



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

CAMPUS DE NAVIRAÍ - CPNV

CURSO DE ADMINISTRAÇÃO



Rogério da Silva Santa Ana

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PECUÁRIA DE PRECISÃO: a lógica dominante na pecuária 4.0  
e as barreiras para a adoção tecnológica**

Orientador: Victor Fraile Sordi

Naviraí-MS

2022



**PECUÁRIA DE PRECISÃO: a lógica dominante na pecuária 4.0  
e as barreiras para a adoção tecnológica**

Rogério da Silva Santa Ana

**RESUMO**

Este estudo busca investigar a lógica dominante na pecuária de precisão e as barreiras na adoção dessas tecnologias pelos produtores. Buscando assim oferecer bases mais sólidas para uma pecuária mais inteligente e sustentável. Empregou-se uma revisão sistemática integrativa de publicações disponíveis nas bases: *Science Direct*, *Scopus*, *Spell* e *Scielo*. Os resultados indicam, além de um conjunto de tecnologias que buscam uma gestão individualizada dos rebanhos e do monitoramento constante de saúde e bem-estar, as barreiras para a adoção dessas tecnologias nas fazendas. Os custos elevados, a baixa qualificação do pessoal envolvido, cultura, crenças, sentimentos e percepções negativas dos produtores, a falta de infraestrutura digital, incompatibilidades tecnológicas e a insuficiência de dados úteis são barreiras que ainda dificultam a adoção dessas tecnologias nas fazendas.

**Palavras-chave:** Pecuária de Precisão; Fazendas Inteligentes; Pecuária 4.0.



## 1 INTRODUÇÃO

As tecnologias de Pecuária de Precisão (PP) estão se tornando cada vez mais comuns na pecuária moderna. Frequentemente integradas entre si, buscam melhorar as interações entre humanos e animais, assim como aumentar a produtividade e a sustentabilidade das fazendas (VAINTRUB et al., 2020). Essas tecnologias utilizam princípios de engenharia de processos para automatizar a pecuária, permitindo aos fazendeiros monitorar grandes populações de animais, sua saúde e bem-estar, detectando problemas individuais em tempo hábil e até mesmo antecipando problemas antes que eles ocorram (NEETHIRAJAN; KEMP, 2021).

Diversas tecnologias digitais estão disponíveis para diferentes espécies de animais e formam a base para a pecuária de precisão (GROHER; HEITKÄMPER; UMSTÄTTER, 2020). Em outras palavras, a pecuária de precisão trata-se da aplicação do conceito de agricultura de precisão na pecuária por meio de uma variedade de dispositivos para melhorar a capacidade de manejo de grandes grupos de animais. A PP é baseada na coleta e análise de dados em tempo real que podem ser usados para o manejo dos rebanhos ou de um animal de modo individualizado. Essas inovações se tornam cada vez mais importantes à medida que as fazendas ficam maiores e o monitoramento de um único animal não é mais possível sem ajuda tecnológica (VAINTRUB et al., 2020).

Apesar dos potenciais benefícios, a aceitação e a abertura dos produtores em relação às novas tecnologias permanecem relativamente baixas (VAINTRUB et al., 2020). E uma abordagem estritamente tecnológica para aumentar a eficiência produtiva ainda não foi amplamente aceita, sendo que a aplicabilidade efetiva dessas tecnologias nas fazendas ainda é limitada (LOVARELLI; BACENETTI; GUARINO, 2020). Mesmo assim, a crescente conscientização dos consumidores com o aquecimento global, com os impactos econômicos e sociais dos processos produtivos, pode aumentar a adoção de sistemas de pecuária de precisão (VAINTRUB et al., 2020).

Ao controlar precisamente os processos agrícolas, a PP pode melhorar a produção e reprodução, aumentando o bem-estar humano e animal, além de facilitar o uso de recursos direcionados para reduzir o impacto ambiental (GROHER; HEITKÄMPER; UMSTÄTTER, 2020). A PP, desta maneira, pode trazer uma série de benefícios para as fazendas, tanto na sustentabilidade ambiental, como econômica e social (LOVARELLI; BACENETTI;



GUARINO, 2020).

Este estudo busca investigar a lógica dominante na pecuária de precisão e as barreiras na adoção dessas tecnologias pelos produtores. Buscando assim oferecer bases mais sólidas rumo a uma pecuária 4.0, uma pecuária mais inteligente e, conseqüentemente, mais sustentável. Desta maneira, uma revisão sistemática integrativa de publicações científicas foi empregada. Os resultados apontam as principais tecnologias existentes e as barreiras que ainda prejudicam a adoção dessas tecnologias pelos produtores.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A pecuária de precisão (PP) é a aplicação do conceito de agricultura de precisão à pecuária por meio de uma variedade de sensores e atuadores para melhorar a capacidade de manejo de grandes grupos de animais (VAINTRUB et al., 2020). Em complemento, para Norton et al. (2019), a pecuária de precisão é baseada na interação entre diferentes disciplinas científicas e as partes interessadas da indústria pecuária.

Outros termos são frequentemente associados à pecuária de precisão, como “pecuária digital”, “pecuária inteligente” e “pecuária 4.0”. Todos com o mesmo objetivo de explicar o novo conceito tecnológico associado à pecuária. A PP visa usar a tecnologia disponível para monitorar continuamente as condições internas e externas de um animal de maneira individualizada, conectando os dados coletados dos animais aos metadados circundantes, o que pode conduzir a descoberta de soluções para questões científicas profundas ou necessidades latentes do produtor e da sociedade (RAMIREZ et al., 2019).

Monitorando a saúde e o bem-estar animal em tempo real, automaticamente e continuamente, é possível enviar mensagens de aviso de maneira ágil. Isso pode se dar de diversas formas, permitindo que o produtor possa ter essas informações diretamente no seu celular, possibilitando oportunidades de ações ainda nos estágios iniciais de problemas de bem-estar ou doenças (LI et al., 2020).

As tecnologias de PP podem também ajudar a reduzir o uso de recursos, de maneira a reduzir a necessidade de medicamentos e antibióticos. A redução de medicamentos é a consequência direta de se ter informações precisas, pois o produtor saberá exatamente onde é o problema e o que precisa ser feito. Dessa forma, o uso de tecnologias, em última análise, possibilita melhorar a saúde e o bem-estar animal, reduzindo os problemas de segurança alimentar e maximizando o uso eficiente de recursos (NEETHIRAJAN; KEMP, 2021). A



pecuária de precisão também é uma das soluções que podem ajudar a garantir a segurança alimentar para todo o planeta (SHARMA et al., 2020).

Na pecuária tradicional, as decisões são frequentemente baseadas apenas na experiência do produtor. Atualmente essas decisões são baseadas em dados quantitativos, e esses dados podem ser obtidos em tempo real (GARCIA et al., 2020). A pecuária de precisão habilitada para uso de Inteligência Artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT) remove a aleatoriedade e ajuda o produtor a otimizar cada etapa do processo de monitoramento (SHARMA et al., 2020).

A confiança dos produtores nas tecnologias de PP, segundo Van Hertem et al. (2017) pode ser proporcional à precisão da medição pelos sensores, portanto, este é um aspecto importante a ser considerado. Ainda conforme os autores, essa confiança também está diretamente relacionada aos resultados. Se a tecnologia estiver executando seu papel perfeitamente, não há motivos para os produtores não confiarem na tecnologia, portanto, os resultados também devem ser levados em consideração.

Em síntese, a gestão do bem-estar dos animais de maneira individualizada e em tempo real é o principal desafio hoje. Não é suficiente para o produtor ser informado das causas e problemas após os animais já terem deixado o rebanho. Essas informações precisam estar disponíveis em tempo real. Dessa maneira, a pecuária de precisão se torna imprescindível para os novos desafios dos sistemas agroalimentares (NORTON et al., 2019).

### 3 METODOLOGIA

Para o alcance do objetivo da pesquisa, empregou-se uma revisão sistemática integrativa (BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011). Conforme sugerido pelos autores, seguiu-se todas as etapas de uma revisão integrativa. Conforme elucidado, o tema da pesquisa foi específico, buscou-se investigar a lógica dominante na pecuária de precisão e as barreiras na adoção dessas tecnologias pelos produtores, em publicações científicas disponíveis nas bases internacionais: Science Direct e Scopus. E nas bases nacionais: Spell e Scielo.

A revisão abrangeu artigos científicos publicados em periódicos nacionais e internacionais que tratam diretamente da pecuária de precisão e das tecnologias de fazendas inteligentes, além de sua adoção pelos pecuaristas. Dessa maneira, os descritores utilizados foram “Precision Livestock Farming”, “Smart Farming” e “Adoption” na língua inglesa. Utilizou-se também, em português, os descritores “Pecuária de Precisão” e “Pecuária Inteligente”. Utilizou-se múltiplas estratégias de busca com esses descritores no intuito de

encontrar as publicações mais relevantes perante o objetivo da pesquisa, conforme descrito na Tabela 1. Foram selecionadas somente as publicações que tratam diretamente do tema da pecuária de precisão, sendo excluídas as publicações que apesar de apresentarem os descritores no título, resumo ou palavras-chave, tratam de outros temas associados, mas não apresentam a pecuária de precisão como protagonistas.

Com base nos critérios de inclusão e exclusão e nas estratégias de busca, localizamos conforme exposto na Tabela 1, 105 “entradas”, ou seja, 105 publicações. Muitas dessas publicações estavam disponíveis simultaneamente em mais de uma base. Além da eliminação dessas duplicações, após a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, outras publicações foram excluídas por não tratarem diretamente da temática, conforme os critérios de exclusão. Ao final foram selecionadas 24 publicações.

**Tabela 1:** Protocolo de Busca da Revisão Sistemática

Base de Dados	Descritores	Escopo	Entradas
Science Direct	“Adoption” + “Precision livestock farming”	Título, Resumo ou Palavras-chave	07
	“Precision livestock farming”	Título	21
	“Precision livestock farming”+“Smart Farming”	Título, Resumo ou Palavras-chave	02
Scopus	“Precision livestock farming” and “Adoption”	Título, Resumo ou Palavras-chave	30
	“Precision livestock farming” and “Smart Farming”	Título	03
	“Precision livestock farming” and “Smart Farming”	Resumo	28
Spell	"Pecuária" e "Precisão"	Título, Resumo ou Palavras-chave	00
	"Pecuária" e "Inteligente"	Título, Resumo ou Palavras-chave	00
Scielo	“Pecuária de Precisão”	Todos os índices	14
	"Pecuária Inteligente"	Todos os índices	00
<b>Total</b>			<b>105</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Todas as publicações selecionadas estão devidamente referenciadas neste estudo. A amostra final de publicações selecionadas foi analisada na íntegra por intermédio da Matriz de Síntese (BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011). Documentos úteis que foram citados nessas publicações também foram incorporados na pesquisa. Uma análise crítica das publicações foi empregada. Todo o material encontrado e selecionado foi analisado em busca dos tópicos (categorias) mais abordados, que revelassem qual é a lógica dominante dessas tecnologias pecuária de precisão e quais as barreiras para a adoção das mesmas pelos produtores.



Na construção dessas categorias, além da matriz de síntese, utilizou-se o método da comparação constante (WHITTEMORE; KNAFL, 2005). Consistiu em comparar sistematicamente as informações disponíveis nas publicações selecionadas, a fim de identificar padrões, temas ou relacionamentos. A síntese da revisão apresentou as principais tecnologias de PP e as barreiras para a sua adoção. A quinta e sexta etapas, propostas por Botelho, Cunha e Macedo (2011), são a (5) análise e interpretação dos resultados e (6) apresentação da síntese do conhecimento. Ambas as etapas foram realizadas, sendo que os resultados e suas interpretações, além da síntese desta revisão, são apresentados a seguir.

#### **4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS**

Terminologias diferentes, como: (1) pecuária de precisão, (2) pecuária inteligente e (3) pecuária 4.0, foram atribuídas ao mesmo paradigma: como aumentar de forma sustentável a produção de alimentos, mantendo o bem-estar dos animais e reduzindo os impactos ambientais? Essas terminologias podem ter diferenças conceituais perceptíveis ou sutis, mas, em última análise, buscam o mesmo resultado: uma gestão precisa, mais inteligente, das operações envolvidas na pecuária, seja no modo intensivo ou extensivo (TEDESCHI; GREENWOOD; HALACHMI, 2021). A revisão sistemática integrativa empregada neste estudo revelou um conjunto já consolidado de tecnologias de pecuária de precisão (Quadro 1). Apontou tecnologias promissoras em estágios distintos de desenvolvimento, que muito provavelmente mudarão completamente a forma de gerenciar as fazendas (Quadro 2). E revelou as principais barreiras para a adoção dessas tecnologias (Quadro 3).

##### **4.1 Tecnologias de Pecuária de Precisão Consolidadas**

Conforme disposto no Quadro 1, há um conjunto significativo de tecnologias já consolidadas que buscam, sobretudo, a possibilidade de gestão e manejo individualizado dos animais. Sistemas que combinam identificação eletrônica (EID), com plataformas de pesagem (WOW) e selecionadores automáticos (AD), possibilitam o monitoramento do ganho de peso, conversão alimentar, dentre outros fatores que possibilitam intervenções precisas em nível individual na alimentação e suplementação desses animais. Sensores, acelerômetros, câmeras e microfones possibilitam o monitoramento constante da saúde e dos bem-estar dos animais, oferecendo um nível de vigilância jamais visto, aumentando a sustentabilidade da pecuária.

Quadro 1. Tecnologias de Pecuária de Precisão Consolidadas

Tecnologia	Conceito	Estudos
Identificação Eletrônica de Animais (EID) e Sistemas de Identificação por Radiofrequência (RFID)	Dispositivos passivos ou ativos (como por exemplo etiquetas e leitores) utilizados para identificar individualmente cada animal por intermédio de algum tipo de transmissão eletrônica como por exemplo identificação por radiofrequência (RFID). Utilizam-se diversas modalidades como a marcação de orelha, a inserção no rúmen ou injeção subcutânea. Esses dispositivos de identificação permitem que cada animal seja identificado de forma independente e que os dados sejam armazenados e usados para vários processos de tomada de decisão. Trata-se também de um componente essencial para outros sistemas, como a plataforma de pesagem (WOW) ou os selecionadores automáticos (AD).	Bahlo et al. (2019); Benjamin e Yik (2019); García et al. (2020); Groher, Heitkämper e Umstätter (2020); Lima et al. (2018); Li, Ren e Zeng (2020); Lovarelli, Bacenetti e Guarino (2020); Neethirajan e Kemp (2021); Tedeschi, Greenwood e Halachmi (2021); Vaintrub et al. (2020).
Sensores Invasivos e Não Invasivos	São os vários tipos de sensores (de imagem, som, temperatura, bioenergéticos, etc..) utilizados nos animais ou nos ambientes onde eles transitam, para capturar informações importantes para o manejo e bem-estar animal. Podem monitorar comportamentos e medidas fisiológicas internas, como saúde ruminal, temperatura corporal e pressão vaginal, nos chamados sensores invasivos, introduzidos nos animais. Podem também ser implantados ao redor do celeiro (não invasivos), associados com câmeras de vigilância para monitorar o peso dos animais e o consumo de ração. Esses sensores podem, por exemplo, coletar dados do animal (movimento, posição corporal, temperatura, etc...) e identificar o estado fisiológico, ovulação ou claudicação, dentre outras informações relevantes para o manejo da fazenda.	Astill et al. (2020); Benjamin e Yik (2019); Fournel, Rousseau e Laberge (2017); García et al. (2020); Groher, Heitkämper e Umstätter (2020); Li, Ren e Zeng (2020); Lovarelli, Bacenetti e Guarino (2020); Neethirajan (2020); Neethirajan e Kemp (2021); Norton et al. (2019); Tedeschi, Greenwood e Halachmi (2021); Vaintrub et al. (2020); Van Hertem et al. (2017).
Processamento de Sons e Imagens	Com câmeras (web, termográficas, infravermelhas, etc..) e microfones em um sistema de monitoramento automatizado por computador é possível registrar e identificar diferentes comportamentos, fazer análises de bem-estar animal, de condições de saúde, controle de temperatura, predição de peso, rastreamento, dentre outras inúmeras possibilidades.	Astill et al. (2020); Bahlo et al. (2019); Benjamin e Yik (2019); Fournel, Rousseau e Laberge (2017); García et al. (2020); Li, Ren e Zeng (2020); Neethirajan e Kemp (2021); Norton et al. (2019); Van Hertem et al. (2017).
Acelerômetros	Um sistema que mede o movimento em termos de direção e velocidade com sensores conectados ao pé, pescoço ou cabeça dos animais. Os acelerômetros também podem ser utilizados em uma coleira localizada em outras partes específicas do corpo do animal. Tais sistemas possuem a capacidade de registrar padrões de movimento ligados a comportamentos como repouso, alimentação, corrida, brincadeiras ou claudicação.	Benjamin e Yik (2019); García et al. (2020); Li, Ren e Zeng (2020); Lovarelli, Bacenetti e Guarino (2020); Vaintrub et al. (2020).

Sistema de Informação Geográfica (SIG)	Um sistema de informação geográfica (SIG) fornece informações sobre o movimento e a disposição dos animais pelas propriedades, facilitando o manejo. Geralmente utiliza-se a combinação de GPS/GIS, GNSS e Acelerômetros.	Bahlo et al. (2019); García et al. (2020); Lovarelli, Bacenetti e Guarino (2020); Sales-Baptista et al. (2016); Vaintrub et al. (2020).
Salas de Ordenha e Sistemas de Ordenha Automática (AMS)	As salas de ordenha são espaços especialmente projetados para a ordenha das fêmeas (vacas leiteiras, cabras, ovelhas) e podem ser associadas a múltiplos sistemas como por exemplo a ordenha robotizada ou sistema de ordenha automática (AMS), que consiste em “braços mecânicos” que realizam todos os processos da ordenha, sem a intervenção direta do homem. Essas salas geralmente mecanizadas, possibilitam o controle e gerenciamento de vários aspectos do leite e da saúde dos animais.	Groher, Heitkämper e Umstätter (2020); John et al (2016); Maculan e Lopes (2016); Vaintrub et al. (2020).
Plataforma de Pesagem (WOW)	O sistema inclui uma passagem unilateral que conduz a um estimulante chave como bebedouros e comedouros suplementares, através do qual os animais são induzidos a passar. A plataforma de pesagem é colocada neste corredor e se comunica com as identificações eletrônicas dos animais (EID) em cada passagem. Os dados relativos de cada animal são armazenados possibilitando o monitoramento do peso.	Bahlo et al. (2019); García et al. (2020); Groher, Heitkämper e Umstätter (2020); Vaintrub et al. (2020).
Sistemas de Cercas Virtuais (VF)	Trata-se de um método inovador para o manejo extensivo de animais que substitui barreiras físicas por limites colocados eletronicamente. Os animais são impedidos de atravessar certos limites por intermédio de sinais visíveis e/ou audíveis combinados com estímulos elétricos. Os sistemas de cercas virtuais são utilizados também para influenciar o comportamento de pastejo dos animais, guiando-os conforme a disponibilidade de pasto. Além de conter e mover animais, ele permite a localização e rastreamento, bem como alertas quando os animais se afastam de áreas designadas.	Bahlo et al. (2019); Vaintrub et al. (2020).
Selecionadores Automáticos (AD) ou Portões Automatizados	São sistemas automáticos centrados em portões seletivos com a capacidade de distinguir e direcionar a passagem do rebanho através da identificação individualizada desses animais.	Vaintrub et al. (2020).

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

## 4.2 Tecnologias Promissoras de Pecuária de Precisão

Conforme disposto no Quadro 2, avanços crescentes em tecnologias de aprendizagem de máquina, internet das coisas, *big data*, realidade aumentada e *blockchain* estão permitindo uma pecuária mais inteligente, com processos automatizados, possibilitando também melhores decisões dos produtores com informações em tempo real.

Quadro 2. Tecnologias Promissoras de Pecuária de Precisão.

Tecnologia	Conceito	Estudos
Aprendizagem de Máquina (ML)	A tecnologia de aprendizagem de máquina é considerada um subcampo da Inteligência Artificial (IA), que trabalha com a ideia de que as máquinas podem aprender de forma autônoma ao terem acesso a grandes volumes de dados. As técnicas de aprendizagem de máquina na pecuária são mais utilizadas para a análise do pastoreio e da sanidade animal, utilizando dados coletados por sensores, câmeras, microfones, plataformas de pesagem, dentre outras tecnologias.	Neethirajan (2020); García et al. (2020); Sharma et al. (2020); Tedeschi, Greenwood e Halachmi (2021).
Internet das Coisas (IoT)	A internet das coisas permite a comunicação entre sensores, dispositivos e equipamentos da fazenda, levando à automação de vários processos. A infraestrutura de IoT consiste em vários componentes, incluindo hardware para coletar dados do ambiente e dos animais, conectividade para transmitir esses dados, software para armazenar, analisar e processar dados e uma interface para que os usuários possam interagir com a plataforma.	Astill et al. (2020); Tedeschi, Greenwood e Halachmi (2021); Sharma et al. (2020).
Big Data	As informações em tempo real oriundas de sensores, sistemas e outras tecnologias supracitadas são processadas e integradas usando sistemas analíticos de big data que contam com algoritmos estatísticos para classificar grandes e complexos conjuntos de dados para fornecer aos agricultores padrões de tendências relevantes e ferramentas de tomada de decisão.	Astill et al. (2020); Neethirajan (2020); Neethirajan e Kemp (2021).
Realidade Aumentada (AR) ou Realidade Aumentada Móvel (MAR)	A importância e a força de um sistema de realidade aumentada aplicado à pecuária residem na capacidade de fornecimento de informações importantes em tempo real durante o manejo dos animais. Tablets, Smartphones, Óculos Inteligentes, exibem os conteúdos virtualmente enquanto os usuários estão agindo no mundo real.	Caria et al. (2020); Caria et al. (2019).
Blockchain	É uma tecnologia de registro distribuído que visa a descentralização como medida de segurança. São bases de registros e dados distribuídos e compartilhados que têm a	Neethirajan e Kemp (2021).



função de criar um índice global para todas as transações que ocorrem em um determinado mercado. Na pecuária, associada aos sensores, pode oferecer rastreabilidade segura e garantida de produtos de origem animal da fazenda até à mesa. Além de oferecer uma vantagem fundamental no monitoramento de surtos de doenças e na prevenção de perdas econômicas.
---

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

### 4.3 Barreiras para a Adoção das Tecnologias de Pecuária de Precisão

Conforme disposto no Quadro 3, os custos elevados, a baixa qualificação do pessoal envolvido, cultura, crenças, sentimentos e percepções negativas dos produtores, a falta de infraestrutura digital, incompatibilidades tecnológicas e a insuficiência de dados úteis são barreiras que ainda dificultam a adoção dessas tecnologias nas fazendas.

#### 4.3.1 CUSTOS ELEVADOS

Uma das barreiras para a adoção das tecnologias de pecuária inteligente são os custos envolvidos na aquisição de máquinas e equipamentos, que muitas vezes são elevados, tornando-se inviável para alguns pecuaristas. Deste modo, a adoção costuma ser mais forte por operações maiores, devido ao volume de recursos disponíveis e também a necessidade de redução de custos pela produção em grande escala (RAMIREZ et al., 2019; MACULAN; LOPES, 2016).

A maioria das ferramentas disponíveis exigem altos investimentos na aquisição e implantação (SALES-BAPTISTA et al., 2016; NEETHIRAJAN; KEMP, 2021). Embora a inovação possa trazer efeitos positivos tanto do ponto de vista econômico, como social, ela ainda não está ao alcance de todos (LOVARELLI, BACENETTI; GUARINO, 2020). Apesar do acesso à tecnologia em muitos casos ser fácil, o elevado preço dos equipamentos limita a popularização dessas soluções (SALES-BAPTISTA et al., 2016; RAMIREZ et al., 2019; BENJAMIN; YIK, 2019).

Outra razão pela qual os produtores podem demorar para aplicar essas técnicas de pecuária de precisão está relacionada a experiências anteriores com custos associados à compra e manutenção de novos equipamentos e sistemas informatizados (BENJAMIN e YIK, 2019). Portanto, os altos custos envolvidos é uma barreira substancial para uma maior adoção de tais tecnologias (MACULAN; LOPES, 2016).

Quadro 3. Barreiras para a Adoção das Tecnologias de Pecuária de Precisão.

<b>Categorias</b>	<b>Barreiras</b>	<b>Estudos</b>
Custos Elevados	Custos elevados de aquisição, Alto investimento inicial, Gastos com manutenção de longo prazo, Aumento do custo com energia elétrica, Pouco tempo de vida das baterias e Custos proibitivos na conversão de infraestrutura convencional.	Benjamin e Yik (2019); Lima et al. (2018); Lovarelli, Bacenetti e Guarino (2020); Maculan e Lopes (2016); Neethirajan e Kemp (2021); Ramirez et al. (2019); Sales-Baptista et al. (2016); Sharma et al. (2020).
Baixa Qualificação do Pessoal	Baixa alfabetização no campo, Falta de uma força de trabalho especializada, Falta de experiência dos produtores com sistemas informatizados, Falta de habilidades necessárias para a operacionalização dos sistemas, Falta de treinamentos, Falta de Informação, Baixa Escolaridade e Falta de Conhecimento Tecnológico.	Li et al. (2020); Lima et al. (2018); Lovarelli, Bacenetti e Guarino (2020); Ramirez et al. (2019); Sharma et al. (2020); Vaintrub et al. (2020); Van Hertem et al. (2017).
Culturas, Crenças, Sentimentos e Percepções dos Produtores	Resistência à mudanças por parte dos produtores, Dificuldade de quebrar velhos hábitos, Dificuldades de aceitação das novas tecnologias, Escolhas Tradicionais, Falta de confiança nas tecnologias de precisão, Disponibilidade limitada de informações sobre retorno dos investimentos, Falta de proteção e transparência sobre a propriedade dos dados, Sentimento de pressão externa para a adoção, Percepção de fardo extra, Desconfiança e ceticismo com as novas tecnologias, Percepções de falta de utilidade e praticidade e Uso indevido de dados por corporações.	Benjamin e Yik (2019); Lima et al. (2018); Lovarelli, Bacenetti e Guarino (2020); Neethirajan (2020); Ramirez et al. (2019); Rojo-Gimeno et al. (2019); Sharma et al. (2020).
Falta de Infraestrutura Digital	Falta de acesso à internet, Impossibilidades de transmissão de dados sem fio, Falta de instalações projetadas para a incorporação tecnológica nas fazendas, Baixa qualidade de sinal, Falta de estrutura de transferência de dados, Restrições ambientais, físicas e situacionais para a incorporação de tecnologias de precisão.	Benjamin e Yik (2019); Maculan e Lopes (2016); Neethirajan (2020); Ramirez et al. (2019); Sales-Baptista et al. (2016); Sharma et al. (2020); Tedeschi, Greenwood e Halachmi (2021);
Incompatibilidades Tecnológicas	Falta de integração entre as tecnologias disponíveis, Falta de uma maior universalidade das soluções e sistemas, Falta de compatibilidade entre as diferentes soluções, tecnologias e dispositivos, Falta de interoperabilidade de dados e sistemas, Falta de padronização e uniformização, Tecnologias em estágio prematuro e Imprecisões dos sensores e sistemas.	Astill et al. (2020); Bahlo et al. (2019); Benjamin e Yik (2019); García et al. (2020); Li et al. (2020); Neethirajan (2020); Neethirajan e Kemp (2021); Norton et al. (2019); Ramirez et al. (2019); Rojo-Gimeno et al. (2019); Sales-Baptista et al. (2016); Sharma et al. (2020); Tedeschi, Greenwood e Halachmi (2021); Van Hertem et al. (2017).
Insuficiência de Dados Úteis	Falta de dados precisos, Falta de acessibilidade a dados públicos e privados, Incapacidade de vinculação de dados de fontes diversas, Incorporação de dados mal-condicionados, Quantidade insuficiente de dados de treinamento, Falta de metadados úteis para diferentes sistemas, Falta de bancos de dados de referência, Validade dos dados e Digitalização dos Dados Úteis.	Bahlo et al. (2019); García et al. (2020); Neethirajan e Kemp (2021); Ramirez et al. (2019); Sales-Baptista et al. (2016); Sharma et al. (2020); Tedeschi, Greenwood e Halachmi (2021).

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).



#### 4.3.2 BAIXA QUALIFICAÇÃO DO PESSOAL

Atualmente, o desenvolvimento da PP é dificultado pela disponibilidade limitada e a assimetria de informações disponíveis (RAMIREZ et al., 2019). Essa falta de informações reflete no comportamento do produtor que acaba priorizando métodos com relativa simplicidade de manejo (VAINTRUB et al., 2021).

Os produtores estão dispostos a usar sistemas simples, fáceis de entender e fáceis de operar (LI et al., 2020). Por mais que as empresas precisam convencer os produtores dos benefícios de suas soluções, elas também precisam se certificar de que a interface do usuário seja facilmente utilizável (HERTEM et al., 2017).

Ainda conforme Hertem et al. (2017), o uso de ferramentas de precisão depende de fatores como treinamento e educação do usuário final. As características mais importantes dos produtores para a adoção são a alfabetização em tecnologia da informação (TI) e o uso de tecnologia de *smartphone* (LIMA et al., 2018). Levando isso em consideração, uma nova força de trabalho qualificada e treinada será necessária para instalar, calibrar e gerenciar o *hardware* de PP para instalações específicas e também para interagir com os *softwares* (RAMIREZ et al., 2019).

Ainda conforme Ramirez et al. (2019), os desafios incluem expandir a inclusão dos fundamentos de PP nos currículos estabelecidos; atrair alunos não tradicionais com habilidades e conhecimentos em ciência de dados, estatísticas e aplicações de tecnologia no campo da produção animal; fornecer educação relevante e oportuna aos produtores sobre as oportunidades dentro da PP; e, fornecer suporte para o treinamento de professores de extensão e funcionários para desenvolver a programação de PP. Em síntese, percebe-se que a baixa qualificação do pessoal envolvido, se configura como uma forte barreira para a adoção dessas tecnologias.

#### 4.3.3 CULTURAS, CRENÇAS, SENTIMENTOS E PERCEPÇÕES DOS PRODUTORES

Apesar dos benefícios trazidos pelas tecnologias de precisão, frequentemente os produtores não confiam em sua capacidade de adotar a PP e usar suas novas tecnologias. A adoção muitas vezes acrescenta atividades de gerenciamento, manutenção, treinamento e tempo adicionais às operações existentes, o que é percebido como um fardo extra (RAMIREZ et al., 2019).



Ao acrescentar e modificar as atividades vigentes, a adoção se opõe a dificuldade de quebrar velhos hábitos, de modificar rotinas de trabalho consolidadas, o que se torna uma barreira para a mudança de comportamento e a adoção dessas tecnologias (ROJO-GIMENO et al., 2019).

Com as mudanças tecnológicas cada vez mais frequentes, existe também a percepção entre os produtores da possibilidade de as tecnologias interferirem em suas prioridades de manejo (RAMIREZ et al., 2019). Lima et al. (2018) encontraram uma correlação significativa e negativa entre o conhecimento de TI, uso de *smartphone* e intensão de intensificar a produção com o fator “pressão externa e sentimentos negativos”. Desta maneira, a intensificação de tecnologia no campo ainda pode ter uma resistência por uma parcela significativa de produtores a partir de suas crenças, cultura e tradições.

Acrescenta-se a essas preocupações, conforme Benjamin e Yik (2019), o fato de que as soluções disponíveis ainda estão sujeitas a falta de proteção e transparência sobre a propriedade dos dados. Alguns produtores são reticentes a compartilhar dados de seu rebanho e operação com empresas e outros intermediadores.

Em última análise, para Lovarelli, Bacenetti e Guarino (2020), a confiança nessas tecnologias aumentará conforme a precisão e eficiência das soluções também aumentarem e quando seus efeitos positivos forem sentidos mais fortemente pelos produtores e seus pares.

#### 4.3.4 FALTA DE INFRAESTRUTURA DIGITAL

A infraestrutura de operações atual e básica das fazendas pode ser um obstáculo, já que a maioria das instalações não são projetadas para incorporar tecnologias de pecuária de precisão (RAMIREZ et al., 2019).

Para Tedeschi, Greenwood e Halachmi (2021), para o produtor usufruir do que há de melhor na PP é preciso ter uma infraestrutura de redes sem fio para poder lidar com a quantidade de dados transmitidos em “tempo real” para aplicativos de gerenciamento de rebanho; combinar a transmissão de dados sem fio com sistemas de inteligência artificial (IA); ter sensores que monitoram muitos animais simultaneamente e disponibilizar esses dados em aplicativos off-line baseados em IA e *Big Data*.

Ou seja, para usufruir dos melhores benefícios é necessário ter uma infraestrutura digital adequada na fazenda o que é um grande desafio já que muitas vezes nem conectividade as



fazendas possuem. No Brasil esse fato é ainda mais grave, posto que, segundo o Censo Agro 2017, somente 28% dos produtores declararam ter acesso à internet (1.430.156 produtores), 659 mil produtores por meio de banda larga e 909 mil produtores via internet móvel (BRASIL, 2017). Ainda segundo o mesmo censo, mais de 70% das propriedades rurais não possuem conexão (3,64 milhões de propriedades).

#### 4.3.5 INCOMPATIBILIDADES TECNOLÓGICAS

Conforme supracitado no tópico anterior, a ampla utilização das soluções de PP depende principalmente do acesso à internet de alta velocidade e a dispositivos computacionais eficientes (SHARMA et al., 2020; RAMIREZ et al., 2019; BENJAMIN; YIK, 2019).

Mas além da dificuldade de acesso a sinal de internet e a dispositivos computacionais, para Benjamin e Yik (2019), a falta de compatibilidade entre os dados oriundos de diversos equipamentos e em diversos formatos distintos, configura-se ainda como uma barreira para uma maior efetividade das soluções, e, conseqüentemente, para uma maior adoção por parte dos produtores.

O rápido desenvolvimento de dispositivos e soluções para a PP trouxe consigo uma série de vantagens e desvantagens para o usuário, dentre as desvantagens, nota-se também que as atualizações periódicas nos dispositivos, podem comprometer a compatibilidade com os dados existentes anteriormente (TEDESCHI, GREENWOOD; HALACHMI, 2021). Isso está alinhado com a capacidade limitada de vinculação de dados de alguns equipamentos (RAMIREZ et al., 2019).

As fazendas de gado produzem volumes crescentes de conjuntos de dados privados díspares, refletindo uma variedade de necessidades de informação e oportunidades tecnológicas, mas normalmente sem formatos e metadados interoperáveis e compatíveis (BAHLO et al., 2019).

Além disso, existem muitos desafios para essas soluções tecnológicas, incluindo problemas técnicos com sensores e dispositivos e questões relativas à governança de dados (ASTILL et al., 2020). A falta de conhecimento tecnológico do pessoal envolvido no campo também acaba gerando manutenções mais longas, o que pode intensificar a incompatibilidade entre dispositivos e dados.

Com as novas tecnologias, a capacidade de manutenção de longo prazo também pode ser um desafio, pois a robustez do *hardware* e seu ciclo de vida geralmente é desconhecida (RAMIREZ et al., 2019). Além da falta de compatibilidade de dados e tecnologias, a insuficiência de dados úteis também é uma barreira evidenciada na literatura.

#### 4.3.6 INSUFICIÊNCIA DE DADOS ÚTEIS

Na pecuária de precisão, o uso dessas ferramentas se dá das mais variadas maneiras, necessitando de um suporte eficaz para o usuário final, o que atualmente ainda é difícil devido ao tempo de vida das baterias dos dispositivos, as necessidades de transferência dos dados e ao elevado preço da maioria dos equipamentos disponíveis comercialmente (SALES-BAPTISTA et al., 2016).

Um dos fatores que impactam diretamente na decisão do produtor em adotar a PP é quanto aos resultados que essas ferramentas podem trazer. Muitas tecnologias têm surgido como solução para os mais variados problemas, não dando garantia do quão eficaz podem ser. Um dos problemas recorrentes está relacionado a digitalização automática de todos os dados úteis para os sistemas de PP (GARCÍA et al., 2020).

Ferramentas que demonstram o uso de padrões interoperáveis e reúnem dados públicos e privados para suporte à decisão podem aprimorar a proposta de valor e ajudar a reduzir as barreiras ao compartilhamento e reutilização de dados. No entanto, é preciso mais dados úteis disponíveis e interoperáveis (BAHLO et al., 2019).

Ainda conforme os autores, as soluções de PP disponíveis são fundamentalmente baseadas em um número único ou limitado de indicadores ou dados de sensores, em vez do grande número desejado de indicadores e dados, o que melhoraria a qualidade das soluções. Para García et al. (2020) é a crescente disponibilidade de grandes fontes e conjuntos de dados que incentivará mais iniciativas, projetos e novos empreendimentos no setor.

Uma maior usabilidade das soluções de PP depende da automação, acessibilidade e precisão dos dados fornecidos (NEETHIRAJAN; KEMP, 2021).

Portanto, evidencia-se que o grande potencial da PP depende de alertas precoces que permitem aos produtores tomar ações nos estágios iniciais de problemas de bem-estar ou doenças (LI et al., 2020). Investir em soluções de precisão envolve melhorar as condições de saúde, reduzir custos com medicamentos, melhorar o bem-estar animal, evitar perdas ou mesmo



aumentar a produção e, conseqüentemente, melhorar a sustentabilidade ambiental, econômica e social (LOVARELLI; BACENETTI; GUARINO, 2020). No entanto, para alcançar tais benefícios ainda existem barreiras importantes a serem superadas pelos produtores e demais envolvidos na pecuária.

## 5 CONCLUSÕES

Este estudo buscou investigar a lógica dominante na pecuária de precisão e as barreiras na adoção dessas tecnologias pelos produtores. Os resultados sugerem um conjunto de tecnologias que em síntese busca uma gestão e manejo individualizado dos animais, além do monitoramento constante de sua saúde e bem-estar. Desta maneira, a lógica dominante da aplicação da PP está voltada não só a eficiência econômica dos sistemas de produção, mas também a qualidade de vida dos animais, das pessoas que atuam nessas fazendas, assim como a redução de impactos ambientais e desperdício de recursos naturais.

As tecnologias já consolidadas identificadas foram: Identificação Eletrônica de Animais (EID) e Sistemas de Identificação por Radiofrequência (RFID), Sensores Invasivos e Não Invasivos, Processamento de Sons e Imagens, Acelerômetros, Sistema de Informação Geográfica (SIG), Salas de Ordenha e Sistemas de Ordenha Automática (AMS), Plataforma de Pesagem (WOW), Sistemas de Cercas Virtuais (VF) e Seleccionadores Automáticos (AD) ou Portões Automatizados.

As tecnologias promissoras identificadas foram: Aprendizagem de Máquina (ML), Internet das Coisas (IoT), *Big Data*, Realidade Aumentada (AR) ou Realidade Aumentada Móvel (MAR) e *Blockchain*.

As barreiras que ainda dificultam a adoção dessas tecnologias nas fazendas são custos elevados, a baixa qualificação do pessoal envolvido, cultura, crenças, sentimentos e percepções negativas dos produtores, a falta de infraestrutura digital, incompatibilidades tecnológicas e a insuficiência de dados úteis.

Ações tanto de natureza pública, como privada, que visem integrar essas tecnologias e mitigar as barreiras identificadas, são cruciais para a aceleração da adoção e o desenvolvimento da pecuária. Estudos futuros que se debrucem sobre essas barreiras são fundamentais para a popularização dessas práticas. A busca por padronização de linguagem e integração entre diferentes soluções também se demonstra como um campo de pesquisa promissor.



## REFERÊNCIAS

- ASTILL, Jake et al. Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 170, p. 105291, 2020.
- BAHLO, Christiane et al. The role of interoperable data standards in precision livestock farming in extensive livestock systems: A review. **Computers and electronics in agriculture**, v. 156, p. 459- 466, 2019.
- BENJAMIN, Madonna; YIK, Steven. Precision livestock farming in swine welfare: a review for swine practitioners. **Animals**, v. 9, n. 4, p. 133, 2019.
- BOTELHO, Louise Lira Roedel; DE ALMEIDA CUNHA, Cristiano Castro; MACEDO, Marcelo. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e sociedade**, v. 5, n. 11, p. 121- 136, 2011.
- BRASIL. IBGE. **Censo Agro 2017**. 2017. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro\\_2017\\_resultados\\_definitivos.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf). Acesso em: 7 abr. 2022.
- CARIA, Maria et al. Exploring smart glasses for augmented reality: A valuable and integrative tool in precision livestock farming. **Animals**, v. 9, n. 11, p. 903, 2019.
- CARIA, Maria et al. Performance and Usability of Smartglasses for Augmented Reality in Precision Livestock Farming Operations. **Applied Sciences**, v. 10, n. 7, p. 2318, 2020.
- FOURNEL, Sébastien; ROUSSEAU, Alain N.; LABERGE, Benoit. Rethinking environment control strategy of confined animal housing systems through precision livestock farming. **Biosystems Engineering**, v. 155, p. 96-123, 2017.
- GARCÍA, Rodrigo et al. A systematic literature review on the use of machine learning in precision livestock farming. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 179, p. 105826, 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.
- JOHN, A. J. et al. Milking robot utilization, a successful precision livestock farming evolution. **Animal**, v. 10, n. 9, p. 1484-1492, 2016.
- LI, N. et al. Automated techniques for monitoring the behaviour and welfare of broilers and laying hens: towards the goal of precision livestock farming. **animal**, v. 14, n. 3, p. 617-625, 2020.
- LIMA, Eliana et al. Drivers for precision livestock technology adoption: a study of factors associated with adoption of electronic identification technology by commercial sheep farmers in England and Wales. **PloS one**, v. 13, n. 1, p. e0190489, 2018.



LOVARELLI, Daniela; BACENETTI, Jacopo; GUARINO, Marcella. A review on dairy cattle farming: Is precision livestock farming the compromise for an environmental, economic and social sustainable production?. **Journal of Cleaner Production**, v. 262, p. 121409, 2020.

MACULAN, Renata; LOPES, Marcos Aurélio. Ordenha robotizada de vacas leiteiras: uma revisão. **B. Industr. Anim.**, p. 80-87, 2016.

NEETHIRAJAN, Suresh. The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. **Sensing and Bio-Sensing Research**, p. 100367, 2020.

NEETHIRAJAN, Suresh; KEMP, Bas. Digital Livestock Farming. **Sensing and Bio-Sensing Research**, p. 100408, 2021.

NORTON, Tomas et al. Precision livestock farming: Building 'digital representations' to bring the animals closer to the farmer. **Animal**, v. 13, n. 12, p. 3009-3017, 2019.

RAMIREZ, Brett C. et al. At the Intersection of Industry, Academia, and Government: How Do We Facilitate Productive Precision Livestock Farming in Practice?. **Animals**, v. 9, n. 9, p. 635, 2019.

ROJO-GIMENO, Cristina et al. Assessment of the value of information of precision livestock farming: A conceptual framework. **NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 90, p. 100311, 2019.

SALES-BAPTISTA, Elvira et al. Tecnologia GNSS de baixo custo na monitorização de ovinos em pastoreio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p. 251-260, 2016.

SHARMA, Abhinav et al. Machine Learning Applications for Precision Agriculture: A Comprehensive Review. **IEEE Access**, 2020.

TEDESCHI, Luis O.; GREENWOOD, Paul L.; HALACHMI, Ilan. Advancements in sensor technology and decision support intelligent tools to assist smart livestock farming. **Journal of Animal Science**, v. 99, n. 2, p. skab038, 2021.

TULLO, Emanuela; FINZI, Alberto; GUARINO, Marcella. Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. **Science of the total environment**, v. 650, p. 2751-2760, 2019.

VAINTRUB, M. Odintsov et al. Precision livestock farming, automats and new technologies: possible applications in extensive dairy sheep farming. **Animal**, p. 100143, 2020.

VAN HERTEM, Tom et al. Appropriate data visualisation is key to Precision Livestock Farming acceptance. **Computers and electronics in agriculture**, v. 138, p. 1-10, 2017.

WHITTEMORE, Robin; KNAFL, Kathleen. The integrative review: updated methodology. **Journal of advanced nursing**, v. 52, n. 5, p. 546-553, 2005.