

FATORES QUE DIFERENCIAM OS ADOTANTES DE TECNOLOGIAS DIGITAIS EM CONFINAMENTOS DE BOVINOS DE CORTE NO BRASIL

FACTORS THAT DIFFERENTIATE ADOPTERS OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN BRAZILIAN BEEF CATTLE FEEDLOTS

Autor(es): Gustavo Da Silva Gonçalves¹; Marcelo José Carrer²; Marcela De Mello Brandão Vinholis³; Leticia Caroline da Silva David⁴;

Filiação: 1. Graduando em Engenharia de Produção na Universidade Federal de São Carlos (DEP-UFSCar), São Carlos – SP e bolsista de iniciação científica da FAPESP; 2. Docente no Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos (DEP-UFSCar), São Carlos - SP; 3. Pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos - SP; 4. Mestranda em Engenharia de Produção na Universidade Federal de São Carlos (PPGEP-UFSCar), São Carlos - SP.

E-mail: gustavosg@estudante.ufscar.br; marcelocarrer@dep.ufscar.br; marcela.vinholis@embrapa.br; leticiadavid@estudante.ufscar.br.

Grupo de Trabalho (GT): GT12. Impactos socioambientais das novas tecnologias no agronegócio

Resumo

A adoção de tecnologias digitais na pecuária possibilita ganhos de eficiência e melhorias no bem-estar animal. Um conjunto de fatores pode influenciar positiva ou negativamente a decisão de adoção destas tecnologias pelos produtores. Este estudo tem por objetivo identificar as principais características que discriminam os adotantes dos não adotantes de identificação eletrônica de animais e software de gestão operacional de confinamentos de bovinos de corte no Brasil. Essas duas tecnologias apresentam importantes complementaridades e a adoção conjunta tende a trazer ganhos de sinergia no gerenciamento dos confinamentos. Microdados primários de 130 confinamentos dispersos em regiões produtoras de gado de corte no Brasil foram analisados por meio de estatísticas descritivas e teste de hipóteses. Os resultados sugerem que as variáveis relacionadas à escala de produção e qualificação da mão de obra estão associadas à adoção das tecnologias digitais investigadas. Estes resultados têm implicações para o setor, como o desenho de estratégias para incluir produtores de menor escala na transformação digital e para capacitação de mão de obra no uso de tecnologias digitais.

Palavras-chave: identificação animal, tecnologia digital, software, bovinos, confinamento.

Abstract

The adoption of digital technologies in beef cattle farming enables efficiency gains and improvements in animal welfare. A set of factors may influence the decision to adopt or not these technologies by farmers. This study aims to identify the main characteristics that discriminate adopters and non-adopters of electronic animal identification and operational management software in beef cattle feedlots in Brazil. These two technologies have important complementarities and their joint adoption tends to provide synergy gains in the management of feedlots. Primary microdata from 130 feedlots were analyzed using descriptive statistics and hypothesis testing. The results suggest that variables related to scale of production and labor qualification are associated with the adoption of the digital technologies investigated. These results have implications for the sector, such as the design of strategies to include smaller-scale farmers in digital transformation and to train the workforce in the use of digital technologies.

Key words: animal identification, digital technologies, software, beef cattle, feedlot.

1. Introdução

De acordo com a última atualização da Política de Agricultura Comum (PAC), proposta pela Comissão Europeia (2023) e que, dentre diversos compromissos, tem como objetivo garantir uma produção aliada à preservação dos recursos naturais e o ambiente, foi vista a necessidade de tornar inteligente o setor agropecuário. Para a Comissão, ainda que o uso de certas tecnologias seja visto como desafio, devem ser elaboradas Estratégias de Desenvolvimento Local (EDL) através de lideranças que destravem o potencial digital, social e tecnológico dos produtores (COMISSÃO EUROPEIA, 2023).

A pesquisa e a adoção de tecnologias de precisão e digital na produção agropecuária brasileira têm recebido estímulos por meio de políticas, a exemplo da Política Nacional de Incentivo à Agricultura e Pecuária de Precisão no Brasil (BRASIL, 2022). O objetivo é aumentar a eficiência no uso dos recursos e insumos, reduzir os custos e aumentar a produtividade e a lucratividade, garantindo sustentabilidade ambiental, social e econômica. A adoção dessas tecnologias na pecuária possibilita também ganhos no bem-estar animal. O manejo dos animais pode ser melhorado como a partir da coleta e análise de um conjunto de dados do ambiente e do animal em tempo real, o que pode resultar em decisões mais assertivas, melhorias nos coeficientes zootécnicos e ganhos de eficiência da produção (CARRER et al., 2023), além de avanços na condição físico-funcional e afetiva dos animais (BANHANZI et al., 2012; BERCKMANS, 2017).

A aplicação de tecnologias da informação e comunicação (TIC), tais como a Internet das Coisas (IoT), dispositivos eletrônicos e sistemas de processamento de dados, têm ocupado espaço notório em diversas atividades econômicas, incluindo a produção pecuária intensiva em sistemas de confinamento (FAROOQ, 2022). A conexão entre sensores aliados à internet e plataformas digitais capazes de armazenar dados em nuvem e analisar dados por meio de algoritmos pode trazer soluções para desafios complexos (DINEVA; ATANASOVA, 2021; STOYANOV et al., 2018), tendo como principal objetivo estabelecer uma comunicação permanente entre o mundo digital e físico. Para Alshehri (2023), é esperado que o uso destas tecnologias na pecuária promova maior eficiência no processo de alimentação dos animais, melhore aspectos de bem-estar animal e de sustentabilidade da produção, bem como promova o desenvolvimento de automações que minimizem a interferência humana no manejo operacional da fazenda.

A identificação individual eletrônica dos animais é uma ferramenta importante na pecuária de precisão. Em geral, o dispositivo de identificação por radiofrequência (RFID) é associado a outros sensores (ARSLAN et al., 2014; SHEN et al., 2019), a exemplo de sensores para pesagem dos animais ou de consumo de alimentos. A radiofrequência pode estar embutida em brincos de identificação, colares, ou dispositivos administrados de maneira subcutânea ou oralmente. Os dados registrados por estas tecnologias podem ser traduzidos em informações úteis para a gestão do confinamento, monitorando características relacionadas à saúde, bem-estar, nutrição e reprodução (HERLIN et al., 2021). Por sua vez, o uso de softwares especializados na análise dos dados permite aos tomadores de decisão melhores estratégias de planejamento e controle da produção, melhorando a alocação e o uso dos recursos da produção (MADURANGA; ABEYSEKERA, 2020; CARRER et al., 2023). Ainda, o uso sistemático das ferramentas permite o monitoramento das atividades operacionais em tempo real e a previsão de eventos produtivos e dificuldades econômicas associadas (WOLFERT, 2017).

Investigar o perfil dos adotantes destas tecnologias e as barreiras associadas à adoção é relevante para o desenvolvimento de novos produtos e para a definição de melhores estratégias de transferência da tecnologia. Estudos empíricos em adoção de tecnologias agropecuárias

indicam algumas características do produtor e da produção capazes de influenciar a decisão de adoção da tecnologia, prioritariamente aquelas associadas ao capital humano e escala de produção, como a experiência do produtor, o grau de escolaridade, a participação em grupos formalmente organizados e o tamanho do rebanho, dentre outras (MICHELS et al., 2020; CARRER, 2022). Este estudo adiciona novos achados a essa literatura, ao identificar os principais fatores que discriminam adotantes não adotantes de identificação eletrônica de animais e software de gestão operacional de confinamentos de bovinos de corte no Brasil.

2. Referencial teórico

Os conceitos de invenção, inovação, adoção e difusão tecnológica são fundamentais para o presente estudo. A invenção pode ser definida como o desenvolvimento de um novo produto ou um novo processo, porém ainda não introduzida no mercado. A inovação, por sua vez, refere-se à invenção colocada em prática e, portanto, disponibilizada no mercado (SCHUMPETER, 1997; TIDD et al., 2005). 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, resulta de um processo decisório individual influenciado por um conjunto de fatores que afetam a percepção do indivíduo sobre a utilidade esperada da tecnologia (SUNDING; ZILBERMAN, 2001; SOUZA FILHO et al., 2011; CARRER et al., 2017). A adoção da inovação por um conjunto de indivíduos ou firmas ao longo do tempo representa a difusão da inovação tecnológica (SCHUMPETER, 1997).

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 (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; 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 (também chamadas 4.0) com aplicação para o gerenciamento da produção rural vem ocorrendo em alta velocidade (GIUA et al., 2020; CARRER et al., 2022). Contudo, o processo de adoção dessas tecnologias pelos produtores não se desenvolve do mesmo modo, existindo ainda um baixo número de propriedades rurais fazendo uso das tecnologias, o que resulta em heterogeneidades de desempenho consideráveis (BARNES et al., 2019; 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). A análise dos dados originários de dispositivos de tecnologia digital permite aos tomadores de decisão melhores estratégias acerca de custos com fornecedores, maximizar retornos de produção e cortar desperdícios, tornando-se essencial para o gerenciamento de fazendas de pecuária de precisão (MADURANGA; ABEYSEKERA, 2020).

As características da propriedade rural e do produtor desempenham um papel significativo na adoção de novas tecnologias. O tamanho da propriedade é um fator relevante, pois propriedades maiores têm maior flexibilidade nas decisões de produção, acesso a recursos discricionários e informações mais abrangentes, além de mais oportunidades para testar novas práticas e lidar com riscos e incertezas. A disponibilidade de mão de obra, considerando se as tecnologias são poupadoras ou intensivas em trabalho, também influencia a decisão. Em relação à condição fundiária, arrendatários e parceiros têm um horizonte de planejamento mais curto, o que pode impactar a adoção de certas técnicas. A localização geográfica da propriedade também desempenha um papel, com produtores próximos a agroindústrias, estradas, serviços e mercados tendo maior probabilidade de adotar tecnologias modernas e adequadas aos seus recursos, em comparação com aqueles em regiões de fronteira (SOUZA FILHO et al., 2011).

O fator humano se torna um elemento relevante, podendo ser avaliado por meio do nível de instrução e da experiência dos adotantes. A educação formal não apenas está associada à capacidade de obter e processar informações, mas também ao uso de técnicas de gestão. Estudos anteriores, como os conduzidos por Carrer et al. (2017) e Mendes et al. (2023), destacam o impacto das variáveis educação e experiência na adoção e na intensidade de utilização de tecnologias modernas na agricultura brasileira.

A acessibilidade à informação desempenha um papel fundamental na adoção de tecnologia pelos produtores. A seleção de uma prática que proporcione redução de tempo e esforço, além de aumento de produtividade e eficiência, é influenciada pela disponibilidade de informações. Elas são cruciais para o funcionamento efetivo de qualquer negócio, possibilitando os tomadores de decisão agir de maneira mais autônoma e segura, influenciando na produtividade do sistema e nos melhores cenários de retorno do investimento (ODERA, 2020). Essa disponibilidade de informações ao produtor pode ser avaliada pela existência de serviços de extensão rural oferecidos por agências governamentais, organizações não-governamentais ou empresas privadas. A qualidade desses serviços desempenha um papel crucial no sucesso da adoção de novas técnicas.

Fontes alternativas como vizinhos, participação em cooperativas e associações, televisão, materiais impressos (revistas, livros) também são consideradas (SOUZA FILHO, 2001). Relações existentes, tanto no mundo físico, quanto no digital, são extremamente plurais entre os fazendeiros, estando presentes em redes como a própria família, amigos e entre outros fazendeiros, por exemplo (CRESPO et al, 2014). De maneira geral, as redes de comunicação entre os fazendeiros são utilizadas para troca de conhecimento e experiências, além de estruturar uma rede de apoio. Muitas vezes, essas redes podem demonstrar maior efetividade na tomada de decisão, em comparação ao suporte técnico (COFRÉ-BRAVO et al., 2019). Variáveis que afetam o acesso à informação também foram utilizadas em modelos econômicos que tentam identificar os condicionantes da adoção de novas tecnologias agrícolas em países em desenvolvimento (FEDER & UMALI, 1993).

Mdoda e Mdiya (2022) analisaram o comportamento de fazendeiros de gado na província de Cabo Oriental na África do Sul que utilizavam as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). Os resultados mostraram que esses fazendeiros possuem maior tendência no aprimoramento da sua produção agrícola, ao terem vantagem no acesso às informações financeiras, sobre o clima, sobre novas tecnologias e demais orientações do mercado.

No estudo de Carrer et al. (2017), os fatores que influenciaram a adoção de Sistemas de Informação de Gestão Agrícola (Farm Management Information Systems – FMIS) por produtores de citros no Brasil foram o tamanho da propriedade, escolaridade do produtor, acesso à internet e confiança na tecnologia. Além disso, o autor conclui que a adoção de FMIS pode melhorar a eficiência técnica das fazendas de citros no Brasil. No artigo, os autores

também destacaram a importância de se considerar os fatores pessoais, sociais e econômicos na adoção de tecnologias de gestão na agricultura.

Souza Filho et al. (2023) avaliaram os fatores que influenciam a adoção de FMIS por produtores de cana-de-açúcar no Brasil. Os resultados do estudo evidenciam que a adoção de FMIS está positivamente relacionada à idade do produtor, tamanho da propriedade, acesso à internet e informações técnicas, além de estar associada a um aumento na produtividade da cana-de-açúcar nas propriedades rurais. Por outro lado, a falta de conhecimento técnico e a falta de incentivos governamentais foram identificados como obstáculos para a adoção de FMIS pelos produtores de cana-de-açúcar.

Por fim, Carrer et al. (2022) analisaram os determinantes da adoção de tecnologias de agricultura de precisão (TAPs) e seus impactos na eficiência técnica e na taxa de lacuna tecnológica em fazendas de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Os autores constataram que a adoção de TAPs é influenciada positivamente pelo tamanho da fazenda, pelo acesso a crédito e pela experiência do produtor. A adoção das tecnologias de agricultura de precisão apresentou impacto positivo e estatisticamente significativo na eficiência técnica das propriedades rurais analisadas. Além disso, as TAPs também se mostraram importantes para a redução da lacuna tecnológica das fazendas. Esses resultados podem ajudar os agricultores em suas decisões de alocação de recursos e os formuladores de políticas agrícolas para a difusão de PATs.

3. Material e Métodos

Os microdados primários utilizados neste artigo são oriundos da pesquisa Expedição Confinar Brasil, realizada pela empresa Scot Consultoria no ano de 2023. A pesquisa Confinar Brasil contemplou diferentes regiões do Brasil com tradição na produção de bovinos de corte.

Foram selecionadas propriedades rurais que praticam a engorda de bovinos em sistemas de confinamento. O questionário contempla questões relacionadas às características do gestor do confinamento, características da estrutura do confinamento e da produção, incluindo o rebanho, práticas de gestão e uso de tecnologias. Foram realizadas 179 entrevistas com gestores de confinamentos em diversas regiões produtoras de bovinos de corte no Brasil. Contudo, alguns produtores não responderam todas as questões apresentadas. Neste estudo, foram utilizados os dados de 130 confinamentos que informaram sobre o uso de tecnologias digitais, neste caso, a identificação eletrônica do animal e o software para gestão operacional do confinamento.

A Tabela 1 descreve as variáveis do estudo. A variável de interesse refere-se à adoção, ou não adoção, de identificação eletrônica do animal e software para gestão operacional do rebanho (variável binária com dois grupos amostrais, adotantes de tecnologia digital = 1 e não adotantes = 0). Assume-se que essas duas tecnologias são complementares. A identificação individual eletrônica é importante para coletar dados, enquanto os softwares organizam, armazenam e processam esses dados. Assim, o processo de tomada de decisão do produtor tende a ser mais assertivo com a adoção em conjunto dessas tecnologias. As demais variáveis de análise contemplam as características do gestor e do confinamento. Foram calculadas as estatísticas descritivas (média, desvio padrão e frequência) para cada grupo amostral (adotantes e não adotantes) e, em seguida, foram realizados os testes de hipóteses para diferenças.

O teste qui-quadrado de Pearson foi aplicado para verificar a associação, ou não, entre os grupos amostrais (adotantes=1 e não adotantes=0) e as variáveis qualitativas (PEARSON, 1900). O teste t de Student foi aplicado no caso das variáveis quantitativas para verificar se as médias dos dois grupos amostrais são estatisticamente diferentes (STUDENT, 1908).

Tabela 1. Descrição das variáveis do estudo.

Variáveis	Descrição
Adoção de tecnologia	Variável binária que assume valor igual a 1 se o confinamento adota identificação eletrônica do animal e software para gestão operacional do rebanho, 0 caso contrário.
<i>Características do gestor do confinamento:</i>	
Escolaridade do gestor	Variável binária que assume valor 1 se o gestor possui nível superior ou pós-graduação, 0 caso contrário.
Experiência	Número de anos com experiência em confinamento.
Fonte de renda	Variável binária que assume valor igual a 1 se a pecuária é a principal fonte de renda do produtor, 0 caso contrário.
Acesso a crédito	Variável binária que assume valor 1 se nos últimos 3 anos acessou algum crédito para financiar as atividades do confinamento, 0 caso contrário.
Capacidade de inovação	Capacidade de inovação do produtor em função da resposta em escala Likert (1, discordo totalmente; 2, discordo; 3, indiferente; 4, concordo; 5, concordo totalmente) à declaração: “Eu gosto de testar novas tecnologias no confinamento?”.
Aversão ao risco	Grau de aversão ao risco do produtor em função da resposta em escala Likert (1, discordo totalmente; 2, discordo; 3, indiferente; 4, concordo; 5, concordo totalmente) à declaração: “Quando se trata de negócios, eu prefiro a opção mais segura, mesmo sabendo que eu posso ganhar menos”.
<i>Características do confinamento:</i>	
Modelo de gestão	Variável binária que assume valor igual a 1 se o confinamento é gerenciado por um grupo comercial, 0 caso contrário (gestão familiar ou individual/autônomo).
Capacidade estática	Capacidade estática do confinamento em 2023, em número de animais.
Animais confinados	Número de animais confinados no ano de 2023.
Produtividade da mão de obra	Número de animais confinados por colaborador.
Escolaridade de colaboradores	Número de colaboradores com ensino superior completo.
Restrição de mão de obra	Variável binária que assume valor igual a 1 se a contratação e manutenção da mão de obra é uma grande dificuldade no confinamento, 0 caso contrário.

Fonte: Autoria própria.

4. Resultados e discussão

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas dos grupos de adotantes e não adotantes de identificação individual eletrônica dos animais e software para gestão operacional do confinamento. O resultado dos testes de hipóteses (p -valor) demonstra a significância estatística das diferenças de médias/frequências das variáveis para os dois grupos.

Tabela 2. Estatísticas descritivas e teste de hipótese: fatores que diferenciam adotantes e não adotantes das tecnologias digitais.

Variáveis	Adotantes			Não adotantes			p valor
	N	Média	D.P.	N	Média	D.P.	
<i>Características do gestor do confinamento:</i>							
Escolaridade do gestor	64	0,87	0,33	61	0,85	0,36	0,713
Experiência *	64	12,77	8,42	63	16,13	13,74	0,100
Fonte de renda	65	0,35	0,48	63	0,33	0,48	0,807
Acesso a crédito	57	0,54	0,50	56	0,50	0,51	0,641
Capacidade de inovação	64	4,34	1,03	58	4,17	1,27	0,673
Aversão ao risco	64	3,97	1,1	57	3,82	1,1	0,289
<i>Características do confinamento:</i>							
Modelo de gestão	66	0,21	0,41	64	0,11	0,32	0,112
Capacidade estática ***	66	11.372,55	15.559,64	64	4.333,44	4.991,89	0,001
Animais confinados ***	66	19.974,17	32.131,45	63	7.187,94	8.661,32	0,003
Escolaridade de colaboradores ***	61	3,72	4,31	62	1,77	2,98	0,004
Produtividade da mão de obra	64	1.107,89	1.316,46	63	846,75	642,08	0,158
Restrição de mão de obra	61	0,74	0,44	62	0,71	0,46	0,728

Nota: O número de observações (N) é diferente entre as variáveis em função de “missing” na base de dados (dados ausentes).*** para $p < 0,01$; ** para $p < 0,05$; * para $p < 0,10$.

Algumas características da estrutura e da gestão do confinamento mostraram-se estatisticamente significantes para discriminar os adotantes dos não adotantes de tecnologias digitais (identificação individual + software). A capacidade estática média dos confinamentos do grupo de adotantes é de 11.372,55 animais, sendo aproximadamente 2,6 vezes maior do que a média da capacidade estática do grupo de não adotantes (4.333,44 animais). Como era de se esperar, o grupo de adotantes confina, em média, um número maior de animais. Na média, esse grupo confinou cerca de 2,7 vezes mais animais em 2023 do que os não adotantes (19.974,17 contra 7.187,4 animais confinados, respectivamente). Essa diferença pode ser explicada pela complexidade de gestão exigida por confinamentos que recebem maiores quantidades de gado, tanto no controle quanto no monitoramento. O mesmo resultado também foi observado por Gargiulo et al. (2018) em propriedades rurais leiteiras, onde pecuaristas que operavam maiores rebanhos adotaram uma maior quantidade de tecnologias de precisão. Estes resultados corroboram também outros achados em que variáveis relacionadas a escala de produção estão positivamente associadas a adoção de tecnologias digitais em diferentes atividades agropecuárias (CARRER et al., 2022; GROHER et al., 2020; MOZAMBANI et al., 2023; VINHOLIS et al., 2017).

Os dados mostram também que, na média, o grupo de adotantes das tecnologias digitais operou em 2023 com menor capacidade ociosa do que o grupo de não adotantes (média de 1,76 giro de animais confinados, contra 1,66, respectivamente). Próximo do nível de significância estatística de 10%, observa-se que 21% dos confinamentos do grupo dos adotantes são administrados por grupos comerciais, contra 10% no grupo dos não adotantes. De forma geral, os grupos comerciais tendem a ter modelos de gestão mais avançados, relação comercial mais próxima de frigoríficos e alto volume de animais confinados, o que torna a adoção de tecnologias digitais mais provável nesses confinamentos.

Observa-se também que, na média, o número de colaboradores com ensino superior completo é aproximadamente 2,1 vezes maior em confinamentos do grupo de adotantes das tecnologias digitais, quando comparado ao grupo dos não adotantes (3,72 contra 1,77

colaboradores com ensino superior, respectivamente). Este resultado pode ser um indicativo da necessidade de mão de obra mais qualificada para a utilização de algumas tecnologias digitais associadas ao uso de informações para a gestão do confinamento. Outrossim, percebeu-se que a produtividade média parcial da mão de obra nos confinamentos dos adotantes foi superior à dos não adotantes (1.107,89 x 46,75 animais por colaborador). Apesar de essa diferença só ser estatisticamente significativa ao nível 16%, há um interessante indicativo de maior qualificação associada à maior produtividade do trabalho nos confinamentos que utilizam as tecnologias digitais investigadas. Riddel e Song (2017) verificaram relação positiva e estatisticamente significativa entre a educação formal de colaboradores e a adoção de tecnologias digitais que favorecem a execução de tarefas mais complexas. Esse achado reforça a importância do investimento em recursos humanos para promover a difusão das tecnologias 4.0 na pecuária.

O grupo dos não adotantes apresentou, na média, mais tempo de experiência em confinamento do que o grupo de adotantes. Mas, mesmo que isso ocorra, a média de experiência dos adotantes ainda é alta, sendo superior a 12 anos. Ainda, uma possível explicação pode estar associada à maior autoconfiança dos produtores com mais tempo de experiência, que tendem a não perceber tanto valor nas tecnologias digitais para gerenciamento, o que pode reduzir a utilidade esperada na adoção. Foi observado por Tey e Brindal (2022) que o tempo de experiência dos fazendeiros possui um efeito variado, tanto negativamente quanto positivamente, na adoção de tecnologias.

As demais variáveis de análise não foram estatisticamente significativas para diferenciar os adotantes dos não adotantes das tecnologias digitais investigadas. No entanto, algumas estatísticas descritivas sinalizam aspectos relacionados à mão de obra nos confinamentos. Observa-se que há dificuldade na contratação e manutenção de mão de obra. Em ambos os grupos, a proporção de produtores que apontaram essa dificuldade supera os 70%. Ainda, o grau de escolaridade dos gestores de confinamentos da amostra é elevado. Em ambos os grupos cerca de 90% dos pecuaristas possuem nível superior ou pós-graduação.

5. Conclusões

Este estudo objetivou identificar fatores capazes de distinguir pecuaristas adotantes e não adotantes de identificação eletrônica de animais e software para a gestão de confinamentos. Dados primários de 130 confinamentos foram analisados por meio de estatísticas descritivas e testes de hipóteses.

Os resultados indicaram que variáveis associadas a escala de produção e qualificação da mão de obra são importantes para a adoção de tecnologias digitais, são elas: (i) maior capacidade estática do confinamento, (ii) maior número de animais confinados em 2023, e (iii) maior quantidade de colaboradores com ensino superior completo.

Estes resultados têm implicações para o setor, como o desenvolvimento de estratégias para evitar a exclusão de pecuaristas de menor escala de produção da transformação digital no campo e estratégias para a capacitação da mão de obra em tecnologias digitais. Políticas de capacitação e estratégias para a retenção de mão de obra qualificada no campo são fundamentais para alavancar a difusão das tecnologias digitais e aumentar ainda mais a produtividade dos fatores na pecuária brasileira.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Scot Consultoria e Embrapa pelo apoio técnico-científico ao desenvolvimento do artigo (cooperação técnica SAIC 2360022/0019-0) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo auxílio financeiro (projeto 2023/16008-2 vinculado ao projeto 2022/02967-5).

Referências

ALSHEHRI, M. Blockchain-assisted internet of things framework in smart livestock farming. **Internet of Things**, v. 22, p. 100739, 2023.

ARSLAN, A. C.; AKAR, M.; ALAGÖZ, F. 3D cow identification in cattle farms. In: 2014 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU). **IEEE**, p. 1347-1350, 2014.

BANHAZI, T. M. et al. Precision livestock farming: an international review of scientific and commercial aspects. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 5, n. 3, p. 1-9, 2012.

BARNES, A. P. et al. Exploring the adoption of precision agricultural technologies: A cross regional study of EU farmers. **Land Use Policy**, v. 80, p. 163-174, 2019.

BENITEZ-ALTUNA, F. et al. Factors affecting the adoption of ecological intensification practices: A case study in vegetable production in Chile. **Agricultural Systems**, v. 194, p. 103283, 2021.

BERCKMANS, D. General introduction to precision livestock farming. **Animal Frontiers**, v. 7, n. 1, p. 6-11, 2017.

BRASIL. Lei nº 14.475, de 13 de dezembro de 2022. Política Nacional de Incentivo à Agricultura e Pecuária de Precisão. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, p. 1, 14 dez. 2022.

CARRER, M. J.; DE SOUZA FILHO, H. M.; BATALHA, M. O. Factors influencing the adoption of Farm Management Information Systems (FMIS) by Brazilian citrus farmers. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 138, p. 11-19, 2017.

CARRER, M. J.; SOUZA FILHO, H. M.; VINHOLIS, M. M. B.; MOZAMBINI, C. I. Precision agriculture adoption and technical efficiency: An analysis of sugarcane farms in Brazil. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 177, p. 121510, 2022.

CARRER, M. J.; TORRES, E. A. M.; VINHOLIS, M.M.B. et al. Impactos da adoção de softwares de gestão financeira e operacional na eficiência técnica de confinamentos de bovinos de corte no Brasil. Anais do 51º Encontro Nacional de Economia, Associação Nacional dos Programas de Pós-graduação em Economia (ANPEC), Rio de Janeiro – RJ, 2023.

COFRÉ-BRAVO, G.; KLERKX, L.; ENGLER, A.. Combinations of bonding, bridging, and linking social capital for farm innovation: How farmers configure different support networks. **Journal of Rural Studies**, v. 69, p. 53-64, 2019.

COMISSÃO EUROPEIA, COM/2023/707. Comunicação da Comissão ao Parlamento e Conselho Europeu. Sumário do Plano Estratégico da Política de Agricultura Comum para 2023-2027: esforço e ambição coletiva. Disponível em: <

https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-11/com-2023-707-report_en.pdf. Acesso em 06 fev. 2024

CRESPO, J.; RÉQUIER-DESJARDINS, D.; VICENTE, J.. Why can collective action fail in local agri-food systems? A social network analysis of cheese producers in Aculco, Mexico. **Food Policy**, v. 46, p. 165-177, 2014.

DINEVA, K.; ATANASOVA, T. Design of scalable IoT architecture based on AWS for smart livestock. **Animals**, v. 11, n. 9, p. 2697, 2021.

FAROOQ, M. S. et al. A survey on the role of IoT in agriculture for the implementation of smart livestock environment. **IEEE Access**, v. 10, p. 9483-9505, 2022.

FEDER, G.; UMALI, D. L. The adoption of agricultural innovations: a review. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 43, n. 3-4, p. 215-239, 1993.

GARGIULO, J. I. et al. Dairy farmers with larger herd sizes adopt more precision dairy technologies. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 6, p. 5466-5473, 2018.

GIUA, C.; MATERIA, V. C.; CAMANZI, L. Management information system adoption at the farm level: evidence from the literature. **British Food Journal**, v. 123, n. 3, p. 884-909, 2020.

GROHER, T.; HEITKÄMPER, K.; UMSTÄTTER, C. Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. **Animal**, v. 14, n. 11, p. 2404-2413, 2020.

HERLIN, A.; BRUNBERG, E.; HULTGREN, J.; HÖGBERG, N.; RYDBERG, A.; SKARIN, A. Animal welfare implications of digital tools for monitoring and management of cattle and sheep on pasture. **Animals**, v. 11, n. 3, p. 829, 2021.

MADURANGA, M. W. P.; ABEYSEKERA, R. Machine learning applications in IoT based agriculture and smart farming: A review. **Int. J. Eng. Appl. Sci. Technol**, v. 4, n. 12, p. 24-27, 2020.

MDODA, L.; MDIYA, L. Factors affecting the using information and communication technologies (ICTs) by livestock farmers in the Eastern Cape province. **Cogent Social Sciences**, v. 8, n. 1, p. 2026017, 2022.

MICHELS, M.; FECKE, W.; FEIL, J. H.; MUSSHOF, O.; PIGISCH, J.; KRONE, S.I. Smartphone adoption and use in agriculture: empirical evidence from Germany. **Precision Agriculture**, v. 21, p. 403-425, 2020.

MENDES, J. J.; CARRER, M. J.; VINHOLIS, M. M. B.; SOUZA FILHO, H. M. Adoption and impacts of messaging applications and participation in agricultural information-sharing groups: an empirical analysis with Brazilian farmers. **Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies**, 2023.

MOZAMBANI, C. I., SOUZA FILHO, H. M., VINHOLIS, M. M. B., CARRER, M. J. Adoption of precision agriculture technologies by sugarcane farmers in the state of São Paulo, Brazil. **Precision Agriculture**, v. 24, n. 5, p. 1813-1835, 2023.

ODERA, D. Wefarm: Providing Information, the Cornerstone of Agribusiness. A Global Coalition for Sustainable Agricultural Development. 2020.

PEARSON, Karl. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. 1900.

RIDDELL, W. C.; SONG, X. The role of education in technology use and adoption: Evidence from the Canadian workplace and employee survey. **ILR Review**, v. 70, n. 5, p. 1219-1253, 2017.

ROGERS, E. M. Diffusion of innovations. 3. ed. New York: The Free Press, 1983.

SCHUMPETER, J. A teoria do Desenvolvimento Econômico: uma investigação sobre os lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. São Paulo. Editora Nova Cultural, 1997.

SHEN, W. et al. Individual identification of dairy cows based on convolutional neural networks. **Multimedia Tools and Applications**, v. 79, p. 14711-14724, 2020.

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

SOUZA FILHO, H. M. et al. Adoption of farm management information systems (FMIS): The case of Brazilian sugarcane farmers. **Information Development**, p. 02666669231177864, 2023.

STOYANOV, S.; OROZOVA, D.; POPCHEV, I. Internet of things water monitoring for a smart seaside city. In: 2018 20th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA). IEEE, p. 1-3, 2018.

STUDENT. The probable error of a mean. **Biometrika**, p. 1-25, 1908.

SUNDING, David; ZILBERMAN, David. The agricultural innovation process: research and technology adoption in a changing agricultural sector. Handbook of agricultural economics, v. 1, p. 207-261, 2001.

TEY, Y. S.; BRINDAL, M. A meta-analysis of factors driving the adoption of precision agriculture. **Precision Agriculture**, v. 23, n. 2, p. 353-372, 2022.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. Managing innovation: integrating technological, market and organizational change. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 2005.

VINHOLIS, M. M. B.; CARRER, M. J.; SOUZA FILHO, H. M. Adoption of beef cattle traceability at farm level in São Paulo State, Brazil. **Ciência Rural**, v. 47, p. e20160759, 2017.

VINHOLIS, M. M. B.; SAES, M. S. M.; CARRER, M. J.; SOUZA FILHO, H. M. 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**, v. 280, p. 124334, 2021.

WOLFERT, S.; GE, L., VERDOUW, C., BOGAARDT, M. J.. Big data in smart farming—a review. **Agricultural Systems**, v. 153, p. 69-80, 2017.