

Adoção de práticas e tecnologias de agricultura de precisão por produtores de cana-de-açúcar do estado de São Paulo¹

Adoption of precision agriculture practices and technologies by sugarcane producers in the state of São Paulo

Carlos Ivan Mozambani¹, Hildo Meirelles de Souza Filho², Marcela de Mello Brandão Vinholis³, Marcelo José Carrer⁴

¹ Doutor, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos (SP), Brasil, cmozambani@gmail.com

² Professor, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos (SP), Brasil, hildo@dep.ufscar.br

³ Pesquisadora, Embrapa, São Carlos (SP), Brasil, marcela.vinholis@embrapa.br

⁴ Professor, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos (SP), Brasil, marcelocarrer@dep.ufscar.br

RESUMO

Este capítulo objetiva identificar as práticas e tecnologias de agricultura de precisão adotadas por fornecedores independentes de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, bem como os fatores que diferenciam os adotantes dos não adotantes e as barreiras à adoção. Para alcançar estes objetivos, foi realizado um levantamento de dados primários por meio da aplicação de questionário estruturado junto a uma amostra de 131 fornecedores de cana-de-açúcar. Seis práticas e tecnologias foram adotadas por esses produtores: sistematização do plantio com auxílio de GNSS e imagens; colheita com piloto automático; análise de solo georreferenciada; levantamento de pragas e doenças por meio de imagens; aplicação de fertilizantes e corretivos à taxa variada, e aplicação de defensivos à taxa variada. Na maioria dos casos, foi possível observar que os produtores adotantes recebem suporte de agentes prestadores de serviços, como, por exemplo, as usinas de açúcar e álcool, as cooperativas agropecuárias e as consultorias particulares. Esse suporte é importante para auxiliar o produtor no gerenciamento das tecnologias. A decisão de adoção do produtor foi influenciada por: acesso a fontes de informação agropecuária relevantes; escolaridade; área da fazenda; intensidade no uso prévio de outras tecnologias; acesso ao crédito; dependência da renda da cana-de-açúcar, e percepção *ex ante* dos benefícios das tecnologias de AP. Os produtores que não adotaram as tecnologias reportaram o elevado investimento inicial, a pequena escala de produção e a ausência ou pouca informação sobre a tecnologia como barreiras mais comuns à adoção.

Palavras-chave: adoção de tecnologia; agricultura de precisão; barreiras à adoção; cana-de-açúcar.


ABSTRACT

This chapter aims at identifying the precision agriculture practices and technologies adopted by sugarcane suppliers in the State of São Paulo, as well as the factors that differentiate adopters from non-adopters and barriers to adoption. In order to achieve these objectives, primary data was collected by applying a structured questionnaire to a sample of 131 sugar cane suppliers.. Six practices and technologies were adopted by these producers: planting systematisation with the aid of GNSS and images; harvesting with autopilot; georeferenced soil analysis; pest and disease surveys using images; application of fertilisers and correctives at a varied rate; and application of pesticides at a varied rate. In most cases, it was observed that adopting producers received support from service providers, such as sugar and alcohol mills, agricultural cooperatives and private consultancies. This support is important to assist the producer in managing the technologies. The producer's decision to adopt was influenced by the access to relevant agricultural information sources, education level, farm area, intensity of previous adoption of complementary technologies, access to credit, dependence on sugarcane income and *ex-ante* perception of benefits of precision agriculture technologies. Producers who did not adopt the technologies reported high initial investment, small-scale production and the absence or few information about the technology as the most common barriers to adoption.

Keywords: technology adoption; precision agriculture; barriers to adoption; sugarcane.

¹ Os resultados apresentados neste capítulo são detalhados em Mozambani et al. (2021).

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-38-0.1000023>

 Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais, sem alterações e que o trabalho original seja corretamente citado.



1 INTRODUÇÃO

A agricultura de precisão (AP) é uma estratégia de gerenciamento agropecuário que reúne, processa e analisa dados temporais e espaciais da lavoura, e os combina com outras informações para apoiar as tomadas de decisões do produtor. A AP tem como objetivo melhorar a eficiência no uso de recursos e o aumento da produtividade, qualidade, rentabilidade e sustentabilidade da produção agrícola (International Society of Precision Agriculture, 2020). Para isso, um conjunto de “tecnologias de agricultura de precisão” (TAPs) são usadas isoladamente ou combinadas nas operações agrícolas, tanto *hardwares* e *softwares*, a exemplo de técnicas de coleta de dados por sensores, mapeamentos, amostragens georreferenciadas, sistemas de informações geográficas e máquinas e equipamentos de aplicação a taxa variada (Barnes et al., 2019).

Nos Estados Unidos (EUA), Canadá e países europeus, há evidências empíricas que mostram o aumento da difusão de TAPs entre produtores rurais (Erickson; Widmar, 2015; European Parliamentary Research Service, 2016). No Brasil, não há informações relacionadas à difusão de TAPs em bases de dados oficiais. Existem, no entanto, estudos empíricos que apresentam a evolução da adoção de TAPs na agricultura (Antolini, 2015; Bolfe et al., 2020), especialmente entre produtores de soja e milho (Bernardi; Inamasu, 2014), e usinas de açúcar e álcool do estado de São Paulo (Silva et al., 2011). No processo de adoção de TAPs, há diferentes graus de adoção. Há produtores que adotam apenas tecnologias embarcadas em equipamentos automatizados (piloto automático e GNSS, por exemplo), enquanto outros adotam um pacote mais completo de TAPs (Isgin et al., 2008; Barnes et al. 2019).

Estudos mostram que um conjunto de fatores influencia a decisão dos produtores em adotar TAPs. Dentre estes, há as características socioeconômicas do produtor, a exemplo de idade, escolaridade e renda (Watcharaanantapong et al., 2013), suas fontes de informações (Larson et al., 2008), suas avaliações subjetivas quanto a lucratividade, produtividade e sustentabilidade ambiental da inovação (Allahyari et al., 2016), ou ainda as características da propriedade rural, como tamanho e localização (Walton et al., 2010).

A difusão de TAPs no cultivo da cana-de-açúcar no Brasil tem crescido, mas sua aplicação ainda é incipiente, principalmente quando considerados os produtores fornecedores de cana (Mozambani, 2021). Com a adoção de TAPs, seria possível obter respostas cada vez mais rápidas e precisas para enfrentar os desafios de expansão e modernização tecnológica do setor canavieiro (Amarasingam et al., 2022).

Nesse contexto, o presente capítulo propõe-se a responder às seguintes questões de investigação: i) Quais são as TAPs adotadas pelos fornecedores de cana-de-açúcar no estado de São Paulo? ii) Quais são as principais barreiras à adoção de TAPs? iii) Quais são os principais agentes envolvidos na prestação de serviços de TAPs? e iv) Qual o perfil dos adotantes de TAPs?

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho desenvolveu-se em três etapas: a revisão de literatura e entrevistas com agentes-chave, a coleta de dados e a análise dos dados. A revisão da literatura científica identificou os fatores que poderiam explicar a adoção de TAPs. As entrevistas com agentes da cadeia de produção da cana-de-açúcar aprofundaram o entendimento sobre o estado da arte em relação a AP e contribuíram para a elaboração do questionário estruturado. Segundo a Organização de Associações de Produtores de Cana do Brasil (Organização de Associações de Produtores de Cana do Brasil, 2019), a produção de cana é segmentada em dois perfis: cana própria da indústria, o que inclui a produção em áreas próprias, áreas arrendadas e em parceria², e a produção realizada por produtores que cultivam a cana-de-açúcar em terras próprias ou de terceiros, e fornecem para as indústrias, sendo comumente chamados de fornecedores de cana. Neste sentido, o questionário estruturado foi aplicado presencialmente junto a uma amostra de 131 produtores rurais fornecedores de cana para a indústria, distribuídos em 47 municípios do estado de São Paulo (Figura 1).

O questionário contemplou questões sobre a adoção de TAPs e as características dos produtores, da propriedade rural e do sistema de produção na safra 2018/2019. A seleção da amostra contou com o apoio da Cooperativa de Plantadores de Cana do Estado de São Paulo (COPLACANA).

Identificaram-se seis TAPs adotadas pelos produtores, conforme apresentado na Figura 2. O produtor rural pode tanto adotar uma tecnologia de modo isolado, como também um conjunto de TAPs de forma combinada (Isgin et al., 2008; Barnes et al., 2019). Assim, a intensidade de adoção de TAPs pode variar entre os produtores. Neste capítulo, os produtores que adotaram pelo menos uma das seis TAPs foram classificados como adotantes, os quais corresponde-

² 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. Os terceiros podem ser produtores de cana ou as próprias indústrias (ORPLANA, 2019).

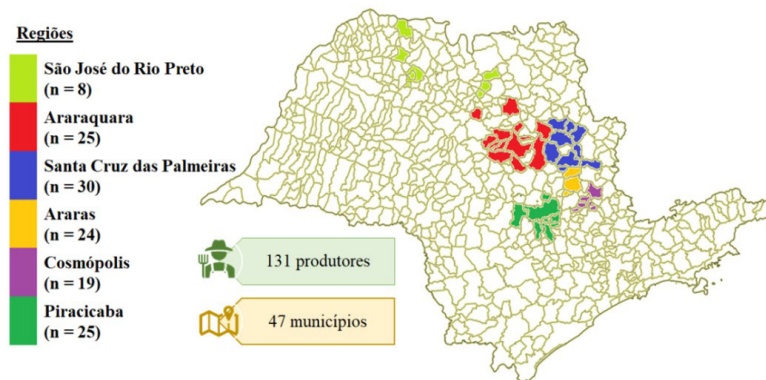


Figura 1. Mapa do estado de São Paulo com os municípios amostrados.

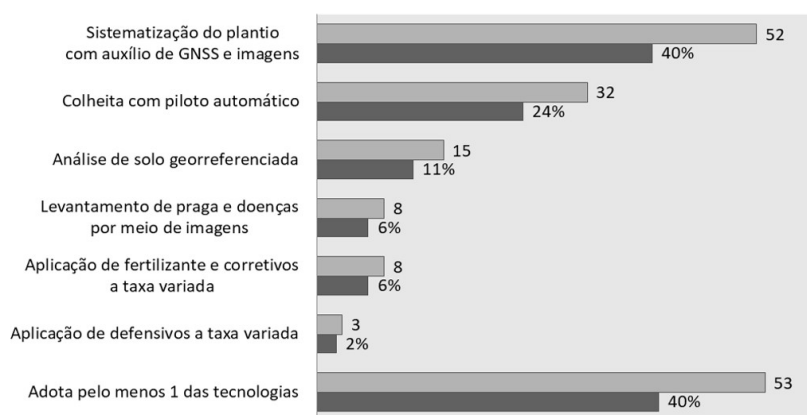


Figura 2. Frequência de adoção de TAPs entre 131 produtores fornecedores de cana no estado de São Paulo.

ram a 40% da amostra (53 adotantes). O grupo dos não adotantes de TAPs corresponde a 78 produtores.

Os dados obtidos desses dois grupos foram analisados por meio de estatística descritiva (médias e frequências) e testes de hipótese. Os dois grupos amostrais, adotantes e não adotantes de TAPs, foram comparados quanto às fontes de informação agropecuária utilizadas; ao nível de escolaridade dos produtores; à experiência; ao tamanho da propriedade; ao acesso a crédito; à dependência da renda da cana-de-açúcar; à percepção em relação às TAPs, e ao nível tecnológico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta uma análise da evolução da adoção das TAPs pelos produtores da amostra ao longo do tempo. Percebe-se que a sistematização do plantio com auxílio do GNSS e imagens foi a primeira tecnologia a ser adotada no grupo amostral dos adotantes de TAPs, o que ocorreu em 2010. Em 2013, iniciou-se a adoção da análise de solo georreferenciada, seguida da aplicação de fertilizantes ou defensivos a taxa variada, em 2014. Por fim, o levantamento de pra-

gas e doenças com o auxílio de imagens aconteceu a partir de 2017, na amostra de produtores analisados.

O uso das TAPs pelos produtores ocorre, na maioria dos casos, com o suporte de agentes prestadores de serviços. A Figura 4 mostra que, em mais da metade dos casos, a coleta (52% dos adotantes) e a análise dos dados (58% dos adotantes) para a sistematização do plantio por produtores rurais fornecedores de cana são feitas pela usina de açúcar e álcool.

Ainda na Figura 4, é possível observar que a análise de solo georreferenciada, tanto na coleta como na análise dos dados, é realizada com o apoio de prestadores de serviços especializados (67% e 71% dos adotantes, respectivamente) e cooperativas agropecuárias (33% e 29% dos casos, respectivamente). A coleta e a análise dos dados para o levantamento de pragas e doenças por meio de imagens são realizadas por prestadores de serviços especializados (33% e 34%, respectivamente), cooperativa agropecuária (22% e 33%, respectivamente), o próprio produtor rural (34% e 22%, respectivamente) e, em menor proporção, por usinas (11% dos adotantes, tanto para a coleta como a análise dos dados).

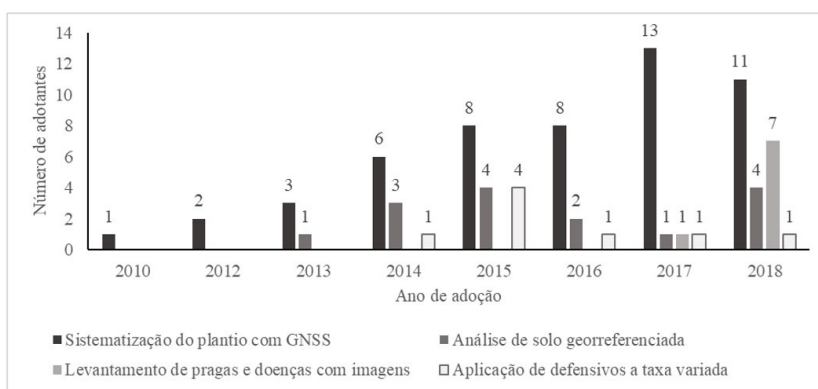


Figura 3. Evolução da adoção de TAPs no grupo de 53 adotantes.

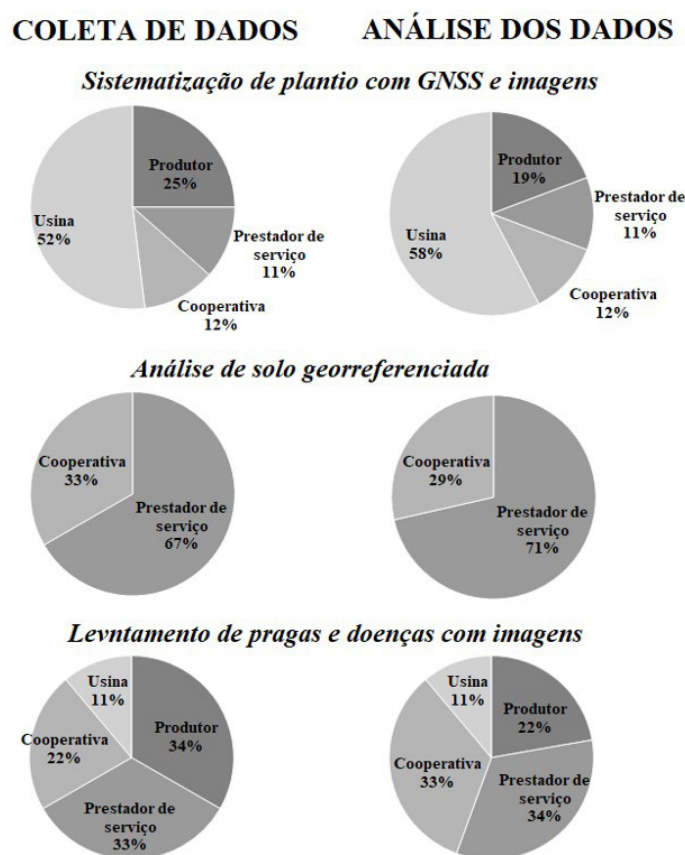


Figura 4. Agentes envolvidos nos serviços prestados com TAPs para produtores fornecedores de cana.

O aproveitamento das funcionalidades das TAPs apresenta alguns desafios. Dificuldades com conectividade no campo, incluindo o sinal RTK, a falta de assistência técnica do fornecedor ou a demora no atendimento, a dificuldade em encontrar mão de obra capacitada para operar os equipamentos e a incompatibilidade entre sistemas computacionais de diferentes marcas de máquinas e equipamentos agrícolas são os principais obstáculos mencionados pelos adotantes de TAPs (Tabela 1).

A Tabela 2 mostra que, dentre os não adotantes, existem algumas barreiras comuns à adoção de qualquer uma das TAPs, como o elevado investimento inicial, a pequena escala de produção e a ausência ou pouca informação sobre a tecnologia. Para a adoção de sistematização de plantio com auxílio do GNSS e imagens, e a aplicação de fertilizantes ou defensivos a taxa variada, a falta de máquinas e equipamentos que comportem essas tecnologias é uma barreira à adoção. Já a crença do produtor de que ele conhece mui-

to bem as características de sua área de produção é um fator limitante para a adoção da análise de solo georreferenciada e o levantamento de pragas e doenças por meio de imagens.

Com o objetivo de identificar as características que diferenciam os grupos adotantes de TAPs (n=53) e não adotantes (n=78), foram calculadas estatísticas descritivas e realizados testes de hipóteses para variáveis relacionadas: (i) às fontes de informação agropecuária utilizadas pelos produtores rurais; (ii) ao capital humano; (iii) à escala de produção; (iv) ao nível tecnológico do sistema de produção de cana-de-açúcar; (v) aos recursos financeiros, e (vi) à percepção do produtor rural em relação às TAPs. Os resultados das análises estatísticas são apresentados na Tabela 3.

A proporção de produtores rurais que usam, como fontes relevantes de informação agropecuária,

os consultores técnicos particulares, os fornecedores de máquinas e equipamentos, e os compradores de cana (usinas) difere estatisticamente os dois grupos amostrais. Essas três fontes foram mais consultadas por produtores que adotaram TAPs do que por produtores que não adotaram. Em geral, os adotantes dependem de fontes de informação especializadas e que forneçam orientação técnica específica no tema da TAP (Daberkow; McBride, 2003). Este resultado corrobora outros estudos empíricos sobre a adoção de TAPs em diferentes países (Walton et al., 2008; Barnes et al., 2019). Os agentes associados a essas fontes de informação (consultores, fornecedores de máquinas e insumos, e compradores de cana) desempenham papel relevante na promoção e incentivo à adoção de TAPs. Adicionalmente, os produtores rurais têm acesso às informações relacionadas às novas tecnologias em eventos agropecuários, como palestras, dias de campo e feiras agropecuárias (Larson et al., 2008). A interação e a troca de informações com os pares proporcionadas nesses eventos auxiliam o produtor na tomada de decisão e contribuem para minimizar o risco percebido associado à adoção de novas tecnologias. Observa-se na Tabela 3 que, em média, o adotante de TAPs participa de 3,5 eventos agropecuários ao ano a mais do que o produtor não adotante.

Com relação ao capital humano, identificou-se maior proporção de produtores adotantes de TAPs com Ensino Superior completo (49%) do que de pro-

Tabela 1. Pontos de atenção no processo de adoção de TAPs.

Dificuldade na fase de adoção da TAP	% entre adotantes
Problema com conectividade no campo	25%
Falta de assistência técnica do fornecedor	19%
Encontrar mão de obra capacitada	15%
Dificuldade de comunicação entre sistemas de equipamentos agrícolas	15%

Tabela 2. Fatores limitantes a adoção de TAPs.

Motivos para a não adoção (% de respostas entre os 78 produtores de cana não adotantes)	Sistematização do plantio	Amostra de solo georreferenciada	Levantamento de pragas e doenças com imagens	Aplicação de fertilizantes e defensivos a taxa variada
Custo elevado para adotar	69%	53%	48%	43%
Escala de produção pequena para adotar	32%	21%	17%	15%
Não conhece ou tem pouca informação sobre a tecnologia	9%	13%	13%	7%
Não gosta de tentar novas tecnologias	10%	12%	17%	11%
Não tem máquinas e equipamentos que comportem o uso da tecnologia	9%	-	-	21%
Acredita que já conhece bem a área de produção	-	13%	23%	-
Mão de obra pouco qualificada	4%	-	-	-
Topografia dificulta a adoção	10%	-	-	-
Acesso a internet	1%	-	-	-
Prioridade é fazer o básico	-	4%	-	-
Não realiza aplicação de corretivo ou fertilizante a taxa variada	-	19%	-	-
Demora para sair o resultado da análise	-	4%	-	-

Tabela 3. Perfil de adotantes e não adotantes de TAPs.

	Estadística	Adotante (n=53)	Não adotante (n=78)	Total	Teste Hipótese ¹
Fontes de informação agropecuária					
Consultor particular	%	26,42	6,41	14,5	***
Fornecedor de insumos	%	58,49	37,18	45,8	**
Usina de açúcar e álcool	%	66,04	44,87	53,44	**
Número de eventos agropecuários/ano	Média	11,51	7,98	9,4	**
Capital humano					
Escolaridade (Ensino Superior completo)	%	49,06	23,08	33,59	***
Experiência anterior com TAPs	%	15,09	5,13	9,16	*
Escala de produção					
Área com cana-de-açúcar (hectare)	Média	1125,46	278,72	621,29	***
Nível tecnológico (adoção de outras tecnologias/práticas agropecuárias)					
Software para suporte na gestão	%	66,04	16,67	36,64	***
Rotação com leguminosa	%	54,72	30,77	40,46	***
Mudas sadias ou mudas pré-brotadas (MPB)	%	73,58	38,46	52,67	***
Variedade adaptada	%	94,34	75,64	83,21	***
Análise de solo anual ou a cada dois anos	%	75,47	58,97	65,65	*
Cuidado com pisoteio (bitola adequada ao espaçamento)	%	75,47	58,97	65,65	*
Recursos financeiros					
Acesso ao crédito nos últimos três anos	%	73,58	58,97	64,89	*
Dependência da atividade com cana (porcentagem da área com cana em relação à área total)	Média	0,8617	0,7467	0,7933	**
Comportamento (percepção do produtor em relação às TAPs)					
Aumentam a produtividade da lavoura de cana ²	%	86,8	71,8	77,8	***
Aumentam os custos de produção ³	%	64,2	85,9	64,1	**

¹Para os testes de hipótese, foram utilizados os testes t-student para comparação entre média e Qui-quadrado (χ^2) para comparação entre proporções. Asterisco (*) indica que a diferença entre os grupos adotantes e não adotantes é significativa estatisticamente, no nível: * $p \leq 0,10$; ** $p \leq 0,05$, e *** $p \leq 0,01$; ²Variável binária, recebe 1 se o produtor indicou que sua percepção é de aumentar a produtividade antes da adoção (adotante) ou caso adote TAPs (não adotante); 0 caso contrário; ³Variável binária, recebe 1 se o produtor indicou que sua percepção é de aumentar o custo de produção antes da adoção (adotante) ou caso adote TAPs (não adotante); 0 caso contrário.

dutores não adotantes (23%). Essa diferença de frequências apresentou significância estatística no nível de 1%. Este resultado corrobora a relação positiva entre o grau de escolaridade e a adoção de TAPs encontrada em outros estudos (Paxton et al., 2011; Watcharaanantapong et al., 2013). O grau de escolaridade mais alto está associado com a habilidade e a capacidade do produtor em adquirir e processar informações, tomar decisões e adquirir novas tecnologias (Khanal et al., 2019).

Além do ensino formal, a experiência do produtor rural é um fator que influencia a adoção de tec-

nologias agropecuárias. Nas entrevistas de campo, o produtor foi questionado se havia exercido alguma atividade profissional relacionada com TAPs fora da propriedade rural, como, por exemplo: ter trabalhado em usina de cana e ter tido contato com estas tecnologias, ou ter trabalhado em alguma cooperativa ou algum distribuidor de insumos agrícolas que prestava serviços e/ou revendia equipamentos relacionados às TAPs. Os dados revelam que 15% dos adotantes indicaram ter experiência prévia em atividades relacionadas às TAPs, enquanto que apenas 5% dos não adotantes reportaram alguma experiência ante-

rior. Para Cohen e Levinthal (1990), o conhecimento prévio confere ao indivíduo a capacidade de reconhecer o valor de novas informações, assimilá-las e aplicá-las. A perspectiva é que produtores que possuem conhecimento prévio sobre a tecnologia de interesse têm mais facilidade de avaliar seus benefícios e, possivelmente, estarão mais dispostos a adotá-las (Alsos et al., 2003). Zahra e George (2002) destacam que o conhecimento é cumulativo, o desempenho do aprendizado é maior e o custo marginal de aprendizagem é menor, quando o objeto do aprendizado está relacionado com o que já se conhece.

A escala de produção, medida pela área plantada com cana-de-açúcar, é outra variável que diferencia estatisticamente os dois grupos amostrais no nível de significância de 1%. Produtores adotantes de TAPs operam com áreas de produção maiores. Este é um indicativo de possíveis efeitos de economias de escala na adoção de TAPs. A escala de produção, mensurada pelo tamanho da propriedade, está associada a maior flexibilidade para testar novas tecnologias, maior facilidade de acesso ao crédito rural e maior capacidade de absorver os riscos relacionados ao investimento de uma nova tecnologia (Walton et al., 2010). Para Feder e Umali (1993), quando se trata de tecnologias não divisíveis, pode haver um limite crítico no tamanho das propriedades, de forma que propriedades que não atinjam esse tamanho crítico encontram dificuldade para adotar a nova tecnologia. Ainda com relação ao sistema de produção, observa-se que os adotantes de TAPs apresentam um nível tecnológico superior. Este grupo adota proporcionalmente um conjunto maior de outras tecnologias e práticas agropecuárias complementares voltadas para a gestão e ganhos de produtividade, como, por exemplo, *softwares* para suporte na gestão, rotação de culturas, mudas pré-brotadas, variedades adaptadas, etc.

A disponibilidade e o acesso a fontes de recursos financeiros constituem outro fator de influência na decisão de adoção de tecnologias agropecuárias. Os resultados sugerem que os adotantes de TAPs são mais dependentes economicamente da renda da produção de cana, uma vez que, na média, esse grupo tem maior proporção da área total produtiva com cana-de-açúcar, perfazendo 86% da área com cana, enquanto que o grupo de não adotantes tem 75% da área com cana. Ainda, uma proporção maior de produtores rurais deste grupo acessou crédito rural nos três anos anteriores à entrevista (74% dos adotantes contra 59% de não adotantes). A política de crédito rural é um importante instrumento de fomento à adoção de inovações na agricultura (Carrer et al., 2020).

As variáveis relacionadas ao comportamento do produtor medem a percepção dos produtores *ex ante* a adoção das TAPs. Uma proporção maior de produtores adotantes de TAPs (87%) acreditava antes da adoção que a inovação poderia aumentar a produtividade da área com cana, enquanto que, para os não adotantes, esse percentual é menor (72%). Com relação ao efeito da adoção no custo de produção, 64% dos adotantes acreditavam antes da adoção que a inovação poderia aumentar o custo de produção, já 86% dos não adotantes têm essa percepção. Estes resultados corroboram os achados de outros estudos (Barnes et al., 2019).

4 CONCLUSÕES

Os resultados reportados neste capítulo sugerem que a principal TAP adotada pelos produtores de cana-de-açúcar no estado de São Paulo é a sistematização do plantio com auxílio de GNSS e imagens, seguida da colheita com piloto automático. Em menor proporção, há a adoção da análise de solo georreferenciada, o levantamento de pragas e doenças com o auxílio de imagens, e a aplicação de fertilizantes e defensivos a taxa variada. A usina foi o principal agente responsável por auxiliar os produtores na adoção da sistematização do plantio, enquanto que os prestadores de serviços especializados e as cooperativas auxiliaram na adoção da análise de solo georreferenciada e do levantamento de pragas e doenças por imagens.

Na fase de adoção de TAPs, os principais gargalos são: 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 adoção foi o elevado investimento inicial.

Dentre as características que diferenciam os adotantes de TAPs dos não adotantes, estão: (i) maior acesso a fontes de informação especializadas, como o consultor técnico particular, o fornecedor de máquinas e equipamentos agrícolas, e o comprador da cana (usina); (ii) maior participação em eventos agropecuários, como palestras, feiras agropecuárias e dias de campo; (iii) maior grau de escolaridade e experiência anterior com conhecimento associado às TAPs; (iv) maiores áreas de produção de cana; (v) maior dependência econômica da cana e maior acesso ao crédito; (vi) nível tecnológico mais avançado no sistema de produção, e (vii) percepção positiva de que a inovação poderia trazer ganhos de produtividade.

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. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.inpa.2016.07.001>.
- ALSOS, G. A.; LJUNGGREN, E.; PETTERSEN, L. T. Farm-based entrepreneurs: what triggers the start-up of new business activities? **Journal of Small Business and Enterprise Development**, v. 10, n. 4, p. 435-443, 2003. DOI: <http://doi.org/10.1108/14626000310504747>.
- AMARASINGAM, N.; SALGADOE, A. S. A.; POWELL, K.; GONZALEZ, L. F.; NATARAJAN, S. A review of UAV platforms, sensors, and applications for monitoring of sugarcane crops. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 26, p. 100712, 2022.
- ANTOLINI, L. S. **Condicionalantes da adoção de agricultura de precisão por produtores de grãos**. 2015. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2015.
- BARNES, A. P.; SOTO, I.; EORY, V.; BECK, B.; BALAFOUTIS, A.; SÁNCHEZ, B.; VANGEYTE, J.; FOUTANAS, S.; VAN DER WAL, T.; GÓMEZ-BARBERO, M. Influencing factors and incentives on the intention to adoption precision agricultural technologies within arable farming systems. **Environmental Science & Policy**, v. 93, p. 66-74, 2019. <http://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.014>.
- BERNARDI, A. C. C.; INAMASU, R. Y. Adoção da Agricultura de Precisão no Brasil. In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (eds.). **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 559-577.
- BOLFE, E. L.; JORGE, L. A. C.; SANCHES, I.; COSTA, C. C.; LUCHIARI JÚNIOR, A.; VICTÓRIA, D.; INAMASU, R.; GREGO, C.; FERREIRA, V.; RAMIREZ, A. **Agricultura digital no Brasil: tendências, desafios e oportunidades: resultados de pesquisa online**. Campinas: Embrapa, 2020. 44 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agropensa/produtos-agropensa>. Acesso em: 17 set 2022.
- CARRER, M. J.; MAIA, A. G.; VINHOLIS, M. M. B.; SOUZA FILHO, H. M. Assessing the effectiveness of rural credit policy on the adoption of integrated crop-livestock systems in Brazil. **Land Use Policy**, v. 92, 104468, 2020.
- COHEN, W.; LEVINTHAL, D. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, n. 1, p. 128-152, 1990. DOI: <http://doi.org/10.2307/2393553>.
- 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, n. 2, p. 163-177, 2003. DOI: <http://doi.org/10.1023/A:1024557205871>.
- ERICKSON, B.; WIDMAR, D. A. **Precision agricultural services dealership survey results**: sponsored by croplife magazine and the center for food and agricultural business. West Lafayette: Purdue University, 2015.
- EUROPEAN PARLIAMENTARY RESEARCH SERVICE. **Precision agriculture and the future of farming in Europe**. Bruxelas: EU/Scientific Foresight Study/Science and Technology Options Assessment (STOA), 2016. DOI: <http://doi.org/10.2861/020809>.
- FEDER, G.; UMALI, D. The adoption of agricultural innovations: a review. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 43, n. 3-4, p. 215-239, 1993. DOI: [http://doi.org/10.1016/0040-1625\(93\)90053-A](http://doi.org/10.1016/0040-1625(93)90053-A).
- INTERNATIONAL SOCIETY OF PRECISION AGRICULTURE, 2020. Disponível em: <https://www.ispag.org/>. Acesso em: 17 set 2022.
- ISGIN, T.; BILGIC, A.; FOSTER, D. L.; BATTE, M. T. Using count data models to determine the factors affecting farmer's quantity decisions of precision farming technology adoption. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 62, n. 2, p. 231-242, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.compag.2008.01.004>.
- KHANAL, A. R.; MISHRA, A. K.; LAMBERT, D. M.; PADUEL, K. P. Modeling post adoption decision in precision agriculture: a Bayesian approach. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 162, p. 466-474, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.compag.2019.04.025>.
- 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, n. 4, p. 195-208, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11119-008-9065-1>.
- MOZAMBANI, C. I.; SOUZA FILHO, H. M.; VINHOLIS, M. M. B.; CARRER, M. J. **Adoção da agricultura de precisão por produtores de cana-de-açúcar fornecedores para indústria no estado de São Paulo**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2021. 21 p.
- ORGANIZAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE PRODUTORES DE CANA DO BRASIL. **Perfil segmentado do produtor de cana**: safra 2018/2019. Ribeirão Preto: ORPLANA, 2020. 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. L.; 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. DOI: <http://doi.org/10.1017/S1068280500004561>.
- 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, n. 1, p. 67-81, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11119-009-9155-8>.
- WALTON, J. C. LAMBERT, D. M.; ROBERTS, R. K.; LARSON, J. A.; ENGLISH, B. C.; LARKIN, S. L.; MARTIN, S. W.; MARRA, M. C.; PAXTON, K. W.; REEVES, J. M. Adoption and abandonment of precision soil sampling in cotton production. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 33, n. 3, p. 428-448, 2008.
- 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. DOI: <http://doi.org/10.1017/S1074070800003400>.
- 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, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11119-013-9338-1>.
- ZAHRA, S. A.; GEORGE, G. Absorptive capacity: a review, reconceptualization, and extension. **Academy of Management Review**, v. 27, n. 2, p. 185-203, 2002. DOI: <http://doi.org/10.2307/4134351>.