

**Adoção da agricultura de precisão por  
produtores de cana-de-açúcar fornecedores  
para indústria no estado de São Paulo**



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

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
50**

Adoção da agricultura de precisão por  
produtores de cana-de-açúcar fornecedores  
para indústria no estado de São Paulo

*Carlos Ivan Mozambani  
Hildo Meirelles de Souza Filho  
Marcela de Mello Brandão Vinholis  
Marcelo José Carrer*

***Embrapa Pecuária Sudeste  
São Carlos, SP  
2021***

**Embrapa Pecuária Sudeste**  
Rod. Wasghinton Luiz, km 234  
13560-970 , São Carlos, SP  
Fone: (16) 3411-5600  
<https://www.embrapa.br/pecuaria-sudeste>  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável

**Presidente**  
*Alexandre Berndt*

**Secretário-Executivo**  
*Luiz Francisco Zafalon*

**Membros**  
*Mara Angélica Pedrochi, Maria Cristina  
Campanelli Brito, Silvia Helena Picirillo  
Sanchez*

**Normalização bibliográfica**  
*Mara Angélica Pedrochi*

**Editoração eletrônica**  
*Maria Cristina Campanelli Brito*

**Foto da capa**  
*Marcela de Mello Brandão Vinholis*

**1ª edição**  
1ª edição online: 2021

**Todos os direitos reservados.**

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

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
Embrapa Pecuária Sudeste

---

Mozambani, Carlos Ivan

Adoção da agricultura de precisão por produtores de cana-de-açúcar  
fornecedores para indústria no estado de São Paulo / Carlos Ivan Mozambani; Hildo  
Meirelles de Souza Filho; Marcela de Mello Brandão Vinholis et al. — São Carlos,  
SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2021.  
27 p. — (Embrapa Pecuária Sudeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 50).

ISSN 1981-2078

1. Agricultura de precisão. 2. Análise de solo georreferenciada. 3. Sistematização  
de plantio. I. Mozambani, Carlos Ivan. II. Souza Filho, Hildo Meirelles de. III.  
Vinholis, Marcela de Mello Brandão. IV. Carrer, Marcelo José. V. Título. VI. Série.

---

CDD: 631.763

Mara Angélica Pedrochi - CRB 8/6556

© Embrapa, 2021

## Sumário

---

Introdução.....	8
Material e Métodos.....	10
Resultados e Discussão.....	12
Conclusões.....	23
Referências.....	25

# Adoção da agricultura de precisão por produtores de cana-de-açúcar fornecedores para indústria no estado de São Paulo

Carlos Ivan Mozambani<sup>1</sup>

Hildo Meirelles de Souza Filho<sup>2</sup>

Marcela de Mello Brandão Vinholis<sup>3</sup>

Marcelo José Carrer<sup>4</sup>

**Resumo** – Este estudo teve como principal objetivo caracterizar a adoção de práticas e tecnologias de agricultura de precisão por produtores de cana-de-açúcar fornecedores para indústria. Foram coletados dados primários junto a uma amostra de 131 produtores no Estado de São Paulo por meio da aplicação de questionário. Foram identificadas seis práticas de agricultura de precisão adotadas pelos produtores: sistematização de plantio com auxílio de GPS e imagens, colheita com piloto automático, análise de solo georreferenciada, levantamento de pragas e doenças utilizando imagens, aplicação de fertilizantes e corretivos a taxa variada e aplicação de defensivos a taxa variada. Produtores que adotaram, no mínimo, uma dessas seis práticas foram classificados como adotantes. Assim, dois grupos de produtores foram estabelecidos, um com 53 adotantes e outro com 78 não adotantes. Por meio de estatística descritiva e teste de hipóteses foram identificadas as características que discriminam os dois grupos amostrais. Os resultados mostraram que o acesso a fontes de informação especializada, o grau de escolaridade e o tamanho da área do produtor foram relevantes para discriminar os adotantes de não adotantes. Destaca-se ainda o elevado investimento

---

<sup>1</sup> Graduação em Tecnologia do Agronegócio e Administração. Doutorado em andamento, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, SP. cmozambani@gmail.com

<sup>2</sup> Economista, Professor, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, SP. hildo@dep.ufscar.br

<sup>3</sup> Engenheira Agrônoma, Dra., Pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP. marcela.vinholis.embrapa.br

<sup>4</sup> Economista, Professor, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, SP. marcelocarrer@dep.ufscar.br

inicial como a principal barreira para a adoção da agricultura de precisão, seguido da dificuldade de conectividade no campo.

**Termos para indexação:** características socioeconômicas, sistematização de plantio, piloto automático, análise de solo georreferenciada, aplicação a taxa variada.

## Adoption of precision agriculture in sugarcane in the state of São Paulo

**Abstract** – The objective of this article is to characterize the adoption of practices and technologies of precision agriculture by sugarcane farmers. The data were collected from a sample of 131 sugarcane farmers in the state of São Paulo. After the application of the questionnaire, six precision farming practices adopted by farmers were identified: systematization planting using GPS and images, harvesting with automatic pilot, georeferenced soil sampling, pests and yield mapping using images obtained by satellite and/or drone, variable-rate fertilizers and limestone application, variable-rate pesticides application. Farmers who have adopted at least one of these six practices have been classified as adopters. Thus, 53 adopters and 78 non-adopters were identified. Database was analyzed by means of descriptive statistics and hypothesis test. The empirical results showed that access to information, formal education and the farm size are differentiating characteristics between the adopting and non-adopting groups. It also highlights the high initial investment as the main barrier to the adoption of precision agriculture, as well as the problems faced with connectivity in the farm.

**Index terms:** characteristics socio-economic, systematization planting, automatic pilot, georeferenced soil sampling, variable-rate technology

## Introdução

---

O aumento da população mundial implicará em maior demanda por alimentos (FAO, 2018). Entretanto, deve-se evitar a expansão da agricultura em áreas de florestas e o uso de recursos naturais que levem ao agravamento dos problemas ambientais, como o aquecimento global, a escassez de água potável, dentre outros. O próprio crescimento da população implica em expansão das áreas urbanas, diminuindo ainda mais a oferta de terras para cultivos e pastagens. Desta forma, recomenda-se que o aumento da produção agrícola deve ocorrer sem a expansão de uso do fator terra, ou seja, com o aumento da produtividade (Brasil, 2014).

Tem se observado a adoção e difusão de tecnologias e práticas que possibilitam ao produtor bons resultados econômicos, além de processos agrícolas mais eficientes, rastreáveis, demandantes de mão de obra qualificada e promotores de produção mais sustentável (Molin, 2004). Esse é o caso da Agricultura de Precisão (AP), que, de acordo com a Sociedade Internacional de Agricultura de Precisão (ISPA, 2020), trata-se de uma estratégia de gerenciamento agropecuário que reúne, processa e analisa dados temporais e espaciais da lavoura e os combina com outras informações para apoiar a tomada de decisão do produtor. Ainda, segundo o ISPA (2020), a AP tem como objetivo melhorar a eficiência no uso de recursos e o aumento da produtividade, qualidade, rentabilidade e sustentabilidade da produção agrícola.

O conjunto de práticas e tecnologias de AP, usados isoladamente ou combinados, permite realizar o que tem sido chamado de 'agricultura de precisão'. Nesse conjunto, encontram-se as técnicas de coleta de dados por sensores, os mapeamentos, as amostragens georreferenciadas, os sistemas de informações geográficas, bem como máquinas e equipamentos de aplicação a taxa variada (Molin; Amaral; Colaço, 2015; Barnes et al., 2019).

O relatório publicado anualmente pelo Departamento de Economia Agrícola da Universidade de Purdue nos EUA tem mostrado que é crescente o número de distribuidores norte-americanos de insumos agrícolas que passaram a oferecer produtos e serviços destinados a AP (Erickson; Lowenborg-Deboer; Bradford, 2017). O serviço de amostragem de solo georreferenciada, por

exemplo, que era oferecido por 33% das empresas abordadas em 2000, passou para 82% em 2017. No mesmo período, o número de empresas que passaram a oferecer equipamentos de aplicação a taxa variada cresceu de 32% para 69%. Monitor de colheita, imagem por satélite, mapeamento de condutividade elétrica, entre outros, seguiram a mesma tendência. Mooney et al. (2010) mostraram que a difusão de práticas e tecnologias de AP entre produtores de algodão no sul dos Estados Unidos cresceu de 23%, em 2001, para 53,6%, em 2009.

No Brasil, não há informações disponíveis sobre a adoção de práticas e tecnologias de AP em bases de dados oficiais. Existem, no entanto, estudos empíricos que apresentam alguma informação (Silva; Moraes; Molin, 2011; Bernardi; Inamasu, 2014; Antolini, 2015; Molin, 2017). Molin (2017), em um estudo realizado em 2013 com 992 produtores de soja e milho de três regiões do país (Sul, Cerrado e MATOPIBA<sup>1</sup>), observou que 45% dos entrevistados utilizaram alguma prática ou tecnologia de AP. Para Bernardi; Inamasu (2014), em um estudo com 301 produtores de diversas regiões do país, os principais produtos agrícolas cultivados com AP eram a soja e o milho, seguidos das culturas de trigo e feijão. Silva; Moraes; Molin (2011), em um estudo com 87 usinas de açúcar e álcool do Estado de São Paulo, mostraram que 47 delas utilizavam alguma prática ou tecnologia de AP no cultivo de cana-de-açúcar.<sup>2</sup>

Na safra 2018/2019, o Brasil produziu 620,716 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, consolidando-se como o maior produtor do mundo. O estado de São Paulo foi o maior produtor do país naquela safra, respondendo por 332,881 milhões de toneladas (UNICA, 2020). Segundo a Organização de Associações de Produtores de Cana do Brasil (ORPLANA, 2019), a produção de cana do estado pode ser segmentada em dois perfis: cana própria da indústria, o que inclui a produção em áreas próprias, áreas arrendadas e

---

<sup>1</sup> MATOPIBA ou MAPITIBA designa uma extensão geográfica que cobre parcialmente quatro estados. O termo resulta da junção das iniciais dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

<sup>2</sup> Destaca-se que o estudo de Silva; Moraes; Molin, (2011) foi realizado com dados coletados de um universo de 180 usinas/destilarias consultadas, 87 delas responderam ao questionário completo da pesquisa, referente ao ano de 2008. É importante ressaltar que, juntas, essas empresas foram responsáveis por cerca de 57% da cana-de-açúcar processada no estado de São Paulo naquela safra. Os produtores agrícolas independentes não foram considerados no trabalho citado.

em parceria com a indústria de processamento<sup>3</sup>; e, produção realizada por produtores que cultivam a cana-de-açúcar em terras próprias ou de terceiros e fornecem para as indústrias. Na safra mencionada, a indústria foi responsável por 55,9% da produção de cana do estado e os produtores por 44,1%. Segundo Grego et al. (2014), a difusão de tecnologias e práticas de AP no cultivo da cana-de-açúcar no Brasil tem crescido, mas sua aplicação ainda é incipiente. Silva; Moraes; Molin (2011), acrescentam ainda que, com a adoção de AP, seria possível obter respostas cada vez mais rápidas e precisas para enfrentar os desafios de expansão e modernização tecnológica do setor.

Desta forma, o presente trabalho contribui para a geração de informações relacionadas à adoção de práticas e tecnologias de AP pelo segmento de produtores de cana-de-açúcar fornecedores para indústria no estado de São Paulo. Foram identificadas as principais práticas adotadas, as barreiras à adoção e as principais características socioeconômicas que discriminam os adotantes dos não adotantes. A compreensão de tais informações pode contribuir para o desenho de políticas públicas e de estratégias privadas para acelerar a difusão desta inovação.

## Material e Métodos

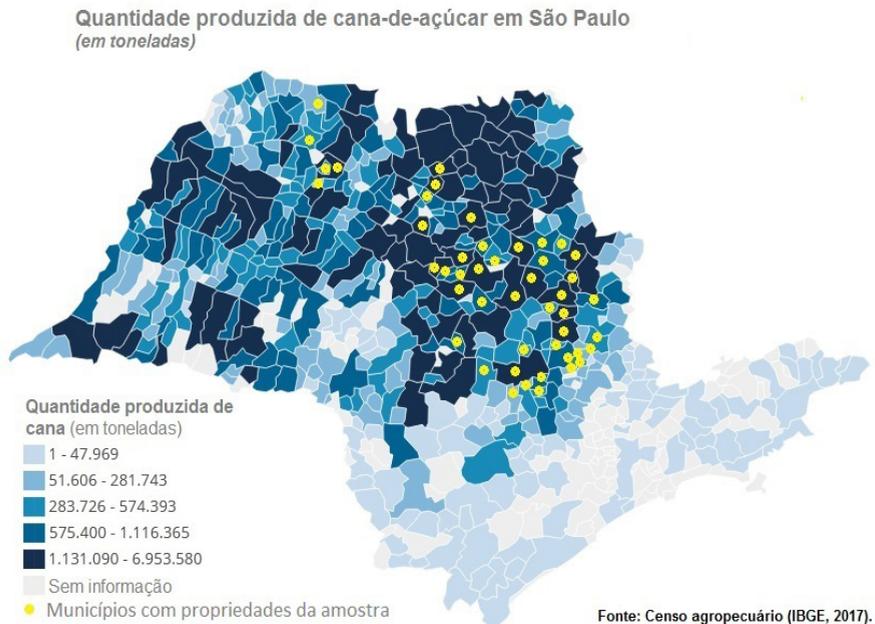
---

A cana-de-açúcar no estado de São Paulo é produzida tanto pela indústria de processamento, como por produtores rurais fornecedores. Na safra 2018/2019, 12.004 produtores rurais fornecedores contribuíram com 146,8 milhões de toneladas (44,1%), enquanto 88 grupos industriais produziram 186,08 milhões de toneladas (55,9%) (ORPLANA, 2019). Este estudo caracterizou a adoção de práticas e tecnologias de agricultura de precisão por produtores rurais fornecedores de cana para a indústria. A estrutura de tomada de decisão e execução das atividades agrícolas do grupo industrial é diferente do produtor rural fornecedor de cana, e não seria possível tratá-los em um mesmo grupo amostral.

---

<sup>3</sup> Parceiros são pessoas físicas ou jurídicas, proprietários de imóveis rurais, que cedem suas propriedades rurais através de contrato de parcerias para terceiros para o cultivo da cana-de-açúcar. Sendo que os terceiros podem ser produtores de cana ou as próprias indústrias (ORPLANA, 2019).

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos mediante questionário estruturado aplicado junto a uma amostra de 131 produtores de cana-de-açúcar localizados em 47 municípios nas regiões geográficas intermediárias de Araraquara, Bauru, Campinas, Ribeirão Preto e São José do Rio Preto (Figura 1). Os municípios onde estão localizadas as propriedades rurais da amostra respondem por 14,1% da área colhida e 14,5% da cana-de-açúcar produzida no estado de São Paulo (IBGE, 2017). Técnicos da Cooperativa de Plantadores de Cana do Estado de São Paulo (COPLACANA) e consultores técnicos particulares, em menor proporção, auxiliaram na identificação e contato com os produtores rurais na região do estudo.



**Figura 1.** Municípios onde estão localizadas as propriedades rurais da amostra.  
Fonte: IBGE, 2017.

O questionário aplicado contemplou informações relacionadas às tecnologias adotadas, às características dos produtores, das propriedades rurais, da produção, das fontes de informação utilizadas, dos agentes que auxiliaram na adoção e das barreiras à adoção. Os dados referem-se ao

ano safra 2018/2019 e foram analisados por meio de estatística descritiva (médias, frequências e desvios padrão) e testes de hipótese. Inicialmente foram identificadas as principais práticas e tecnologias de AP adotadas pelos produtores rurais. Dois grupos amostrais, adotantes e não adotantes de práticas e tecnologias de AP, foram comparados quanto ao perfil do produtor e da propriedade, as fontes de informação agropecuária utilizadas, os agentes que auxiliaram na adoção e as barreiras à adoção. Para identificar quais características melhor discriminam os dois grupos, foram utilizados: teste *t-student*, para comparação entre médias, e a estatística *z*, para comparação entre proporções<sup>4</sup>.

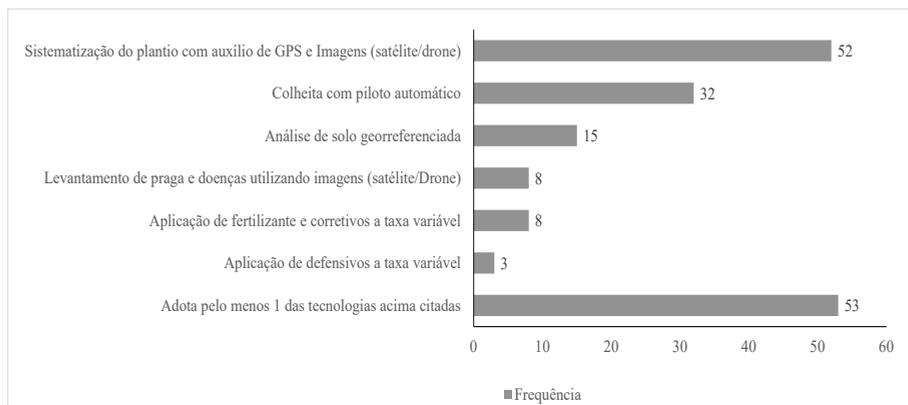
## Resultados e Discussão

---

Após a aplicação do questionário junto aos 131 produtores rurais, foi possível identificar seis práticas de AP adotadas pelos produtores: sistematização de plantio com auxílio de sistemas de posicionamento global (GPS) e imagens (satélite/drone); colheita com piloto automático; análise de solo georreferenciada; levantamento de pragas e doenças utilizando imagens (satélite/drone); aplicação de fertilizantes e corretivos a taxa variada; e aplicação de defensivos a taxa variada. Produtores que adotaram, no mínimo, uma dessas seis práticas foram classificados como adotantes, os quais corresponderam a 53 produtores rurais (40% da amostra). A Figura 2 apresenta a frequência de produtores adotantes para cada uma dessas práticas.

---

<sup>4</sup> Para mais informações sobre os testes de hipótese utilizados consulte Hoel (1994, p.140-161) e Wang (2000).



**Figura 2.** Frequência de produtores adotantes por tipo de práticas e tecnologias de AP.

A sistematização do plantio com auxílio de GPS e imagens foi adotada por 52 produtores da amostra, apresentando a maior taxa de adoção dentre as práticas identificadas (40%). O planejamento da área e a sistematização do terreno são indicados para a implantação do canavial. Tal planejamento e sistematização devem atentar para o tipo de solo, época de plantio, relevo, clima, rotação de culturas e disposição de carregadores primários e secundários, procurando conservar o solo e obter melhor aproveitamento. Busca-se maximizar as linhas de plantio e minimizar o número de manobras, reduzindo o tempo e o custo das operações mecanizadas (Maria et al., 2016), além de reduzir a compactação do solo. A prática envolve levantamento planialtimétrico preciso e, para isso, algumas tecnologias têm se mostrado bastante relevantes, como os GPS, o piloto automático no plantio, os softwares de geoprocessamento e as imagens por drone e de satélite.

A navegação por satélite e piloto automático na colheita foi adotada por 32 produtores (24%). Um dos benefícios do uso da AP na sistematização é a geração de arquivo com georreferenciamento da linha de plantio, que pode ser compartilhado e utilizado posteriormente na operação de colheita. A adoção de sistemas de navegação e piloto automático na colhedora contribui para a preservação das linhas de plantio e menor compactação do solo,

resultando em maior produtividade e qualidade do canavial (Souza et al., 2014; Maria et al., 2016).

A análise de solo georreferenciada e o levantamento de pragas e doenças utilizando imagens (satélite/drone) foram adotados por poucos produtores, 11% e 6%, respectivamente. Essas duas práticas de AP estão relacionadas a procedimentos de amostragem, em que o ponto amostral tem seu posicionamento conhecido, isto é, o ponto amostral é georreferenciado. A partir das imagens (satélite/drone), juntamente com auxílio da geoestatística, é possível demonstrar a condição da lavoura em relação a determinada variável, bem como estimar a variação dentro do talhão, ou seja, determina-se a distribuição espacial, identificando-se possíveis variações (Colaço; Molin, 2014).

A aplicação de fertilizantes e corretivos a taxa variada foi adotada por apenas oito produtores (6% da amostra); desses, três também realizaram aplicação a taxa variada de defensivos. O tratamento localizado da lavoura pode ser considerado como a essência da AP, em que a demanda de cada pequena porção da lavoura será tratada de forma variada, proporcionando benefícios, tais como uso eficiente de insumos, aumento de produtividade e redução do impacto ambiental (Auernhammer, 2001; Colaço; Bramley, 2018).

Observa-se que o número de produtores que adotaram a prática de aplicação de insumos a taxa variável foi menor que o número de produtores que adotaram a análise de solo georreferenciada. Alguns comentários dos produtores contribuem para possíveis explicações. Um deles destacou:

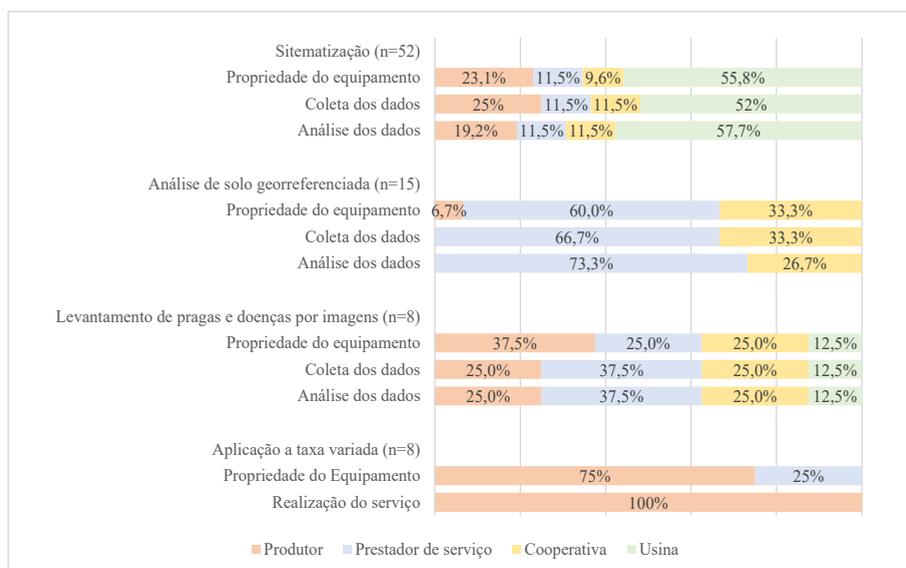
Contratei uma empresa terceirizada para realizar a análise de solo georreferenciada, mas não consegui executar o que a consultoria recomendou. Por exemplo, eu gastava R\$1000/ha de fertilizante e a recomendação foi para R\$2500/ha. Acredito que o ganho que eu teria de produtividade não pagaria esse aumento de custo de produção. Por isso, não fiz a aplicação a taxa variada<sup>5</sup> (Informação verbal).

---

<sup>5</sup> Transcrição da fala de um dos participantes da reunião 016, realizada 28/05/2019, na Cooperativa Coplacana, no município de Piracicaba-SP.

Outro produtor fez a seguinte observação: “Realizei a amostragem georreferenciada e obtive as recomendações para uso de fertilizantes a taxa variada. Entretanto, quando fui realizar a adubação não tinha equipamentos de aplicação a taxa variada disponíveis para alugar na região. Decidi fazer do modo convencional mesmo”<sup>6</sup> (informação verbal).

Além da identificação das práticas e tecnologias adotadas, a coleta de dados possibilitou identificar os agentes facilitadores da adoção (Figura 3). Em cada uma das práticas, o produtor adotante informou quem era o proprietário do equipamento, quem realizou a coleta das informações e quem foi o responsável pelas análises das informações. Em geral, quatro agentes foram identificados: i) produtor; ii) prestador de serviço não vinculado à cooperativa; iii) cooperativas; e, iv) comprador de cana (usina).



**Figura 3.** Principais agentes facilitadores da adoção de práticas e tecnologias de AP.

<sup>6</sup> Transcrição da fala de um dos participantes da reunião 050, realizada 03/07/2019, na propriedade do participante, no município de Araras - SP.

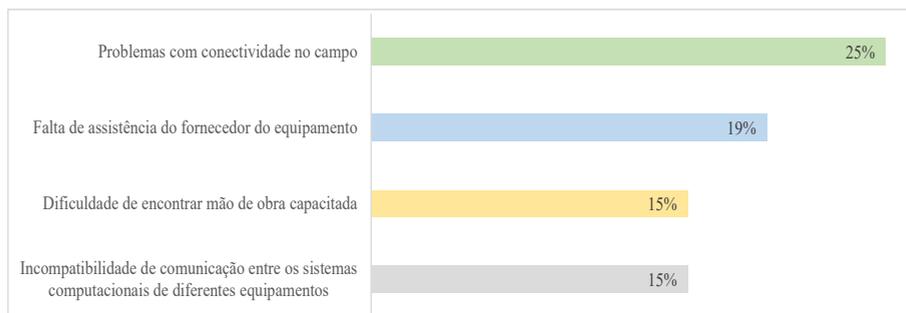
Observa-se na Figura 3 que a usina foi o principal agente facilitador da adoção da sistematização do plantio, tanto na posse dos equipamentos (55,8%), quanto na coleta (52,0%) e análise dos dados (57,7%). Destaca-se ainda que alguns produtores realizaram essa prática de modo autônomo, com equipamentos próprios (23,1%), equipe de coleta (25,0%) e análise de dados (19,2%). Por sua vez, a análise de solo georreferenciada foi realizada por prestadores de serviço (66,7%) e cooperativas (33,3%). Apenas um produtor indicou ter o equipamento (quadriciclo). Entretanto, o produtor contratou prestadores de serviço para a coleta e para a análise dos dados. Estes números corroboram com o estudo de Erickson; Lowenborg-Deboer; Bradford (2017), que mostrou que a análise de solo georreferenciada foi a principal prática de AP oferecida por prestadores de serviços especializados. No caso das imagens para levantamento de pragas e doenças, observa-se a predominância na contratação de terceiros (prestadores de serviços, cooperativa e usina). Entretanto, na aplicação de insumos a taxa variada, observa-se que 75% dos produtores possuíam o equipamento e 100% deles foram responsáveis pela realização dos serviços.

Os produtores identificaram as principais dificuldades após a adoção de práticas e tecnologias de AP (Figura 4). Nota-se que entre os adotantes, 25% indicaram enfrentar problemas com conectividade no campo, 19% com falta de assistência técnica do fornecedor do equipamento, 15% ter dificuldades com falta de mão de obra capacitada e 15% com incompatibilidade de comunicação entre os sistemas computacionais de diferentes equipamentos agrícolas para a aplicação da tecnologia. Alguns comentários de produtores exemplificam essas dificuldades, como: “Tenho uma colhedeira da Marca X e um trator para sulco da Marca Y, o sistema de uma marca não conversa com o da outra, por isso, utilizo piloto automático apenas para o plantio, mas não consigo utilizar na colheita” (informação verbal)<sup>7</sup>. Outro produtor destacou: “As revendas precisam de mais qualificação no suporte técnico. Existe muita oferta de máquinas e equipamentos, mas pouco suporte técnico. Quando surgem dificuldades ou algum erro específico, as revendas não possuem pessoal capacitado para auxiliar” (informação verbal)<sup>8</sup>.

---

<sup>7</sup> Transcrição da fala de um dos participantes da reunião 052, realizada 03/07/2019, na propriedade do participante, no município de Araras - SP.

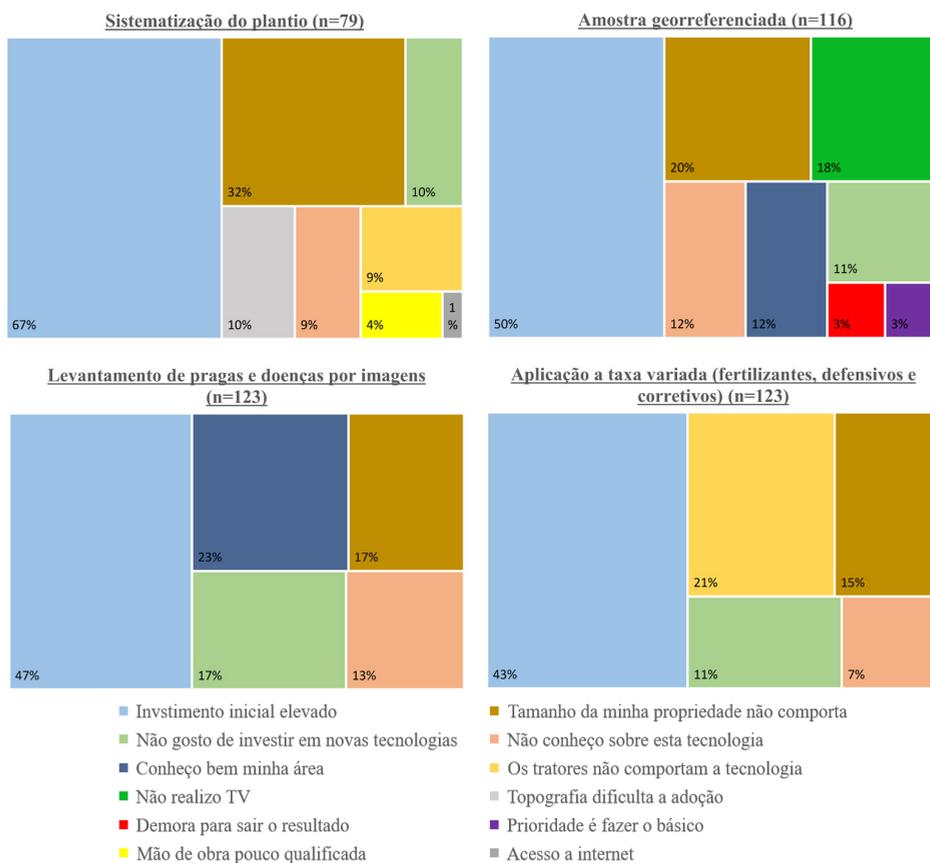
<sup>8</sup> Transcrição da fala de um dos participantes da reunião 019, realizada 29/05/2019, na Cooperativa Coplacana, no município de Piracicaba – SP.



**Figura 4.** Principais dificuldades após a adoção de práticas e tecnologias de AP, segundo produtores entrevistados.

Os principais motivos apontados pelos produtores para não adotarem as práticas e tecnologias de AP são apresentados na Figura 5. Observa-se que a principal barreira para adoção foi o ‘investimento inicial elevado’. Algumas práticas e tecnologias de AP necessitam de elevado investimento inicial, que deve ser amortizado por vários anos para se tornar economicamente viável aos pequenos e médios agricultores. Pivoto (2018), em um estudo com produtores de grãos do sul do país, também identificou o ‘investimento inicial elevado’ como a principal barreira à adoção de AP. A segunda barreira está relacionada à escala de produção, conforme apontado por alguns produtores rurais: “*O tamanho da minha propriedade não comporta*” (informação verbal)<sup>9</sup>. A adoção das práticas e tecnologias de AP está associada a investimento em capital imobilizado (aquisição de máquinas e equipamentos) ou custos fixos (prestação de serviços, por exemplo). Esses custos, quando calculados por tonelada produzida, tendem a ser menores em grandes propriedades. Portanto, os efeitos de economias de escala devem ser considerados na adoção (Fernandez-Cornejo; Beach; Huang, 1994).

<sup>9</sup> Transcrição da fala de um dos participantes da reunião 102, realizada 02/08/2019, na propriedade do participante, no município de Ribeirão Bonito - SP.



**Figura 5.** Motivos mencionados pelos produtores entrevistados para não adoção de práticas e tecnologias de AP.

Estatísticas descritivas e testes de hipótese foram utilizados com o objetivo de identificar características que discriminem os dois grupos de produtores – adotantes de práticas e tecnologias de AP (n=53) e não adotantes (n=78). A Tabela 1 apresenta os resultados das questões relacionadas às características dos produtores.

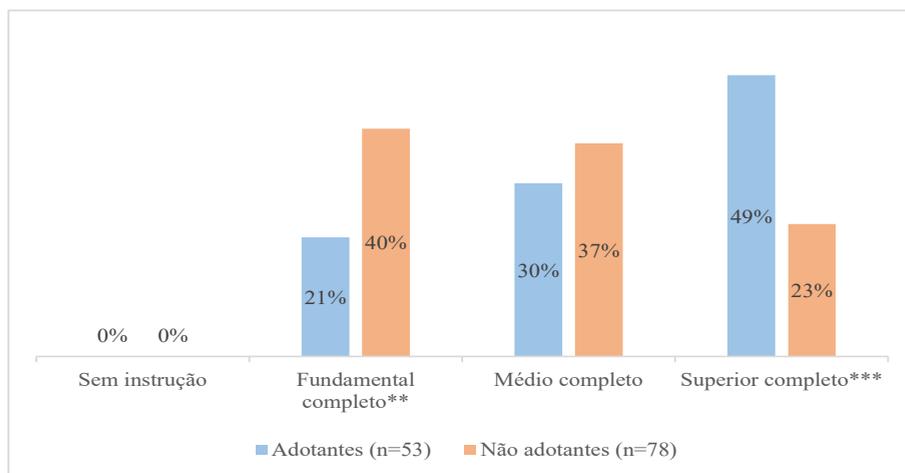
**Tabela 1.** Características pessoais dos produtores rurais.

	Adotante (n=53)		Não Adotante (n=78)		Geral (n=131)		Teste  t  (p)
	Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.	
Idade (anos)	51,81	10,62	53,22	12,99	52,65	12,06	0,5145
Experiência na atividade (anos)	23,20	12,27	30,49	15,00	27,54	14,37	0,0040
Escolaridade (anos de estudo formal)	11,00	3,13	9,00	3,84	9,81	3,69	0,0021
% da renda vinda da cana	0,76	0,27	0,67	0,30	0,71	0,29	0,1075
Acesso a crédito <sup>1</sup>	73,6%		65,4%		68,7%		0,3210

<sup>1</sup> Variável categoria binária (sim e não), onde os valores são expressos em porcentagem.

Observa-se que os produtores entrevistados possuem idade média de 52,65 anos com desvio de 12,06, não apresentando diferença estatisticamente significativa entre os grupos analisados. A experiência dos produtores da amostra com produção de cana-de-açúcar é elevada. Na média, eles estão nesta atividade há 27 anos e meio. Nota-se que os adotantes de práticas e tecnologias de AP possuem, em média, menor tempo na atividade (23,2 anos) quando comparados com os não adotantes (30,4 anos), apresentando diferença estatisticamente significativa ao nível de 1%. A relação inversa entre tempo na atividade e adoção de práticas e tecnologias de AP também foi verificada no estudo de Walton et al. (2010). Entretanto, vale destacar que em ambos os grupos a experiência do produtor rural com a produção de cana-de-açúcar é elevada.

O nível de escolaridade do produtor mostrou-se como uma característica discriminante na adoção de práticas e tecnologias de AP, com diferença estatisticamente significativa ao nível de 1%. Observa-se na Tabela 1 que os produtores adotantes possuem, em média, dois anos a mais de estudo do que os não adotantes. A Figura 6 mostra a porcentagem de produtores por classe de nível de escolaridade, permitindo uma melhor comparação entre os grupos. Observa-se que quase metade (49,0%) dos produtores adotantes tem ensino superior completo, enquanto apenas 23% dos produtores do grupo dos não adotantes completaram essa fase. Outros estudos evidenciam a existência de associação positiva entre o nível de escolaridade do produtor e a adoção de práticas e tecnologias de AP (Jenkins et al., 2011; Paxton et al., 2011; Bernardi; Inamasu, 2014; Watcharaanantapong et al., 2014).



**Figura 6.** Nível de escolaridade dos produtores entrevistados por grupo de adotantes ou não adotantes.

Asterisco (\*) indica que a diferença entre os grupos adotantes e não adotantes é significativa estatisticamente, ao nível: \*\*  $p \leq 0,05$ , e; \*\*\*  $p \leq 0,01$ . Quando não apresenta asterisco quer dizer que a diferença entre os grupos não foi significativa.

O percentual de renda oriunda da cana-de-açúcar em relação à renda familiar total do produtor é, na média, maior no grupo de adotantes do que no grupo de não adotantes. Entretanto, a diferença entre as médias não é estatisticamente significativa para discriminar os grupos.

Estudos têm mostrado que o acesso a fontes de financiamento pode ser um importante determinante na adoção destas práticas e tecnologias (Daberkow; McBride, 2003; Allahyari; Mohammadzadeh; Nastis, 2016). Observa-se na Tabela 1 que 73,6% dos produtores adotantes solicitaram crédito nas três safras que antecederam a coleta de dados, contra 65,4% dos produtores não adotantes. Apesar da proporção superior no grupo adotante, a diferença entre as proporções não se mostrou estatisticamente significativa para corroborar os achados dos demais estudos.

As características das propriedades rurais e sistema de produção também foram analisadas. Observa-se na Tabela 2 que tanto a área total média sob gestão do produtor, quanto a área média que o produtor gerencia exclusivamente com o cultivo da cana-de-açúcar, apresentaram diferenças estatisticamente significantes ao nível de 1% entre os dois grupos. As áreas

médias significativamente maiores dos adotantes sugerem que os efeitos de economias de escala podem influenciar na decisão de adotar práticas e tecnologias de AP (Fernandez-Cornejo; Beach; Huang, 1994; Walton et al., 2010), conforme apontado pelos produtores rurais como uma possível barreira à adoção por pequenos e médios produtores.

**Tabela 2.** Características da propriedade rural e sistema de produção.

	Adotante (n=53)		Não Adotante (n=78)		Geral (n=131)		Teste  t  (p)
	Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.	
Área total sob gestão (ha)	1303,36	1944,85	480,07	1299,61	813,16	1636,44	0,0043
Área de cana sob gestão (ha)	1125,46	1821,63	278,72	571,30	621,29	1301,81	0,0002
Produtividade média (t)	90,46	11,94	85,70	17,66	87,62	15,72	0,0891
Idade média do canavial (anos)	4,03	1,22	3,77	1,48	3,88	1,38	0,3040
Softwares para gestão <sup>1</sup>	92,5%		33,3%		45,8%		0,0001

1 Variável categoria binária (sim e não), onde os valores são expressos em porcentagem.

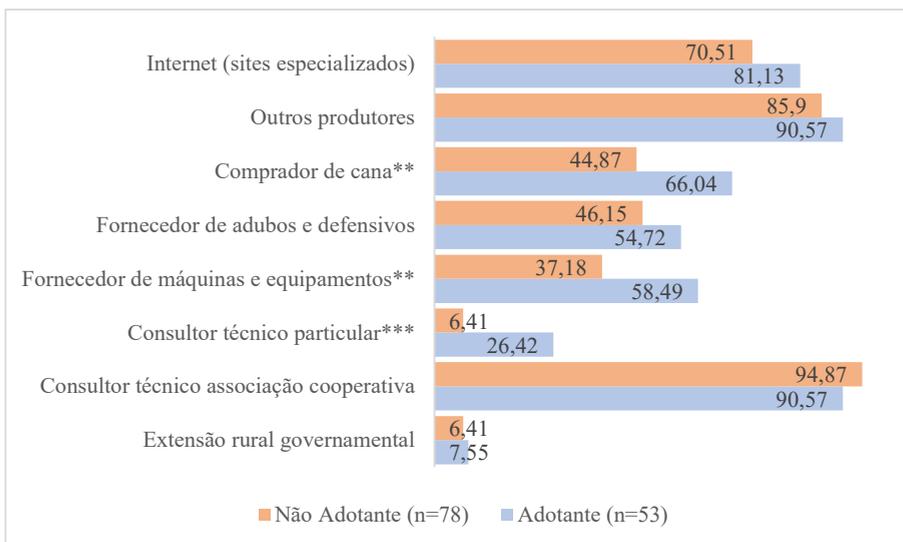
Por fim, é possível observar na Tabela 2 que os adotantes de práticas e tecnologias de AP obtiveram uma produtividade média de 90,46 toneladas por hectare, contra 85,70 dos não adotantes. Esta diferença foi estatisticamente significativa ao nível de 10%. No entanto, esta análise não permite afirmar que a produtividade superior do grupo dos adotantes deve-se, exclusivamente, às tecnologias de AP. É possível que a combinação das técnicas de AP e outras técnicas de manejo e de gestão tenham sido adotadas conjuntamente e contribuam para a produtividade superior, a exemplo de mudas pré-brotadas, rotação de cultura com leguminosas, correção de solo com frequência regular, controle de pisoteio, dentre outras. Assim, recomendam-se estudos adicionais para aferir o efeito líquido da adoção de técnicas em AP na produtividade da cana-de-açúcar. A média de idade dos canaviais analisados foi de 3,88 anos, não se observando diferença estatisticamente significativa entre os grupos analisados.

Segundo Larson et al. (2008) e Watcharaanantapong et al. (2014), a adoção de práticas e tecnologias de AP requer que o produtor tenha algum conhecimento e/ou saiba utilizar softwares que o auxilie na gestão

das informações (coletar, armazenar, transmitir e interpretar dados). Assim, o conhecimento e o uso prévio de computadores ou aplicativos de celular para o gerenciamento agrícola podem influenciar positivamente a adoção de práticas e tecnologias de AP. Os resultados da pesquisa mostraram diferença estatisticamente significativa ao nível de 1% entre os adotantes e não adotantes de AP (Tabela 2). Observa-se que 92,5% dos produtores que adotam práticas e tecnologias de AP utilizam algum tipo de software ou aplicativo de celular que os auxiliam na gestão da propriedade, contra 33,3% dos não adotantes. Essa diferença corrobora os achados de Bernardi; Inamasu (2014).

Outro fator que pode influenciar a decisão de adotar uma tecnologia refere-se ao acesso a fontes de informação agropecuária. A Figura 7 mostra que o acesso a diferentes fontes de informação varia entre os dois grupos. Observa-se o acesso reduzido aos serviços de extensão rural governamental nos dois grupos (apenas 6,9% dos produtores). Por outro lado, o apoio técnico promovido por cooperativas e associações agropecuárias foi importante como fonte de informação para a maioria dos produtores (93,1%). Entretanto, nenhuma dessas duas fontes de informação apresentou diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos.

A literatura tem mostrado que a extensão rural fornecida pelo governo foi de grande relevância para alavancar a adoção de novas práticas agrícolas e o crescimento da agricultura brasileira na década de setenta. No entanto, a presença do Estado tem se reduzido gradativamente e esta fonte de orientação técnica tem sido substituída por outras instituições, a exemplo de cooperativas e associações de produtores rurais (Souza Filho et al., 2011). Consultores técnicos particulares, fornecedores de máquinas e equipamentos e compradores de cana apresentaram diferença estatisticamente significativa ao nível de 1% e 5% entre os dois grupos. Estas três fontes foram mais consultadas por produtores que adotaram AP do que por produtores que não adotaram. Em geral, os adotantes dependem de fontes de informação especializadas e que forneçam orientação técnica de forma ativa. (Daberkow; McBride, 2003; Walton et al., 2010). Embora relevantes, os resultados relacionados ao acesso à informação por meio de técnicos de cooperativas e consultores particulares devem ser observados com cautela, considerando o apoio da cooperativa de plantadores de cana do estado de São Paulo e de consultores particulares para o acesso aos produtores rurais para a coleta dos dados da pesquisa.



**Figura 7.** Fontes de informação agropecuária utilizadas pelos produtores entrevistados.

Asterisco (\*) indica que a diferença entre os grupos adotantes e não adotantes é significativa estatisticamente, ao nível: \*\*  $p \leq 0,05$ , e; \*\*\*  $p \leq 0,01$ . Quando não apresenta asterisco quer dizer que a diferença entre os grupos não foi significativa.

## Conclusões

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a adoção de práticas e tecnologias de agricultura de precisão por produtores independentes de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo, Brasil. Os resultados empíricos mostraram que a principal prática de AP adotada por estes produtores foi a sistematização do plantio com auxílio de GPS e imagens, seguida da colheita com piloto automático. A análise de solo georreferenciada, o levantamento de pragas e doenças utilizando imagens e a aplicação de insumos a taxa variada foram práticas menos adotadas.

Os adotantes apontaram gargalos para a adoção de técnicas de AP: a conectividade no campo, a falta de assistência técnica de fornecedores de equipamentos, a falta de mão de obra capacitada e a incompatibilidade da interface de comunicação entre sistemas computacionais de equipamentos

agrícolas. Dentre os não adotantes, a principal barreira encontrada para a não adoção foi o elevado investimento e custo fixo para propriedades rurais menores.

Com relação às características dos produtores e das propriedades, os resultados revelaram que, em seu conjunto, os adotantes de AP possuem nível de escolaridade superior, maiores propriedades, fazem maior uso de softwares para gestão e possuem maior acesso à informação técnica fornecida por consultoria particular, usinas e fornecedores de máquinas. Estes resultados podem subsidiar políticas e ações coordenadas do setor sucroalcooleiro, de instituições de pesquisa e ensino, transferência de tecnologia e de suporte à adoção. Por exemplo, ações para a inclusão de produtores de menor porte.

A pesquisa apresenta limitações relacionadas à amostra: (i) cross section, realizada em um único ano agrícola; (ii) estar restrita a uma região geográfica do estado de São Paulo, e; (iii) apoio da cooperativa de plantadores de cana do estado de São Paulo e de consultores particulares para o acesso aos produtores rurais para a coleta dos dados da pesquisa. Estas limitações sugerem restrições e cautela para a generalização dos resultados.

O estudo também fornece um ponto de partida para pesquisas futuras. Deve-se reconhecer que há diferentes níveis de adoção de práticas e tecnologias de AP. Muitos produtores adotam apenas tecnologias embarcadas em equipamentos automatizados (exemplo, GPS e piloto automático), enquanto outros adotam um pacote mais completo. Esses últimos procuram melhorar processos decisórios utilizando mais intensivamente as informações oferecidas pelas tecnologias de AP. Assim, sugerem-se futuras pesquisas para a análise da intensidade da adoção de técnicas de AP.

Este estudo concentrou-se na caracterização da adoção de técnicas de AP por produtores rurais fornecedores de cana para a indústria. Há suposição de que a produção de cana por grupos industriais apresente um perfil diferente de adoção de técnicas de AP. Sugerem-se estudos futuros sobre a caracterização da adoção de técnicas de AP por grupos industriais e que também produzem cana, bem como a extensão da influência que estes grupos podem exercer nos produtores rurais fornecedores de cana.

Por fim, os resultados sugerem ganhos de produtividades resultantes da adoção de um conjunto de tecnologias agrícolas e de gestão, dentre elas as técnicas de AP consideradas neste trabalho. Estudos futuros podem investigar o efeito da adoção das técnicas de AP no incremento de produtividade e na redução de custos de produção da cana.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio financeiro concedido por meio da Chamada MCTIC/CNPQ nº 28/2018, processo 423009/2018-4, assim como o apoio financeiro da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Destaca-se também o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, por meio de bolsa de estudos de doutorado a um dos autores. Por fim, mas não menos importante, agradecemos a Cooperativa de Plantadores de Cana do Estado de São Paulo (COPLACANA), técnicos da extensão rural e a todos os produtores rurais que participaram da pesquisa.

## Referências

---

- ALLAHYARI, M. S.; MOHAMMADZADEH, M.; NASTIS, S. A. Agricultural experts' attitude towards precision agriculture: evidence from Guilan Agricultural Organization, Northern Iran. **Information Processing in Agriculture**, v.3, n.3, p.183–189, 2016.
- ANTOLINI, L. S. **Condicionantes da adoção de agricultura de precisão por produtores de grãos**. 2015. 106 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
- AUERNHAMMER, H. Precision farming: the environmental challenge. **Computer and Electronics in Agriculture**, v.30, p.31-43, 2001.
- BARNES, A. P.; SOTO, I.; EORY, V.; BECK, B.; BALAFOUTIS, A.; SÁNCHEZ, B.; VANGEYTE, J.; FOUNTAS, S.; VAN DER WAL, T.; GÓMEZ-BARBERO, M. Exploring the adoption of precision agricultural technologies: a cross regional study of EU farmers. **Land Use Policy**, v.80, p.163-174, 2019.
- BERNARDI, A. C. de C.; INAMASU, R. Y. Adoção da agricultura de precisão no Brasil. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p.559-577.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Agenda estratégica agricultura de precisão: 2014-2030**, Brasília, DF, 2014. 21 p.

COLAÇO, A. F.; BRAMLEY, R. G. V. Do crop sensors promote improved nitrogen management in grain crops? **Field Crops Research**, v.218, p.126-140, 2018.

COLAÇO, A. F.; MOLIN, J. P. **Amostragem georreferenciada**. Piracicaba, SP: Laboratório de Agricultura de Precisão, 2014. 5 p. (Boletim Técnico, 2).

DABERKOW, S. G.; MCBRIDE, W. D. Farm and operator characteristics affecting the awareness and adoption of precision agriculture technologies in the US. **Precision Agriculture**, v.4, p.163-177, 2003.

ERICKSON, B.; LOWENBORG-DEBOER, J.; BRADFORD, J. **Precision agriculture dealership survey**. West Lafayette: Purdue University, 2017. 28 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **AMIS Statistics**, 2018. Disponível em: <http://statistics.amis-outlook.org/data/index.html>. Acesso em: 17 dez. 2019.

FERNANDEZ-CORNEJO, J.; BEACH, E. D.; HUANG, W. Y. The adoption of IPM techniques by vegetable growers in Florida, Michigan and Texas. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v.26, n.1, p.158-172, 1994.

GREGO, C. R.; ARAUJO, L. S.; VICENTE, L. E.; NOGUEIRA, S. F.; MAGALHÃES, P. S. G.; VICENTE, A. K.; BRANCALIÃO, S. R.; VICTORIA, D. C.; BOLFE, E. L. Agricultura de precisão em cana-de-açúcar. In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p.442-457.

HOEL, P. G. **Introduction to mathematical statistics**. 5. ed. New York: Wiley, 1984.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Resultados do Censo Agro 2017**. Cartograma cana-de-açúcar de São Paulo por quantidade produzida. Acesso em: 20 jul. 2020. Disponível: [https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.html?tema=76434&localidade=35](https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?tema=76434&localidade=35).

INTERNATIONAL SOCIETY OF PRECISION AGRICULTURE (ISPA). **Precision ag definition**. Disponível em: <https://www.ispag.org/about/definition>. Acesso em: 22 maio 2020.

JENKINS, A.; VELANDIA, M.; LAMBERT, D. M.; ROBERTS, R. K.; LARSON, J. A.; ENGLISH, B. C.; MARTIN, S. W. Factors influencing the selection of precision farming information sources by cotton producers. **Agricultural and Resource Economics Review**, v.40, n.2, p.307-320, 2011.

LARSON, J. A.; ROBERTS, R. K.; ENGLISH, B. C.; LARKIN, S. L.; MARRA, M. C.; MARTIN, S. W.; PAXTON, K. W.; REEVES, J. M. Factors affecting farmer adoption of remotely sensed imagery for precision management in cotton production. **Precision Agriculture**, v.9, p.195-208, 2008.

MARIA, I. C.; DRUGOWICH, M. I.; BORTOLETTI, J. O.; VITTI, A. C.; ROSSETO, R.; FONTES, J. L.; TCATCHENCO, J.; MARGATHO, S. M. F. **Recomendações gerais para a conservação do solo na cultura da cana-de-açúcar**. Campinas, SP: Instituto Agrônomo. 2016. (Boletim Científico).

MOLIN, J. P. Agricultura de precisão: números do mercado brasileiro. **Agricultura de Precisão**, Boletim Técnico, n.3, abr. 2017.

MOLIN, J. P. Tendências da agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 1., 2004, Piracicaba. **Anais....** Piracicaba: ESALQ/USP – ConBAP, 2004, p.1-10.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 238 p.

MOONEY, D. F.; ROBERTS, R. K.; ENGLISH, B. C.; LAMBERT, D. M.; LARSON, J. A.; VELANDIA, M.; LARKIN, S. L.; MARRA, M. C.; MARTIN, S.W.; MISHRA, A. **Precision farming by cotton producers in twelve southern states: results from the 2009 southern cotton precision farming survey**. Knoxville: University of Tennessee, 2010. 70 p. (Research Series, 10-02).

ORGANIZAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE PRODUTORES DE CANA DO BRASIL (ORPLANA). **Perfil segmentado do produtor de cana: safra 2018/2019**. Disponível em: <http://www.orplana.com.br/prog-segmenta>. Acesso em: 09 dez. 2020.

PAXTON, K. W.; MISHRA, A. K.; CHINTAWAR, S.; ROBERTS, R. K.; LARSON, J. A.; ENGLISH, B. C.; LAMBERT, D. M.; MARRA, M. C.; LARKIN, S. L.; REEVES, J. M.; MARTIN, S. W. Intensity of precision agriculture technology adoption by cotton producers. **Agricultural and Resource Economics Review**, v.40, n.1, p.133–144, 2011.

PIVOTO, D. **Smart farming: concepts, applications, adoption and diffusion in southern Brazil**. 2018. 126 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

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**, v.12, p.67-81, 2011.

SOUZA, G. S.; SOUZA, Z. M.; SILVA, R. B.; BARBOSA, R. S.; ARAÚJO, F. S. Effects of traffic control on the soil physical quality and the cultivation of sugarcane. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.1, p.135–146, 2014.

SOUZA FILHO, H. M.; BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, J. M. F. J.; VINHOLIS, M. M. B. Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v.28, n.1, p.223-255, 2011.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA DE AÇÚCAR (UNICA). **Moagem de cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol - safra 2018/2019**. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4>. Acesso em: 13 jan. 2020.

WALTON, J. C.; LARSON, J. A.; ROBERTS, R. K.; LAMBERT, D. M.; ENGLISH, B. C.; LARKIN, S. L.; MARRA, M. C.; MARTIN, S. W.; PAXTON, K. W.; REEVES, J. M. Factors influencing farmer adoption of portable computers for site-specific management: a case study for cotton production. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v.42, n.2, p.193-209, 2010.

WANG, D. Confidence intervals for the ratio of two binomial proportions by Koopman's method. **Stata Technical Bulletin**, v.10, n.58, p.16-19, 2000.

WATCHARAANANTAPONG, P.; ROBERTS, R. K.; LAMBERT, D. M.; LARSON, J. A.; VALENDIA, M.; ENGLISH, B. C.; REJEUS, R. M.; WANG, C. Timing of precision agriculture technology adoption in US cotton production. **Precision Agriculture**, v.15, n.4, p.427–446, 2014.

**Embrapa**

---

***Pecuária Sudeste***

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



**PÁTRIA AMADA  
BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL

CGPE: 016973