas de pesquisa e extensão foram realizadas pela Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz (ESALQ), da Universidade de São Paulo (USP), como exemplo, a organização do primeiro Simpósio de Agricultura de Precisão (1996), a elaboração do primeiro mapa de variabilidade de produção (1997) e a realização do primeiro Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão (ConBAP) em 2004. A ESALQ/USP também se destaca na qualificação por meio do Laboratório de Agricultura de Precisão (LAP), um espaço destinado a pesquisa, ensino e extensão em AP. Desde sua criação em 2008, o LAP tem trabalhado na promoção de oficinas, jornadas, seminários e na publicação de trabalhos em congressos, boletins técnicos, artigos, dissertações e teses na área (Juntolli & Molin, 2014; LAP, 2020; Pires et al., 2004).

Atualmente, a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) oferta o curso de Mestrado Profissional na área por meio do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão (PPGAP) e outras diversas faculdades pelo país ofertam cursos de Pós-Graduação em nível de Especialização. Outras instituições têm inserido disciplinas de AP nas grades

curriculares de seus cursos voltados para a agricultura contribuindo para a formação de pesquisadores e profissionais na área (Pires et al., 2004).

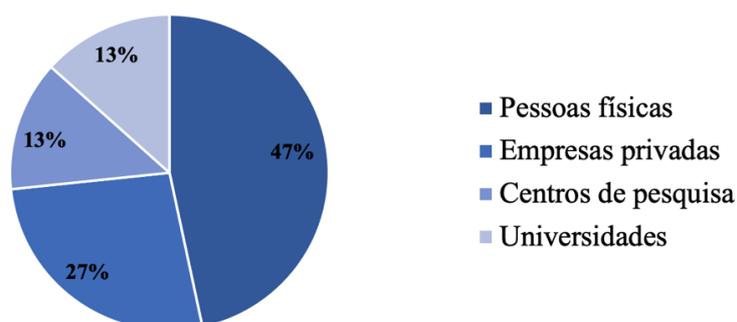
Um dos principais congressos nacionais, o ConBAP, evento bienal criado pela ESALQ, atualmente é organizado pela Associação Brasileira de Agricultura de Precisão (AsBraAP). Constituída em 2016, a AsBraAP compõe a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital, sendo uma das principais associações com o propósito de difundir o uso de práticas, técnicas e tecnologias da AP. Diversas outras entidades atuam junto à comissão, como é o caso da Associação Brasileira dos Prestadores de Serviço de Agricultura de Precisão (ABPSAP), que visa integrar o setor e promover boas práticas de trabalho (ASBRAAP, 2016; Brasil, 2019).

4.4 Produção tecnológica da Agricultura de Precisão no Brasil

O levantamento da produção tecnológica brasileira foi realizado em 10 de julho de 2020, no qual foram recuperados 18 processos de patentes (15 de titulares nacionais e 3 de titulares internacionais). O primeiro pedido de patente nacional aconteceu em 2001, acompanhando os primeiros passos do desenvolvimento da Agricultura de Precisão no país, e foi realizado pelo Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária (CNPDIA), que é uma unidade subordinada à Embrapa, e referia-se a novos sensores para análise de matéria orgânica de solos, no entanto, não há registros de outros processos da Embrapa.

Os titulares dos processos se concentram nos estados de SP, RS, MG e PR, sendo divididos entre pessoas físicas, empresas privadas, centros de pesquisa e universidades, conforme apresentados na Figura 3.

Figura 3 – Titularidade dos processos de patentes em AP no Brasil.



Fonte: Autores.

Verificou-se ainda que, do total de processos analisados, duas patentes já foram concedidas pelo INPI em 2017 e 2019. A primeira patente foi registrada por uma empresa paulista do setor privado e refere-se a métodos de comunicação, processamento e análise de dados para gerenciamento do sistema de AP. A segunda trata-se de uma colhedora para a cultura de café, depositada por uma pessoa física.

De acordo com os dados coletados segundo a metodologia deste trabalho, observou-se que, com exceção da Embrapa, nenhuma das outras entidades que contribuíram para o avanço da AP no Brasil, citadas anteriormente neste trabalho, depositaram pedidos de patentes. Isso demonstra que as mesmas se concentram na difusão do conhecimento e no estudo das técnicas de AP, porém, ainda não desenvolveram novas tecnologias inovadoras passíveis de proteção ou não há interesse na salvaguarda das mesmas.

4.5 Pesquisas sobre a adoção da Agricultura de Precisão no Brasil

Desde a criação da Rede de Agricultura de Precisão da Embrapa (Rede AP) e da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP), são empreendidos esforços para viabilizar pesquisas sobre o nível de adoção dos sistemas de AP no Brasil. A demanda por esses relatórios estatísticos é recorrente, seja para descrever a inserção da prática na agricultura brasileira, como para quantificar seus níveis de implantação e, assim, visualizar a panorama nacional a fim de identificar as tendências da AP no Brasil e criar políticas públicas adequadas à realidade do setor (Bernardi et al., 2014; Molin, 2017).

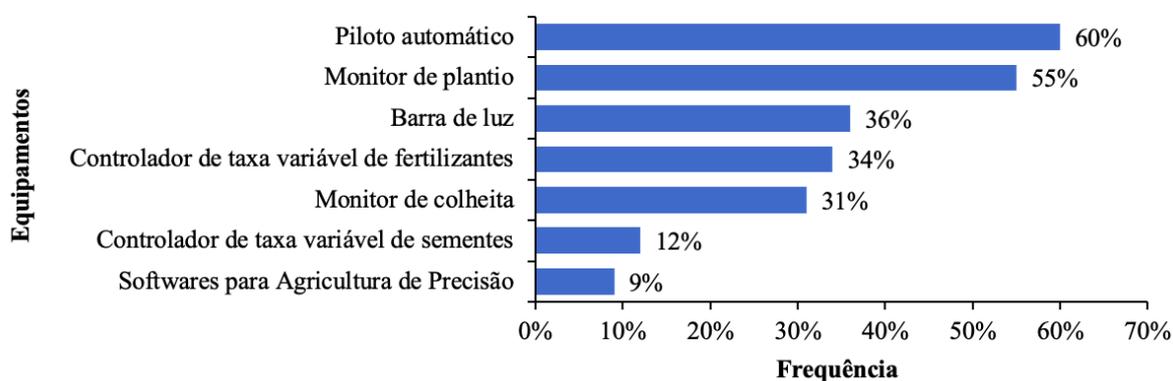
O boletim técnico apresentado por Molin (2017) retrata os dados do levantamento realizado pela Kleffmann Group, uma multinacional alemã do segmento de informação estratégica especializada no setor agrícola. A pesquisa foi realizada com 992 produtores brasileiros de grãos localizados no Sul, no Cerrado e na região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia).

Os dados da pesquisa apontam que 45% dos entrevistados afirmam utilizar pelo menos uma técnica da Agricultura de Precisão. Entre as técnicas adotadas, a mais utilizada pelos produtores (79%) se refere ao mapeamento da fertilidade do solo, que tem por objetivo a geração de mapas da variabilidade de nutrientes a partir da sua amostragem georreferenciada do solo. Conseqüentemente, para corrigir a variabilidade de nutrientes, é necessária a utilização de técnicas de aplicação de fertilizantes em taxa variável, sendo esta considerada a segunda técnica mais adotada (58%).

Em semelhantes níveis de adoção, estão as técnicas voltadas para a pulverização de

produtos químicos (30%) e a aplicação de sementes (28%), ambos obedecendo à variabilidade do solo. Cabe destacar que, conforme foi apresentado anteriormente no referencial teórico deste trabalho, a aplicação correta dos insumos agrícolas se dá a partir do diagnóstico prévio, resultante do monitoramento dos dados coletados durante todo o ciclo da AP. Sendo assim, os agricultores que aderiram à AP fazem uso de um conjunto de equipamentos, dentre os quais a pesquisa destaca o uso de pilotos automáticos para as máquinas agrícolas, monitores de plantio, entre outros, conforme apresentados na Figura 4.

Figura 4 – Equipamentos utilizados pelos produtores brasileiros.



Fonte: Adaptado de Molin (2017).

A pesquisa também revela que as principais razões para adoção das técnicas estão em consonância com os objetivos gerais da AP apresentados no Quadro 1: ampliar o rendimento agrícola por meio do aumento da produtividade e da redução dos custos. Por outro lado, as razões para a não adesão se dá principalmente pelos custos, por não verem benefícios ou pela falta de mão de obra qualificada.

Uma pesquisa recente sobre a mente do agricultor brasileiro na era digital, realizada por McKinsey & Company (2020) com mais de 750 agricultores, aponta que a agricultura no país é bastante promissora para quem faz uso das tecnologias da Agricultura de Precisão, porém, a complexidade das novas tecnologias, a insuficiência de conhecimento técnico e a falta de orientação dos fabricantes impedem os agricultores de obter todo o potencial aproveitamento das ferramentas adquiridas, impossibilitando maior adoção da AP no país.

5. Conclusões

Ao analisar a Agricultura de Precisão no Brasil, considerando as diversas perspectivas discutidas neste trabalho, pode-se afirmar que nas últimas duas décadas o país tem

empreendido esforços para popularizar o conhecimento sobre as práticas e técnicas da AP, até então desenvolvidas em outros países. Esse empenho se deu inicialmente a partir de projetos pilotos desenvolvidos pelas parcerias entre empresas privadas, universidades, centros de pesquisa e fazendas produtoras. Essas relações têm sido um dos pilares para pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor.

Dessa forma, o amparo institucional-legal do Estado, por meio da criação de políticas públicas, começa a dar seus primeiros passos e tende a ampliar a rede de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, integrando os segmentos do setor e incentivando o desenvolvimento de uma indústria nacional de Agricultura de Precisão. Esse entendimento é essencial, uma vez que, assim como o agronegócio e o setor de serviços, a indústria compõe o tripé que mantém a economia de um país e, portanto, deve focar não apenas em conhecer as técnicas da AP, como também em desenvolver novas soluções tecnológicas e promover projetos de transferência de tecnologias, visto que a produção tecnológica nacional no âmbito da AP ainda é discreta.

Este trabalho identificou também que, desde os primórdios da Agricultura de Precisão no Brasil, a incorporação das técnicas de AP tem encontrado certa resistência sob alguns aspectos. Parte dos produtores não reconhecem a importância da AP para o agronegócio, portanto, não agregam valor a sua adoção. Entre os que compreendem os benefícios, existe a dificuldade de adoção devido aos custos de implantação. Aqueles que iniciam a adoção das técnicas não possuem fluência tecnológica para utilizar todo o potencial dos equipamentos e ainda há escassez de profissionais qualificados em toda cadeia da AP.

Por fim, este trabalho contribuiu para a compreensão da conjuntura atual da Agricultura de Precisão do Brasil, discorrendo sobre seu histórico, desenvolvimento, perspectivas e desafios para o futuro. Dada a necessidade de um esforço coletivo dos elos da cadeia para levantar dados confiáveis que levem a um diagnóstico preciso do setor, dando suporte à tomada de decisões, este estudo propõe como sugestão para trabalhos futuros, o levantamento de dados e informações mais precisos e atualizados quanto à adoção das tecnologias da AP junto aos agricultores brasileiros por meio de pesquisas in loco.

Referências

Adamchuka, V. I., et al. (2004). On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 44 (1), 71-91.

Amado, T. J. C., et al. (2016). *Projeto Aquarius: 15 anos de pioneirismo em agricultura de precisão no sul do Brasil*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria.

ASBRAAP. (2016). *ASBRAAP: Estatuto Social*. Recuperado de <https://asbraap.org/index.php>

Bassoi, L. H. et al. (2019). Agricultura de precisão e agricultura digital. *TECCOGS - Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, 20, 17-36.

Bernardi, A. C. C. et al. (2014). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília, DF: Embrapa.

Bhakta, I., Phadikar, S., & Majumder, K. (2019). State-of-the-art technologies in precision agriculture: a systematic review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99 (11), 4878-4888.

Brasil. (2012). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n.º 852 de 20 de setembro de 2012. Art. 1º Criar a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão - CBAP. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 21 set. 2012. Seção 2, n. 184.

Brasil. (2013a). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regimento interno da secretaria executiva*. Recuperado de <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/tecnologia-agropecuaria/agricultura-de-precisao-1/arquivos-de-agricultura-de-precisao/regimento-interno-cbap.pdf>.

Brasil. (2013b). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Fomento à Agricultura de Precisão*. Recuperado de <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/tecnologia-agropecuaria/agricultura-de-precisao-1/arquivos-de-agricultura-de-precisao/FolderAgriculturadePreciso2013.pdf>

Brasil. (2013c). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Agricultura de Precisão: Boletim Técnico*. Brasília: MAPA/ACS.

Brasil. (2014). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Agricultura de Precisão: Agenda Estratégica 2014 - 2030*. Brasília: MAPA/ACS.

Brasil. (2019). Decreto n.º 10.052, de 9 de Outubro de 2019. Institui a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 10 out. 2019. Seção 1, n. 197.

Brasil. (2020). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Agricultura Digital e de Precisão*. Recuperado de <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/tecnologia-agropecuaria/agricultura-de-precisao-1>

Budiharto, W. et al. (2019). A Review and Progress of Research on Autonomous Drone in Agriculture, Delivering Items and Geographical Information Systems (GIS). *2nd World Symposium on Communication Engineering (WSCE)*, 205-209.

Coelho, J. P. C., & Silva, J. R. M. (2009). *Agricultura de Precisão*. Lisboa: AJAP.

Embrapa. (2020). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Automação e agricultura de precisão*. Recuperado de <https://www.embrapa.br/tema-mecanizacao-e-agricultura-de-precisao/nota-tecnica>

Filippini Alba, J. M. (2014). Modelagem SIG em agricultura de precisão: conceitos, revisão e aplicações. In Bernardi, A. C. C. et al. *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*, 84-96. Brasília, DF: Embrapa.

Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa* (4a ed.) São Paulo: Atlas.

Grego, C. R., Oliveira, R. P., & Vieira, S. R. (2014). Geoestatística aplicada a Agricultura de Precisão. In Bernardi, A. C. C. et al. *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*, 74-83. Brasília, DF: Embrapa.

Inamasu, R. Y. et al. (2011). *Agricultura de precisão: um novo olhar*. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação.

Inamasu, R. Y., & Bernardi, A. C. C. (2014). Agricultura de Precisão. In Bernardi, A. C. C. et al. *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*, 21-33. Brasília, DF: Embrapa.

Juntolli, F. V., & Molin, J. P. (2014). Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão para o fomento e a difusão da Agricultura de Precisão no Brasil. In Bernardi, A. C. C. et al. *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*, 553-558. Brasília, DF: Embrapa.

Kauark, F., Manhães, F. C., & Medeiros, C. H. (2010). *Metodologia da pesquisa: um guia prático*. Itabuna: Via Litterarum.

LAP. (2020). Laboratório de Agricultura de Precisão. *O LAP*. Recuperado de <https://www.agriculturadeprecisao.org.br>

LEXML. (2016). *Histórico do projeto LexML no Brasil desde sua criação*. Recuperado em 05 julho, 2020, de <https://projeto.lexml.gov.br/institucional/historia>

Linsley, C. M., & Bauer, F. C. (1929). Test your soil for acidity. University of Illinois. *Agricultural Experiment Station*. Circular n. 346. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2142/33105>

McKinsey & Company. (2020). *The Brazilian farmer's mind in the digital era: teaser*. McKinsey & Company.

Molin, J. P., Amaral, L. R., & Colaço, A. F. (2015). *Agricultura de Precisão*. São Paulo: Oficina de Textos.

Molin, J. P. (2017). Boletim Técnico 03 - *Agricultura de Precisão: números do mercado brasileiro*. Piracicaba/SP: Laboratório de Agricultura de Precisão - LAP/ESALQ/USP. Recuperado de <https://www.agriculturadeprecisao.org.br/boletim-tecnico-03-agricultura-de-precisao-numeros-do-mercado-brasileiro/>

Montagna, T. B., & Hauschildt, M. (2018). Contexto histórico da agricultura de precisão no Brasil. In: *Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão*, 341-344. Curitiba: Editora.

Nunes, J. L. S. (2016). Agricultura de Precisão. *Agrolink*. Recuperado de https://www.agrolink.com.br/georreferenciamento/agricultura-de-precisao_361504.html

Pires, J. L. F., Cunha, G. R., Pasinato, A., França, S., & Rambo, L. (2004). *Discutindo agricultura de precisão – aspectos gerais*. Passo Fundo: Embrapa Trigo

Prado, H. (2018). Precisão na agricultura. *Revista Fonte: Tecnologia da Informação na Gestão Pública*. Belo Horizonte, 15 (20), 46-48.

Resende, A. V. et al. (2010). Agricultura de precisão no Brasil: avanços, dificuldades e impactos no manejo e conservação do solo, segurança alimentar e sustentabilidade. *Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água*. Teresina: Embrapa Meio-Norte.

Santi, A. L., Giotto, E., Sebem, E., & Amado, T. J. C. (2016). *Agricultura de Precisão no Rio Grande do Sul*. Santa Maria: CESPOL.

Shiratsuchi, L. S. et al. (2014). Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão. In Bernardi, A. C. C. et al. *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*, 21-33. Brasília, DF: Embrapa.

Srinivasan, A. (2006). *Handbook of precision agriculture: Principles and applications*. New York: CRC Press.

Vasconcelos, M. (2018). A era da Agricultura 4.0. *Revista Fonte: Tecnologia da Informação na Gestão Pública*, 15 (20), 46-48.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Wanderson Vasconcelos Rodrigues da Silva – 70%

Renata Silva-Mann – 30%