

## ADOÇÃO DE SMARTPHONES E APLICATIVOS DE TROCA DE INFORMAÇÕES POR PRODUTORES RURAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO

### SMARTPHONE APPS ADOPTION BY FARMERS OF THE STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

**Autor(es):** Juliana de Jesus Mendes; Marcelo José Carrer; Marcela de Mello Brandão  
Vinholis

**Filiação:** PPGE/UFSCar; PPGE/UFSCar e Embrapa Pecuária Sudeste

**E-mail:** [julianamendes@estudante.ufscar.br](mailto:julianamendes@estudante.ufscar.br); [marcelocarrer@dep.ufscar.br](mailto:marcelocarrer@dep.ufscar.br);  
[marcela.vinholis@embrapa.br](mailto:marcela.vinholis@embrapa.br)

**Grupo de Trabalho (GT):** GT12. Temas emergentes no agronegócio

#### Resumo

Esse artigo teve o objetivo de identificar os fatores que determinam a adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações técnicas, econômicas e gerenciais em tempo real por produtores rurais do estado de São Paulo. Dados primários do ano safra 2015/16 coletados junto a uma amostra de 175 produtores rurais com fazendas localizadas no estado de São Paulo foram analisados por meio de estatísticas descritivas e um modelo econométrico de escolha (logit). Os produtores que possuem smartphones e participam de grupos constituídos fundamentalmente para o compartilhamento de informações agropecuárias foram considerados adotantes da tecnologia. Dentre os 175 produtores da amostra, apenas 66 adotaram smartphones e aplicativos de troca de informações para apoiar o gerenciamento da propriedade rural. Os resultados da análise econométrica mostram que a adoção dessas tecnologias digitais é determinada pela escolaridade, idade (efeito negativo), propensão à inovação e uso de ferramentas de planejamento da produção. Assim, foram corroboradas várias das hipóteses de pesquisa estabelecidas. Os resultados desse estudo são importantes para acelerar a difusão de tecnologias digitais de baixo custo que se constituem em importantes ferramentas de acesso à informação por produtores rurais.

**Palavras-chave:** smartphones; acesso à informação; adoção de tecnologias digitais; aplicativos; agricultura 4.0.

#### Abstract

*This article aimed to identify the factors that explain the adoption of smartphones and mobile apps for sharing technical, economic and managerial information in real time by farmers in the state of São Paulo, Brazil. Primary data from the 2015/16 crop year collected from a sample of 175 farmers of São Paulo state were analyzed by means of descriptive statistics and econometric choice model (logit). Farmers who own smartphones and participate in social groups created to share agricultural information were considered adopters of the technology. Among the 175 producers in the sample, only 66 adopted smartphones and mobile apps for sharing agricultural information. The results of econometric analysis show that the adoption of these digital technologies is determined by education, age (negative effect), innovate propensity and use of production planning tools. Thus, several of the established research hypotheses were corroborated. The results of this study are important to accelerate the diffusion of low-cost digital technologies that are important tools for information access by farmers.*

**Key words:** smartphones; information access; digital farming adoption; mobile apps; agriculture 4.0.

## 1. Introdução

As revoluções tecnológicas estão no centro das grandes transformações socioeconômicas ocorridas ao longo da história. Em curso, tem-se a chamada 4ª Revolução Industrial, também denominada Indústria 4.0, que se caracteriza especialmente pela fusão de tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas, computação em nuvem, manufatura aditiva, sistemas informatizados de integração e inteligência artificial. Todas essas inovações, potencializadas pelo acentuado desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação, têm impactado significativamente nos processos de produção em diferentes setores, os tornando mais autônomos, racionais e eficientes quanto ao uso dos recursos econômicos (Andersson et al, 2016; Carrer et al., 2017; Liu et al, 2021; Carrer et al., 2022).



A difusão das tecnologias da 4ª Revolução Industrial no agronegócio gerou um movimento chamado de Agricultura 4.0 ou *smart farming*. A Agricultura 4.0 se fundamenta na aplicação de um conjunto de tecnologias digitais na produção agropecuária, cujos principais objetivos são aumentar a eficiência no uso dos fatores de produção, otimizar a alocação de recursos, adaptar-se às mudanças climáticas e reduzir desperdícios na produção e distribuição de produtos agropecuários (Zhai et al, 2020; Liu et al, 2021). Estudos têm analisado a dinâmica de difusão e os impactos das tecnologias digitais na agropecuária em diferentes países (Giua et al. 2020).

Neste novo paradigma tecnológico e digital da produção agropecuária, um aparelho emergiu como ponto de partida para o acesso às “tecnologias 4.0”: os smartphones. As diversas funcionalidades disponíveis nos smartphones podem ser consideradas importantes inovações aplicadas ao gerenciamento da produção rural. Essas inovações consistem, para muitos produtores rurais, na “porta de entrada” da Agricultura 4.0. Um smartphone moderno pode ser considerado um computador portátil com uma grande capacidade de auxiliar o produtor rural na coleta, armazenamento, organização, compartilhamento e análise de dados internos e externos à sua propriedade rural. Assim, o smartphone consiste em uma importante ferramenta de auxílio à tomada de decisão, possibilitando o acesso do usuário aos aplicativos que se encaixem nas suas necessidades gerenciais, tais como os sistemas de posicionamento global (GPS) e de acesso a informações geográficas, aplicativos de controle financeiro da propriedade e os populares aplicativos de compartilhamento de informações em tempo real (Teacher et al, 2013; Jin et al, 2013; Michels et al, 2020).

Os aplicativos de compartilhamento de informações em tempo real permitem o rápido acesso dos produtores rurais a um conjunto de informações de alto valor para o gerenciamento da propriedade rural, como, por exemplo, condições climáticas, preços de produtos e insumos agropecuários, recomendações agronômicas, condições de oferta de crédito, análises de mercado, etc. Portanto, o smartphone e todas as suas funcionalidades têm facilitado o acesso do produtor rural a informações essenciais para seu negócio, auxiliando-o na superação de barreiras técnicas, econômicas e sociais. Esses aparelhos também são responsáveis por democratizar o acesso à informação no meio rural a um custo baixo, impactando positivamente no desenvolvimento econômico, especialmente em regiões mais afastadas dos grandes centros (Baumuller, 2018; Ma et al, 2018; Krell et al, 2020).

Os aplicativos de compartilhamento de mensagens manifestam-se como importantes inovações embarcadas nos smartphones. A comunicação interpessoal e o desenvolvimento de recursos organizacionais são elementos que ganham força com a difusão desses aplicativos (Duncombe, 2011; Ma et al, 2018). Assim, é esperado que os aplicativos de compartilhamento de informações otimizem o processo de tomada de decisão pelos produtores rurais. Dentre esses aplicativos, podem-se mencionar o “Telegram”, o “WhatsApp”, o “Instagram” e o “Facebook”, os quais oferecem plataformas simples e rápidas para o compartilhamento de informações técnicas, climáticas, gerenciais e econômicas entre produtores rurais, bem como entre produtores e diferentes stakeholders das cadeias de produção agroindustriais. Esses aplicativos configuram o cerne de um novo modelo de comunicação e tomada de decisão, com grande potencial de democratizar, facilitar e agilizar o acesso à informação por produtores rurais de diferentes regiões e condições financeiras.

Apesar do notório crescimento no uso de smartphones e aplicativos de auxílio à tomada de decisão na agropecuária a partir de meados da década de 2010, ainda são bastante escassos os estudos que identificaram os determinantes e as barreiras ao uso dessas tecnologias por produtores rurais no Brasil. Os próprios dados censitários disponíveis contemplam poucas estatísticas oficiais de difusão dessas inovações. Os dados do Censo Agropecuário de 2017 mostram que 28% dos produtores rurais possuem acesso à internet e 62,9% possuem telefone



(IBGE, 2017). Não há registros oficiais da taxa de difusão de aplicativos para apoio à tomada de decisão na agropecuária brasileira.

Neste contexto, o presente artigo tem o objetivo central de identificar os fatores que determinam a adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações técnicas, econômicas e gerenciais em tempo real por produtores rurais do estado de São Paulo. Os produtores que possuem smartphones e participam de grupos constituídos fundamentalmente para o compartilhamento de informações agropecuárias foram considerados adotantes da tecnologia. Esses grupos contemplam a participação de produtores rurais, consultores, extensionistas, agrônomos, pesquisadores, formuladores de políticas públicas e representantes das indústrias de insumos, processamento e distribuição. Essas redes de acesso e compartilhamento de informações não são apenas meios sociais de interação, mas sobretudo ambientes dinâmicos de aprendizado para os usuários (Baumuller, 2018).

A avaliação dos fatores determinantes do uso de smartphones e aplicativos de troca de informação para tomada de decisão tem potencial de aumentar a compreensão dos pontos que devem ser considerados na formulação de políticas públicas e estratégias que sejam capazes de difundir a inovação digital, em seu modelo mais simples, ao produtor rural. Assim, pode-se acelerar o processo de difusão e democratização da informação com seus potenciais impactos no desenvolvimento socioeconômico da agropecuária.

Este artigo se divide em mais quatro seções além desta introdução. A próxima seção apresenta o referencial teórico e as hipóteses para um conjunto de fatores determinantes do processo decisório de adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações como ferramentas de apoio à tomada de decisões gerenciais. São fundamentadas hipóteses para fatores agrupados nas seguintes categorias: capital humano, características comportamentais, influência social, características gerenciais e escala de produção. A terceira seção apresenta a metodologia adotada para testar as hipóteses de investigação. Os resultados são apresentados e discutidos na seção 4. A quinta seção apresenta as considerações finais.

## **2. Referencial teórico e hipóteses**

Os conceitos de invenção, inovação, adoção e difusão tecnológica são fundamentais para o presente estudo. A invenção pode ser definida como o desenvolvimento científico ou social de um novo produto, processo ou sistema, porém ainda não introduzida no mercado. A invenção se encontra muito presente no campo das ideias e ainda não produz efeito econômico (Schumpeter, 1939). Em contrapartida, a inovação surge como forma de se suprir uma questão econômica, sendo compreendida como o estabelecimento de uma nova função de produção, bem como o desenvolvimento de um novo produto, organização ou abertura de um novo mercado (Schumpeter, 1939). Em outras palavras, uma inovação é uma ideia, prática, método ou produto/serviço percebido como novo por um indivíduo ou firma em um mercado. A novidade percebida pelo indivíduo é o que determina sua reação a esta; se parece nova ao indivíduo, pode ser considerada uma inovação. O aspecto de novidade de uma determinada inovação vai influenciar na difusão de seu conhecimento, na sua capacidade de persuasão e na decisão de adoção pelos indivíduos (Rogers, 1983).

A adoção da tecnologia, caracterizada pelo uso desta por uma firma ou indivíduo em um dado momento do tempo, é reconhecida como uma etapa separada do processo de inovação. Por sua vez, o processo de se adotar uma inovação tecnológica por uma organização ou indivíduos ao longo do tempo irá representar a difusão dessa tecnologia (Schumpeter, 1939). Esse avanço tecnológico é fundamental para que, além dos impactos econômicos, a produção seja desenvolvida com melhor qualidade e sustentabilidade (Monte e Teixeira, 2006; Vinholis et al., 2021; Carrer et al., 2022).

A literatura econômica trata a adoção de uma nova tecnologia como uma decisão individual (variável de escolha qualitativa – adota ou não adota), a qual é afetada tanto pelas características socioeconômicas dos produtores e de suas propriedades, como também por fatores institucionais, tecnológicos e ambientais. Assim, ainda que muitos produtores tenham conhecimento das inovações tecnológicas disponíveis, nem todos as adotam, criando um cenário heterogêneo e distribuindo de forma desigual os benefícios das inovações (Michels et al, 2019; Klerkx et al, 2019; Zhai et al, 2020; Galaz et al., 2021).

Se uma nova tecnologia representa uma melhoria em relação às tecnologias existentes, investigações sobre as razões que levam algumas empresas a adotarem a tecnologia mais tardiamente, ou não adotarem, são importantes (Geroski, 2000; Giua et al., 2020; Vinholis et al., 2021). O processo de adoção da tecnologia é influenciado por um conjunto de fatores específicos que podem acelerar, retardar ou mesmo inviabilizar a adoção por certos grupos de firmas (Sunding e Zilberman, 2001). Na agricultura, um conjunto de fatores de natureza diversa, tais como condicionantes sistêmicos, institucionais, características dos agricultores e das propriedades rurais, explicam as heterogeneidades no processo de adoção de tecnologias (Souza Filho et al., 2011; Carrer et al., 2017; Barnes et al., 2019; Benitez-Altuna et al., 2021).

Estudos demonstram que o desenvolvimento de tecnologias digitais (ou 4.0) com aplicação para o gerenciamento da produção rural vem ocorrendo em alta velocidade (Giua et al., 2020). Contudo, o processo de adoção dessas tecnologias pelos produtores não se desenvolve do mesmo modo, com ainda um baixo número de propriedades rurais fazendo uso das tecnologias, o que resulta em heterogeneidades de desempenho consideráveis (Barnes et al, 2019; Rose et al, 2021; Liu et al, 2021; Carrer et al., 2022). A adoção e o uso do conjunto de novas tecnologias originárias da revolução 4.0 implicam em diferentes níveis de envolvimento de seus usuários, exigindo novas habilidades e diferentes domínios técnicos para aqueles que deverão operá-las (Barnes et al, 2019; Giua et al., 2020).

Esse estudo adota um referencial analítico que divide os fatores determinantes da adoção dos aplicativos para o apoio à tomada de decisão em cinco grupos: (i) capital humano; (ii) características comportamentais; (iii) interação social; (iv) características gerenciais; (v) escala de produção. Na sequência são discutidas as hipóteses para esses fatores.

### **2.1. Capital humano**

O capital humano refere-se a um conjunto de habilidades, conhecimentos e competências que os indivíduos adquirem ao longo da vida por meio da educação formal, treinamentos, experiências ou outras atividades capacitadoras. Trata-se, em outras palavras, de um estoque de competências acumuladas que resulta de esforços individuais em capacitação própria (Becker, 1994; Grossman, 2017).

A literatura econômica mostra que o estoque de capital humano acumulado tem efeitos significativamente positivos na produtividade dos fatores de produção, nas rendas geradas pelos fatores e, conseqüentemente, no desempenho econômico de firmas (nível micro) e países (nível macro) (Schultz, 1961; Lucas, 1988; Lepak e Snell, 1999). O capital humano também se mostra como importante determinante do desenvolvimento, adoção e difusão de inovações tecnológicas em diferentes setores de atividade econômica (Papageorgiu, 2002; Danquah e Amankwah-Amoah, 2017; Che e Zhang, 2018).

As principais variáveis proxies utilizadas para medir o nível de capital humano de produtores rurais nos estudos de adoção de tecnologias são o grau de escolaridade, a experiência na produção rural e a participação em cursos e treinamentos (Feder et al, 1985; Alvarez e Nuthall, 2006; Souza Monteiro e Caswell 2009; Tiffin e Balcombe, 2011; Carrer et al, 2017; Drewry et al, 2019; Michels et al, 2019).

A baixa escolaridade dos produtores rurais é tida como uma das principais barreiras na difusão de tecnologias na agropecuária. Historicamente, os agricultores com maior grau de



escolaridade são os adotantes pioneiros de diferentes inovações tecnológicas (Feder et al, 1985; Souza Filho et al. 2011). Não obstante, a educação formal dos produtores rurais é um elemento chave para a transformação digital da agropecuária e os consequentes ganhos de eficiência no uso dos recursos de produção (Dewan e Riggins, 2005; Rijswijk et al., 2021).

A relação positiva entre educação formal e adoção de tecnologias digitais é explicada sobretudo pela maior facilidade de compreensão das características, funcionalidades e benefícios das inovações digitais pelos produtores com maior escolaridade (Carrer et al, 2017; Michels et al, 2019). Outrossim, o processo dinâmico de aprendizagem durante o uso das tecnologias (*learning by doing*) tende a ser mais fácil para os produtores com maior nível de escolaridade, os quais possuem maiores capacidades e competências de gerenciamento das inovações (Alvarez e Nuthall, 2006; Knuth et al., 2018). Portanto, produtores com maior escolaridade estão adiantados no processo de digitalização da agropecuária (Pivotto et al., 2018).

Desta forma, pode-se estabelecer a hipótese 1a acerca do efeito do nível de capital humano sobre a adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações para tomada de decisão:

**H.1a:** *O nível de escolaridade do produtor rural apresenta efeito positivo na adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações para auxílio à tomada de decisões.*

A idade/experiência do agricultor também é frequentemente tratada como uma característica de capital humano determinante na adoção de inovações tecnológicas (Ghadim e Pannell, 1999). Neste caso, normalmente há resultados e explicações em sentidos opostos. Por um lado, produtores com maior experiência acumulada possuem maior conhecimento, competências gerenciais e confiança para o uso de novas tecnologias, o que tende a impactar positivamente na adoção (Ward et al., 2016; Souza Filho et al., 2021). Por outro lado, esses produtores possuem maior resistência à mudança, maior aversão ao risco e podem considerar mais altos os custos de aprendizagem de uma nova tecnologia (Kongaut e Bohlin, 2016; Michels et al, 2019).

No caso específico das tecnologias da Agricultura 4.0, a maioria dos estudos mostra que a idade/experiência afeta negativamente a adoção de tecnologias digitais de auxílio à tomada de decisão (Alvarez e Nuthall, 2006; Tiffin e Balcombe, 2011; Pruitt et al, 2015; Michels et al, 2019; Pivotto et al, 2019). Argumenta-se que produtores rurais com uma idade mais baixa, em geral até 50-55 anos, possuem maior facilidade para compreender as funcionalidades das tecnologias digitais (Alvarez e Nuthall, 2006; Tiffin e Balcombe, 2011; Tamirat et al, 2017; Pivotto et al, 2019; Giua et al, 2021). No entanto, alguns estudos não constataram efeito significativo da experiência na adoção de tecnologias digitais (Dill et al, 2015; Krell et al, 2020; Carrer et al., 2022).

Assim, pode-se estabelecer a hipótese 1b para o efeito da experiência dos produtores sobre a probabilidade de adoção de aplicativos de compartilhamento de informações:

**H.1b:** *A experiência/idade do produtor exerce efeito negativo na adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações como ferramenta de gestão.*

## 2.2. Características comportamentais

Fatores representativos do comportamento dos produtores têm sido considerados com frequência cada vez maior em estudos de adoção de inovações na agricultura (Aubert et al., 2012; Shah et al., 2016; Michels et al., 2020; Benitez-Altuna et al., 2021; Carrer et al., 2022). Argumenta-se que diferenças nas características comportamentais dos indivíduos, tais como propensão ao risco, propensão à inovação e excesso de autoconfiança, afetam a percepção dos custos e benefícios esperados de uma nova tecnologia, influenciando significativamente no



processo decisório de adoção das inovações (Ghadim et al., 2005; Barham et al., 2014; Carrer et al., 2017; Benitez-Altuna et al., 2021).

A adoção de uma inovação tecnológica é um processo intrinsecamente caracterizado por um conjunto de riscos (Feder et al., 1985; Aker et al., 2005). A avaliação individual desses riscos é uma variável crucial para a tomada de decisão dos produtores, mesmo quando os potenciais resultados da tecnologia são conhecidos (Souza Filho et al., 2011). Os indivíduos não possuem a mesma percepção de risco, ainda que diante de decisões de adoção de uma mesma tecnologia (Giné & Yang, 2009; Brick & Visser, 2015). Alguns produtores podem subestimar (superestimar) o risco esperado da tecnologia, o que aumentaria (reduziria) as chances de adoção. De fato, há evidências de que produtores com maior propensão ao risco apresentam uma tendência natural de os aceitarem melhor, o que aumenta as chances de adoção de inovações por esses produtores (Marra et al., 2003; Dill et al., 2015; Mao et al., 2019).

A propensão ao risco é mais importante para explicar as decisões de adoção de tecnologias que apresentam riscos elevados (p.e., novos sistemas de produção), o que pode ser relativizado no presente estudo. A tecnologia investigada neste estudo não é caracterizada por riscos ou incertezas representativos. Não há investimentos elevados, aumento considerável nos custos ou mesmo potencial significativo de variação na receita da produção associados à adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações. No entanto, ainda assim espera-se que produtores com maior propensão ao risco tenham maior probabilidade de adotar esta tecnologia digital. Assim, pode-se estabelecer a hipótese 2a:

**H.2a:** *Quanto maior a propensão ao risco do produtor, maior a probabilidade de adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações.*

Outro aspecto comportamental que está diretamente relacionado com a adoção de inovações é a propensão à inovação do tomador de decisão. A propensão à inovação de um indivíduo pode ser definida como sua vontade de testar novas tecnologias (Godoe & Johansen, 2012). Estudos indicam que tomadores de decisão mais propensos à inovação conseguem alterar a dinâmica e as rotinas de adoção tecnológica nas empresas, tornando mais frequente o uso de novas tecnologias (Thong, 1999; Bhatti, 2007). Normalmente, esses indivíduos estão mais conectados à dinâmica das inovações tecnológicas por meio da busca por informações e novidades. O próprio processo de tentativa e erro associado às novas tecnologias tende a ser mais natural para esses indivíduos. Há evidências empíricas de que produtores rurais com maior propensão à inovação adotam mais rápido e com maior frequência tecnologias digitais (Aubert et al., 2012; Michels et al., 2019). Assim, pode-se estabelecer a hipótese 2b:

**H.2b:** *Quanto maior a propensão à inovação do produtor, maior a probabilidade de adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações.*

### 2.3. Características gerenciais

A visão baseada em recursos, também conhecida como VBR, se consolidou como uma teoria de análise interna mais aprofundada da firma. Na concepção da VBR, a construção de vantagem competitiva sustentável se dá a partir de diferentes modelos de gerenciamento das firmas e do desenvolvimento de capacidades internas no uso dos recursos disponíveis. As firmas possuem heterogeneidades nos seus recursos internos e no processo de desenvolvimento de capacidades, o que condicionam diferenciais de competitividade entre firmas de uma mesma indústria. Assim, a VBR foca nos recursos que cada organização possui e que a diferencia das concorrentes, bem como na construção de vantagens competitivas sustentáveis a partir do desenvolvimento de capacidades e competências no uso destes recursos (Barney, 1991; Lockett e Thompson, 2001; Duschek, 2004).

Os aspectos gerenciais de uma propriedade rural afetam diretamente o processo de alocação e uso dos recursos disponíveis (Wilson et al., 2001; Carrer et al., 2015). Propriedades



rurais que recebem assessoria de técnicos especializados e que possuem sistemas gerenciais para planejamento e controle de processos estruturados muito provavelmente obterão vantagens competitivas em relação às propriedades que não possuem um gerenciamento interno sistematizado e organizado (Carrer et al., 2015). Essas vantagens competitivas, por sua vez, possibilitam o desenvolvimento de capacidades internas e a adoção de inovações com frequência e velocidade maiores (Souza Filho et al., 2021).

Estudos empíricos demonstraram que produtores rurais que contratam consultores especializados com frequência recebem um conjunto relevante de informações e possuem maior confiança na adoção e no uso de inovações tecnológicas da agricultura digital (Alvarez e Nuthall, 2006; Dill et al, 2015; Carrer et al, 2017; Knuth et al., 2018). Além de disponibilizarem informações técnicas e econômicas, os consultores também são importantes para capacitar o produtor rural e auxiliá-lo no gerenciamento dos recursos disponíveis na propriedade rural (Solís et al., 2009). Desta forma, pode-se estabelecer a hipótese 3a:

**H.3a:** *Quanto maior a interação do produtor com consultores especializados, maior a probabilidade de adoção de aplicativos de compartilhamento de informações.*

Estudos têm observado a existência de complementaridades entre algumas práticas gerenciais intensivas na coleta e organização de informações e a adoção de tecnologias 4.0 por produtores rurais (Bullock e Bullock, 2000; Watcharaanantapong et al., 2014). A premissa central das principais tecnologias digitais consiste no uso de um amplo conjunto de dados para auxiliar o produtor na tomada de decisão em processos técnicos e gerenciais, aumentando a eficiência no uso dos recursos disponíveis na fazenda (Carrer et al., 2022). Assim, produtores rurais que adotam práticas tradicionais de planejamento e controle dos processos de produção estariam mais propensos ao uso de tecnologias 4.0. Práticas gerenciais, como, por exemplo, planejamento de safra, controle de compras estoque de insumos e anotações regulares de movimentações financeiras, podem ser compreendidas como “precedentes” à adoção de tecnologias digitais. De fato, há estudos empíricos que identificaram relações significativas entre as características de gerenciamento das propriedades rurais e a adoção de tecnologias digitais da agricultura 4.0 (Premkumar e Roberts, 1999; Carrer et al., 2017; Michels et al, 2020). Diante deste quadro, levanta-se a seguinte hipótese:

**H.3b:** *O uso de ferramentas para planejamento da produção/safra pelo produtor rural tem efeito positivo sobre a probabilidade de adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações.*

## 2.4. Interação Social

O desenvolvimento das relações sociais é peça chave na evolução do ser humano como um ser social. Deve-se conceber que o meio que cerca o indivíduo é capaz de provocar profundas transformações no mesmo, influenciando-o nas mais diversas decisões e esferas de sua vida (Philips, 1967; Piskur et al, 2013). As influências sociais do entorno do produtor rural e a difusão de informações nesses círculos sociais são aspectos de grande relevância para compreender o processo de adoção de tecnologias na agropecuária (Ruzzante et al, 2021).

Inúmeras tecnologias são passíveis de difusão por meio de redes de comunicação ao longo tempo, as quais estão amparadas por um determinado ambiente social (Giua et al, 2020). No âmbito rural, as cooperativas de produtores podem ser caracterizadas como o principal canal de ‘agregação’ de indivíduos que possuam interesses em comum, sendo inclusive um local que facilita o acesso dos produtores ao mundo digital (Suvedi et al, 2017; Drewry et al, 2019). A participação em cooperativas tem sido tratada como uma proxy do capital social dos produtores rurais. Pressupõe-se que os agricultores que participam de cooperativas tenham maior acesso à informação, maior interação e compartilhem experiências relevantes para o desempenho da atividade agropecuária, o que afeta positivamente na adoção de novas tecnologias (Munasib e



Jordan, 2011; Carrer et al, 2013; Manda et al., 2020; Monteiro e Caswell, 2009; Dill et al, 2015; Zhang et al, 2020; Ruzzante et al, 2021).

Além do estreitamento de relações sociais, a participação em cooperativas permite a adoção conjunta de tecnologias de alto valor, fazendo com que o produtor rural acesse inovações que seriam financeiramente inviáveis (Carrer et al, 2017; Zhang et al, 2020). A tecnologia investigada neste estudo não apresenta caráter inacessível para os produtores, tendo em vista o baixo custo de adoção e uso. Entretanto, isso não reduz a importância da participação em cooperativas, considerando que a interação, a troca de informações e de experiências se constituem em incentivo para a adoção de tecnologias digitais (Carrer et al, 2017). Ademais, o smartphone e grupos de troca de informações são meios de estreitar os laços e relações entre produtores rurais. Em grande medida, esses laços são desenvolvidos nas associações e cooperativas (Duncombe, 2014), sendo que os próprios grupos de compartilhamento de informações podem ser formados a partir das relações estabelecidas inicialmente na cooperativa.

Portanto, a seguinte hipótese pode ser estabelecida:

**H.4a:** *A participação em cooperativas apresenta efeito positivo na adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações como ferramenta de gestão.*

## 2.5. Escala de produção

A relação entre tamanho da propriedade e adoção de tecnologias é um aspecto muito explorado na literatura. O tamanho da propriedade está diretamente relacionado a uma maior flexibilidade nas decisões, maior acesso aos recursos financeiros e maior capacidade de absorver riscos. Outrossim, algumas tecnologias são caracterizadas pela existência de economias de escala, o que se constitui em considerável barreira à adoção para pequenos produtores. De uma forma geral, verifica-se efeito positivo da escala de produção sobre a adoção de tecnologias 4.0 (Alvarez e Nuthall 2006; Tiffin e Balcombe 2011; D'Antoni et al, 2012; Carrer et al, 2017; Barnes et al, 2019; Michels, 2020; Carrer et al., 2022).

Em que pesem as evidências do efeito positivo da escala de produção sobre a probabilidade de adoção de tecnologias da Agricultura 4.0, deve-se fazer algumas ponderações para tecnologia em análise neste estudo. Por um lado, não se observam a necessidade de elevado investimento inicial, altos riscos ou mesmo economias de escala que inviabilizem a adoção de smartphones e aplicativos de troca de informações gerenciais por pequenos produtores. Por outro lado, Michels et al. (2020) encontraram evidências empíricas de que os smartphones e seus aplicativos reduzem custos de coordenação e monitoramento de recursos, sobretudo nas fazendas com maior escala de produção. Como as grandes propriedades possuem um número maior de funcionários, os gerentes destas propriedades podem utilizar serviços de mensagens em smartphones para otimizar a comunicação interna. Em suma, a maior complexidade organizacional das fazendas de maior porte tende a aumentar a utilidade marginal do uso de smartphones e aplicativos para grandes produtores. Diante deste quadro, se estabelece a seguinte hipótese:

**H.5a:** *A área da propriedade apresenta efeito positivo na adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informação como ferramenta de gestão.*

## 3. Método

### 3.1. Amostra e variáveis de análise

As análises empíricas do estudo foram realizadas com base em dados primários de uma amostra aleatória de 175 produtores rurais do estado de São Paulo, Brasil, dos quais 66 (37,7%) adotaram smartphones e aplicativos para compartilhamento de informações e 109 (62,3%) não adotaram. Os dados foram coletados por meio da aplicação de questionários estruturados *in*





*loco* no âmbito de um projeto de pesquisa financiado pela Fapesp. Os dados referem-se ao ano safra 2015/16 (*cross-section*) e compreendem propriedades rurais das principais regiões com produção pecuária do estado de São Paulo.

Os produtores da amostra produzem diferentes tipos de produtos agropecuários em suas propriedades, sendo que todos possuem produção pecuária (corte ou leite). As principais culturas produzidas nas fazendas amostradas são: soja (produzida em 22,3% das fazendas pesquisadas), milho (35,4%), carne bovina (76%), leite (30,3%), amendoim (4,9%), feijão (2,9%), eucalipto (24,6%), cana-de-açúcar (14,9%) e frutas e hortaliças (16,6%).

As variáveis utilizadas nas análises econométricas são apresentadas na Tabela 1. Essas variáveis foram especificadas com o objetivo de testar cada uma das hipóteses levantadas na seção 2 do artigo. Conforme detalhado na próxima subseção do artigo, dois modelos econométricos foram estimados. Um modelo logit foi estimado para testar os efeitos das variáveis independentes sobre a probabilidade de adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informação. Neste caso, a variável dependente do modelo é uma dummy que assume valor 1 para produtores que adotaram essa tecnologia e 0 caso contrário. Por sua vez, um modelo Poisson foi estimado para testar os efeitos das variáveis independentes sobre a intensidade de uso dos aplicativos. Neste caso, a variável dependente foi construída a partir do somatório do número de grupos de compartilhamento de informações agropecuárias que o produtor rural participa.

Tabela 1. Variáveis utilizadas nas análises econométricas.

Variável	Descrição	Hipótese testada
<i>Variáveis dependentes</i>		
<i>Smart</i> ( $Y_1$ )	Variável binária que assume valor 1 para adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações para auxílio à tomada de decisão; 0 caso contrário	N.A.
<i>Ngrupos</i> ( $Y_2$ )	Número de grupos de compartilhamento de informações técnicas, econômicas e gerenciais associadas à produção rural que o produtor participa	N.A.
<i>Variáveis independentes</i>		
<b>1. Capital Humano</b>		
<i>Esc</i> ( $X_1$ )	Variável binária que assume valor 1 para ensino superior completo; 0 caso contrário	H1a
<i>Exp</i> ( $X_2$ )	Tempo de experiência na gestão da propriedade (em anos)	H1b
<b>2. Características Comportamentais</b>		
<i>Risco</i> ( $X_3$ )	Índice de propensão ao risco: quanto mais próximo de 5, maior a propensão do produtor ao risco. Construído a partir o nível de discordância do produtor (em escala likert, em que 1 – concordo totalmente a 5 – discordo totalmente) com a seguinte afirmativa: (i) “quanto se trata de negócios, eu sempre prefiro a opção mais segura, mesmo que o retorno seja mais baixo”. Variável comportamental baseada nos estudos de Franken et al. (2014) e Carrer et al. (2022).	H2a
<i>Inova</i> ( $X_4$ )	Índice de propensão à inovação: quanto mais próximo de 1, maior a propensão à inovação do produtor. Construído a partir do nível de concordância do produtor (em escala likert, em que 1 – discordo totalmente e 5 – concordo totalmente) com 4 afirmativas: (i) “Eu gosto de tentar tecnologias novas na minha propriedade rural”; (ii) “Eu assumo desafios mais frequentemente do que outros produtores rurais”; (iii) “Eu	H2b



gosto de discutir abertamente minhas experiências com outros produtores”; (iv) “Sou um produtor inovador”. As respostas são somadas e o resultado é dividido por vinte. Variável comportamental baseada nos estudos de Bhatti (2007) e Aubert et al. (2012).

### 3. Características Gerenciais

<i>Assist</i> ( $X_5$ )	Número de visitas de técnicos especializados que o produtor rural recebeu em sua fazenda na safra 2015/16	H3a
<i>Planeja</i> ( $X_6$ )	Variável binária que assume valor 1 se o produtor estabelece planejamento anual de safra e 0 caso contrário.	H3b

### 4. Interação Social

<i>Coop</i> ( $X_7$ )	Variável binária que assume valor 1 se o produtor participa de cooperativa agropecuária; 0 caso contrário	H4a
-----------------------	---	-----

### 5. Escala de produção

<i>Area</i> ( $X_8$ )	Área da propriedade rural (em hectares)	H5a
-----------------------	---	-----

Nota: \* Foram estimados dois modelos econométricos. A variável  $Y_1$  foi utilizada no modelo logit e a variável  $Y_2$  foi utilizada no modelo Poisson.

## 3.2. Modelo econométrico

Os modelos logit e probit são frequentemente utilizados em estudos de adoção de tecnologias quando a variável dependente assume valores binários (1 para adoção da tecnologia e 0 caso contrário). Esses dois modelos diferem apenas na escolha da função de distribuição cumulativa subjacente. No presente estudo, utilizou-se o modelo logit, que assume uma forma funcional logística. A escolha da adoção de smartphones e aplicativos para compartilhamento de informações relacionadas ao gerenciamento da propriedade rural pode ser representado por uma variável *dummy* ( $y_i$ ), tal que:

$y_i = 1$  se o produtor adota a tecnologia;

$y_i = 0$  caso contrário.

A probabilidade de adoção dos smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações pode então ser descrita como:

$$P[y_i = 1] = P(e_i > -X_i\beta) = 1 - F(-X_i\beta) = F(X_i\beta) \quad (1)$$

em que  $F$  é uma função de distribuição cumulativa e os parâmetros  $\beta$  são estimados por meio de procedimentos de máxima verossimilhança. Em sua forma específica logística, pode-se expressar o modelo logit como (Greene, 2003):

$$P_i = P[y_i = 1] = \frac{e^{x_i\beta}}{1 + e^{x_i\beta}} \quad (2)$$

Os parâmetros estimados,  $\beta$ , mostram o sentido do efeito (positivo ou negativo) das variáveis  $X_i$  sobre a probabilidade de adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações pelos produtores. Assim, podem-se testar empiricamente as hipóteses fundamentadas na seção 2 deste artigo.

## 4. Resultados

A Tabela 2 apresenta uma análise comparativa dos dois grupos de produtores da amostra: adotantes e não adotantes de smartphones e aplicativos para compartilhamento de informações de suporte à tomada de decisão na propriedade.



Tabela 2. Comparativo entre adotantes e não adotantes de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações como ferramenta de gestão da produção rural.

	Adotantes		Não Adotantes		Valor P
	66 produtores		109 produtores		
	Média	D.P.	Média	D.P.	
<i>Esc</i>	0,666	0,475	0,376	0,486	0,000
<i>Exp</i>	49,515	11,289	57,02	13,882	0,000
<i>Risco</i>	3,500	1,026	3,871	0,210	0,027
<i>Inova</i>	0,784	0,113	0,735	0,171	0,022
<i>Assist</i>	8,606	9,122	5,844	8,979	0,052
<i>Planeja</i>	0,166	0,375	0,045	0,210	0,018
<i>Coop</i>	0,742	0,440	0,633	0,484	0,127
<i>Area</i>	5,290	1,134	5,156	1,032	0,432

Nota: a variável Area está em escala logarítmica.

A partir desta análise comparativa inicial, evidencia-se a existência de heterogeneidades significativas entre os dois grupos analisados. Dentre as oito variáveis utilizadas na análise, seis delas apresentaram médias estatisticamente diferentes ao nível de significância de 10% ou menos: *Esc*, *Exp*, *Risco*, *Inova*, *Planeja* e *Assist*. Pode-se afirmar que, em média, os adotantes de smartphones e aplicativos possuem escolaridade maior, idade mais baixa, menor propensão ao risco, maior propensão à inovação, fazem maior uso de ferramentas de planejamento da produção e recebem assistência técnica com maior frequência do que os não adotantes. Essa análise comparativa apresenta indícios de que existem diferenças de capital humano e de características comportamentais e gerenciais entre produtores adotantes e não adotantes de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações agropecuárias. Não obstante, análises econométricas mais robustas foram realizadas para efetivamente testar as hipóteses de pesquisa. A Tabela 3 apresenta os resultados destas análises.

Tabela 3. Resultados do modelo logit: determinantes da adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações como ferramentas gerenciais.

	Modelo logit	
	Coefficiente	Efeito marginal
<i>Constante</i>	-0,4146	-
<i>Esc</i>	0,99448***	0,19729
<i>Exp</i>	-0,04170***	-0,0786
<i>Risco</i>	-0,20261	-0,0382
<i>Inova</i>	2,20899*	0,41648
<i>Assist</i>	0,00538	0,00101
<i>Planeja</i>	1,20127*	0,24099
<i>Coop</i>	0,41965	0,07863
<i>Área</i>	0,04416	0,0833
Log-likelihood function	-97,47219	
Chi squared [8 d.f.]	36,98245	
Nível significância	0,000000	
R <sup>2</sup> McFadden	0,1594574	

\*\*\*, \*\*, \* estatisticamente significativo a 1%, 5%, 10% respectivamente.



Os estimadores do modelo logit apresentam os efeitos das variáveis explicativas sobre a probabilidade de adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de gestão. Os efeitos marginais mostram o impacto de variações marginais em determinada variável explicativa sobre a probabilidade de adoção, *ceteris paribus*. A escolaridade (*Esc*) apresenta efeitos positivos na adoção de aplicativos de compartilhamento de informações por produtores rurais. O efeito marginal estimado indica que, em média, concluir o ensino superior aumenta em 19,73% a probabilidade de adoção de smartphones e aplicativos de troca de informações agropecuárias. Portanto, a hipótese *H1a* é corroborada com os resultados econométricos do estudo. O efeito positivo da escolaridade sobre a adoção das tecnologias investigadas está em consonância com outros estudos empíricos (Carrer et al, 2017; Knuth et al., 2018; Michels et al., 2019), reforçando a grande relevância das capacidades e competências dos produtores rurais para a difusão das tecnologias digitais na agropecuária.

A idade também apresentou efeito estatisticamente significativo sobre a probabilidade de adoção das tecnologias digitais. Neste caso, o efeito é negativo, o que corrobora a hipótese *H1b*. De fato, os adotantes, em sua maioria, são mais jovens do que os não adotantes, o que pode estar relacionado com a maior facilidade que indivíduos mais jovens têm para compreender as funcionalidades das tecnologias digitais. O resultado corrobora os achados de Alvarez e Nuthall (2006), Tiffin e Balcombe (2011), Pruitt et al (2015), Michels et al (2019) e Pivoto et al (2019).

Dentre as características comportamentais, propensão ao risco (*Risco*) e à inovação (*Inova*), somente a última apresentou efeito estatisticamente significativo na probabilidade de adoção de smartphones e aplicativos. Assim, apenas a hipótese *H2b* foi corroborada. I.e., tomadores de decisão mais propensos à inovação conseguem alterar a dinâmica e as rotinas de adoção de novas tecnologias mais rapidamente, o que torna mais frequente o uso de novas tecnologias nas propriedades rurais desses produtores. A propensão à inovação mostrou-se fator relevante para impulsionar o produtor a fazer parte do ambiente de compartilhamento de informações virtualmente por meio de aplicativos em smartphones.

A hipótese *H3b* também foi corroborada pelos resultados do modelo estimado. O uso de ferramentas para planejamento anual da safra/produção (*Planeja*) afetou positivamente a probabilidade de adoção dos smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações. A adoção dessas ferramentas de planejamento de produção indica maior intensidade no uso de técnicas de gerenciamento da propriedade rural e demanda por informações técnicas e de mercado para planejar e tomar decisões no planejamento, o que pode ser proporcionado por aplicativos de compartilhamento e troca de informações. Assim, percebe-se a existência de relações significativas entre as características de gerenciamento das propriedades rurais e a adoção de smartphones e acesso a aplicativos para troca de informações agropecuárias, conforme também verificado em outras análises empíricas (Premkumar e Roberts, 1999; Carrer et al., 2017; Michels et al, 2020).

Por fim, as hipóteses *H2a*, *H3a*, *H4a* e *H5a* não foram corroboradas pelos resultados dos modelos econométricos estimados. Assim, a propensão ao risco, intensidade de uso de assistência técnica, participação em cooperativas e escala de produção não se mostraram relevantes para explicar as decisões de adoção e intensidade no uso de smartphones e grupos de troca de informações pelos produtores da amostra.

## 5. Considerações finais

Esse estudo investigou os efeitos de variáveis representativas de características comportamentais, de capital humano, gerenciais e de capital social sobre a probabilidade de adoção de smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações por produtores rurais



do estado de São Paulo. Uma amostra de 175 produtores, dos quais 66 adotaram smartphones e aplicativos e 109 não adotaram, foi utilizada para o desenvolvimento das análises empíricas. Os dados foram analisados por meio de estatísticas descritivas e modelos econométricos. Foram testadas hipóteses dos efeitos de diferentes fatores sobre a adoção de smartphones e aplicativos para compartilhamento de informações agropecuárias pelos produtores. Os determinantes à das tecnologias encontrados foram: escolaridade, idade, propensão à inovação e uso de ferramentas de planejamento da produção.

O conhecimento desses fatores é fundamental para o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias de difusão de tecnologias digitais no campo. É necessário avaliar estratégias para superar as barreiras aos não adotantes a partir da compreensão do processo decisório de (não) adoção. É indubitável que urge a necessidade de ampliar a difusão das tecnologias digitais entre produtores, especialmente as mais simples, tornando o acesso à informação mais igual no campo. Para tanto, estas tecnologias digitais “simples” devem se apresentar viáveis a todos os possíveis perfis de produtores rurais. Os smartphones e aplicativos de compartilhamento de informações são tecnologias complementares capazes de aumentar a capilaridade de difusão de informações, em tempo real, a baixo custo e em regiões de difícil acesso físico.

### Referências

- Alvarez, J., & Nuthall, P. (2006). Adoption of computer based information systems: The case of dairy farmers in Canterbury, NZ, and Florida, Uruguay. *Computers and Electronics in Agriculture*, 50(1), pp. 48-60.
- Andersson, U., Dasí, À., Mudambu, R., & Pedersen, T. (2016). Technology, innovation and knowledge: the importance of ideas and international connectivity. *Journal of World Business*, v.51, n 1, pp. 153-162.
- Aubert, B. A., Schroeder, A., & Grimaudo, J. (2012). IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision Support Systems*, 54(1), pp. 510-520.
- Barnes, A.P., Soto, I., Eory, V., Beck, B., Balafoutis, A., Sánchez, B., Vangeyte, J., Fountas, S., Van Der Wal, T., & Gómez-Barbero, M. (2019). Exploring the adoption of precision agriculture technologies: A cross regional study of EU farmers. *Land Policy*, v. 80, pp. 163-174.
- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*. V. 17, nº 1, pp. 99-120.
- Baumuller, H. (2018). The little we know: na exploratory literature review on the utility of mobile phone – enabled services for smallholder farmers. *Journal of International Development*, nº30, pp. 134-154.
- Benitez-Altuna, F., Trienekens, J., Materia, V. C., & Bijman, J. (2021). Factors affecting the adoption of ecological intensification practices: A case study in vegetable production in Chile. *Agricultural Systems*, 194, 103283.
- Bhatti, T. (2007). Exploring factors influencing the adoption of mobile commerce. *Journal of Internet Banking and Commerce*, 12. pp. 1-13.
- Brick, K., & Visser, M. (2015). Risk preferences, technology adoption and insurance uptake: A framed experiment. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 118, pp. 383-396.
- Bullock, D. S., & Bullock, D. G. (2000). From agronomic research to farm management guidelines: A primer on the economics of information and precision technology. *Precision Agriculture*, 2(1), pp. 71-101.



Carrer, M.J., de Souza Filho, H.M., Vinholis, M.M.B. (2013). Determinants of feedlot adoption by beef cattle farmers in the State of São Paulo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 42, n° 11, pp. 824-830.

Carrer, M.J., de Souza Filho, H.M., & Batalha, M.O. (2017). Factors influencing the adoption of farm management information systems (FMIS) by Brazilian citrus farmers. *Computers and Electronics in agriculture*, v. 138, n° 1, pp. 11-19.

Carrer, M. J., de Souza Filho, H. M., Vinholis, M. D. M. B., & Mozambani, C. I. (2022). Precision agriculture adoption and technical efficiency: An analysis of sugarcane farms in Brazil. *Technological Forecasting and Social Change*, 177, 121510.

Che, Y., & Zhang, L. (2018). Human capital, technology adoption and firm performance: Impacts of China's higher education expansion in the late 1990s. *The Economic Journal*, 128(614), 2282-2320.

D'Antoni, J.M., Mishra, A.K., Joo, H. (2012). Farmers' perception of precision technology: The case of autosteer adoption by cotton farmers. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.87, pp. 121-128.

Danquah, M., & Amankwah-Amoah, J. (2017). Assessing the relationships between human capital, innovation and technology adoption: Evidence from sub-Saharan Africa. *Technological Forecasting and Social Change*, 122, 24-33.

Dewan, S., & Riggins, F. J. (2005). The digital divide: Current and future research directions. *Journal of the Association for Information Systems*, 6(12), pp. 298-337.

Dill, M.D., Emvalomatis, G., Saatkamp, H., Rossi, J.A., Pereira, G.R., & Barcellos, J.O.J. (2015). Factors affecting adoption of economic management practices in beef cattle production in Rio Grande do Sul state. *Journal of rural studies* 42, pp. 21-28.

Drewry, J.L., Shutske, J.M., Trechter, D., Luck, B.D., & Pitman, L. (2019). Assessment of digital technology adoption and access barriers among crop, dairy and livestock producers in Wisconsin. *Computers and Electronics in Agriculture* (165).

Duncombe, R. (2011). Researching impact of mobile phone for development: concepts, methods and lessons for practice. *Information Technology for Development*. V. 17, n°14, pp. 268-288.

Duncombe, R. (2014). Understanding the Impact of Mobile Phones on Livelihoods in Developing Countries. *Development Policy Review*, 32 (5), pp. 567-588.

Duschek, S. (2004). Inter-Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Management Revue*. V.15, n°1.

Feder, G.,Richard, E., &Zilberman. (1985). Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries. *Economic Development and Cultural Change*, v. 33, n°. 2, pp. 255-298.

Franken, J.R.V., Pennings, J.M.E. and Garcia, P. (2014). Measuring the effect of risk attitude on marketing behavior, *Agricultural Economics* 45, pp.1-11.

Galaz, V., Centeno, M. A., Callahan, P. W., Causevic, A., Patterson, T., Brass, I., ... & Levy, K. (2021). Artificial intelligence, systemic risks, and sustainability. *Technology in Society*, 67, 101741.

Geroski, P. A. (2000). Models of technology diffusion. *Research Policy*, v. 29, n. 4-5, pp. 603- 625.

Ghadim, A. K. A., & Pannell, D. J. (1999). A conceptual framework of adoption of an agricultural innovation. *Agricultural Economics*, 21(2), 145-154.

Giné, X., & Yang, d. (2009). Insurance, credit and technology adoption: field experimental evidence from Malawi *J. Dev. Econ.*, 89, pp. 1-11.

Giua, C., Materia, V.C., & Camanzi, L. (2021). Management information system adoption at the farm level: evidence from literature. *British food jornal*, v.123, n° 3.



- Godoe, P., & Johansen, T. (2012). Understanding adoption of new technologies: Technology readiness and technology acceptance as an integrated concept. *Journal of European Psychology Students*, 3(1), pp. 38–52.
- Grossman, M. (2017). 2. The Human Capital Model. In: *Determinants of Health*. Columbia University Press., pp. 42-110.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). *Brazilian Agricultural Census*. Available at <http://www.sidra.ibge.gov.br>
- Jin, B.O., Yoon, S.H., & Ji, Y.G. (2013). Development of a Continuous Usage Model for the Adoption and Continuous Usage of a Smartphone. *International Journal of Human-Computer Interaction*, v. 29, n° 9, pp. 563–581.
- Klerkxa. L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* – 90-91.
- Knuth, U., Amjath-Babu, T. S., & Knierim, A. (2018). Adoption of farm management systems for cross compliance—an empirical case in Germany. *Journal of environmental management*, 220, pp. 109-117.
- Kongaut, C., & Bohlin, E. (2016). Investigating mobile broadband adoption and usage: A case of smartphones in Sweden. *Telematics and Informatics*, 33(3), 742–752.
- Krell, N.T., Giroux, S.A., Guido, Z., Hannah, C., Lopus, S.E., Caylor, K.K., & Evans, T.P. (2020). Smallholder farmers’ use of mobile phone services in central Kenya. *Climate and Development*.
- Lepak, D., & Snell, S. (1999). The Human Resource Architecture: Toward a Theory of Human Capital Allocation and Development. *Academy of Management Review*, 24, 31-48.
- Liu, Y., Shu, L., Hancke, G.P., & Abu-Mahfouz, A.M. (2021) From Industry 4.0 to agriculture: current status, enabling Technologies, and research challenges. *IEEE Transactions on industrial informatics*, v. 17, n°6, pp. 4322-4334.
- Lockett, A., & Thompson, S. (2001). The resource-based view and economics. *Journal of Management* 27, pp. 723–754.
- Lucas, R. (1988). On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42.
- Ma, W., Renwick, A., Nie, P; Tang, J., & Cai, R. (2018). Off-farm work, smartphone use and usehold income: Evidence from rural China. *China Economic Review*. n°52, pp. 80-94.
- Manda, J., Khonje, M. G., Alene, A. D., Tufa, A. H., Abdoulaye, T., Mutenje, M., & Manyong, V. (2020). Does cooperative membership increase and accelerate agricultural technology adoption? Empirical evidence from Zambia. *Technological Forecasting and Social Change*, 158, pp.120160.
- Mao, H., Zhou, L., Ifft, J., & Ying, R. (2019). Risk preferences, production contracts and technology adoption by broiler farmers in China. *China Economic Review*, 54, pp. 147-159.
- Marra, M., Pannell, D. J., & Ghadim, A. A. (2003). The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: where are we on the learning curve?. *Agricultural Systems*, 75(2-3), pp. 215-234.
- McDonald, R., Heanue, K., Pierce, K., & Horan, B. (2015). Factors Influencing New Entrant Dairy Farmer's Decision-making Process around Technology Adoption, *The Journal of Agricultural Education and Extension - Journal of Agricultural Education and Extension*. pp. 1-15.
- Michels, M., Bonke, V., & Musshoff, O. (2019). Understanding the adoption of smartphone apps in dairy herd management. *American Dairy Science Association*. 102, pp. 9422-9434.



Michels, M., Fecke, W., Feil, J.-H., Musshoff, O., Pigisch, J., & Krone, S. (2020). Smartphone adoption and use in agriculture: empirical evidence from Germany. *Precision Agriculture*, nº 21, pp. 403-425.

Monte, E.Z., & Teixeira, E.C. (2006). Determinantes da adoção da tecnologia de despolpamento na cafeicultura. *RER*, Rio de Janeiro, v. 44, nº02, pp. 201-217.

Munasib, A., & Jordan, J. L. (2011). The effect of social capital on the choice to use sustainable agricultural practices. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 43(1379-2016-113720), pp. 213-227.

Papageorgiou, C. (2002). Technology adoption, human capital, and growth theory. *Review of Development economics*, 6(3), 351-368.

Piskur, B., Daniels, R., Jongmans, Ketelaar, M., Smeets, R.J., Norton, M., & Beurskens. (2014). Participation and social participation: are they distinct concepts?. *Clinical Rehabilitation*. v. 28(3), pp. 211-220

Pivoto, D., Waquil, P.D., Talamini, E., Finocchio, C.P.S., Corte, V.F.D., Mores, G.V. (2018). Scientific development of smart farming Technologies and their application in Brazil. *Information Processing in agriculture* 5, pp. 21-32.

Pivoto, D., Barham, B., Waquil, P.D., Foguesatto, C.R., Corte, V.F.D; Zhang, D., & Talamini, E. (2019). Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. *International Food and Agribusiness Management Review*, v. 22, nº4.

Phillips, D.L. (1967). *Social Participation and Happiness*. v. 72, nº 5.

Premkumar, G., Roberts, M. (1991). Adoption of new information technologies in rural small businesses. *OMEGA, The International Journal of Management Science* 27, pp. 467 – 484.

Pruitt, J.R., Gillespie, J.M., Nehring, R.F., & Qushim, B. (2015). Adoption of Technology, Management Practices, and Production Systems by U.S. Beef Cow-Calf Producers. *Journal of Agricultural and Applied Economics*. 44(2) , pp. 203-222.

Rijswijk, K., Klerkx, L., Bacco, M., Bartolini, F., Bulten, E., Debruyne, L., & Brunori, G. (2021). Digital transformation of agriculture and rural areas: A socio-cyber-physical system framework to support responsabilisation. *Journal of Rural Studies*, 85, pp. 79-90.

Rose, D.C., Wheeler, R., Winter, M., Lobley, & M., Chivers, C.A. (2021). Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet. *Land Use Policy*, v. 100.

Ruzzante, S., Labarta, R., & Bilton, A. (2021). Adoption of agricultural technology in the developing world: a meta-analysis of the empirical literature. *World Development*, 146, 105599.

Schultz, T. W. (1961). Investment in Human Capital. *American Economic Review*, 51, 1-17.

Schumpeter, J. (1939). *A Business cycles: a theoretical, historical and statical analysis of the capitalista process*. McGraw-Hill Book Company. New York.

Shah, M. M., Grant, W. J., & Stockmayer, S. (2016). Farmer innovativeness and hybrid rice diffusion in Bangladesh. *Technological Forecasting and Social Change*, 108, pp. 54-62.

Shang, L., Heckelei, T., Gerullis, M.K., Borner, J., Rasch, S. (2021). Adoption and diffusion of digital farming technologies - integrating farm-level evidence and system interaction. *Agricultural Systems* 190.

Solís, D., Bravo-Ureta, B.E., Quiroga, R.E. (2009). Technical efficiency among peasant farmers participating in natural resource management programmes in Central America. *Journal of Agricultural Economics*, v. 60, n. 1, pp. 202-219.

Souza Filho, H.M., Buainain, A.M., Silveira, J.M.F.J., & Vinholis, M.M.B. (2011). Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 28, n. 1, pp. 223-255.





Souza Filho, H. M., Vinholis, M. M. B., Carrer, M. J., & Bernardo, R. (2021). Determinants of adoption of integrated systems by cattle farmers in the State of Sao Paulo, Brazil. *Agroforestry Systems*, 95(1), pp. 103-117.

Souza Monteiro, D.M., & Caswell, J.A. (2009). Traceability adoption at the farm level: An empirical analysis of the Portuguese pear industry. *Food Policy*, v. 34, pp. 94-101.

Sunding, D., & Zilberman, D. (2001). The agricultural innovation process: research and technology adoption in a changing agricultural sector. In: GARDNER, B.; RAUSSER, G. C. (Eds) *Handbook of Agricultural Economics*, Amsterdam: Elsevier. pp. 207– 261.

Tamirat, T.W., Pedersen, S.M., & Lund, K.M. (2017). Farm and operator characteristics affecting adoption of precision agriculture in Denmark and Germany. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*.

Teacher, G.F., Griffiths, D., Hodgson, D.J., & Inger, R. (2013). Smartphones in ecology and evolution: a guide for the app-rehensive. *Ecology and Evolution*, v.3. n° 16, pp. 5268-5278.

Tiffin, R., & Balcombe, K. (2011). The determinants of technology adoption by UK farmers using Bayesian model averaging: the cases of organic production and computer usage. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 55, pp. 579–598.

Thong, J.Y. (1999). An integrated model of information systems adoption in small businesses. *Journal of Management Information Systems*, 15, pp. 187-214.

Vinholis, M.M.B., Carrer, M.J., & de Souza Filho, H.M. (2017). Adoption of beef cattle traceability at farm level in São Paulo State, Brazil. *Ciência Rural*, v. 47, n° 09.

Vinholis, M.M.B, Saes, M.S.M., Carrer, M.J., & de Souza Filho, H.M. (2021). The effect of meso-institutions on adoption of sustainable agricultural technology: A case study of the Brazilian Low Carbon Agriculture Plan. *Journal of Cleaner Production*. 280.

Ward PS, Bell AR, Parkhurst GM, Droppelmann K, Mapemba L (2016) Heterogeneous preferences and the effects of incentives in promoting conservation agriculture in Malawi. *Agr Ecosyst Environ* 222:67–79.

Watcharaanantapong, P., Roberts, R. K., Lambert, D. M., Larson, J. A., Velandia, M., English, B. C., & Wang, C. (2014). Timing of precision agriculture technology adoption in US cotton production. *Precision Agriculture*, 15(4), pp. 427-446.

Wilson, P., Hadley, D., & Asby, C. (2001). The influence of management characteristics on the technical efficiency of wheat farmers in eastern England. *Agricultural Economics*, 24(3), pp. 329-338.

Wood, G. S. (1994). Human capital revisited. In *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education*, Third Edition (pp. 15-28). The University of Chicago Press.

Zhai, Z., Martínez, J.F., Beltran, V., & Martínez, N.L. (2020). Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 170.

Zhang, S., Sun, Z., Ma, W., & Valentinov, V. (2020). The effect of cooperative membership on agricultural technology adoption in Sichuan, China. *China Economic Review*, 62.