



Gestão e Regionalidade

ISSN: 1808-5792

ISSN: 2176-5308

Universidade Municipal de São Caetano do Sul - USCS

Pamplona, João Batista; Silva, Miguel Augusto Rodrigues
ADOÇÃO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO NA AMÉRICA DO
SUL: O ESTADO DA ARTE EM ARGENTINA, BRASIL E COLÔMBIA
Gestão e Regionalidade, vol. 35, núm. 105, 2019, pp. 218-244
Universidade Municipal de São Caetano do Sul - USCS

DOI: <https://doi.org/10.13037/gr.vol35n105.5555>

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=133461364012>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais informações do artigo
- Site da revista em redalyc.org

redalyc.org
UAEM

Sistema de Informação Científica Redalyc

Rede de Revistas Científicas da América Latina e do Caribe, Espanha e Portugal

Sem fins lucrativos acadêmica projeto, desenvolvido no âmbito da iniciativa
acesso aberto

ADOÇÃO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO NA AMÉRICA DO SUL: O ESTADO DA ARTE EM ARGENTINA, BRASIL E COLOMBIA

*PRECISION AGRICULTURE ADOPTION IN SOUTH AMERICA: THE STATE-OF-THE-ART IN
ARGENTINA, BRAZIL, AND COLOMBIA*

João Batista Pamplona

Doutor em Ciências Sociais—Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia Política da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP) e do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS).

Data de recebimento: 19/08/2018

Data de aceite: 14/12/2018

Miguel Augusto Rodrigues Silva

Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Economia Política da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP).

RESUMO

A América do Sul faz grande contribuição relativa à produção agrícola mundial. O crescimento extensivo da atividade agrícola na região aproxima-se do limite, restando à modalidade intensiva o potencial de superar desafios como sustentabilidade e competitividade, capaz ainda de produzir desenvolvimento econômico. As inovações são essenciais nesse sentido, especialmente as associadas à agricultura de precisão (AP), entendida como um conjunto de inovações organizacionais e de processo que conjuga mecanização com tecnologias de informação e comunicação (TIC), permitindo singularização da unidade de produção agrícola, ao se valer da variabilidade espacial e temporal em áreas de pequena escala. O objetivo deste artigo é analisar o “estado da arte” da adoção da AP na América do Sul, a partir do levantamento e da análise da produção acadêmica sobre o tema. Esta pesquisa de natureza exploratória enfoca a experiência de três países representativos das condições econômicas e edafoclimáticas da Região: Argentina, Brasil e Colômbia.

Palavras-chave: Agricultura de precisão. Desenvolvimento socioeconômico. Adoção e difusão tecnológica. Sustentabilidade e produtividade agropecuária. Inovação.

ABSTRACT

South America is a major contributor to world agricultural production. The extensive growth of agricultural activity in the region is near to the limit, no option left to intensive growth, which is capable of producing economic development, to overcome challenges such as sustainability and competitiveness. Innovations are essential in this sense, especially those associated with precision agriculture (PA), taken as a set of organizational and process innovations that combine mechanization with information and communication technologies (ICT), allowing the singularization of the agricultural production unit by using spatial and temporal variability in small-scale areas. The goal of this work is to analyze the AP adoption “state of the art” in South America by collecting and analyzing the academic production on the subject. This exploratory research focuses on the experience of three countries representative of the economic and edaphoclimatic conditions of the Region: Argentina, Brazil and Colombia.

Keywords: Precision agriculture. Socio-economic development. Technological adoption and diffusion. Agriculture sustainability and productivity. Innovation.

Endereço dos autores:

João Batista Pamplona
pamplona@pucsp.br
pamplona@uscs.edu.br

Miguel Augusto Rodrigues Silva
miguel.silva@usp.br

1 INTRODUÇÃO

Dado o aumento da demanda por alimentos no mundo (ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012; FOLEY et al., 2011), Acevedo (2011) apresenta duas maneiras de aumentar sua produção: pelo aumento da área disponível ou da produtividade das lavouras. A área agricultável da América Latina (37,51%) é muito próxima da média mundial (38%) (BANCO MUNDIAL, 2014), oscilando ao redor dessa proporção em Argentina (53,9%), Brasil (32,5%) e Colômbia (39,5%). A América Latina representa 15% das terras agricultáveis totais disponíveis no mundo (OECD, 2015).

Enquanto os países desenvolvidos têm reduzido a área agricultável, há pressão pelo crescimento extensivo na América do Sul,¹ em uma busca por terras mais baratas e com potencial produtivo. A isso se soma uma segunda pressão, pelo crescimento intensivo da produção agropecuária, do que decorre aumento do passivo ambiental (ACEVEDO, 2011; FOLEY et al., 2011), incluindo redução da biodiversidade e da fertilidade do solo, aumento da erosão, do assoreamento, poluição e salinização de corpos d'água, e do volume de resíduos, além de alteração de modos de vida tradicionais e aquecimento global.

O século XX se caracterizou por práticas agrícolas uniformes (BONGIOVANNI; LOWENBERG-DEBOER, 2004), o que foi potencializado pela revolução verde (1960-1980) e, em certa medida, pela revolução genética (desde 1990) (GUTMAN; ROBERT, 2013). Contudo, estão sendo desenvolvidas “práticas de intensificação sustentável” do uso da terra agrícola para lidar com tais problemas

¹ Houve aumento de 1,44% da área agricultável na América do Sul entre 1985 e 2005 (FOLEY et al., 2011).

globais da agricultura (LEITE et al., 2014), como: agricultura de precisão; agricultura de conservação; agricultura orgânica; controle integrado de pragas; variedades de sementes que reduzem consumo de água e fertilizantes; irrigação por gotejamento; plantio direto; pagamento aos agricultores por serviços ambientais (LEITE; BATALHA, 2016; LEITE et al., 2014; FOLEY et al., 2011).

Essas práticas sofreram influências do progresso técnico relacionado com as tecnologias de informação e comunicação (TICs), representadas por uma constelação de inovações radicais (microeletrônica a baixos preços, computadores, softwares, instrumentos de controle, biotecnologia auxiliada por computador, novos materiais) e infraestruturas (cabos, fibras ópticas, rádio e satélites, internet, redes de eletricidade de múltiplas fontes e uso flexível, ligações de transporte físico de alta velocidade) (PÉREZ, 2002). Dentro do setor agropecuário, as TICs nomeiam uma terceira revolução (GUTMAN; ROBERT, 2013).

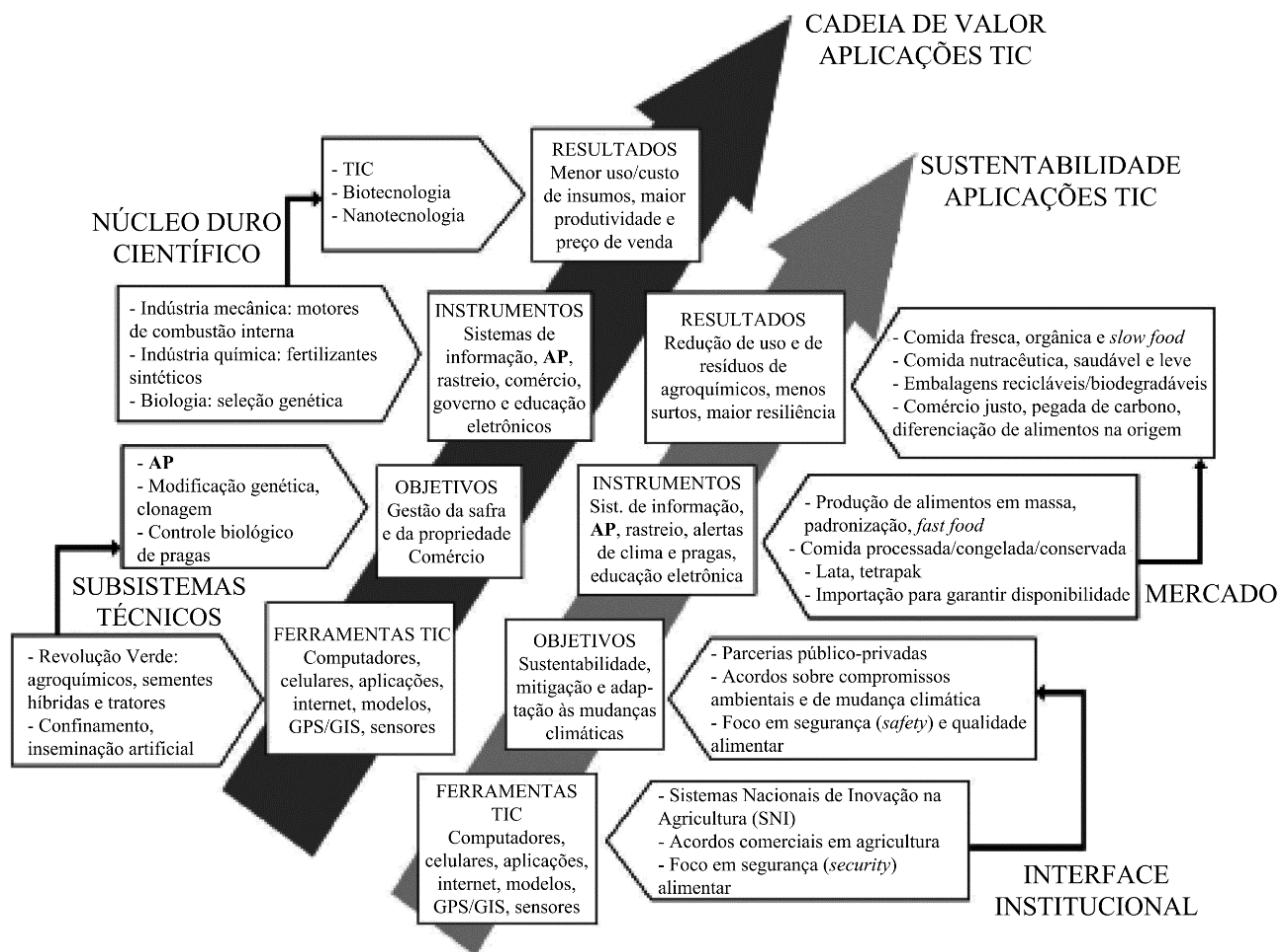
A Figura 1 é uma representação bastante elucidativa dos impactos das TICs na agricultura, ao apresentar em sua complexidade o emaranhado de interações em que se insere a AP no decorrer da evolução dos sistemas de manejo agrícola. Fica patente a importância do aspecto ambiental na composição desses sistemas, bem como do conceito de trajetória tecnológica, entendida aí como “formas de fazer as coisas” no paradigma das TICs aplicadas à agricultura (RODRIGUES, 2013).

A partir de modelos e dados geoespaciais, Foley et al. (2011) revelam as áreas com maiores oportunidades de aumento de produtividade no mundo. Existe uma área considerável sem dados na América Latina, mas tais oportunidades se concen-

tram na área entre o sudeste brasileiro e a bacia do Prata, além de uma área no sul do México. Entre os maiores países da região, a Colômbia tem grande extensão de terra fora da análise supracitada. A Ta-

bela 1 apresenta o peso da América Latina na produção agrícola e na população mundial, permitindo esboçar seu potencial de exportação de alimentos, com destaque aos países mais populosos da região.

Figura 1 – Trajetórias tecnológicas baseadas em TIC e a evolução dos sistemas agrícolas



Fonte: Rodrigues (2013, p. 24, tradução e grifos nossos).

Obs.: TIC: tecnologias de informação e comunicação; AP: agricultura de precisão.

Argentina, Brasil e Colômbia são os países mais populosos e, em conjunto, também são representativos da diversidade étnica encontrada na América do Sul e, em termos geográficos, formam um agrupamento que cobre parte considerável das condições edafoclimáticas da região: a Argentina compartilha características com os países da bacia

do Prata e o sul dos Andes, enquanto a Colômbia contém em si característica de altiplano, floresta amazônica, litoral do Pacífico e Caribe; já o Brasil, além dos pontos de contato com as bacias do Prata e do Paraná no Sul e Oeste e a floresta no Norte, tem diversas áreas com características próprias, com destaque ao cerrado e ao planalto paulista.

Tabela 1 – Valor bruto produção da agricultura e população no ano de 2014.

País ou região	Valor da produção agrícola (em mi USD de 2014)	Valor (em % do total mundial)	População (em mil de habitantes)	População (em % do total mundial)
Argentina	36.650	1,18	42.982	0,59
Brasil	146.179	4,71	204.213	2,80
Colômbia	16.680	0,54	47.792	0,65
América do Sul	272.128	8,78	412.325	5,65
Estados Unidos	252.610	8,15	317.719	4,35

Fonte: Elaboração própria com base em Faostat (2017).

Este artigo de caráter exploratório objetiva identificar o grau relativo de adoção da agricultura de precisão (AP) em Argentina, Brasil e Colômbia e refletir sobre os desafios, distintos e comuns, que estão presentes nesse processo em cada um dos três países. Os procedimentos metodológicos consistem de levantamento sistemático e exaustivo da literatura, análise bibliométrica e análise crítica do conteúdo do material bibliográfico. Este artigo propõe uma forma indireta de medir (uma proxy de medição) o grau de adoção da AP, que é avaliar as características e o volume da pesquisa acadêmica publicada na forma de artigos.

O artigo se subdivide nesta introdução, que anuncia o objeto e os objetivos do trabalho; na parte seguinte discutem-se os conceitos de AP e de adoção de tecnologias na agricultura; a terceira parte, descreve a metodologia utilizada; a quarta parte apresenta seus achados, que estão relacionados com o cenário institucional de pesquisa, o nível de adoção da AP e as barreiras e limites à sua adoção em cada país. Por último, apresentam-se as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL

2.1 DEFINIÇÃO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO

McBratney et al. (2005) afirmam que a definição de AP ainda está em evolução e que vem crescendo o entendimento sobre o que ela possibilita. As concepções de AP teriam passado por ideias como “tecnologias de taxa variável”, “sistemas de condução de veículos”, “mapeamento de colheitadeira” e principalmente “manejo sítio-específico” e caminhariam em direção à qualidade de produtos e gestão ambiental, o que de certo modo se confirmou. É possível observar um itinerário que parte de uma percepção concentrada em tecnologias físicas (no sentido de NELSON; SAMPAT, 2001) para outra mais social e holística, que considera a interação da tecnologia com outros elementos da atividade agrícola. Por essa razão, não se trata apenas de entender o que ela possibilita, mas suas características distintivas em relação a outras interações entre tecnologias agropecuárias e TICs, de modo a delimitar sua abrangência atual e futura, considerando tecnologias ainda inexistentes.

Larson e Robert (1991, apud RABELLO; BERNARDI; INAMASU, 2014) entendem manejo sítio-específico da lavoura como aquele realizado conforme sua variação espacial dentro do campo, incluindo solo, pragas e a própria cultura. Bongiovanni e Lowenberg-DeBoer (2004) incorporam outras dimensões quando afirmam se tratar de fazer a coisa certa (decisão), do jeito certo (técnica), no momento certo (tempo) e – contribuição nossa – no lugar certo. Outra definição destaca a delimitação de unidades reduzidas de terra e tempo, as externalidades de rede associadas e principalmente as “decisões corretas” (MCBRATNEY et al., 2005, p. 8, tradução nossa) – também chamadas de “postura gerencial” (INAMASU et al., 2011, p. 18) ou “estratégia gerencial de evolução contínua” (WHELAN; TAYLOR, 2013, p. 1, tradução nossa). Whelan e Taylor (2013) também ressaltam a importância do aprendizado e do conhecimento na aplicação de insumos e recursos.

Bongiovanni e Lowenberg-Deboer (2004, p. 360-1) especificam as ferramentas de decisão agregando sua interação com as TICs. Tendo entendido AP como um sistema de manejo para a propriedade como um todo, Whelan e Taylor (2013) e também Romero, Araque e Forero (2008) estabelecem o manejo sítio-específico como um subtipo próprio para sistemas de lavoura. Com isso, a intersecção entre as definições estaria no uso de recursos cognitivos ou tecnológicos a fim de mitigar incertezas decorrentes da variabilidade espacial e temporal nas decisões de manejo da lavoura.

Autores afirmam, entretanto, não ser o manejo sítio-específico algo novo na agricultura (WHELAN; TAYLOR, 2013; BONGIOVANNI; LOWENBERG-DEBOER, 2004; STAFFORD, 2000); era praticado

antes do advento do maquinário moderno, quando o agricultor oferecia tratamento diferenciado em resposta a qualquer variação observada no solo. Os mesmos autores indicam que essa prática foi relegada durante a ascensão da mecanização no século passado, favorecendo a padronização e a massificação na aplicação de insumos. Sua retomada foi viabilizada pela interação de maquinário e implementos com as TICs, que permitiram não apenas maior detalhamento das descontinuidades presentes nas lavouras, mas singularização na decisão e na prática agronômica, agora em grande escala.

Há quem distinga entre manejo sítio-específico e AP, sendo esta algo capaz de automatizar esse manejo e viabilizá-lo para a agricultura comercial ao incluir práticas que utilizam TICs (BONGIOVANNI; LOWENBERG-DEBOER, 2004). Com isso, a AP pode ser entendida como conjunto de ferramentas e tecnologias físicas que viabiliza o sistema de manejo sítio-específico – aumentando a base de informação e conhecimento para sua realização –, além de incorporar a questão do impacto ambiental (OROZCO; LLANO R., 2016; MAPA, 2013; ROMERO; ARAQUE; FORERO, 2008). Bernardi e Inamasu (2014a) adicionam explicitamente o tripé da sustentabilidade aos objetivos e resultados da agricultura de precisão.

Há divergência, portanto, se a AP é um conjunto de tecnologias que potencializa o manejo sítio-específico da lavoura ou um sistema de manejo instrumentado por esse conjunto. A interpretação como conjunto de tecnologias a serviço de uma forma de gestão convém ao escopo deste artigo.

O termo “guarda-chuva” *precision farming* inclui o manejo de lavouras, campos e animais (EL-P-AGRI, 2015) ou, além disso, pode abranger tam-

bém irrigação, silvicultura, fruticultura, zootecnia e aquicultura, proporcionando um “manejo que tome proveito das características e potencialidades do grupo, subgrupo ou indivíduo dentro da cultura” (INAMASU et al., 2011, p. 18).

Abaixo segue uma lista não exaustiva e não sistemática com exemplos de produtos e serviços considerados AP (SCARAMUZZA; VÉLEZ; VILLA-ROEL, 2016; EIP-AGRI, 2015):

- Monitores de plantio, produtividade, colheita e animais individuais;
- Piloto automático: guiado por satélite ou por mapas de solo;
- Implementos e máquinas de dosagem variável: irrigação, plantio, colheita e alimentação animal;
- Correções e prescrições por gleba ou orientado por satélite;
- Softwares de suporte à decisão e prescrição de práticas agronômicas por glebas específicas;
- Sistemas de satélite por GPS/GIS² e imageamento;
- Amostragem e mapeamento de condutividade elétrica, composição do solo, produtividade, colheita etc.;
- Controle seletivo de pragas;
- Veículos aéreos não tripulados (VANT, drones);
- Sensoriamento remoto de e telemetria: temperatura, umidade e gotejamento;
- Softwares de transmissão em tempo (quase) real e integração de dados.

Tendo em vista os tipos de impacto das TICs na agricultura e a taxonomia do Manual de Oslo para Inovação, “An innovation is the implementation of a new or significantly improved product (good or service), or process, a new marketing

2 GPS: global positioning system (sistema de posicionamento global); GIS: global information system (sistema de informação global).

method, or a new organisational method in business [sic] practices, workplace organisation or external relations” (OECD, 2005, p. 46). Do ponto de vista da empresa que os coloca no mercado, os itens da lista são todos inovações de produto/serviço, mas para seus adotantes seriam de processo, uma vez que sua implementação e utilização são feitas para otimizar a atividade agrícola, e também organizacional, quando modificam mais profundamente o sistema de manejo da propriedade.

Dessa discussão, depreende-se que a *agricultura de precisão* é um conjunto de inovações organizacionais e de processo que conjugam mecanização com as TICs, permitindo singularização da unidade de produção agrícola, ao considerar a variabilidade espacial, temporal e de cultura em áreas de pequena escala; potencializa áreas antes pouco produtivas; reduz o consumo de combustíveis, água, energia, alimento e o impacto no solo, bem como racionaliza o uso de insumos, especialmente daqueles que geram resíduos e contaminação (p. ex. fertilizantes e agrotóxicos).

2.2 DEFINIÇÃO DE ADOÇÃO TECNOLÓGICA

A adoção, que se consolida com o uso sucessivo de uma tecnologia, pode ser entendida por meio de algumas concepções, entre as quais se destacam: uma mais econômica, como resultado acumulado de uma série de cálculos individuais que pondera o custo de oportunidade entre os benefícios e os custos da adoção, em um contexto de incerteza e de informações limitadas (HALL, KAHN, 2002); outra mais social, como processo no qual uma inovação é comunicada através de certos ca-

nais ao longo do tempo entre membros de um sistema social (ROGERS, 2003). Rodrigues (2013) entende esse contexto caracterizado pela diversidade de ambientes nos países, pela evolução de instituições conectadas ou não com os mercados e pelos processos de aprendizagem dos atores envolvidos nesses ambientes, o que influencia no engajamento dos usuários da tecnologia.

Dados os propósitos deste artigo e seu caráter exploratório, a visão sociocomunicacional de Rogers (2003) apresenta-se como a mais adequada, uma vez que a literatura acessada revela formas de medir essa adoção compatíveis com esta abordagem.

Foram identificadas duas formas principais de medir adoção: número de equipamentos de precisão vendidos por período (ver Tabela 6, abaixo) e de propriedades adotantes, a partir de questionários com tomadores de decisão de propriedades rurais (PINTO; FERREIRA; TEIXEIRA, 2017; SOARES FILHO; CUNHA, 2015; LEITE et al., 2014; SILVA; MORAES; MOLIN, 2011; CIRANI et al. 2010; CIRANI; MORAES, 2010). A limitação da primeira forma está relacionada com o fato de que algumas tecnologias vendidas não são necessariamente utilizadas no campo, pois as novas funções incorporadas dependem de pessoal capacitado para utilizá-las (BERNARDI; INAMASU, 2014a) e infraestrutura para tratar os dados adequadamente (NAGEL, 2013). A segunda forma é mais sólida, mas depende do entendimento particular do respondente sobre a tecnologia. Também surgiu em alguns desses estudos a medição da adoção pela quantidade de área em que a tecnologia é adotada (SOARES FILHO; CUNHA, 2015; GUTMAN; ROBERT, 2013; SILVA; MORAES; MOLIN, 2011; CIRANI et al. 2010).

Vale frisar que este artigo propõe uma forma adicional, mais indireta, que é avaliar características e volume da pesquisa acadêmica publicada sobre certa tecnologia como forma de medir, ou *proxy* de medição, o grau de adoção tecnológica.

3 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos consistiram de levantamento sistemático da literatura, análise bibliométrica e análise crítica do conteúdo do material bibliográfico. A análise bibliométrica foi descritiva, na qual três indicadores foram interpretados: número de publicações científicas (artigos); identificação de autoria e coautoria; instituições de origem dos autores. A análise crítica do conteúdo das publicações permitiu identificar evidências do nível de adoção da AP nos países selecionados (Argentina, Brasil e Colômbia), bem como as formas de medir esse nível, além de barreiras e desafios para que haja essa adoção.

A análise da produção acadêmica (bibliométrica e de conteúdo) apresenta uma dupla função: 1) medida quantitativa, como *proxy* do grau de adoção da AP nos países (item 4.1 da apresentação e discussão dos resultados); 2) identificar conteúdo que aponte evidências e demonstrações de adoção da AP (medida qualitativa das publicações), bem como a existência de obstáculos e desafios desse processo (item 4.2 da apresentação e discussão de resultados). Isso parte do pressuposto que a quantidade e qualidade das publicações acadêmicas têm relação positiva com o nível de adoção da tecnologia nos países. A quantidade e a qualidade das publicações refletiriam diretamente o acúmulo de conhecimento e as tentativas de resolução de

problemas próprios de uma tecnologia cujo grau de adoção vai aumentando. Considerou-se também os EUA como referência de elevado grau de adoção da AP.³

A análise de artigos acadêmicos foi guiada pelo que Karakaya e Sriwannawit (2015) chamam de metodologia em passos transparentes, com artigos encontrados nas bases de dados padrão da Scopus e Web of Science (WoS). O uso de mais de uma plataforma teve o intuito de agregar materiais que poderiam não estar indexados em apenas uma delas.⁴

O primeiro passo foi identificar as palavras-chave e pesquisá-las nesta ordem:

1. Palavras-chave sinônimas e relacionadas com AP e o período de tempo do estudo: “precision farming” OR “precision agriculture” OR “site specific management” OR “site specific crop management” OR “site-specific management” OR “site-specific crop management” OR SSCM OR “precision viticulture” OR “precision horticulture” OR “precision livestock production” OR “precision livestock farming” OR “precision irrigation” AND PUBYEAR > 2000 OR PUBYEAR < 2018;
2. Países: Argentina = argentin*, Brasil = brazil* OR brasil*, Colômbia = colombia* OR colômbia*; Estados Unidos = “United States” OR USA OR american;
3. Considera-se aqui “difusão” como sinônimo de “adoção” (ROGERS, 2003): adopt* OR adop-ción OR adoção OR adot* OR diffus* OR difus* OR difund*.

3 A produção acadêmica dos Estados Unidos no tema serve de referência por se tratar do país com maior número de artigos e ser provavelmente o líder mundial de adoção.

4 Foram tentadas também Ebsco, Jstor e Google Acadêmico, mas a equivalência entre as buscas foi bastante difícil, além do alto número de sobreposições. O funcionamento dos operadores booleanos também não foi adequado para o Google Acadêmico.

O segundo passo consistiu na busca das palavras-chave identificadas nas bases de dados padrão da Scopus e da Web of Science da seguinte forma:

- Pesquisa de 1 e 2 utilizando os parâmetros TITLE-ABS-KEY para Scopus e Tópicos para WoS, que fazem a busca nos campos Título, Resumo e Palavras-chave;
- Pesquisa de 3 no campo “Buscar nos resultados”, de abrangência similar;
- Tipo de documento: artigos acadêmicos em revistas revisadas por pares;
- Janela temporal: 2001-2017;
- Idiomas: inglês, espanhol e português.

Os três países selecionados – Argentina, Brasil e Colômbia – foram escolhidos porque são países grandes, populosos, com produção agrícola bastante relevante (ver Tabela 1), e, em conjunto, também são representativos da diversidade étnica encontrada na América do Sul. Em termos geográficos, formam um agrupamento que cobre parte considerável das condições edafoclimáticas da região.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1 PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS SOBRE AGRICULTURA DE PRECISÃO NOS PAÍSES SELECIONADOS: QUANTIDADE DE ARTIGOS, AUTORIA E COAUTORIA, INSTITUIÇÕES ENVOLVIDAS

A Tabela 2 compara o número de artigos sobre AP nos países selecionados tendo como referência a produção estadunidense. Como um dos primeiros adotantes e exportador de tecnologia,

além de importante produtor agrícola (ver Tabela 1), esperam-se valores altos de pesquisa desse país. Entre os países objeto deste estudo, o Brasil desponta como maior produtor de artigos com revisão por pares, cujos valores indicam haver algum esforço de experimentação da tecnologia às condições

locais e a sujeição dos resultados ao escrutínio de uma comunidade mais ampla e, portanto, nível de adoção mais elevado do que Argentina e Colômbia. Nos casos argentino e colombiano, os valores são residuais, que podem indicar, entre outras possibilidades, um baixo nível de adoção.

Tabela 2 – Número de artigos sobre agricultura de precisão nos países selecionados e Estados Unidos (2001-2017).

Países	Scopus	% do total	WoS	% do total
Estados Unidos	1046	28,56%	1204	36,07%
Argentina	28	0,76%	18	0,54%
Brasil	139	3,80%	95	2,85%
Colômbia	11	0,30%	7	0,21%
Outros países	2438	67,00%	2014	60,00%
Total	3662	100%	3338	100%

Fonte: Elaboração própria a partir das bases de dados Scopus e Web of Science (WoS).

A partir dos dados da Tabela 2 para cada uma das bases de dados, a Tabela 3 consolida e unifica os números da filtragem de artigos que apresentam evidências de adoção de tecnologias de precisão. É importante frisar que foram considerados indícios de naturezas diferentes, afirmações

anedóticas, relatos de caso de adoção em unidades agrícolas, pesquisa de campo com produtores e registros de vendas. A busca por palavras-chave pode levar a alguns desvios e, por isso, nesta etapa, alguns artigos foram excluídos ou passados para um dos outros países, caso se referissem a ele.

Tabela 3 – Número de artigos sobre adoção de agricultura de precisão nos países selecionados (2001-2017).

Países	Argentina		Brasil		Colômbia	
	Scopus	WoS	Scopus	WoS	Scopus	WoS
Para cada base	28	18	139	95	11	7
Para as bases somadas (sem sobreposição)	30		154†		9†	
Com indícios de adoção	3		35		2	

Fonte: Elaboração própria a partir das bases de dados Scopus e Web of Science (WoS).

Nota: †Artigos de Ferraz et al. (2017), Alves, Maia e Barrigossi (2016) e Cruz et al. (2011) referem-se ao Brasil e, por isso, foram transferidos da coluna referente à Colômbia para a do Brasil.

A periodização proposta na Tabela 4 proporciona algumas inferências interessantes. Para a produção acadêmica colombiana, o baixo nú-

mero de publicações impede identificar qualquer padrão de comportamento, exceto pelo fato de que os estudos se iniciam em 2008 (CAMA-

CHO-TAMAYO; LUENGAS; LEIVA, 2008), mas os próximos serão publicados apenas em 2011 (LÄDERACH et al., 2011; CUCUNUBÁ-MELO; ÁLVARO-REZ-HERRERA; CAMACHO-TAMAYO, 2011). Os resultados brasileiros, por outro lado, indicam ter havido um salto nas publicações do primeiro para o segundo período e um crescimento de pouco mais de 40% no período subsequente, o que é

consistente com uma demanda crescente por testes e experimentos com tecnologias de precisão. No caso argentino, mesmo com números reduzidos, é possível verificar certa irregularidade, por ter começado com números muito próximos dos do Brasil, tendo havido queda no período subsequente e retomada no último, mas ainda muito abaixo do país vizinho.

Tabela 4 – Número de artigos publicados que abordam adoção de agricultura de precisão por país por período (2001-2017).

Países	2001-2006	2007-2012	2013-2017	Total
Argentina	8	6	16	30
Brasil	9	60	85	154
Colômbia	0	4	5	9
Total	17	70	106	193

Fonte: Elaboração própria a partir das bases de dados Scopus e Web of Science (WoS).

A investigação apresentou também outros resultados que permitem apreender o cenário de pesquisa em AP nos três países. A Tabela 5 mostra informações com relação à autoria dos artigos. Como consequência do número de artigos de cada país, o universo de autores no Brasil é 4,5 vezes maior do que na Argentina e quase 14 vezes maior do que na Colômbia. O número de autores relevantes também se destaca no Brasil em relação aos

outros dois países. Há ocorrência de coautoria de artigos por representantes de instituições estrangeiras maior em trabalhos sobre o Brasil, embora em termos proporcionais a Argentina se destaque. O número de coautorias entre artigos sobre a Argentina é um destaque, o que denota uma maior conexão proporcional com centros de pesquisa estrangeiros. Entretanto, o número é estatisticamente negligenciável.

Tabela 5 – Perfil dos autores dos artigos dos países selecionados (2001-2017).

	Argentina	Brasil	Colômbia	Totais
Autores	80	361	26	467
“mais importante (> 5 publicações)	4	17	1	22
Ocorrência de artigos com (co)autores de outros países	13	22	1	36

Fonte: Elaboração própria a partir das bases de dados Scopus e Web of Science (WoS).

Obs.: o número mínimo para considerar um autor relevante é o número de publicações do autor colombiano mais encontrado (5), havendo apenas outra autora do país com mais de 1 publicação.

O Quadro 1 apresenta as instituições de pesquisa com autores representados nos artigos, entendidas como entidades públicas, privadas ou

mistas dedicadas à pesquisa teórica ou aplicada a certa área de conhecimento. Foram classificadas por abrangência (nacional, regional, internacional)

e natureza (pública ou privada).⁵ Há instituições privadas em algum nível em todos os países, mas instituições regionais públicas apenas no Brasil. Em Argentina e Brasil também há importante presença de unidades de seus respectivos *institutos nacionales de investigación agropecuaria* (Inias), com uma dedicada exclusivamente à AP na Argentina (Inta Manfredi).

No caso do Brasil e da Argentina, as instituições identificadas no Quadro 1 promovem a adoção da AP com eventos, cursos e a formação de rede de AP. O Curso Internacional de Agricultura y Ganadería de Precisión, promovido pelo Inta Manfredi, já vai para sua 17^a edição em 2018 e contou com artigos de autores de Brasil e Colômbia, bem como outros sul-americanos e estadunidenses. É parte das atividades da Red Agricultura de Precisión, que também funciona como um repositório de informações sobre o assunto (INTA MANFREDI, 2018). A Embrapa já está na segunda edição de uma Rede de Agricultura

de Precisão, também com a função de repositório, mas parece estar desatualizada (EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO, 2018); há também a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP), vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), um fórum consultivo e propositivo de articulação e interlocução para a elaboração de políticas públicas para o setor e é formada por representantes de diversas entidades de abrangência nacional (JUNTOLLI; MOLIN, 2014), cujo principal documento é uma carta de intenções do que precisa ser feito para a promoção da AP no país (MAPA, 2014); no entanto, é possível que essas funções estejam sendo deslocadas para a Associação Brasileira de Agricultura de Precisão (ASBRAAP, 2018), de vinculação privada, que recentemente passou a ser responsável pelo Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão (ConBAP), em sua oitava edição em 2018. Na Colômbia, não foram encontrados eventos e cursos regulares e de grande porte.

Quadro 1 – Institutos de pesquisa com autores representados nos artigos (2001-2017).⁵

Institutos / Países	Argentina	Brasil	Colômbia
Públicos Nacionais	7 unidades do Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Inta): Balcarce, Barrow, CIRN, La Pampa, Manfredi*, Moron e Paraná; Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet)	14 unidades da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa): Agrobiologia, Agrossilvipastoril, Algodão, Arroz e Feijão, Clima Temperado, Instrumentação, Meio Ambiente, Milho e Sorgo, Monitoramento por Satélite, Pecuária Sudeste, Pecuária Sul, Semiárido, Soja, Suínos e Aves; Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE); Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe)	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica)

5 Este trabalho não se propõe a mapear organizações de pesquisa agropecuária de cada país. O referido trabalho de Trigo, Pomareda e Villareal (2012) discute pormenorizadamente o papel dos Inias na América Latina e no Caribe. O mapeamento intranacional, contudo, é uma lacuna na literatura consultada.

Privados Nacionais	Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (Aacreá)	--	Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (Cenicaña)
Públicos Regionais	--	Instituto Rio Grandense do Arroz (Irga), Instituto Agronômico, Campinas (IAC), Instituto Agronômico do Paraná (Iapar), Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (Emater), Centro de Pesquisas do Cacau (Cepec), Instituto Nacional de Pesquisa Amazônica (INPA), Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas (INCT-Inau)	--
Privados Regionais	--	Fundação Mato Grosso para Pesquisa e Difusão de Tecnologia Agropecuária (Fundação MS), Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus)	--
Privados Internacionais	--		Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat)

Fonte: Elaboração própria a partir das bases de dados copus e Web of Science (WoS).

Nota: *Centro especializado em agricultura de precisão.

Os Inias são instituições públicas de pesquisa agroalimentar no âmbito do Ministério da Agricultura, respondem geralmente pela maior parte da pesquisa nos países da América Latina. Esses centros de pesquisa vêm passando por mudanças organizacionais em resposta, entre outras coisas, à penetração das TICs na agricultura, de modo a atender a novas demandas de inovação (TRIGO; POMAREDA; VILLAREAL, 2012).

O intercâmbio e o extravasamento de pesquisa entre os países deste estudo parecem negligenciáveis, havendo apenas um pesquisador colombiano e outro argentino em artigos sobre o Brasil e um pesquisador ligado a instituições argentinas que também aparece vinculado à Colômbia, além de um artigo de brasileiros publicado em uma re-

vista colombiana. Há um exemplo extra-acadêmico de cooperação, contudo: o *Manual de Agricultura de Precisión* (MANTOVANI; MAGDALENA, 2014), coordenado por técnicos da Embrapa e do Inta, no âmbito do Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), em que predominam autores de Brasil e Argentina.

4.2 NÍVEL DE ADOÇÃO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, DESAFIOS E BARREIRAS, NOS PAÍSES SELECIONADOS

Até este ponto, os resultados consolidam a esperada liderança brasileira na adoção de AP nos três países. O que segue é uma análise crítica do conteúdo da literatura com o intuito de qualificar a

adoção de AP, a partir do entendimento das formas de medi-la, bem como dos desafios desse processo. Evidentemente, predomina a literatura sobre o Brasil, mas, como poderá ser observado adiante, muitos dos desafios são gerais para o uso da tecnologia.

A adoção da AP potencialmente aumenta a produtividade e reduz o consumo de insumos, com consequente impacto ambiental positivo. Esse potencial é constantemente reafirmado para diversas culturas e tecnologias utilizadas (DEMATTÉ, 2014), como a calagem do solo a taxa variável (BOTTEGA et al., 2014), o controle de pragas (CASICIA et al., 2015). Há também estudo estatístico que mostra o potencial de aumento de produtividade e a redução da quantidade de fertilizantes com a adoção de AP na produção de soja em Brasil, Argentina, EUA e continente africano, com ganhos expressivos em todos os casos. O mesmo estudo apresenta dados para municípios do estado do Rio Grande do Sul (Brasil), em que a redução média no uso de fertilizantes foi de 33,1%, o que também representa impacto positivo no meio ambiente (ARTUZO; FOGUESATTO; SILVA, 2017).

Para aprofundar a análise do conteúdo da literatura acerca das evidências e desafios da adoção, cabe apresentar os resultados país a país.

4.2.1 ARGENTINA

Conforme Domenech et al. (2017), citando Swinton e Lowenberg-Deboer (2001),⁶ na planície sudeste dos Pampas argentinos, a maioria dos campos possuiria grande disponibilidade de informações auxiliares em razão da rápida adoção de tec-

nologias de AP nas últimas décadas. Os principais adotantes na região dos Pampas são de grande porte e correspondem a 5% do total de fazendas do país (GUTMAN; ROBERT, 2013).

Mieza et al. (2016, p. 158) fez um breve levantamento bastante rico em informações sobre o cenário argentino de AP:

In Argentina site-specific management, also known as Precision Farming, started to be developed around 1990, promoted by the National Agricultural Technology Institute (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)) (Bragachini et al., 2011). The number of yield monitors increased significantly from 2004 to 2010, with some 9600 units in 2014. Since 2007, variable rate technology (VRT) equipment has been rapidly increasing with approximately 2600 units in 2014 (Méndez et al., 2014). Some statistics show that 87% of all site specific management adopters use yield maps to some extent and 66% use satellite imagery. Most of them use yield data for visualization (83%) and some of them to delimit management zones (77%). The percentages are lower for the application of VRT for seeds and fertilizers (33% and 44% respectively). There is no statistical information regarding the use of topographical data or Geographic Information Systems (GIS) (MELCHIORI et al., 2013).

Nesse trabalho, a gestão sítio-específica é confundida com AP e teria começado em torno de 1990, promovida pelo Inta. Há aqui provavelmente uma inconsistência de data, pois em Bragachini et al. (2011, p. 1) indica-se

6 Em Swinton e Lowenberg-Deboer (2001) não foram encontradas demonstrações dessa afirmação.

expressamente o ano de 1996. Haveria, ademais, uma tendência de crescimento nas vendas de monitores de colheita e equipamentos com tecnologia de taxa variável (até 2014). Dos adotantes de gestão sítio-específica, por exemplo, 87% usam mapas de colheita em alguma medida. Entretanto, não é possível saber o número total de adotantes. A falta de mapas de colheita representativos (devido a erros no sensoriamento em decorrência de dados não calibrados ou faltantes, práticas anteriores de manejo, condições meteorológicas extremas, etc.) não permite aproveitamento de monitores de colheita em todo seu potencial (MIEZA et al., 2016). Justamente por esses eventuais problemas, a análise dos relatórios de colheita não garantiria as melhores recomendações agronômicas. Os artigos citados anteriormente indicam que a região dos Pampas argentinos é importante para estudos de adoção de AP, o que é esperado, devido à importância da região na agricultura do país. Eles indicam também que a literatura produzida pelo Inta é uma fonte importante a ser consultada.

Por outro lado, essa mesma literatura faz afirmações genéricas, não demonstradas, sobre o nível relativo de adoção da AP na Argentina, a exemplo da afirmação persistente de que haveria liderança argentina:

Argentina es el segundo país en el mundo en adopción de Agricultura de Precisión después de EE.UU. y el primero de Latinoamérica en desarrollo, fabricación y adopción. (BRAGACHINI; USTARROZ, 2016, p. 3, grifo nosso)⁷

⁷ Segundo Bragachini (2006), a Argentina seria o segundo país do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos, em número de monitores de

[Argentina] alcanzó el liderazgo en fabricación de herramientas y adopción de la Agricultura de Precisión en Latinoamérica lo cual posiciona a las máquinas de fabricación nacional y productores como competitivos a nivel global (BRAGACHINI, 2010, p. 27, também p. 9, 16, 18, 21).

Não foram encontradas evidências empíricas consistentes da afirmação acima nessa literatura.⁸ É provável que se baseiem em informações como as da Tabela 6, para a qual não se apresentam definições precisas e metodologia de coleta (critérios de levantamento, fonte de dados etc.).⁹

A Argentina é o único dos três países em que foram encontrados números explícitos sobre o nível de adoção para um grande território ou população, mas sem a demonstração de como esses números foram obtidos. O Inta Manfredi estima que 20% do total de terras de agricultura extensiva é gerido por práticas de AP (GUTMAN; ROBERT, 2013). Haveria também uma rede de aplicação de AP, composta de proprietários, consultores técnicos (na propriedade ou contratados), prestadores de serviço especializados e instituições de pesquisa e desenvolvimento públicas (como o Inta) e privadas (como a Aacreá, ver Quadro 1) (GUTMAN; ROBERT, 2013).

desempenho e quinto em número de monitores por hectare plantado.

⁸ Os autores deste artigo tentaram contato com o pesquisador (e autor) mencionado em busca de conhecer a metodologia utilizada na formulação da Tabela 6, mas não obtiveram nenhuma resposta.

⁹ A versão mais atual está disponível em Scaramuzza, Villaruel e Velez (2017). Mieza et al. (2016) também mencionam dados de versões anteriores de relatórios similares produzidos pelo Inta.

Tabela 6 – Ferramentas de agricultura de precisão na América do Sul (2008).

Países	Orientação GPS para aplicadores do solo	Monitores de plantio	Monitores de colheita	Tecnologia de taxa variável (aplicadores de sementes e fertilizantes)	Piloto automático
Argentina	9000	8000	4500	1000	400
Brasil	18000	6000	2000	1300	1200
Outros	2000	1200	1000	50	50
Total	29000	15200	7500	2350	1650

Fonte: Bragachini (2010, p. 21, tradução nossa).

É muito provável que haja regiões ou tipos de propriedade com significativo nível de adoção de diversas tecnologias de AP no país, o que teria o suporte na importância da agricultura de grande escala no país e nos números de vendas de maquinário,¹⁰ mas a contundência das afirmações de liderança não tem correspondência com o baixíssimo número de publicações científicas, o que proporciona um quadro nebuloso para avaliar a adoção da AP no país. Conforme já mencionado, ademais, as pesquisas sobre nível de adoção no âmbito do Inta foram publicadas com insuficiências metodológicas.

4.2.2 Brasil

Existe uma demanda relativamente recente de levantamento de informações sobre o nível de adoção de AP no país, conforme Molin (2014, p. 7):

Não são disponíveis dados estatísticos confiáveis quanto aos níveis de adoção de AP no Brasil. No entanto observa-se um mercado ativo e com número crescente de empresas buscando

oferecer produtos e serviços e conectando-os à AP. Porém é necessário que levantamentos sejam executados e dados sejam divulgados visando ao entendimento da adoção por parte dos agricultores, das limitações e das tendências do mercado de AP.

Não há no Brasil números de vendas de máquinas e implementos de precisão como na Argentina. Em resposta a isso, foi criado o grupo Grupo de Trabalho de Estatísticas de Mercado (GTEM) no âmbito do CBAP (Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão), com o intuito de mapear o mercado de AP com o apoio de entidades que representam os fabricantes de máquinas e implementos (MAPA, 2012); entretanto, não houve até o momento resultados palpáveis desse trabalho.

Há autores que classificam a fase de adoção de AP no Brasil como aquela em que os agricultores tentam resolver a maior parte dos problemas com mapas de produtividade e de fertilidade (ZONTA et al., 2014; DALCHIAVON et al., 2012). Eles estariam buscando melhorar a implementação dessas técnicas (DALCHIAVON et al., 2013). Há relativo consenso de que a prática mais comum nas propriedades seria o uso da

10 A quantidade de equipamentos vendidos é usada como proxy para o nível de adoção da AP.

taxa variável, tanto na dosagem de corretivos e fertilizantes (BOTTEGA et al., 2016; BERNARDI; INAMASU, 2014b).

Em 2011, a análise de solo por amostragem de quadrantes (5 ha) já seria comum em algumas regiões do Brasil (NANNI et al., 2011), sendo reduzido posteriormente para 4 ha nas culturas de cana e soja (DEMATTÊ et al., 2017). A amostragem georreferenciada de solo também seria uma realidade (CHERUBIN et al., 2015) – com evidências geográficas restritas de 31% de adoção (SILVA, MORAES; MOLIN, 2011; CIRANI et al., 2010; CIRANI; MORAES, 2010) – para orientar a taxa variável na calagem do solo (BOTTEGA et al., 2014). Inclusive há recomendações técnicas da Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC para o número correto de amostras (AP > abordagem tradicional) (CHERUBIN et al., 2015), cuja existência sugere nível importante de adoção. Entretanto, o custo de oportunidade entre obter a melhor resolução para cada tipo de gleba e a análise de solo em geral é um problema que perpassa o período e as diversas culturas (BOTTEGA et al., 2017; DEMATTÊ et al., 2017; MACHADO; LANÇAS, 2016; GEBLER et al., 2015; KRAMER et al., 2014; NANNI et al., 2011).

A cultura de cana-de-açúcar, em especial no estado de São Paulo, é provavelmente aquela com maior qualidade dos dados sobre adoção da AP. Havia indicativos de adoção já em 2001 para uma área de cultivo comercial de 15 mil ha, em que se aplicou uma abordagem de controle de erosão baseada em AP (SPAROVEK; SCHNUG, 2001). Em período mais recente foram feitos estudos consistentes para avaliação do nível de adoção na cultura da cana-de-açúcar no estado de São Paulo.¹¹ Até então não havia

11 Silva, Moraes, Molin (2011); Cirani e Moraes (2010); Cirani et al.

análises sobre adoção e impactos da AP no país, especialmente na cana-de-açúcar (SILVA, MORAES; MOLIN, 2011). Dois desses estudos, similares entre si, são bastante representativos, valendo-se de estatística descritiva a partir de entrevistas com o responsável técnico das usinas e destilarias, com o total de respondentes representando 42% das empresas sucroalcooleiras de São Paulo e 57% da produção regional no ano de 2008. Seguem alguns dados que corroboram a conclusão de que o índice de adoção nessa cultura na região é expressivo: 56% da amostra utiliza AP (SILVA, MORAES; MOLIN, 2011; SILVA CIRANI et al, 2010), com tempo médio de uso de 4 anos (52%), e 96% pretende ampliar o uso de práticas de AP (SILVA, MORAES; MOLIN, 2011; SILVA CIRANI et al, 2010).

Devido à escassez de estudos, métodos e equipamentos e altos custos, haveria baixa adoção de AP em café, citros e algodão (FERRAZ et al., 2015; SANA et al., 2014; ZONTA, 2014; MOLIN; MASCARIN, 2007).

A caracterização adequada das glebas da propriedade e o preço dos insumos estão entre as condições mais importantes para o sucesso no uso da AP (GUTMAN; ROBERT, 2013). Seus custos de implantação e de serviços podem ser muitos altos e a economia de insumos pode não superá-los (SOUSA; MOREIRA; CASTRO, 2016; DEMATTÊ et al., 2014). Produtores e operadores enfrentam ainda outros desafios, como a baixa compreensão da importância dos mapas de colheita e a falta de capacitação dos operadores e dos gestores dos sistemas de produção com relação aos conteúdos relacionados à AP (MOLIN, 2014). Entretanto, há pesquisa que indica que 56,82% dos produtores rurais

(2010), liderados por Claudia Brito Silva (Cirani), registrada com sobrenomes distintos, e Márcia Azanha Ferraz Dias Moraes.

entrevistados não fizeram treinamentos específicos sobre AP com seus colaboradores (SOARES FILHO; CUNHA, 2014). A Tabela 7 sintetiza as barreiras relacionadas com conhecimento e capacitação encontradas em artigos que realizaram estimativa sobre adoção de AP, a partir dos quais se destaca a falta de pessoal qualificado como barreira relevante e quase unânime. Há correlação positiva entre ní-

vel de adoção e nível superior de escolaridade dos proprietários (LEITE et al., 2014), havendo controvérsia quanto ao ensino médio, se essa correlação é positiva ou neutra (PINTO; FERREIRA; TEIXEIRA, 2017). A idade mais elevada dos produtores foi considerada negativa na adoção, mas essa não é uma questão pacificada na literatura (PINTO; FERREIRA; TEIXEIRA, 2017).

Tabela 7 – Barreiras relacionadas com conhecimento e capacitação encontradas em artigos com demonstrações consistentes.

Artigos	Soares Filho e Cunha (2014, p. 695)	Silva, Moraes e Molin (2011, p. 79) e Cirani et al. (2010, p. 202)*	Leite et al. (2014, p. 424) **
Insuficiência de pessoal qualificado	< 80%	94/89%	--
Falta de clareza da viabilidade técnica/econômica	30%	--	--
Informações inadequadas	> 20%	82/63%	56%
Ausência de serviços técnicos adequados	20%	82/82%	40%

Fontes: Leite et al. (2014, p. 424), Soares Filho e Cunha (2014, p. 695), Silva, Moraes e Molin (2011, p. 79) e Cirani et al. (2010, p. 202).

Obs.: * Adotantes/não adotantes. **Sobre práticas de intensificação sustentável, inclusive AP (relevante/muito relevante).

No Brasil, parece existir um número maior de regiões envolvidas no uso das tecnologias de precisão, além de um maior número de culturas envolvidas. Há também um maior número de instituições envolvidas na pesquisa. Ao menos no tema, a Embrapa parece estar em fase de adaptação para a terceira geração dos Inrias, assumindo relativo protagonismo na governança da rede, mas sem concentrar a produção de conhecimento. No entanto, há uma evidente concentração de estudos nas culturas predominantes no estado de São Paulo, provavelmente por ter uma malha mais densa de universidades, o que denota desigualdades regionais marcantes.

4.2.3 Colômbia

O número de artigos acadêmicos encontrados na pesquisa documental para o país é bastante baixo, o que corresponde à afirmação de que “en Colombia la implementación de tecnologías y procedimientos de AP está aún en fases iniciales” (OROZCO; LLANO R., 2016, p. 108).

Foi o único país, entretanto, com um estudo sobre pecuária de precisão, que aponta o uso de sistemas de informação geográfica para análises epidemiológicas na produção animal, mais especificamente na detecção, vigilância e controle de enfermidades relacionadas com os deslocamentos dos animais. Mas o uso dessa tecnologia ainda é

pouco disseminado (PARRA-HENAO, 2010, apud ESPINOSA; DUQUE; ARROYAVE, 2016).

A Corpoica (2016) aponta, sem nenhum aprofundamento, que dará continuidade aos estudos com AP para a cultura da soja em 2017, o que possivelmente reflete baixo nível de adoção nessa cultura, pois não foram encontrados estudos com esses resultados. Foi indicada como uma primeira barreira (também na subseção anterior, sobre o Brasil) o alto custo e a demora das análises químicas na caracterização das propriedades do solo (CAMA-CHO-TAMAYO; RUBIANO S.; HURTADO S., 2014).

Foram encontrados dois artigos que estudam o uso de AP na produção de óleo de palma, vinculado ao Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), tendo como referência o que é realizado na Malásia (LIZARAZO S.; CARVAJAL, 2011; ROMERO; ARAQUE; FORERO, 2008). Ainda há referência ao potencial e ao uso de AP no cultivo da cana-de-açúcar, localizado majoritariamente no vale do rio Cauca (OROZCO; LLANO R., 2016; ROMERO; ARAQUE; FORERO, 2008), que tem como referência estudos brasileiros, talvez por sua liderança nessa cultura. Ademais, há menção ao uso em outras culturas, como banana, cultivos florestais e semestrais, como milho e algodão, mas com ausência de demonstração (ROMERO; ARAQUE; FORERO, 2008).

A qualidade das informações acerca da Colômbia indica um nível incipiente de adoção de AP, com algumas iniciativas espasmódicas. Não parece haver também um conjunto articulado de organizações ligado ao tema, talvez ainda preso ao modelo de pesquisa por cultivo. Uma investigação mais aprofundada na estrutura de pesquisa e extensão agropecuária colombiana é necessária para enten-

der outros problemas que talvez sejam anteriores à adoção de uma tecnologia com as características da AP. Isso poderia não apenas ajudar a entender a questão no país, como permitiria paralelos com regiões do Brasil em que o uso da tecnologia ainda não tenha se desenvolvido, a despeito de seu evidente potencial.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura de precisão é uma tecnologia que coloca em xeque o *tradeoff* entre sustentabilidade e “economicidade”. A grande mudança é a forma de pensar a agricultura a que as práticas de intensificação sustentável, em especial a AP, obrigam os envolvidos. Isso vem acompanhado de grande complexidade técnica e de conhecimento transversal. Por outro lado, aí estão oportunidades de desenvolvimento para os países, materializadas no potencial de pesquisa para universidades e centros de investigação, de inovações para produtores, fornecedores e prestadores de serviço.

Nesse sentido, uma avaliação padronizada e contínua do nível de adoção nas diversas regiões é a base para dimensionar este potencial, ao mapear necessidades, desafios, efeitos e oportunidades, o que permite comparar resultados nacional e internacionalmente e propor ações com melhores resultados. Conforme apresentado, há várias formas de observar a adoção e relevantes problemas metodológicos na sua medição. A utilização do número de publicações científicas relacionadas com a AP, com as limitações que isso implica, permitiu identificar em caráter exploratório que o Brasil está em uma posição mais avançada na adoção da AP em relação à Argentina e à Colômbia. O Brasil não só tem

um número bem superior de artigos publicados e de organizações (públicas e privadas) envolvidas na pesquisa, como parece ter maior abrangência em termos geográficos e de tipos de culturas.

Há enormes desafios para os três países selecionados para a adoção de AP. Mas o Brasil parece estar mais adiantado no sentido da existência de um conjunto de organizações que podem funcionar como rede para a adoção das tecnologias de AP pelo território e sua consolidação como prática de intensificação sustentável da produção no campo. O desafio estaria justamente na governança dessa rede, com equilíbrio dos setores público e privado, pois há ainda certa indefinição dos papéis de Embrapa, CBAP e AsBraAP. No extremo oposto estaria a Colômbia, em que ainda é necessário constituir e conectar organizações voltadas ao desenvolvimento e à adoção da AP. O recomendável seria iniciar em torno de culturas estratégicas para o país. A meio do caminho estaria a Argentina, em

que já existe uma estrutura organizada e ativa e um nível de adoção considerável em certas regiões, mas que precisa dar um salto para uma estrutura mais moderna, diversificada e mais interconectada.

Ainda muito precária, a cooperação regional oferece grande potencial para o *catching-up* colombiano (e de outros países da região). A predominância de culturas agrícolas idênticas ao Brasil (ex.: cana-de-açúcar e café), o mesmo idioma da Argentina e a presença de indústria de maquinário agrícola relevante em ambos poderiam facilitar esse processo, com a vantagem de contornar experiências negativas pelas quais passaram os precursores. Aos líderes regionais seriam ampliadas as oportunidades de mercado para máquinas, implementos e prestação de serviço, bem como de intercâmbios em pesquisa e outras formas de cooperação, com o que colaborariam estudos locais para o desenvolvimento de práticas de intensificação sustentável e a subsequente avaliação padronizada do nível de sua adoção da AP.

REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, M. Interdisciplinary progress in food production, food security and environment research. **Environmental Conservation**, 2011, v. 38 n. 2, p. 151-171. doi: <https://doi.org/10.1017/S0376892911000257>.
- ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA J. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. **ESA Working Paper**, n. 12-03. Roma: FAO, 2012. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/esa/Global_persepctives/world_ag_2030_50_2012_rev.pdf. Acesso em: 28 nov. 2018.
- ALVES, T. M.; MAIA, A. H. N.; BARRIGOSI, J. A. F. Spatial distribution and coexisting patterns of adults and nymphs of *Tibraca limbativentris* (hemiptera: pentatomidae) in paddy rice fields. **Environmental Entomology**, 2016, p. 1-10. doi: <https://doi.org/10.1093/ee/nvw141>.
- ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SILVA, L. X. da. Agricultura de precisão: inovação para a produção mundial de alimentos e otimização de insumos agrícolas. **Tecnologia e Sociedade**, 2017, v. 13, n. 29, p. 146-161. doi: <http://dx.doi.org/10.3895/rts.v13n29.4755>.

REFERÊNCIAS

ASBRAAP (Associação Brasileira de Agricultura de Precisão). Site institucional. Disponível em: <http://www.asbraap.org>. Acesso em: 25 abr. 2018.

BANCO MUNDIAL. Indicators. Disponível em: <http://data.worldbank.org/indicator>. Acesso em: 28 jun. 2017.

BERNARDI, A. C. C.; INAMASU, R. Y. Adoção da agricultura de precisão no Brasil. In: BERNARDI, A. C. C. et al. (eds.). **Agricultura de precisão:** resultados de um novo olhar. Brasília: Embrapa, 2014b, p. 559-577. Disponível em: <https://www.embrapa.br/instrumentacao/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1002959/agricultura-de-precisao-resultados-de-um-novo-olhar>. Acesso em: 24 nov. 2016.

BERNARDI, A. C. C.; INAMASU, R. Y. Agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C. C. et al. (eds.). **Agricultura de precisão:** resultados de um novo olhar. Brasília: Embrapa, 2014a, p. 21-33. Disponível em: <https://www.embrapa.br/instrumentacao/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1002959/agricultura-de-precisao-resultados-de-um-novo-olhar>. Acesso em: 24 nov. 2016.

BONGIOVANNI, R.; LOWENBERG-DEBOER, J. Precision agriculture and sustainability. **Precision agriculture**, 2004, v. 5, p. 359-387. doi: <https://doi.org/10.1023/B:PRAG.0000040806.39604.aa>.

BOTTEGA, E. L. et al. Precision agriculture applied to soybean crop: Part II - Temporal stability of management zones. **Australian Journal of Crop Science**, 2017, v. 11, n. 6, p. 676-682. doi: <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.17.11.06.p382>.

BOTTEGA, E. L. et al. Sampling grid density and lime recommendation in an Oxisol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2014, v. 18, n. 11, p. 1142-1148. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1142-1148>.

BOTTEGA, E. L. et al. Spatial and temporal distribution of weeds in no-tillage system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20 n. 12, p. 1107-1111. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n12p1107-1111>.

BRAGACHINI, M. Desarrollo industrial de la maquinaria agrícola y agropartes en Argentina: impacto económico y social. Manfredi (Argentina): Inta, 2010. Disponível em: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/maquinaria/DesarrolloIndustrialMaquinariaAgricolaYAgropartes.asp>. Acesso em: 29 abr. 2018.

BRAGACHINI, M. Mecanización agrícola en Argentina: presente y futuro, "innovaciones tecnológicas previsibles". 2006. Disponível em: <http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/maquinaria-agricola/Innovaciones-Tecnologicas-Previsibles.asp>. Acesso em: 29 abr. 2018.

BRAGACHINI, M.; MENDEZ, A.; VÉLEZ, J.P. Argentina, un referente mundial en tecnología de Agricultura de Precisión. 2011. Disponível em: <http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/varios/Argentina-Referente-Mundial-AP.asp>. Acesso em: 18 ago. 2018.

REFERÊNCIAS

BRAGACHINI, M.; USTARROZ, F. El valor agregado de la maquinaria agrícola y agropartes de Argentina: mercado interno y exportación. In: BRAGACHINI, M. (ed.). **Recopilación de presentaciones técnicas:** 15º Curso Internacional de Agricultura y Ganadería de Precisión. Manfredi (Argentina): Inta, 2016. Disponível em: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-1-el_valor_agregado_de_la_maquinaria_ agricola_y_agropartes_de_argentina_-_bragachini_m.pdf. Acesso em: 29 abr. 2018.

CAMACHO-TAMAYO, J. H.; LUENGAS, C. A.; LEIVA, F. R. Effect of agricultural intervention on the spatial variability of some soils chemical properties in the Eastern Plains of Colombia. **Chilean Journal of Agricultural Research**, 2008, v. 68, n. 1, p. 42-55. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392008000100005>.

CAMACHO-TAMAYO, J. H.; RUBIANO S., Y.; HURTADO S., M. de P. Near-infrared (NIR) diffuse reflectance spectroscopy for the prediction of carbon and nitrogen in an oxisol. **Agronomía Colombiana**, 2014, v. 32, n. 1, p. 86-94. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n1.38967>.

CAMICIA, R. F. M. et al. Selection of grids for weed mapping. **Planta Daninha**, 2015, v. 33, n. 2, p. 365-373. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-83582015000200023>.

CHERUBIN, M. R. et al. Dimensão da malha amostral para caracterização da variabilidade espacial de fósforo e potássio em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2015, v. 50, n. 2, p. 168-177. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2015000200009>.

CIRANI, C. B. S., MORAES, M. A. F. D. de. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 2010, v. 48, n. 4, p. 543-565. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032010000400003>.

CIRANI, C. B. S., MORAES, M. A. F. D. et al. Uma análise de inovação a partir do estudo da adoção e uso de tecnologias de agricultura de precisão na indústria sucroalcooleira paulista. **Revista de Administração e Inovação**, 2010, v. 7, n. 4, p. 186-205. doi: <https://doi.org/10.5585/rai.2010690>.

CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). **Informe anual 2016 | XXVI Asamblea General de Miembros Activos**. Mosquera (Colômbia): Corpoica, 2017.

CRUZ, J. S. et al. Spatial variability of an Alfisol cultivated with sugarcane. **Ciencia e Investigación Agraria**, 2011, v. 38, n. 1, p. 155-164. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202011000100015>.

CUCUNUBÁ-MELO, J. L.; ÁLVAREZ-HERRERA, J. G.; CAMACHO-TAMAYO, J. H. Identification of agonomic management units based on physical attributes of soil. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, 2011, v. 11, n. 1, p. 87-99. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162011000100008>.

DALCHIAVON, F. C. et al. Strategy of specification of management areas: rice grain yield as related to soil fertility. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 2013, v. 37, n. 1, p. 45-54. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000100005>.

REFERÊNCIAS

- DALCHIAVON, F. C. et al. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto. **Revista de Ciência Agronômica**, 2012, v. 43, n. 3, p. 453-461. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902012000300006>.
- DEMATTÉ, J. A. M. et al. Chemometric soil analysis on the determination of specific bands for the detection of magnesium and potassium by spectroscopy. **Geoderma**, 2017, v. 288, p. 8-22. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.11.013>.
- DEMATTÉ, J. A. M. et al. Precision agriculture for sugarcane management: a strategy applied for brazilian conditions. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 2014, v. 36, n. 1, p. 111-117. doi: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v36i1.17664>.
- DOMENECH, M. B. et al. Sampling scheme optimization to map soil depth to petrocalcic horizon at field scale. **Geoderma**, 2017, v. 290, p. 75-82. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.12.012>.
- EIP-AGRI (European Innovation Partnership, Agricultural Productivity and Sustainability). **EIP-Agri Focus Group Precision Farming**, Final Report, nov. 2015. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/publications/eip-agri-focus-group-precision-farming-final>. Acesso em: 29 abr. 2018.
- EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO. Rede Agricultura de Precisão. 2018. Disponível em: <https://www.macropograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2>. Acesso em: 23 abr. 2018.
- ESPINOSA, H. R.; DUQUE, A. B.; ARROYAVE, J. E. N. Aplicación de los Sistemas de Información Geográficos (SIG) para la implementación de ganadería de precisión. **Livestock Research for Rural Development**, 2016, v. 28, n. 8. Disponível em: <http://www.lrrd.org/lrrd28/8/rodr28144.html>. Acesso em: 29 abr. 2018.
- FAOSTAT. Food and agricultural data. 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/>. Acesso em: 8 ago. 2017.
- FERRAZ, G. A. e S. et al. Variabilidade espacial da dose de P₂O₅ e K₂O para adubação diferenciada e convencional em lavoura cafeeira. **Coffee Science**, 2015, v. 10, n. 3, p. 346-356. Disponível em: <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/878>. Acesso em: 28 nov. 2018.
- FERRAZ, G. A. e S. et al. Methodology to determine the soil sampling grid for precision agriculture in a coffee field. **DYNA**, 2017, v. 84, n. 200, p. 316-325. doi: <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n200.52740>.
- FOLEY, J. A. et al.. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, 2011, v. 478 n. 7369, p. 337-42. doi: <https://doi.org/10.1038/nature10452>.
- GEBLER, L. et al. Spatial influence of physical and chemical parameters on management zone definition in apple orchards. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 6, p. 1160-1171. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n6p1160-1171/2015>.

REFERÊNCIAS

- GUTMAN, G. E., ROBERT, V. ICTs and information management (IM) in commercial agriculture: contributions from an evolutionary approach. In: RODRIGUES, M., RODRÍGUEZ, A. (orgs.). **Information and communication technologies for agricultural development in Latin America: trends, barriers and policies.** Santiago: ECLAC, 2013, p. 157-204. Disponível em: <https://www.cepal.org/en/publications/35400-information-and-communication-technologies-agricultural-development-latin-america>. Acesso em: 29 abr. 2018.
- INAMASU, R. Y. et al. Introdução: Agricultura de Precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro. In: _____ et al. (eds.). **Agricultura de precisão: um novo olhar.** São Carlos (Brasil): Embrapa Instrumentação, 2011, p. 14-26. Disponível em: <https://www.macropograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2/publicacoes/publicacoes-da-rede-ap/capitulos>. Acesso em: 26 nov. 2018.
- INTA MANFREDI. Red Agricultura de Precisión, 2018. Disponível em: <http://www.agriculturadeprecision.org>. Acesso em: 23 abr. 2018.
- KARAKAYA, E.; SRIWANNAWIT, P. (2015). Barriers to the adoption of photovoltaic systems: The state of the art. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 60-66, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.058>.
- KRAMER, L. F. M. et al. Atributos químicos do solo associados à produtividade do trigo em um talhão com diferentes potenciais produtivos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 2014, v. 38, n. 4, p. 1190-1199. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000400015>.
- LÄDERACH, P. et al. Systematic agronomic farm management for improved coffee quality. **Field Crops Research**, 2011, v. 120, n. 3, p. 321-329. doi: <https://dx.doi.org/doi:10.1016/j.fcr.2010.10.006>.
- LAMBERT, D. M.; LOWENBERG-DEBOER, J.; BON-GIOVANNI, R. A comparison of four spatial regression models for yield monitor data: A case study from Argentina. **Precision Agriculture**, 2004, v. 5, p. 579-600. doi: <https://doi.org/10.1007/s11119-004-6344-3>.
- LEITE, A. E.; BATALHA, M. O. Agricultura sustentável e cooperativismo: quais ligações possíveis? **Interciencia**, v. 41, n. 10, 2016, p. 660-7. Acesso em: <http://www.redalyc.org/html/339/33947690002/>. Disponível em: 29 abr. 2018.
- LEITE, A. E. et al. Agricultural production and sustainable development in a Brazilian region (Southwest, São Paulo State): motivations and barriers to adopting sustainable and ecologically friendly practices. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 21, n. 5, 2014, p. 422-9. doi: <https://doi.org/10.1080/13504509.2014.956677>.
- LIZARAZO S., I. A.; CARVAJAL, O. A. A. Aplicaciones de la agricultura de precisión en palma de aceite Elaeis Guineensis e híbrido O x G. **Revisita de Ingeniería**, 2011, n. 33, p. 124-130. Disponível em: <https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/185>. Acesso em: 29 abr. 2018.

REFERÊNCIAS

MACHADO, T. M.; LANÇAS, K.P. Prototype for soil mechanical resistance measurement with chisel plow automated control. **Engenharia Agrícola**, 2016, v. 36, n. 4, p. 646-655. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n4p646-655/2016>.

MANTOVANI, E. C., MAGDALENA, C. Manual de agricultura de precisión. Montevideo: IICA, 2014. Disponível em: http://www.procisur.org.uy/adjuntos/fb97915de88a_ura_de_precision.pdf. Acesso em: 29 abr. 2018.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Agenda estratégica agricultura de precisão 2014-2030**. Brasília: MAPA/ACS, 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/tecnologia-agropecuaria/agricultura-de-precisao-1/arquivos-de-agricultura-de-precisao/agenda-estrategica-do-setor-de-agricultura-de-precisao.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2018.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Agricultura de precisão**: boletim técnico. Brasília: MAPA/ACS, 2013.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Ata da Primeira Reunião da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão. 2012 Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/tecnologia-agropecuaria/agricultura-de-precisao-1/arquivos-de-agricultura-de-precisao/pauta-da-1deg-reuniao-da-cbap-1.pdf/view>. Acesso em: 26 abr. 2018.

MCBRATNEY, A., et al. Future directions of precision agriculture. **Precision Agriculture**, v. 6, 2005, p. 7-23. doi: <https://doi.org/10.1007/s11119-005-0681-8>.

MÉNDEZ A., et al. Evolución de la agricultura de precisión en Argentina en los últimos 15 años. **13º Curso Internacional de Agricultura de Precisión**, Manfredi (Argentina), 24 e 25 de setembro de 2014. Disponível em: <https://inta.gob.ar/documentos/evolucion-de-la-agricultura-de-precision-en-argentina-en-los-ultimos-15-anos>. Acesso em: 29 abr. 2018.

MIEZA, M. S. et al. Delineation of site-specific management units for operational applications using the topographic position index in La Pampa, Argentina. **Computers and Electronics in Agriculture**, 2016, v. 127, p. 158-167. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.06.005>.

MOLIN, J. P. Agricultura de precisão no Brasil: estado atual, avanços e principais aplicações. **13º Curso Internacional de Agricultura de Precisión con agregado de valor de origen**, 2014 (recopilación de presentaciones técnicas). Manfredi (Argentina): INTA, 2014. Disponível em: http://www.agriculturadeprecision.org/descargaitem.asp?item=/13roCursoAgPrec/Libro/a2_Libro13CursoAP2014.pdf. Acesso em: 19 ago. 2017.

MOLIN, J. P.; MASCARIN, L. S. Colheita de citros e obtenção de dados para mapeamento da produtividade. **Engenharia Agrícola**, 2007, v. 27, n. 1, p. 259-266. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162007000100020>.

REFERÊNCIAS

- NAGEL, J. Principal barriers to the adoption of ICTs in agriculture and in rural areas. In: RODRIGUES, M., RODRÍGUEZ, A. (orgs.). **Information and communication technologies for agricultural development in Latin America:** trends, barriers and policies. Santiago: ECLAC, 2013, p. 205-258. Disponível em: <https://www.cepal.org/en/publications/35400-information-and-communication-technologies-agricultural-development-latin-america>. Acesso em: 29 abr. 2018.
- NANNI, M. R. et al. Optimum size in grid soil sampling for variable rate application in site-specific management. **Scientia Agricola**, 2011, v. 68, n. 3, p. 386-392. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162011000300017>.
- NELSON, R. R.; SAMPAT, B. N. Making sense of institutions as a factor shaping economic performance. **Journal of Economic Behavior & Organization**, 2001, v. 44, p. 31-54. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=251482. Acesso em: 29 abr. 2018.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). **OECD review of agricultural policies:** Colombia 2015. OECD Publishing, 2015. doi: <https://doi.org/10.1787/9789264227644-en>.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). **Oslo Manual:** guidelines for collecting and interpreting innovation data. 3. ed. Paris: OECD Publishing, 2005. Disponível em: <http://www.oecd.org/sti/inno/2367580.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2018.
- OROZCO, Ó. A.; LLANO R., G. Sistemas de información enfocados en tecnologías de agricultura de precisión y aplicables a la caña de azúcar, una revisión. **Revista Ingenierías Universidad de Medellín**, v. 15, n. 28, 2016, p. 83-102. doi: <https://doi.org/10.22395/rium.v15n28a6>.
- PÉREZ, C. **Technological revolutions and financial capital:** the dynamics of bubbles and golden ages. Cheltenham (Reino Unido)/Northampton (EUA): Edward Elgar, 2002. [e-book]
- PINTO, H. E.; FERREIRA, M. D. P.; TEIXEIRA, S. M. Adoção de tecnologias em agricultura de precisão por produtores de soja em Goiás e Distrito Federal. **Espacios**, 2017, v. 38, n. 31, p. 33-47. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n31/17383133.html>. Acesso em: 24 abr. 2018.
- RABELLO, L. M.; BERNARDI, A. C. C.; INAMASU, R. Y. Condutividade elétrica aparente do solo. In: BERNARDI, A. C. C. et al. (eds.). **Agricultura de precisão:** resultados de um novo olhar. Brasília: Embrapa, 2014, p. 48-57. Disponível em: <https://www.embrapa.br/instrumentacao/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1002959/agricultura-de-precisao-resultados-de-um-novo-olhar>. Acesso em: 24 nov. 2016.
- RODRIGUES, M. The evolutionary approach applied to ICT and agriculture technological systems in Latin America: a survey. In: RODRIGUES, M., RODRÍGUEZ, A. (orgs.). **Information and communication technologies for agricultural development in Latin America:** trends, barriers and policies. Santiago: ECLAC, 2013, p. 17-48.

REFERÊNCIAS

Disponível em: <https://www.cepal.org/en/publications/35400-information-and-communication-technologies-agricultural-development-latin-america>. Acesso em: 29 abr. 2018.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 5. ed. New York: The Free Press, 2003. [e-book]

ROMERO, H. M., ARAQUE, L., FORERO, D. La agricultura de precisión en el manejo del cultivo de la palma de aceite. **Palmas**, 2008, v. 29, n. 1. Disponible em: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1330>. Acesso em: 29 abr. 2018.

SANA, R. S. et al. Variabilidade espacial de atributos físico-químicos do solo e seus efeitos na produtividade do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2014 v. 18, n. 10, p. 994-1002. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n10p994-1002>.

SCARAMUZZA, F.; VILLAROEL D.; VÉLEZ, J. P. Incremento de las herramientas de agricultura de precisión. Mayor automatismo y precisión para la sustentabilidad del ambiente productivo. In: BRAGACHINI, M. (ed.). **Recopilación de presentaciones técnicas**: 16º Curso Internacional de Agricultura y Ganadería de Precisión: Expo de Máquinas Precisas. Manfredi (Argentina): INTA, 2017, p. 25-32. Disponible em: <http://www.agriculturadeprecision.org/16toCursoAgPrec/Libro/CursoAP2017.pdf>. Acesso em 26 nov. 2018.

SCARAMUZZA, F.; VÉLEZ, J. P.; VILLAROEL D. Adopción de la agricultura de precisión en Argentina: evolución en los principales segmentos. In: BRAGACHINI, M. (ed.). **Recopilación de presentaciones técnicas**: 15º Curso Internacional de Agricultura y Ganadería de precisión con agregado de valor de origen. Manfredi (Argentina): INTA, 2016, p. 16-21. Disponible em: <http://agriculturadeprecision.org/15toCursoAgPrec/Libro/LibroCursoAP2016.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2018.

SILVA, C. B., MORAES, M. A. F. D., MOLIN, J. P. Adoption and use of precision agriculture technologies in the sugarcane industry of São Paulo state, Brazil. **Precision Agriculture**, 2011, v. 12, p. 67-81. doi: <https://doi.org/10.1007/s11119-009-9155-8>.

SILVA, F. M. da et al. Variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. **Ciência e Agrotecnologia**, 2008, v. 32, n. 1, p. 231-241. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000100034>.

SOARES FILHO, R.; CUNHA, J. Agricultura de precisão: particularidades de sua adoção no sul-oeste de Goiás – Brasil. **Engenharia Agrícola**, 2015, v. 35, n. 4, p. 689-698. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p689-698/2015>.

SOUZA, S. S.; MOREIRA, S. G.; CASTRO G. F. de. Avaliação da fertilidade do solo por Agricultura de Precisão e Convencional. **Revista Agrogeoambiental**, 2016, v. 8, n. 1, p. 33-46. doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v8n12016756>.

REFERÊNCIAS

- SPAROVEK, G.; SCHNUG, E. Soil tillage and precision agriculture: A theoretical case study for soil erosion control in Brazilian sugar cane production. **Soil & Tillage Research**, 2001, v. 61, p. 47-54.
- STAFFORD. J. V. Implementing precision agriculture in the 21st century. **Journal of Agricultural Engineering Research**, 2000, v. 76, p. 267-275. doi: <https://doi.org/10.1006/jaer.2000.0577>.
- TRIGO, E.; POMAREDA, C.; VILLAREAL, F. **Los INIA en ALC:** desafíos para la innovación agraria. IICA, 2012. Disponível em: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/16244583C64FFB5405257E5A00532F7D/\\$FILE/Los_INIA_en_ALC.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/16244583C64FFB5405257E5A00532F7D/$FILE/Los_INIA_en_ALC.pdf). Acesso em: 29 abr. 2018.
- WHELAN, B.; TAYLOR, J. **Precision agriculture:** for grain production systems. Collingwood (Austrália): CSIRO, 2013.
- ZONTA, J. H. et al. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada com algodoeiro no Cerrado do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental** [online], 2014, v. 18, n. 6, p. 595-602. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000600005>.