



**TRANSFORMAÇÃO DIGITAL DA PECUÁRIA DE CORTE INTENSIVA NO
BRASIL: TECNOLOGIAS E PERFIL DE ADOÇÃO**
**DIGITAL TRANSFORMATION OF INTENSIVE BEEF LIVESTOCK IN BRAZIL:
TECHNOLOGIES AND ADOPTION PROFILE**

Autores: Leticia Caroline da Silva David; Marcela de Mello Brandão Vinholis; Marcelo José Carrer; Eduardo Alcides Arruda de Moura Torres

Filiação: Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp)/Embrapa (bolsista CNPq); Embrapa Pecuária Sudeste; Embrapa Pecuária Sudeste; PPGEP-DEP/UFSCar; PPGEP-DEP/UFSCar

E-mail: leticia.david6@gmail.com; marcela.vinholis@embrapa.br; marcelocarrer@dep.ufscar.br; eduardo@scotconsultoria.com.br

Grupo de Trabalho (GT): GT8. Conhecimentos, tecnologias e inovações no rural

Resumo

Este artigo identifica as principais características dos produtores rurais e da produção que diferenciam os adotantes dos não adotantes de tecnologias digitais na pecuária intensiva no Brasil. Dados primários coletados em 2021 por meio de visitas in loco e aplicação de questionário estruturado junto a uma amostra de 184 confinamentos de bovinos de corte foram analisados por meio de Análise de Correspondência Múltipla (ACM), estatísticas descritivas e testes de hipóteses. Os pecuaristas da amostra adotaram as seguintes tecnologias digitais: identificação eletrônica individual dos animais, softwares para gerenciamento operacional e financeiro da atividade pecuária, estação meteorológica automatizada, cocho com distribuição da ração automatizada, dispositivo eletrônico de auto-pesagem, termografia infravermelha e bebedouro ou cocho com aferição de consumo automatizada. A maior intensidade na adoção destas inovações está associada às seguintes características: (i) produtores mais jovens; (ii) com grau de escolaridade superior; (iii) produtores com maior autoconfiança na sua capacidade de gestão; (iv) acesso a fontes de informação como cooperativas agropecuárias, plataformas digitais e consultoria especializada; (v) maior quantidade de animais confinados; (vi) maior número de funcionários com maior grau de escolaridade; (vii) utilização de mecanismos de gestão de risco de preço; (viii) oferta de serviços de boitel para terceiros; e (ix) recebimento de algum tipo de bonificação na venda de animais.

Palavras-chave: pecuária de precisão; pecuária inteligente; tecnologias digitais; bovinos de corte; difusão de inovações.

Abstract

This study identifies the main characteristics of farmers and cattle beef production that differentiate adopters from non-adopters of digital technologies in intensive livestock farming in Brazil. Primary data was collected in 2021 through a structured questionnaire applied during face-to-face visits to a sample of 184 feedlots in Brazil. The data were analyzed using Multiple Correspondence Analysis (MCA), descriptive statistics, and hypothesis tests. The adoption of the following digital technologies was investigated: individual electronic identification of bovines, software for the operational, nutritional, and financial management of herds, automated meteorological station, automated feed distribution, electronic self-weighing device, infrared thermography and trough with automated consumption measurement. The greater intensity in the adoption of these innovations is associated with the following characteristics: (i) young farmers; (ii) high education; (iii) farmers with greater self-confidence in their management capacity; (iv) relevant sources of information such as agricultural cooperatives, digital platforms, and specialized advisory; (v) greater number of animals confined; (vi) greater number of employees with a higher degree of schooling; (vii) use of price risk management mechanisms; (viii) offer of services to third parties; and (ix) bonus on the sale of the cattle herd.

Key words: precision livestock; smart livestock; digital technologies; beef cattle; diffusion of innovation.



1. Introdução

O Brasil é o maior produtor comercial de bovinos, com um rebanho estimado em 224,6 milhões de cabeças, segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE] (2021). A produção pecuária total representa 25,6% do Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro, segundo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada [CEPEA] (2021). Em 2021, o Brasil ocupou a primeira posição nas exportações mundiais de carne bovina, com o montante total da pecuária de corte negociado a U\$ 9,20 bilhões, segundo Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes [ABIEC] (2022). Estes números mostram a importância da produção pecuária para o Brasil.

Embora a produtividade da pecuária bovina de corte tenha aumentado nas últimas décadas, alcançando uma taxa de ocupação média de 1,2 cabeças por hectare de pasto (ABIEC, 2022), ainda há espaço para avanços na produção de carne bovina no Brasil. A produção pecuária no Brasil ocorre, em sua maioria, a pasto, mas sistemas de produção pecuária em confinamento têm aumentado. Em 2021, eram 6 milhões de cabeças de bovinos de corte engordados em sistemas de confinamento (ABIEC, 2022). A adoção de novas tecnologias tais como aquelas que compõem a pecuária de precisão, tem contribuído para melhorias no gerenciamento da produção pecuária.

A pecuária de precisão caracteriza-se por um conjunto de tecnologias digitais aplicadas à pecuária para auxiliar no controle, no planejamento e na gestão das fazendas. Os objetivos principais são aumentar a qualidade do produto e a eficiência na produção (Massruhá et al., 2020). São exemplos dessas tecnologias digitais a identificação individual dos animais com leitura eletrônica, a balança eletrônica de auto-pesagem, a termografia infravermelha, a distribuição automática da ração no cocho, o cocho ou bebedouro com aferição automática de consumo, a estação meteorológica automática, softwares para gestão financeira e operacional, softwares para formulação da dieta e outros dispositivos ou sensores. Essas tecnologias auxiliam na tomada de decisão por meio de dispositivos que, de forma automática, coletam, armazenam e analisam dados climáticos, de rebanho e de mercado, contribuindo para a gestão mais eficiente do sistema de produção e para o uso mais eficiente dos recursos.

Neste contexto de desenvolvimento e importância de tecnologias digitais para a produção pecuária com alta eficiência no uso dos recursos, este estudo tem como objetivo identificar as principais características dos produtores rurais e da produção que diferenciam os adotantes dos não adotantes de tecnologias digitais na pecuária intensiva no Brasil. Para tal, foram coletados dados primários de 184 fazendas dedicadas ao confinamento de gado de corte nas cinco regiões brasileiras. Estatísticas descritivas e a Análise de Correspondência Múltipla (ACM) foram utilizadas para alcançar os objetivos. Informações sobre o nível de difusão das principais tecnologias digitais e os fatores que diferenciam seus adotantes dos não adotantes são relevantes para programas de transferência de tecnologias e o desenho de ações e mecanismos políticos de fomento da adoção de tecnologias digitais na pecuária intensiva.

O artigo está organizado em mais quatro seções além desta introdução. A próxima seção apresenta uma revisão de literatura com a descrição das tecnologias digitais analisadas. A seção três apresenta a amostragem e o método estatístico utilizado. Na quarta seção são apresentados e discutidos os resultados obtidos. A quinta seção traz as considerações finais do estudo.

2. Tecnologias digitais na pecuária

Essa seção apresenta uma breve descrição das principais tecnologias digitais que foram objeto da investigação: identificação eletrônica individual dos animais, balança eletrônica de auto-pesagem, termografia infravermelha, distribuição automática da ração no



cocho, cocho ou bebedouro com aferição automática do consumo, estação meteorológica automática, softwares para gestão operacional e financeira, e outros dispositivos ou sensores. Tratam-se das principais tecnologias que caracterizam o pacote tecnológico “pecuária de precisão”.

A identificação individual dos animais (ID) é necessária para a rastreabilidade da carne bovina ao longo da cadeia produtiva, além de ser condição obrigatória para a adesão ao Programa Nacional de Certificação de Carne (SISBOV). A identificação individual dos animais pode ser realizada de forma eletrônica ou manual, de forma invasiva ou não invasiva, por meio de brincos, transponders injetáveis, bolus intra-ruminais, sistemas biométricos e análises laboratoriais (Nazareno e Roncada, 2020). O brinco eletrônico com identificação por radiofrequência (RFID) é o mais utilizado no Brasil. A identificação por radiofrequência permite obter informações para avaliar o desempenho individual dos animais, sendo uma tecnologia que facilita a integração dos sistemas de gerenciamento digitais e o manejo de precisão do rebanho (Vinholis et al., 2016; 2017).

A pesagem dos animais, de forma geral, é realizada em balança mecânica ou eletrônica no curral de manejo. A pesagem é um dos principais instrumentos de monitoramento e controle do ganho de peso dos animais, objetivo fundamental da pecuária de corte (Medeiros, 2020). A balança eletrônica de auto pesagem (BA) tem a vantagem de reduzir o trabalho humano na coleta de dados de peso, de tornar mais rápido o manejo dos animais no curral, de coletar mais dados de peso necessários a gestão mais precisa, além da fácil conexão com outros dispositivos eletrônicos. Em geral, a balança eletrônica é instalada em frente ao bebedouro. Por meio de sensores na balança e do uso do brinco eletrônico, o animal é identificado e o seu peso é coletado toda vez que ele acessa o bebedouro.

A termografia infravermelha (TI), tecnologia adotada para a coleta de informações dos animais, se baseia na emissão de raios infravermelhos e na captura de diferenciais de temperatura corpórea dos animais por meio de imagens. É um método não invasivo e não destrutivo de coleta de informações, que podem ser utilizadas para vários interesses, tais como diagnóstico preventivo de doenças, controle de bem estar animal (Leão et al., 2015) e avaliação de carcaça (Corrêa, 2019).

A automação da mistura e da distribuição da ração no cocho (CD), acionada por RFID, permite o fornecimento da quantidade ótima de cada componente para cada lote de animais. Essa tecnologia reduz o uso de mão de obra, o tempo de operação e os desperdícios na distribuição e consumo da ração, o que resulta em ganhos de eficiência e redução de custos.

O cocho ou bebedouro com aferição automática do consumo (CA) é usado para gerar dados de consumo e comportamento alimentar. O cocho possui uma balança com sensores e coletores que, associados ao brinco eletrônico, permitem registrar o consumo de ração por animal. O mesmo princípio se aplica ao bebedouro eletrônico. Estas tecnologias contribuem para ganhos de eficiência na alimentação do rebanho.

A estação meteorológica automática (EM) é composta por equipamentos que medem e recolhem informações sobre o clima (temperatura, umidade e pluviosidade) em diferentes pontos da fazenda. A obtenção desses dados auxilia o produtor na tomada de decisões referentes ao plantio, adubação e manejo, contribuindo para aumentar a eficiência no cultivo de forrageiras.

Os softwares para gestão do confinamento podem ser utilizados de forma integrada à identificação individual dos animais e outros dispositivos para coleta automática de dados, ou ainda de forma independente. Os dados podem ser transmitidos para o software de forma automática ou manual. Muitos estão associados às plataformas digitais para o armazenamento e análise dos dados com objetivo de auxiliar o produtor na tomada de decisão. Os softwares de gestão na pecuária bovina apresentam funcionalidades associadas a três dimensões: (i)



controle e gestão financeira (SF), com dados e informações associadas aos custos de produção e aos indicadores de desempenho econômico da atividade; (ii) controle e gestão operacional do rebanho e indicadores zootécnicos (SO); e (iii) formulação de receitas de dieta e gestão da fabricação de ração (SD). Essas funcionalidades podem operar de forma integrada ou independente.

Além desses, foram identificadas outras tecnologias digitais: automação da limpeza de dejetos nos currais e drones para leitura de disponibilidade de alimento e comportamento animal no cocho ou para ronda sanitária. O uso de drones na pecuária pode ter vários objetivos, tais como analisar o comportamento alimentar de bovinos no cocho, obter informações sobre preferências do gado para pastagem, analisar informações sobre plantas forrageiras e identificar a presença de plantas invasoras (Peres et al, 2019).

3. Materiais e métodos

3.1. Amostragem e questionário

Os dados primários utilizados na pesquisa foram obtidos por meio de entrevistas *in loco* com pecuaristas de gado bovino de corte durante a pesquisa-expedição Confinar Brasil, realizada pela Scot Consultoria no ano de 2021. A expedição alcançou 134 municípios em 14 estados das cinco regiões brasileiras, visitando 184 fazendas dedicadas ao confinamento de gado de corte (Tabela 1).

Tabela 1. Número de fazendas da amostra por estado.

Estados	Número de fazendas	Estados	Número de fazendas
Pará	13	Espírito Santo	3
Rondônia	16	Minas Gerais	8
Tocantins	13	Rio de Janeiro	3
Bahia	8	São Paulo	16
Goiás	12	Paraná	20
Mato Grosso	29	Rio Grande do Sul	19
Mato Grosso do Sul	13	Santa Catarina	11

O questionário estruturado aplicado na coleta de dados nos confinamentos contemplou questões objetivas sobre:

- o tomador de decisão: características sociodemográficas como idade, experiência em confinamento e escolaridade; auto-avaliação em relação ao comportamento frente ao risco, gestão e inovação; condição fundiária; disponibilidade de recursos financeiros, e; principais fontes de informações;
- o estabelecimento rural: distribuição de uso do solo, tamanho da fazenda, localização e estrutura de confinamento como a capacidade estática;
- o sistema de produção: características relacionadas com a escala de produção como o tamanho do rebanho confinado e quantidade de ciclos por ano, recursos humanos, manejo sanitário, nutricional e de bem-estar animal, uso de mecanismos de gestão de



risco, características do modelo de negócio como a prestação de serviços de boitel para terceiros e certificações, e;

- a adoção de tecnologias digitais: identificação individual dos animais com leitura eletrônica (ID), balança eletrônica de auto pesagem dos animais (BA), termografia infravermelha (TI), cocho com distribuição automática da ração (CD), cocho ou bebedouro com aferição automática de consumo (CA), estação meteorológica automática (EM); software especializado para gestão financeira (SF), software especializado para gestão operacional (SO), software especializado para formulação da dieta do rebanho (SD) e outros dispositivos ou sensores (OUTROS).

3.2. Método de análise

A estratégia de análise dos dados divide-se em duas etapas: 1) Análise de Correspondência Múltipla (ACM) para a construção de agrupamentos de tecnologias digitais que representam diferentes níveis de intensidade de adoção; 2) estatísticas descritivas e testes de hipóteses para a identificação de variáveis que diferenciam os grupos tecnológicos estabelecidos na etapa 1. O software estatístico utilizado para as análise dos dados foi o R (R Core Team, 2022).

3.2.1. Análise de Correspondência Múltipla (ACM) para a construção de agrupamentos de tecnologias digitais

Investigaram-se as seguintes tecnologias digitais: identificação eletrônica dos animais (ID), balança eletrônica de auto-pesagem (BA), termografia infravermelha (TI), distribuição automática da ração no cocho (CD), cocho ou bebedouro com aferição automática do consumo (CA), estação meteorológica automática (EM), software para gestão operacional (SO), software para gestão financeira (SF) e software para formulação da dieta (SD). Cada tecnologia gerou uma variável categórica (0 = não adotante da tecnologia x_i ; 1 = adotante da tecnologia x_i). Por meio da Análise de Correspondência Múltipla (ACM) obteve-se um mapa bidimensional com a associação entre as categorias de adotantes e de não adotantes de cada tecnologia.

A formação dos grupos representativos da intensidade de adoção de tecnologias digitais na pecuária de corte intensiva foi validada por meio da aplicação de questionário estruturado junto a especialistas em: (i) manejo de rebanho bovino em sistemas de confinamento; (ii) uso de tecnologias digitais em confinamentos; (iii) nutrição animal, e; (iv) manejo e uso de forragens para suplementação alimentar dos animais em sistemas intensivos de produção.

3.2.2 Estatísticas descritivas e testes de hipóteses

A revisão da literatura empírica sobre adoção de tecnologias agrícolas baseou a seleção de fatores condicionantes da adoção de tecnologias digitais na agricultura e seleção de variáveis representativas desses fatores. A Tabela 2 mostra os fatores e a descrição das variáveis utilizadas no estudo.

Por meio de estatísticas descritivas (medidas de posição, de dispersão e frequências) das variáveis e testes estatísticos de hipótese (qui-quadrado e análise de variância) foram identificados os fatores discriminantes dos três grupos tecnológicos.

O teste qui-quadrado de Pearson foi utilizado para verificar a existência ou não de associação entre os grupos amostrais e as variáveis qualitativas (Pearson, 1900). Foi utilizada a correção de continuidade de Yates para garantir que o valor da estatística qui-quadrado não fosse superestimado em ocasiões em que o valor de n era pequeno (Yates, 1934). A análise de variância foi utilizada para verificar se as médias das variáveis quantitativas de dois ou mais



grupos são, de fato, diferentes. Ressalta-se que o número de observações varia em função da ausência de respostas para algumas variáveis.

Tabela 2. Descrição das variáveis utilizadas no estudo.

SIGLA	VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
Características do tomador de decisão		
<i>Capital humano</i>		
IDD	Idade	Idade do produtor, em anos.
EXP	Experiência	Experiência do produtor com confinamento, em anos.
ESC	Escolaridade	1 se possui nível superior; 0 caso contrário.
<i>Condição fundiária</i>		
TER	Posso da terra	1 terra arrendada; 2 terra própria; 3 ambas
<i>Comportamento</i>		
INO	Capacidade	Grau de aversão ao risco do produtor em função da resposta em escala Likert (1
AVR	Aversão ao risco	Grau de aversão ao risco do produtor em função da resposta em escala Likert (1
ACF	Autoconfiança	Grau de aversão ao risco do produtor em função da resposta em escala Likert (1
<i>Recursos financeiros</i>		
ALT	Renda alternativa	1 se possui outra renda além da agropecuária; 0 caso contrário.
CRD	Crédito rural	1 se acessou nos últimos 3 anos crédito rural para investimento; 0 caso contrário.
<i>Fontes de informação</i>		
COP	Cooperativa	1 se cooperativa é uma fonte de informação importante para tomada de decisão na
ASC	Associação	1 se associação de produtores é uma fonte de informação importante para tomada
SND	Sindicato rural	1 se sindicato rural é uma fonte de informação importante para tomada de decisão
SPB	Extensão rural	1 se técnico da extensão rural pública é uma fonte de informação importante para
UNI	Pesquisa	1 se universidades e institutos de pesquisa são uma fonte de informação
PDG	Plataformas	1 se plataformas digitais são uma fonte de informação importante para tomada de
FNC	Fornecedores	1 se fornecedores de insumos são uma fonte de informação importante para
CMP	Compradores	1 se compradores do boi gordo são uma fonte de informação importante para
VIZ	Outros produtores	1 se outros produtores rurais são uma fonte de informação importante para
CON	Consultoria	1 se consultor particular é uma fonte de informação importante para tomada de
Características do estabelecimento rural e do sistema de produção		



Escala de produção

ARE	Tamanho da	Área do estabelecimento rural, em hectares.
REB	Tamanho do	Número de animais confinados no ano.
CE	Capacidade	Capacidade de engorda de animais por ciclo, em cabeças.
CIC	Ciclos de engorda	Número de ciclos de engorda no ano.

Diversificação da produção

AGR	Cultivo agrícola	1 se faz cultivo agrícola além da pecuária; 0 caso contrário.
-----	------------------	---

Localização

DIS	Distância	Distância média entre o confinamento e a origem dos animais para engorda, em
FRG	Compradores	Número de compradores de bovinos para abate na região do confinamento.

Recursos humanos

COL	Empregados	Número de empregados fixos no confinamento
CSP	Ensino superior	Número de empregados no confinamento com ensino superior
CTC	Ensino técnico	Número de empregados no confinamento com ensino técnico

Modelo de negócio

BT	Boitel	1 se presta serviços de boitel; 0 caso contrário.
BON	Bonificação	1 se recebe algum tipo de bonificação na venda do bovino para abate; 0 caso

Gestão de riscos

PRE	Risco preço	1 se usa mecanismo de proteção de preço como contrato a termo e <i>hedge</i> ; 0 caso
SEG	Seguro rural	1 se usa o seguro rural no confinamento; 0 caso contrário.

4. Resultados e discussão

4.1. ACM para a construção de agrupamentos de tecnologias digitais

A Tabela 3 mostra a frequência de adoção das tecnologias digitais pelos confinadores da amostra. A identificação eletrônica (ID) e os softwares para gestão operacional (SO), gestão financeira (SF) e formulação de dietas (SD) são as tecnologias mais adotadas na amostra. Ressalta-se que a ID é uma tecnologia que evoluiu desde os anos 2006 quando foi estabelecido o Sistema Brasileiro de Identificação Individual de Bovinos e Búfalos (SISBOV). Inicialmente o SISBOV foi instituído para garantir a rastreabilidade da carne exportada para a União Europeia. Esta exigência sanitária ocorreu devido aos casos da enfermidade Encefalopatia Espongiforme Bovina (popularmente conhecida como “mal da vaca louca”) em países europeus na década de 90. A tecnologia RFID no brinco eletrônico para identificação animal avançou e, quando associado a outras tecnologias digitais, como os softwares de gestão, possibilitou a gestão mais assertiva do rebanho e da atividade pecuária. A tecnologia ID facilita a adoção de outras tecnologias digitais mais recentes, a exemplo da balança de auto-pesagem (BA) e do cocho e do bebedouro com aferição automática de



consumo (CA). Entretanto, essas últimas apresentam frequência menor de adoção, possivelmente por serem mais recentes e estarem em estágio inicial de difusão.

Tabela 3. Frequência de adoção de tecnologias digitais na amostra.

Tecnologia digital	n	% em relação aos adotantes de pelo menos uma tecnologia (n=145)	% em relação à amostra total (n=184)
(ID) Identificação individual eletrônica dos animais	105	72,41	57,06
(SO) Software para gestão operacional	105	72,41	57,06
(SF) Software para gestão financeira	93	64,14	50,54
(SD) Software para formulação de dieta	84	57,93	45,65
(EM) Estação meteorológica automática	21	14,48	11,41
(CD) Cocho com distribuição da ração automática	19	13,10	10,33
(BA) Dispositivo eletrônico de auto-pesagem	15	10,34	8,15
(TI) Termografia Infravermelha	8	5,52	4,35
(CA) Bebedouro/cocho com aferição de consumo automática	5	3,45	2,72
(OUTROS) Outras tecnologias	3	2,07	1,63

A Figura 1 apresenta o mapa bidimensional gerado por meio da ACM de variáveis categóricas de adoção das tecnologias digitais (0 = não adota; 1 = adota a tecnologia). Cada tecnologia está representada por dois pontos no mapa, um para adotantes da tecnologia, com o sufixo “1” em sua sigla, e outro para não adotantes, com o sufixo “0”.

O agrupamento de não adotantes de tecnologias digitais, conforme indicado pelo sufixo “0” na sigla de cada tecnologia, encontra-se nos quadrantes II e III. No quadrante IV encontra-se o agrupamento dos adotantes de identificação eletrônica (ID1) e de algum software de gestão (SO1; SF1; SD1). No quadrante I encontra-se o agrupamento dos adotantes de alguma das demais tecnologias digitais (BA1; TI1; CD1; CA1; EM1). ID é uma tecnologia digital facilitadora da adoção de outras tecnologias digitais, tanto de softwares de gestão, como das demais tecnologias. Portanto, optou-se por incluí-la na formação dos dois grupos de adotantes. Assim, os três agrupamentos de adoção de tecnologias digitais baseados na ACM e validados pelos especialistas foram:

- Grupo 1: Não adotantes de tecnologias digitais;
- Grupo 2: Adotantes de identificação eletrônica e de um ou mais *software* de gestão (SF; SO; SD), sem adoção de outras tecnologias digitais;
- Grupo 3: Adotantes de identificação eletrônica, de um ou mais *software* de gestão e de uma ou mais tecnologias digitais (BA; TI; CD; CA; EM).

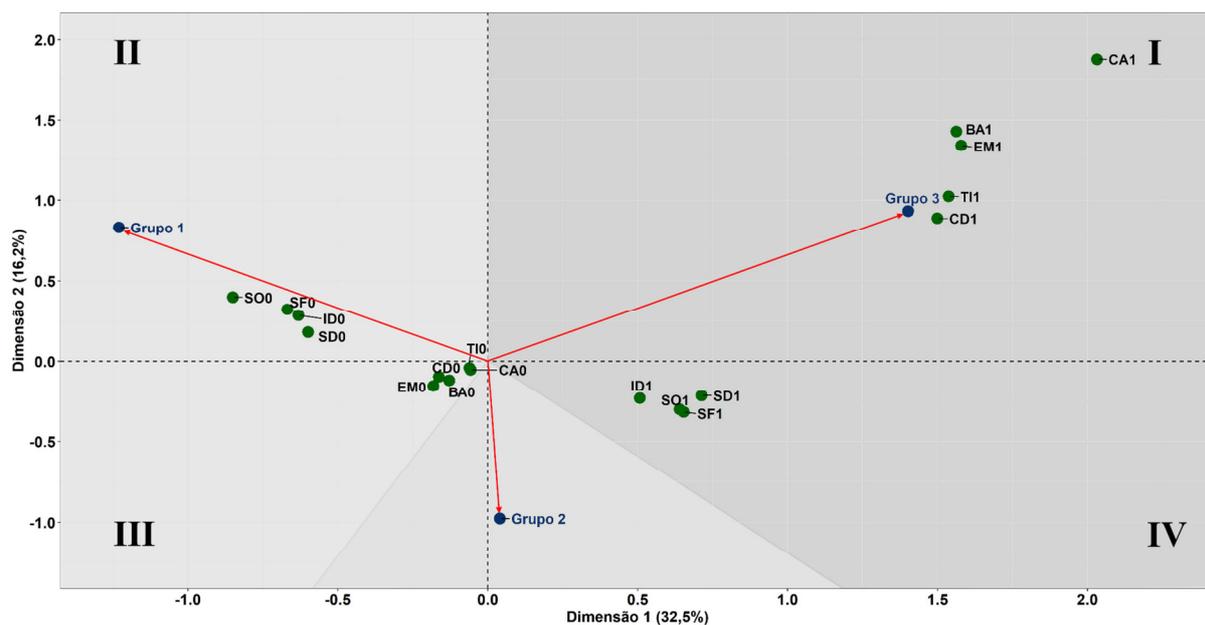


Figura 1. Mapa bidimensional da análise de correspondência múltipla (ACM) para definição dos grupos amostrais.

4.2. Estatísticas descritivas e teste de hipóteses

A partir dos agrupamentos tecnológicos estabelecidos, procedeu-se a avaliação dos fatores diferenciadores dos três grupos. As Tabelas 4 e 5 apresentam os resultados das estatísticas descritivas das variáveis relacionadas às características do tomador de decisão, que incluem variáveis relacionadas ao capital humano, condição fundiária, diversificação da renda familiar e acesso ao crédito. A Tabela 4 mostra os resultados das variáveis quantitativas, enquanto que a Tabela 5 mostra os resultados das variáveis categóricas.

A escolaridade (ESC) e o comportamento de autoconfiança (ACF) discriminam estatisticamente os grupos de adotantes de tecnologias digitais (Grupos 2 e 3) do grupo de produtores não adotantes (Grupo 1), ao nível de significância de pelo menos 1%. O percentual de produtores com curso superior (61,4%) e que acreditam que sua capacidade de gestão é superior à média dos produtores (61,4%) é menor no Grupo 1 (não adotantes) em relação aos demais grupos de adotantes de tecnologias digitais. A idade (IDD), por sua vez, discrimina apenas o grupo de não adotantes (Grupo 1) do grupo de adotantes de tecnologias digitais de gestão (Grupo 2). A idade média do Grupo 1 (50,48 anos) é superior à dos demais grupos. Os resultados das variáveis ESC, IDD e ACF corroboram com outros achados na literatura de adoção de tecnologias digitais por produtores rurais (Groher et al., 2020; Aragao Pereira e Woodford, 2011; Carrer et al., 2022; Mendes et al., 2023). Há suposição de que produtores mais jovens são mais atraídos por tecnologias digitais e que o grau de escolaridade superior contribui para o uso e interpretação de dados e para a percepção dos benefícios associados às tecnologias digitais. Ainda, produtores com maior autoconfiança na sua capacidade de gestão são menos avessos a experimentar novas tecnologias.

As demais variáveis que caracterizam o tomador de decisão não discriminaram estatisticamente os grupos amostrais, indicando que a experiência (EXP), a aversão ao risco (AVR), a capacidade de inovação do tomador de decisão (INO), a posse da terra (TER), a diversificação da renda (ALT) e o acesso ao crédito (CRD) não estão associados estatisticamente à adoção de tecnologias digitais na pecuária.



Tabela 4. Estatísticas descritivas das variáveis quantitativas relacionadas às características do tomador de decisão.

Variável	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		n	Diferença
	Média	CV	Média	CV	Média	CV		
<i>Capital humano</i>								
Idade (IDD) (N1=52, N2=84, N3=43)	50,48	27,63	43,56	29,94	45,33	27,47	179	** G1 > G2
Anos de experiência (EXP) (N1=52, N2=83, N3=41)	11,50	67,83	10,83	93,54	14,39	86,17	176	

Nota: Ni = número de observações no grupo i (i=1,2,3). Asterisco (*) indica que a diferença entre os grupos é significativa estatisticamente, ao nível: * $p \leq 0,10$; ** $p \leq 0,05$, e; *** $p \leq 0,01$. Quando não apresenta asterisco quer dizer que a diferença entre os grupos não foi significativa.

Tabela 5. Estatísticas descritivas das variáveis categóricas relacionadas às características do tomador de decisão.

Variável	Categoria	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	n	p-valor
<i>Capital humano</i>						
Escolaridade (ESC) (N1=44, N2=80, N3=43)	Possui ensino superior	61,40%	76,20%	90,70%	127	0,006
	Não possui ensino superior	38,60%	23,80%	9,30%	40	
<i>Condição fundiária</i>						
Posse da terra (TER) (N1=53, N2=87, N3=43)	Arrendada	1,89%	4,60%	4,65%	7	0,613
	Própria	92,50%	92,00%	86,00%	166	
	Ambos	5,66%	3,45%	9,30%	10	
<i>Comportamento</i>						
Capacidade de inovação (INO) (N1=45, N2=63, N3=20)	Concorda	93,33%	95,24%	100%	122	0,585
	Indiferente	4,45%	4,76%	0,00%	5	
	Discorda	2,22%	0,00%	0,00%	1	
Aversão ao risco (AVR) (N1=45, N2=63, N3=20)	Concorda	82,20%	74,60%	70,00%	98	0,412
	Indiferente	4,45%	11,10%	20,00%	17	
	Discorda	13,30%	14,30%	10,00%	13	
Autoconfiança (ACF) (N1=44, N2=63, N3=19)	Concorda	61,40%	76,20%	89,50%	92	0,065
	Indiferente	25,00%	20,60%	10,5%	26	
	Discorda	13,60%	3,20%	0,00%	8	
<i>Diversificação da renda</i>						
Renda alternativa (ALT) (N1=45, N2=63, N3=20)	Possui outra renda	57,80%	66,70%	60,00%	80	0,623
	Não possui	42,20%	33,30%	40,00%	48	
<i>Crédito rural</i>						
Crédito investimento	Acessa crédito	69,80%	66,60%	72,70%	127	0,770



(CRD)		30,20%	33,30%	27,30	57
(N1=53, N2=87, N3=44)	Não acessa				

Nota. * Ni = número de observações no grupo i (i=1,2,3).

A Tabela 6 apresenta os resultados das estatísticas descritivas das variáveis relacionadas às fontes de informação agropecuárias usadas na gestão da produção pecuária. As fontes de informação que se mostraram estatisticamente associadas à adoção de tecnologias digitais na pecuária intensiva foram cooperativas agropecuárias (COP), plataformas digitais (PDG) e consultores particulares (CON).

Por um lado, há um percentual maior de não adotantes (22%) que consideram como relevantes as informações acessadas por meio de cooperativas agropecuárias, quando comparado aos grupos 2 (9,5%) e 3 (5%). Por outro lado, ambos os grupos de adotantes apresentam um percentual superior de produtores que consideram como relevantes as informações agropecuárias obtidas por meio de plataformas digitais (Grupo 2 com 79,4% e Grupo 3 com 65%) e de consultores contratados (Grupo 2 com 35,6% e Grupo 3 com 52,3%), em comparação ao grupo de não adotantes (51,1% em PDG e 22,6% em CON). As diferenças são ilustradas na Figura 2. As demais fontes de informação não discriminaram estatisticamente os grupos de adotantes dos não adotantes, ao nível de significância de pelo menos 10%.

Tabela 6. Estatísticas descritivas das variáveis relacionadas às fontes de informação.

Variável	Categoria	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	n	p-valor
Cooperativa (COP) (N1=45, N2=63, N3=20)	Sim	22,20%	9,50%	5,00%	17	0,079
	Não	77,80%	90,50%	95,00%	111	
Associação de produtores (ASC) (N1=45, N2=63, N3=20)	Sim	11,10%	4,80%	0,00%	8	0,184
	Não	88,90%	95,20%	100,00%	120	
Sindicato rural (SND) (N1=45, N2=63, N3=20)	Sim	8,90%	6,30%	0,00%	8	0,393
	Não	91,10%	93,70%	100,00%	120	
Extensão rural (SPB) (N1=45, N2=63, N3=20)	Sim	2,22%	3,17%	10,00%	5	0,300
	Não	97,78%	96,83%	90,00%	123	
Pesquisa (UNI) (N1=45, N2=63, N3=20)	Sim	28,90%	42,90%	35,00%	47	0,327
	Não	71,10%	57,10%	65,00%	81	
Plataformas digitais (PDG) (N1=45, N2=63, N3=20)	Sim	51,10%	79,40%	65,00%	86	0,008
	Não	48,90%	20,60%	35,00%	42	
Outros produtores rurais (VIZ) (N1=45, N2=63, N3=20)	Sim	35,56%	33,33%	35,00%	44	0,970
	Não	64,44%	66,67%	65,00%	84	
Fornecedores de insumos (FNC) (N1=45, N2=63, N3=20)	Sim	51,10%	57,10%	65,00%	56	0,570
	Não	48,90%	42,90%	35,00%	72	
Compradores do produto final (CMP) (N1=45, N2=63, N3=20)	Sim	33,30%	30,20%	50,00%	44	0,261
	Não	66,70%	69,80%	50,00%	84	
Consultoria (CON)	Sim	22,60%	35,60%	52,30%	66	0,010



(N1=53, N2=87, N3=44) Não 77,40% 64,40% 47,70% 118

Nota. * Ni = número de observações no grupo i (i=1,2,3).

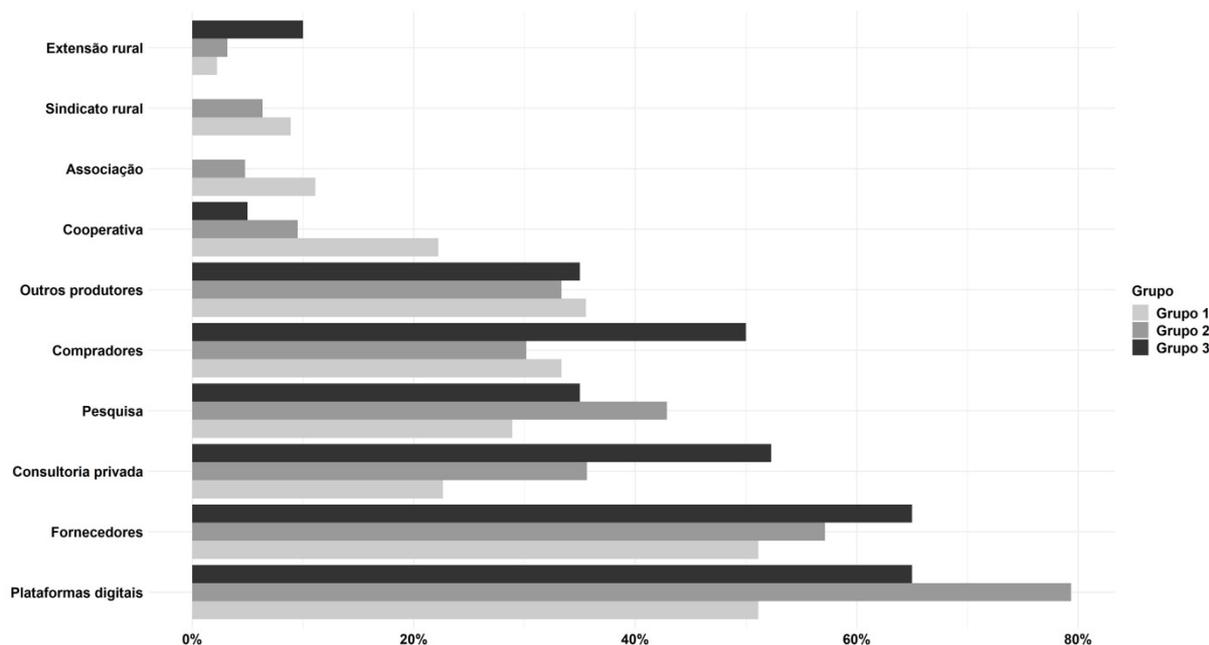


Figura 2. Frequência das fontes de informação consideradas importantes nos três grupos tecnológicos.

As Tabelas 7 e 8 apresentam os resultados das estatísticas descritivas das variáveis relacionadas às características da propriedade rural e do sistema de produção. A Tabela 7 mostra os resultados das variáveis quantitativas, enquanto que a Tabela 8 mostra os resultados das variáveis categóricas.

As variáveis relacionadas à escala de produção – capacidade estática do confinamento (CE), número de ciclos de confinamento no ano (CIC) e tamanho do rebanho confinado (REB) – discriminaram estatisticamente os três grupos amostrais. Os adotantes do Grupo 3 apresentam, na média, maior capacidade estática (10.432 cabeças), maior número de ciclos de confinamento realizados no ano (2,46) e, por consequência, maior número de animais confinados no ano (26.031 cabeças). Em seguida, tem-se as médias dos adotantes do Grupo 2 e, em menor escala, as médias dos não adotantes (Grupo 1). Esses resultados confirmam que a adoção de tecnologias digitais está positivamente associada ao maior tamanho do confinamento. Esse comportamento das variáveis de escala de produção como relevantes para a adoção de tecnologias de pecuária de precisão também foi observado anteriormente por Groher et al. (2020). Observa-se que o tamanho da propriedade (ARE) em que o confinamento está localizado não está associado à adoção (p-valor=0,333).

A média do número de empregados no confinamento (COL) é estatisticamente superior no grupo 3 (23,45 empregados) quando comparada com a média dos grupos 2 e 1 (9,22 e 4,47, respectivamente). Esse resultado se repete para as variáveis associadas ao grau de escolaridade dos colaboradores (CSP e CTC).

Tabela 7. Estatísticas descritivas das variáveis relacionadas às características da produção e do sistema de produção.



Variável	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		n	Diferença
	Média	CV	Média	CV	Média	CV		
<i>Escala de produção</i>								
Área da propriedade (ARE) (N1=53, N2=85, N3=42)	3376,0	170,3	5362,0	162,9	5144,5	164,2	180	
Animais confinados (REB) (N1=53, N2=87, N3=44)	4042,0	158,5	8162,0	131,6	26031,0	110,5	184	*** G3 > G1, G3 > G2
Capacidade estática (CE) (N1=51, N2=85, N3=41)	2109,0	139,4	3866,0	110,7	10432,0	105,0	177	** G3 > G1, G3 > G2
Ciclos (CIC) (N1=51, N2=85, N3=41)	2,0	45,8	2,1	41,4	2,5	37,3	177	** G3 > G1, G3 > G2
<i>Localização</i>								
Distância do confinamento (DIS) (N1=53, N2=87, N3=44)	197,4	91,7	263,1	106,0	264,9	89,4	184	
<i>Recursos humanos</i>								
Empregados (COL) (N1=53, N2=86, N3=42)	4,5	80,7	9,2	123,6	23,4	105,8	181	*** G3 > G1, G3 > G2
Empregados com ensino superior (CSP) (N1=45, N2=63, N3=20)	0,3	203,9	0,9	130,6	2,0	128,3	128	*** G2 > G1, G3 > G1, G3 > G2
Empregados com ensino técnico (CTC) (N1=45, N2=63, N3=20)	0,2	274,0	0,4	191,1	1,1	120,9	128	*** G3 > G1, G3 > G2

Nota: Ni= número de observações no grupo i (i=1,2,3). Asterisco (*) indica que a diferença entre os grupos é significativa estatisticamente, ao nível: * $p \leq 0,10$; ** $p \leq 0,05$, e; *** $p \leq 0,01$. Quando não apresenta asterisco quer dizer que a diferença entre os grupos não foi significativa.

A prestação de serviço de boitel para engorda de gado de terceiros (BT) (p -valor=0,004) está associada à adoção mais intensiva de tecnologias digitais. O boitel é um modelo de parceria em que um confinador presta serviço de engorda para animais de terceiros, oferecendo alimentação e instalações para o animal até o momento do abate em troca de uma forma de pagamento pré-estabelecida. Esse sistema de parceria aumenta a complexidade gerencial do confinamento, tornando a adoção de tecnologias digitais para o monitoramento e controle dos animais ainda mais relevante.

O papel da gestão de riscos foi avaliado a partir de duas variáveis: (i) o uso de ferramentas de proteção de variações de preço do boi gordo, seja por meio de contratos a termo ou mercado de opções (PRE) e (ii) o uso de seguro rural para proteção de riscos da produção e de roubo (SEG). O uso do seguro rural não apresentou associação com a adoção de tecnologias digitais. Por outro lado, a adoção de tecnologias digitais está associada ao uso dos mecanismos de proteção de preço como o *hedging* e o contrato a termo (p -valor<,001). As tecnologias digitais contribuem na gestão mais eficiente dos recursos a fim de alcançar as metas de produção e os compromissos assumidos em contratos.

A variável relacionada ao recebimento de bonificação de frigorífico possui comportamento diferente entre os grupos (p -valor=0,065), ou seja, uma proporção maior de



produtores que adotam mais intensivamente tecnologias digitais recebe algum tipo de bonificação na comercialização dos bovinos. Uma possível explicação é a existência de requisitos tecnológicos e de qualidade em alguns tipos de certificação e programas de garantia de qualidade. A gestão mais eficiente proporcionada pelo uso das tecnologias digitais pode contribuir para a entrega de animais e carcaças em conformidade com os requisitos específicos.

Tabela 8. Frequência das variáveis categóricas relacionadas às características da propriedade rural e do sistema de produção.

Variável	Categoria	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	n	p-valor
<i>Diversificação da produção</i>						
Cultivo agrícola (AGR) (N1=52, N2=78, N3=41)	Diversifica	90,40%	79,50%	80,50%	142	0,237
	Não diversifica	9,60%	20,50%	19,50%	29	
<i>Localização</i>						
Compradores de boi gordo (FRG) (N1=51, N2=83, N3=43)	Um	33,33%	28,92%	39,53%	58	0,376
	Dois	27,45%	19,28%	13,95%	36	
	Três ou mais	39,22%	51,81%	46,51%	83	
<i>Especialização da atividade de confinamento</i>						
Boitel (BT) (N1=52, N2=86, N3=44)	Realiza boitel	9,60%	26,70%	38,60%	45	0,004
	Não realiza boitel	90,40%	73,30%	61,40%	137	
<i>Gestão de riscos</i>						
Uso de ferramentas de proteção de preço (PRE) (N1=49, N2=81, N3=42)	Utiliza	10,20%	22,20%	45,20%	42	<,001
	Não utiliza	89,80%	77,80%	54,80%	130	
Uso de seguro rural (SEG) (N1=45, N2=63, N3=20)	Utiliza	55,60%	61,90%	65,00%	77	0,714
	Não utiliza	44,40%	38,10%	35,00%	51	
<i>Certificação</i>						
Bonificação de frigoríficos (BON) (N1=50, N2=79, N3=40)	Recebe bonificação	26,00%	29,10%	47,50%	55	0,065
	Não recebe bonificação	74,00%	70,90%	52,50%	114	

Nota. *Ni= número de observações no grupo i (i=1,2,3).

As variáveis relacionadas à localização do confinamento, mensurada pela distância onde busca o animal para engorda no confinamento (DIS) e pela quantidade de compradores de boi gordo na região do confinamento (FRG), a diversificação da produção (AGR) e o uso de seguro rural (SEG) não discriminaram estatisticamente os grupos tecnológicos.

5. Conclusão

Este estudo analisou a adoção de tecnologias digitais associadas à pecuária de precisão por confinadores de gado de corte no Brasil. Dados primários de 184 fazendas localizadas em todas as regiões do país foram coletados por meio de visitas in loco e aplicação de



questionário estruturado no âmbito da pesquisa-expedição Conфина Brasil, realizada pela Scot Consultoria no ano de 2021.

Por meio da análise de estatísticas descritivas e análise de correspondência múltipla (ACM), verificou-se que a adoção de tecnologias digitais está associada às seguintes características: (i) produtores mais jovens; (ii) com grau de escolaridade superior; (iii) produtores com maior autoconfiança na sua capacidade de gestão; (iv) fontes de informação relevantes sendo cooperativas agropecuárias, plataformas digitais e contratação de consultoria especializada; (v) maior quantidade de cabeças confinadas em estruturas com capacidade estática superior; (vi) maior número de funcionários com maior grau de qualificação; (vii) utilização de mecanismos de gestão de risco de preço; (viii) oferta de serviços de boitel para terceiros; e (ix) recebimento de algum tipo de bonificação na venda de bovinos para frigoríficos.

Agradecimentos

À Scot Consultoria pela provisão dos dados no âmbito do acordo de cooperação técnica entre Embrapa e Scot Consultoria (SAIC 2360022/0019-0). À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (SEG 40.19.03.060.00.02.010). À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (projeto 2022/02967-5).

Referências

- Aragao Pereira, M. D., & Woodford, K. B. (2011). Technological profile of Brazilian innovative beef farmers: which technologies these farmers adopt, which they don't and reasons for the difference. In *18th International Farm Management Association Congress*, Methven, New Zealand, 2011.
- Carrer, M. J., Souza Filho, H. M., Vinholis, M. 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.
- Corrêa, A. M. (2019). Termografia infravermelha para a avaliação de carcaça e qualidade de carne bovina. *Dissertação* apresentada à Universidade de Viçosa (Magister Scientiae).
- Groher, T., Heitkämper, K., & Umstätter, C. (2020). Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. *Animal*, 14(11), 2404-2413.
- Leão, J. M., Lima, J. A. M., Pôssas, F. P., & Pereira, L. G. R. (2015). Uso da termografia infravermelha na pecuária de precisão. *Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia*, 79.
- Massruhá, S. M. F. S., Leite, M. D. A., Oliveira, S. D. M., Meira, C. A. A., Luchiari Junior, A., ... & Bolfe, E. L. (2020) *Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas*. Embrapa: Campinas.
- Medeiros, S. R. (2020). Ponderações sobre a pesagem de bovinos. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220229/1/PonderacoesPesagemBovinos.pdf>> Acessado em 06 Abril 2023.
- Mendes, J. D. J., Carrer, M. J., Vinholis, M. M. B., & Souza Filho, H. M. (2023). 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*.
- Nazareno, A. C., Roncada, L. P., & Silva, I. J. O. (2020). Electronic identification of animals, what are the applicability of these methods in meat production?. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 2(4), 142-150.
- Pearson, K. (1900). 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. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 50(302), 157-175.

Peres, A. C. S., Lopes, H. A. S., & Rodrigues, F. D. S. (2019). Revolução tecnológica na agricultura: Desafios e Oportunidades do Uso de Drones. *Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)*, 3(1).

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Vinholis, M. M. B., Souza Filho, H. M., Carrer, M. J., & Chaddad, F. R. (2016). Determinants of recognition of TRACES certification as valuable opportunity at the farm level in São Paulo, Brazil. *Production*, 26, 78-90.

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

Yates, F. (1934). Contingency tables involving small numbers and the χ^2 test. *Supplement to the Journal of the Royal Statistical Society*, 1(2), 217-235.

_____. Brasil Beef Report, 2022. <https://www.abiec.com.br>

_____. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea/Esalq), 2021. <https://www.cepea.esalq.usp.br/br>

_____. Pesquisa Pecuária Municipal, 2021. <https://www.ibge.gov.br>