

UNIVERSIDADE DO PLANALTO CATARINENSE – UNIPLAC

UNIVERSIDADE DO CONTESTADO – UNC

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC

UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE – UNIVILLE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS PRODUTIVOS - PPGSP

YAGO BEZERRA DE SOUZA

**CARACTERIZAÇÃO DE INDICADORES ZOOTÉCNICOS, DA QUALIDADE DO LEITE E DA PERCEPÇÃO
SOBRE A ADOÇÃO DE UM DISPOSITIVO IOT PARA DETECÇÃO DE MASTITE EM PECUÁRIA LEITEIRA**

JOINVILLE/SC

2025

YAGO BEZERRA DE SOUZA

**CARACTERIZAÇÃO DE INDICADORES ZOOTÉCNICOS, DA QUALIDADE DO LEITE E DA PERCEPÇÃO
SOBRE A ADOÇÃO DE UM DISPOSITIVO IOT PARA DETECÇÃO DE MASTITE EM PECUÁRIA LEITEIRA**

Dissertação de Mestrado, vinculada ao Programa de Pós-graduação em Sistemas Produtivos – PPGSP em forma associativa entre UNIPLAC, UNC, UNESC e UNIVILLE, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre(a) em Sistemas Produtivos.

Orientadora: Profa. Dra. Merisandra Côrtes de Mattos

Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Cristiano Sampaio

JOINVILLE/SC

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha Catalográfica

S719c

Souza, Yago Bezerra de

Caracterização de indicadores zootécnicos, da qualidade do leite e da percepção sobre a adoção de um dispositivo iot para detecção de mastite em pecuária leiteira / Yago Bezerra de Souza; orientador Profa. Dra. Merisandra Côrtes de Mattos; coorientador Prof. Dr. Gustavo Cristiano Sampaio. – 2026.

158 f.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Produtivos) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos em forma associativa entre a Universidade do Planalto Catarinense; Universidade do Contestado; Universidade do Extremo Sul Catarinense; Universidade da Região de Joinville. Lages, SC, 2026.

1. Mastite bovina. 2. Leite - Qualidade. 3. Pecuária. 4. Internet das Coisas. I. Mattos, Merisandra Côrtes de (orientador). II. Sampaio, Gustavo Cristiano (coorientador). III. Universidade do Planalto Catarinense. IV. Universidade do Contestado. V. Universidade do Extremo Sul Catarinense

CDD

Catálogo na fonte – Biblioteca Central

FOLHA DE APROVAÇÃO

YAGO BEZERRA DE SOUZA

CARACTERIZAÇÃO DE INDICADORES ZOOTÉCNICOS, DA QUALIDADE DO LEITE E DA PERCEPÇÃO SOBRE A ADOÇÃO DE UM DISPOSITIVO IOT PARA DETECÇÃO DE MASTITE EM PECUÁRIA LEITEIRA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a **Dissertação** apresentada no Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos – PPGSP, Linha de Pesquisa Sistemas Produtivos e Sustentabilidade, em forma associativa entre a Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC, a Universidade do Contestado – UNC, a Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC e a Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE, como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Sistemas Produtivos**.

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **MERISANDRA CORTES DE MATTOS**
Data: 04/05/2026 22:14:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Merisandra Cortês de Mattos - UNESC
Presidente da Banca / Orientador(a)

Documento assinado digitalmente
 **GUSTAVO CRISTIANO SAMPAIO**
Data: 05/05/2026 20:13:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Gustavo Cristiano Sampaio - UNC
Coorientador

Documento assinado digitalmente
 **EDUARDO MITKE BRANDAO REIS**
Data: 06/05/2026 20:26:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eduardo Mitke Brandao Reis - UFAC
Membro externo da banca

Documento assinado digitalmente
 **MARCELO LEANDRO DE BORBA**
Data: 06/05/2026 11:21:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Marcelo Leandro de Borba - UNIVILLE
Membro interno da banca

Joinville, SC, 04 maio de 2026

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, discernimento e saúde concedidos ao longo de toda esta jornada acadêmica.

À minha esposa, Paula Francinete de Holanda, por sua presença constante, por todo amor, apoio emocional e incentivo incondicional, que sustentaram meus passos nos momentos mais desafiadores.

À minha família pelo apoio constante, pelos valores que moldaram meu caminho e pela confiança renovada a cada etapa da minha trajetória.

Aos professores Dr. Marcelo Borba e Dra. Yona Dalonso, pelo incentivo, apoio e direcionamento fundamentais para o ingresso e a consolidação do meu percurso no mestrado acadêmico.

À minha orientadora, Profa. Dra. Merisandra Côrtes de Mattos, aos meus coorientadores, Prof. Dr. Gustavo Cristiano Sampaio, e ao Prof. Dr. Eduardo Reis, pela dedicação, pelo profissionalismo e pelas contribuições fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Prof. Kristian Madeira e à sua equipe de estatística, pelo suporte técnico essencial, pelas análises criteriosas e pela disposição constante em colaborar.

À equipe de estatística composta por Gustavo Pacheco Militão, Cristielle Milena Velho da Silva, Sophia Horn Goularte de Oliveira, Artur Mendes Vittoria de Souza e Ana Júlia Nunes da Cruz, que contribuíram direta e competentemente para o tratamento e interpretação dos dados.

Ao Jean Rodrigues da Silva, minha liderança direta no trabalho, pela compreensão e flexibilidade que permitiram conciliar minhas responsabilidades profissionais com as exigências da pesquisa, bem como pelo apoio e incentivo constantes ao longo dessa jornada. Estendo também meus agradecimentos aos demais profissionais do ambiente de trabalho, que igualmente me apoiaram, incentivaram e acreditaram no meu potencial, contribuindo de maneira significativa para que eu pudesse avançar com segurança e confiança.

À equipe da Cooperdia, especialmente Flavio Durante, André Ulbrich e todos os demais colaboradores com quem tive contato, pelo apoio logístico, disponibilização de informações e acolhimento ao projeto.

Aos produtores rurais que aceitaram participar da pesquisa, abrindo suas propriedades e compartilhando suas rotinas e desafios. Esta dissertação só foi possível graças à colaboração e confiança de cada um.

Ao Roberto Valicheski, CEO da startup Vaca Roxa, pelo desenvolvimento da raquete digital e pela parceria técnica que contribuiu significativamente para o amadurecimento conceitual desta investigação.

À UNIPLAC, UNC, UNESec e UNIVILLE, instituições que compõem o Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos e que proporcionaram o ambiente acadêmico e científico necessário para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao CNPq e ao Programa Mestrado e Doutorado Acadêmico para Inovação MAI/DAI, pelo apoio institucional e pelo incentivo à inovação tecnológica que viabilizou a realização desta pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo compromisso em fomentar a pesquisa científica e investir na formação de profissionais qualificados, contribuindo para o fortalecimento da Pós-graduação no Brasil.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para este percurso, deixo minha sincera gratidão.



RESUMO

BEZERRA DE SOUZA, Yago. **Caracterização de indicadores zootécnicos, da qualidade do leite e da percepção sobre a adoção de um dispositivo IoT para detecção de mastite em pecuária leiteira.** 2025, 158 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Produtivos). Programa de Pós-graduação em Sistemas Produtivos – PPGSP em forma associativa entre a Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC, a Universidade do Contestado – UNC, a Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC e a Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, Lages, 2025.

A mastite bovina, especialmente em sua forma subclínica, compromete a qualidade do leite e a eficiência produtiva, configurando-se como um dos principais desafios da pecuária leiteira. Inserida na linha Sistemas Produtivos e Sustentabilidade e alinhada aos ODS 2, 8, 9 e 12, esta pesquisa teve como objetivo caracterizar as relações entre indicadores zootécnicos, a qualidade físico-química e microbiológica do leite e a aceitação tecnológica de dispositivos IoT voltados ao diagnóstico de mastite na pecuária leiteira em propriedades no planalto norte de Santa Catarina. A interdisciplinaridade ocorre com a interrelação de diferentes áreas do conhecimento e as suas subáreas, nas quais foram identificadas as contribuições das seguintes áreas: Ciências Exatas e da Terra, de Ciências Biológicas, de Engenharias e de Ciências Agrárias. O estudo é aplicado, com abordagem quantitativa e caráter exploratório-descritivo, baseado em revisão narrativa e levantamento de campo em 20 propriedades selecionadas por conveniência. Foram utilizados questionário estruturado adaptado da UFLA e dados laboratoriais de gordura, proteína, CCS e CBT. As variáveis produtivas, estruturais e sanitárias foram analisadas por estatística descritiva e testes de associação (5%). Os resultados indicaram propriedades com manejo relativamente estruturado, porém com expressiva variabilidade nos indicadores de qualidade do leite. Não foram identificadas associações estatísticas robustas entre escala produtiva e suspeitas de mastite, embora práticas higiênico-sanitárias tenham emergido como fatores críticos. A maioria dos produtores demonstrou interesse em adotar o dispositivo IoT, condicionado a custo, facilidade de uso e suporte técnico. Conclui-se que a qualidade do leite decorre da interação entre manejo, infraestrutura e condições sanitárias, e que a incorporação de tecnologias digitais depende tanto de evidências de efetividade quanto da realidade sociotécnica das propriedades. O estudo oferece subsídios para ações de extensão e para futuras avaliações de dispositivos IoT em ambiente produtivo, reconhecendo limitações relacionadas ao tamanho amostral, recorte regional e ausência de teste de campo do equipamento.

Palavras-chave: mastite bovina; pecuária leiteira; Internet das Coisas; qualidade do leite; inovação tecnológica.

ABSTRACT

BEZERRA DE SOUZA, Yago. **Characterization of Zootechnical Indicators, Milk Quality, and Perceptions Regarding the Adoption of an IoT Device for Mastitis Detection in Dairy Farming.** 2025, 177 leaves. Dissertation (master's in production systems). Graduate Program in Production Systems – PPGSP in associative form between UNIPLAC, UNC, UNESC and UNIVILLE, Lages, 2025.

Bovine mastitis, especially in its subclinical form, adversely affects milk quality and production efficiency, remaining a major challenge in dairy farming. Framed within the Systems, Production and Sustainability research line and aligned with SDGs 2, 8, 9 and 12, this study aimed to assess the relationships among zootechnical characteristics, milk quality indicators and farmers' perception of adopting an IoT device for mastitis detection in dairy farms in on dairy farms in the Northern Plateau of Santa Catarina, Brazil. Interdisciplinarity occurs through the interrelation of different areas of knowledge and their sub-areas, in which the contributions of the following areas have been identified: Exact and Earth Sciences, Biological Sciences, Engineering, and Agricultural Sciences. This applied, quantitative and exploratory–descriptive research combined a narrative literature review with field data from 20 conveniently selected farms. A structured questionnaire adapted from UFLA and laboratory results for fat, protein, SCC and TBC (2023–2025) were employed. Productive, structural and sanitary variables were examined using descriptive statistics and association tests (5%). Results revealed relatively structured management systems but substantial variability in milk quality indicators. No robust statistical association was found between production scale and subclinical mastitis suspicion, though hygienic–sanitary practices emerged as critical factors. Most farmers expressed interest in adopting the IoT device, conditioned on cost, usability and technical support. The study concludes that milk quality arises from the interaction of management, infrastructure and sanitary conditions, and that technological adoption depends on demonstrated effectiveness and farm-level sociotechnical constraints. It provides evidence to support extension strategies and future field evaluations of IoT devices, acknowledging limitations related to sample size, regional scope and absence of device testing under real-production conditions.

Keywords: bovine mastitis; dairy farming; Internet of Things; milk quality; technological innovation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Framework da interdisciplinaridade do projeto	24
Figura 2 - Mapa da produção do leite 2024	27
Figura 3 - Classificação da pesquisa	73
Figura 4 - Região de pesquisa – Mapa do leite: Valor da produção	74
Figura 5 - Etapas de pesquisa.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de leite produzido e valor de produção estimada do Brasil	26
Tabela 2 - Quantidade de leite produzido e valor de produção estimada de Santa Catarina	28
Tabela 3 - Comparação dos principais métodos de diagnóstico da mastite bovina	32
Tabela 4 - Tipos de sensores para monitoramento da saúde animal.....	37
Tabela 5 - Fatores de Manejo Associados aos Indicadores de Qualidade do Leite.....	52
Tabela 6 - Características estruturais das propriedades	83
Tabela 7 - Infraestrutura, manejo hídrico e ambiental das propriedades.	84
Tabela 8 - Características produtivas dos rebanhos.	85
Tabela 9 - Práticas de manejo sanitário nas propriedades.....	86
Tabela 10 - Frequência de uso de testes de diagnóstico e incidência relatada de mastite. ...	87
Tabela 11 - Características sanitárias relacionadas a parasitas, vermifugação e doenças de bezerras.....	88
Tabela 12 - Caracterização da qualidade do leite e dos registros de mastite nas propriedades participantes do estudo	90
Tabela 13 - Características produtivas associadas à quantidade de suspeitas	93
Tabela 14 - Características quantitativas associadas à quantidade de suspeitas	95
Tabela 15 - Características relacionadas a Suspeita de Mastite.....	96
Tabela 16 - Práticas de manejo da ordenha relacionadas às suspeitas	98
Tabela 17 - Estrutura física e manejo ambiental associados às suspeitas	100
Tabela 18 - O nível de tecnificação ou assistência técnica da propriedade interfere na frequência de suspeitas de mastite?	105
Tabela 19 - Existe relação entre a frequência de suspeitas de mastite subclínica e o interesse em adotar tecnologias IoT de monitoramento?	107

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CBT – Contagem Bacteriana Total

CCS – Contagem de Células Somáticas

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

CMT – California Mastitis Test (Teste de Mastite da Califórnia)

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

DSCC – Contagem Diferencial de Células Somáticas

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura)

IA – Inteligência Artificial

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IMI – Infecção Intramamária

IoT – Internet of Things (Internet das Coisas)

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

LDHA – Lactato Desidrogenase

MAI-DAI – Programa Mestrado e Doutorado Acadêmico para Inovação

OCDE (OECD) – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

PCR – Reação em Cadeia da Polimerase

PPM – Pesquisa Pecuária Municipal

PPGSP – Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos

SFMT – Surf Field Mastitis Test

UFPA – Universidade Federal de Lavras

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

UNC – Universidade do Contestado

UNIPLAC – Universidade do Planalto Catarinense

UNIVILLE – Universidade da Região de Joinville

WST – White Slide Test

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	PROBLEMA.....	16
1.2	OBJETIVOS	17
1.2.1	Objetivo geral	17
1.2.2	Objetivos específicos.....	17
1.3	JUSTIFICATIVA.....	17
1.3.1	Inserção social da pesquisa	20
1.4	CARACTERIZAÇÃO INTERDISCIPLINAR E ADERÊNCIA AO PROGRAMA	20
1.5	ESTRUTURA GERAL DO DOCUMENTO	24
2	PANORAMA TEÓRICO	25
2.1	CARACTERÍSTICAS ZOOTÉCNICAS DO REBANHO LEITEIRO.....	29
2.2	MASTITE EM BOVINOS LEITEIROS	31
2.3	MONITORAMENTO DA SAÚDE ANIMAL POR MEIO DE INTERNET DAS COISAS	35
2.4	ESTADO DA ARTE	38
2.4.1	Panorama da mastite na pecuária leiteira.....	39
2.4.1.1	Perfis metodológicos e escopo dos estudos	40
2.4.1.2	Dimensão epidemiológica	41
2.4.1.3	Impacto econômico.....	43
2.4.1.4	Fatores de risco	44
2.4.1.5	Síntese crítica e implicações teóricas para o estudo da mastite bovina.....	45
2.4.1.6	Considerações finais	47
2.4.2	Sensores e Dispositivos para Diagnóstico Instrumental da Mastite.....	48
2.4.3	Características zootécnicas associadas à qualidade do leite.....	50
2.4.3.1	Pequenos produtores na Indonésia: manejo geral, higiene e CPP/CCS.....	51
2.4.3.2	Herd characteristics e práticas de ordenha no Sudeste do Brasil.....	52
2.4.3.3	Sistemas agroecológicos e convencionais no Oeste do Paraná	53
2.4.3.4	Qualidade Microbiológica do Leite Cru.....	54
2.4.3.5	Doenças metabólicas, mastite, manejo e uso de antimicrobianos.....	55
2.4.3.6	CCS, CBT/ CPP e o papel estruturante do manejo de mastite	56
2.4.3.7	Infraestrutura, tecnologia e “qualidade dependente de manejo	57

2.4.3.8	Pequenos produtores, incentivos econômicos e vulnerabilidade da qualidade.....	58
2.4.3.9	Considerações Finais	59
2.4.4	Adoção de tecnologias por produtores leiteiros	60
2.4.4.1	Modelos sociopsicológicos de adoção: TPB, redes sociais e risco percebido	61
2.4.4.2	Fatores motivacionais internos e externos na adoção de aplicativos móveis.	62
2.4.4.3	Percepções, clusters de adoção e especificidades do contexto brasileiro.....	63
2.4.4.4	Atitudes e significados da tecnologia: perspectivas qualitativas	64
2.4.4.5	Aceitação de sensores IoT: integração de modelos e papel das emoções	64
2.4.4.6	Convergências entre modelos de aceitação: para além do enfoque econômico	65
2.4.4.7	Tensão entre eficiência, bem-estar animal e identidade profissional	66
2.4.4.8	Normas subjetivas, redes sociais e assistência técnica: resultados ambíguos	67
2.4.4.9	Emoções, desejo e trajetórias de adoção.....	68
2.4.4.10	Considerações finais	69
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	71
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	71
3.2	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	73
3.2.1	Descrição do local e população em estudo.....	74
3.2.2	Cálculo do tamanho de amostra e processo de amostragem	75
3.2.3	Etapas da pesquisa.....	75
3.3	COLETA DE DADOS	78
3.4	ANÁLISE DE DADOS	80
3.4.1	Definição das variáveis e seus indicadores	80
3.4.2	Tratamento e operacionalização das variáveis	80
3.4.3	Procedimentos e ferramentas estatísticas	81
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
4.1	CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES E DOS REBANHOS.....	83
4.2	QUALIDADE DO LEITE E SUSPEITA DE MASTITE	88
4.3	FATORES ASSOCIADOS À QUALIDADE DO LEITE E À SUSPEITA DE MASTITE.....	101
4.3.1	Fatores produtivos associados às suspeitas de mastite.....	101
4.3.2	Fatores sanitários associados às suspeitas de mastite.	102
4.3.3	Fatores de manejo de ordenha e higiene associados às suspeitas de mastite.	102
4.3.4	Fatores estruturais e ambientais associados às suspeitas de mastite.	103
4.4	PERCEPÇÃO DOS PRODUTORES SOBRE TECNOLOGIAS DIGITAIS E DISPOSITIVOS IOT	103
4.5	RELAÇÃO ENTRE NECESSIDADE OBJETIVA E INTERESSE NA RAQUETE DIGITAL.....	108

4.6	SINTESE INTEGRADORA, IMPLICAÇÕES PRÁTICAS E ODS.....	109
4.6.1	Síntese integradora dos resultados.....	109
4.6.2	Implicações práticas.....	110
4.6.3	Conexões com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	111
5	REPERCUSSÕES E CARÁTER INOVADOR DA PESQUISA	112
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
	REFERÊNCIAS	117
	APÊNDICE A	129
	APÊNDICE B	131
	APÊNDICE C	134
	APÊNDICE D	154
	ANEXOS.....	155

1 INTRODUÇÃO

O sistema produtivo leiteiro tem passado por mudanças significativas nas últimas décadas como a adoção de tecnologias habilitadoras, sustentabilidade e bem-estar animal, impulsionados tanto por avanços tecnológicos quanto por transformações econômicas e ambientais (FAO, 2018). Tais mudanças neste sistema produtivo são impulsionadas por diversos fatores, incluindo o aumento da demanda por leite e por produtos lácteos devido ao crescimento populacional e as mudanças nos hábitos de consumo (Gaully & Ammer, 2020). No entanto, o setor tem enfrentado desafios relacionados às mudanças climáticas, que afetam a saúde e o desempenho dos animais, e a necessidade de melhorar a eficiência dos recursos e a sustentabilidade ambiental (Das et al., 2016). A intensificação da produção, seja com o aumento do tamanho dos rebanhos ou com a adoção de tecnologias avançadas, tem sido uma resposta a esses desafios, buscando aumentar a produtividade e a lucratividade (Clay et al., 2019).

Dentre as tecnologias adotadas, a implantação de dispositivos de Internet das Coisas (IoT) nas fazendas leiteiras traz ganhos significativos, como o aumento da produtividade do leite, a redução dos custos operacionais e a melhoria da saúde animal (Manikandababu et al., 2024). Essas inovações fazem parte de um conjunto de tecnologias habilitadoras, que incluem também a computação em nuvem, a inteligência artificial e a automação avançada, permitindo a coleta e análise de grandes volumes de dados em tempo real, além de processos decisórios mais rápidos e precisos (Al-Fuqaha et al., 2015). Essas tecnologias criam oportunidades para a gestão sustentável e eficiente da produção leiteira (Kulatunga et al., 2017).

Os dispositivos IoT são definidos como um sistema de dispositivos de computação inter-relacionados, máquinas mecânicas e digitais, objetos, animais ou pessoas que possuem identificadores únicos e a capacidade de transferir dados por meio de uma rede, sem a necessidade de interação humano-humano ou humano-computador (Berte, 2018). Estes dispositivos estão sendo introduzidos na pecuária leiteira para monitorar e melhorar diversas tarefas rotineiras (Akbar et al., 2020), como por exemplo, o monitoramento em tempo real da saúde e do comportamento dos animais, a automação dos sistemas de alimentação e de ordenha, e a coleta de dados detalhados sobre a produção e as condições ambientais (Alonso et al., 2020). Esses avanços tecnológicos não apenas otimizam as operações diárias, mas também desempenham um papel na busca por maior eficiência e sustentabilidade no setor, aspectos que se tornaram ainda mais importantes diante das demandas contemporâneas.

A aplicação de dispositivos IoT na pecuária leiteira tem sido incentivada por diversos fatores, incluindo a necessidade de aumentar a eficiência e a sustentabilidade da produção, responder às

mudanças climáticas e atender às exigências dos consumidores por alimentos mais seguros e de alta qualidade (Gauly et al., 2013). O desenvolvimento e a disponibilidade de tecnologias avançadas, como sensores e redes de comunicação de baixo custo, também têm facilitado a adoção dessas tecnologias nas fazendas leiteiras (Barnes-Thornton et al., 2023).

Essas tecnologias estão sendo continuamente aperfeiçoadas com a integração de computação de borda (Edge Computing) e Inteligência Artificial (IA), que permitem processar grandes volumes de dados localmente, reduzir o tráfego de dados para a nuvem e melhorar a qualidade do serviço (Liu et al., 2023). A análise dos dados coletados auxilia os pecuaristas na tomada de decisão sobre a nutrição, a reprodução e a gestão geral do rebanho, podendo melhorar a eficiência e a produtividade (Cambra-Baseca et al., 2019). O processamento de dados está transformando a execução das atividades e a tomada de decisão nas fazendas leiteiras (Cabrera et al., 2020). Essa evolução no processamento e análise de dados também tem impactos diretos na saúde e bem-estar do rebanho, potencializando uma gestão mais precisa e preventiva.

As tecnologias IoT permitem uma gestão mais precisa da alimentação e do ambiente, resultando em vacas mais saudáveis e produtivas (Krishnakaarthik et al., 2019). Elas permitem o monitoramento contínuo das vacas, identificando sinais de doenças, como a mastite, que é uma das principais doenças que afetam a saúde e a produtividade das vacas leiteiras (Fukushima et al., 2022), e condições de estresse, o que facilita intervenções precoces e mais eficazes (Feng et al., 2022). Além disso, a detecção precoce de doenças e condições adversas por meio de sensores e de monitoramento contínuo pode reduzir a mortalidade e aumentar a longevidade dos animais (Zhang et al., 2021). Assim, pode melhorar a saúde geral do rebanho, mas também aumentar a eficiência da produção de leite e reduzir a necessidade de antibióticos, promovendo uma produção mais sustentável (Antanaitis et al., 2023).

A mastite, definida como a inflamação da glândula mamária, é considerada mundialmente uma das patologias mais críticas em rebanhos leiteiros devido ao seu impacto econômico, causando perdas não apenas refletidas na diminuição da produção, mas também nas taxas de descarte de animais (Morales-Ubaldo et al., 2023) e é a doença mais frequente em rebanhos leiteiros (Ruegg, 2017). A detecção precoce e precisa da mastite por meio de sensores de saúde e do monitoramento de comportamento permite intervenções rápidas, reduzindo a gravidade da doença, as perdas na produção de leite e os custos com tratamentos veterinários (Adkins & Middleton, 2018).

Diante desta realidade, torna-se relevante compreender o perfil das propriedades leiteiras e suas práticas de manejo, infraestrutura e qualidade do leite, a fim de avaliar a viabilidade de adoção de tecnologias como a “raquete digital”, um dispositivo IoT projetado para medir a condutividade elétrica do leite durante a ordenha. A adoção bem-sucedida de tecnologias digitais depende, entre

outros fatores, da realidade produtiva das propriedades, do interesse dos produtores e da infraestrutura disponível.

Neste trabalho, a caracterização das propriedades foi realizada com base na aplicação de um questionário estruturado e otimizado, elaborado a partir do modelo metodológico utilizado em estudos conduzidos pela Universidade Federal de Lavras (UFLA/Lavras)(Apêndice C), e contendo questões sobre manejo, uso de tecnologias, indicadores zootécnicos e aspectos sanitários. Além disso, foram utilizados dados laboratoriais fornecidos por uma cooperativa leiteira, incluindo Contagem de Células Somáticas (CCS), Contagem Bacteriana Total (CBT), teor de gordura e proteína do leite, permitindo análises técnicas da qualidade do leite produzida nas propriedades avaliadas.

Dessa forma, o estudo visou reunir evidências que subsidiem decisões futuras sobre a implementação da raquete digital, identificando as condições reais de adoção tecnológica no campo e as variáveis que influenciam a detecção precoce da mastite bovina. A combinação entre dados laboratoriais e informações obtidas por meio de questionário contribui para um diagnóstico mais amplo e contextualizado das necessidades e potencialidades da produção leiteira no Planalto Norte Catarinense.

1.1 PROBLEMA

A mastite bovina é uma das doenças mais recorrentes e economicamente impactantes na pecuária leiteira, sendo responsável por perdas diretas na produção, descarte de leite, aumento no uso de antibióticos e comprometimento da saúde animal. (Cheng & Han, 2020). Para mitigar esses impactos, a detecção precoce da mastite subclínica é fundamental. Tecnologias digitais, como os dispositivos IoT voltados ao monitoramento da condutividade elétrica do leite, têm se mostrado promissoras para esse fim (Ebrahimie et al., 2021).

No entanto, a efetiva adoção de tecnologias digitais no campo depende de uma série de fatores. A infraestrutura da propriedade, os manejos sanitários adotados, a cultura produtiva e o nível de familiaridade dos produtores com soluções tecnológicas podem influenciar tanto a qualidade do leite quanto a aceitação dessas inovações (Piana & Carvalheiro, 2019). Da mesma forma, indicadores laboratoriais como a Contagem de Células Somáticas (CCS), Contagem Bacteriana Total (CBT), teor de gordura e proteína fornecem subsídios objetivos para avaliar a situação sanitária e produtiva dos rebanhos, podendo refletir nas práticas de manejo e infraestrutura (Candiotto et al., 2020).

Apesar desses avanços, observa-se que ainda são limitados os estudos que integrem, de forma conjunta, as características zootécnicas das propriedades, os indicadores laboratoriais da qualidade do leite e a percepção dos produtores quanto à adoção de tecnologias digitais para o monitoramento sanitário. Diante desse cenário, o problema que orienta a presente pesquisa pode ser sintetizado na

seguinte questão: como os aspectos estruturais, sanitários e produtivos das propriedades leiteiras se relacionam com os indicadores laboratoriais da qualidade do leite e com a predisposição dos produtores à adoção de tecnologias IoT para a detecção da mastite bovina?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Caracterizar a relação entre os indicadores zootécnicos, da qualidade do leite e da percepção sobre a adoção de um dispositivo de IoT para detecção de mastite em pecuária leiteira.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar as formas de manejo, estrutura, sanidade e produção em propriedades leiteiras.
- Verificar a existência de associação entre características das propriedades e a suspeita de mastite.
- Examinar o nível de familiaridade, interesse e aceitação dos produtores em relação ao uso de um dispositivo IoT para detecção de mastite.

1.3 JUSTIFICATIVA

Os sistemas produtivos na indústria leiteira podem ser aprimorados com a implementação de dispositivos IoT, como por exemplo para o diagnóstico de mastite bovina (Akbar et al., 2020). A mastite é uma das doenças mais prevalentes e impactantes nesse setor, comprometendo tanto a saúde dos animais quanto a eficiência da produção de leite (Mohammad et al., 2023). Os dispositivos IoT vêm sendo desenvolvidos como alternativas para a identificação precoce e precisa da mastite, com potencial para melhorar a saúde dos bovinos e aumentar a produtividade leiteira, ao mesmo tempo em que reduzem os custos relacionados à doença (Ghosh et al., 2023).

Esse tipo de tecnologia oferece possibilidades de monitoramento contínuo e em tempo real, facilitando intervenções imediatas e eficazes, ao contrário dos métodos tradicionais de laboratório que são demorados e podem falhar na detecção precoce da doença (Mohammad et al., 2023). Além disso, o uso de IoT elimina a necessidade de coleta manual de amostras e análises frequentes, otimizando recursos e reduzindo significativamente os custos operacionais para os produtores de leite (Feng et al., 2022).

Nesse contexto, a caracterização de indicadores zootécnicos e da qualidade do leite, embora seja uma prática antiga e amplamente consolidada, integra-se de forma complementar às novas tecnologias, mantendo-se essencial para validar, orientar e potencializar os avanços proporcionados pelos sistemas IoT. Dessa forma, práticas tradicionais e soluções tecnológicas passam a operar de maneira sinérgica, fortalecendo o monitoramento sanitário e a eficiência produtiva no setor leiteiro.

A qualidade do leite depende de um conjunto de atributos relacionados às condições de produção, ao bem-estar e à saúde dos animais, bem como aos procedimentos higiênicos e tecnológicos adotados ao longo da cadeia produtiva, elementos estes que permanecem indispensáveis mesmo diante da adoção de ferramentas automatizadas. Castellini et al. (2023), evidencia que fatores como controle de mastite, contagem de células somáticas, condições de higiene, conhecimento técnico dos trabalhadores e práticas adequadas de manejo continuam sendo considerados pelos especialistas como indicadores centrais da qualidade do leite, orientando decisões produtivas e estratégias de intervenção. Além disso, destaca-se que a saúde e o bem-estar das vacas influenciam tanto nos parâmetros higiênicos quanto nas propriedades nutricionais e sensoriais do leite, sendo afetados, por exemplo, por estresse, nutrição inadequada e falhas no manejo, aspectos estes que permanecem críticos independentemente do uso de tecnologias emergentes.

A presente pesquisa se insere no contexto do sistema produtivo da pecuária leiteira, em que a busca por eficiência e sustentabilidade é cada vez mais urgente. A produção de leite enfrenta desafios significativos, incluindo a necessidade de garantir a sua qualidade e o bem-estar animal, ao mesmo tempo em que se busca aumentar a produtividade e reduzir os custos (Vilela et al., 2016).

Nesse cenário, a adoção de tecnologias avançadas, como os dispositivos IoT, torna-se fundamental para atender às demandas do setor e garantir competitividade no mercado global (Alonso et al., 2020). Compreender como essas tecnologias são percebidas pelos produtores e como se inserem nas realidades produtivas constitui etapa essencial para sua adoção eficaz (Silvi et al., 2021). A condutividade elétrica é muito utilizada na detecção precoce da mastite por ser uma abordagem não invasiva e de fácil implementação, permitindo um monitoramento contínuo e em tempo real, possibilitando intervenções rápidas, minimizando os impactos negativos na produção de leite e evitando o uso excessivo de antibióticos, promovendo a sustentabilidade na pecuária leiteira (Vilela et al., 2016).

No entanto, a adoção de tecnologias digitais na agropecuária não se estabelece de forma homogênea, sendo condicionada a fatores estruturais, gerenciais, culturais e econômicos que caracterizam cada unidade produtiva (Damasceno et al., 2024). A infraestrutura das propriedades, as práticas de manejo, o acesso à assistência técnica, o grau de familiaridade com soluções tecnológicas e os indicadores laboratoriais de qualidade do leite, como gordura, proteína, Contagem de Células

Somáticas (CCS) e Contagem Bacteriana Total (CBT), constituem elementos que, quando analisados de forma integrada, podem fornecer subsídios para a compreensão da viabilidade e do potencial de adoção dessas inovações (Candiotto et al., 2020).

Adicionalmente, a pesquisa é subsidiada pelo CNPq, no âmbito do Programa de Mestrado e Doutorado Acadêmico para Inovação (MAI-DAI), que visa fomentar o desenvolvimento de soluções tecnológicas inovadoras voltadas à modernização de sistemas produtivos. Neste estudo, esse apoio contribuiu para a produção de conhecimento aplicado sobre as condições de adoção de tecnologias IoT direcionadas ao diagnóstico da mastite. Para isso, realizou-se uma caracterização integrada dos indicadores zoo técnicos, laboratoriais e sociotécnicos associados à qualidade do leite e à percepção dos produtores quanto à adoção de um dispositivo IoT para detecção da mastite.

Portanto, a implementação de dispositivos IoT na agricultura é uma área de pesquisa inovadora e interdisciplinar, que pode contribuir para o avanço do conhecimento e fornecer soluções práticas para problemas do mundo real e da agropecuária, tendo relações com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como:

- a) ODS 2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável: melhorando o diagnóstico da mastite, esta pesquisa contribui para a saúde e a produtividade dos rebanhos leiteiros, promovendo uma produção de alimentos mais eficiente e sustentável;
- b) ODS 8 - Trabalho Decente e Crescimento Econômico: a precisão no diagnóstico da mastite não só melhora a saúde animal como também impacta a qualidade do leite, assegurando alimentos mais saudáveis e seguros para a população, o que pode impulsionar o crescimento econômico e melhorar as condições de trabalho no setor leiteiro;
- c) ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura: a integração de tecnologias IoT na pecuária promove a inovação e a modernização do setor, melhorando a infraestrutura da produção leiteira e estimulando a industrialização sustentável;
- d) ODS 12 - Consumo e Produção Responsáveis: com diagnósticos mais precisos, os recursos podem ser utilizados de maneira mais eficiente, reduzindo desperdícios e promovendo práticas mais sustentáveis na produção leiteira.

Dessa forma, a presente pesquisa pode proporcionar o avanço do conhecimento técnico e científico sobre o diagnóstico da mastite, mas também contribuir significativamente para a sustentabilidade e a competitividade da produção leiteira brasileira.

1.3.1 Inserção social da pesquisa

A inserção social desta pesquisa relacionou-se à geração de conhecimento aplicado sobre os fatores que influenciam a adoção de tecnologias digitais na pecuária leiteira, em especial os dispositivos baseados em Internet das Coisas (IoT) voltados ao monitoramento da mastite bovina. Ao analisar a relação entre características estruturais, sanitárias e laboratoriais das propriedades leiteiras e a percepção dos produtores sobre essas inovações, o estudo contribuiu para o delineamento de estratégias mais eficazes de modernização do setor (Candiotto et al., 2020)

Embora este trabalho não tenha envolvido a implementação prática de dispositivos IoT, ele forneceu subsídios técnicos e sociais para orientar ações futuras de cooperativas, instituições públicas, desenvolvedores de tecnologia e programas de assistência técnica voltados à transformação digital do campo. A identificação de barreiras, oportunidades e perfis mais propensos à adoção tecnológica pôde fortalecer iniciativas de apoio à inovação em contextos rurais (Candiotto et al., 2020).

Sendo assim, a pesquisa esteve alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como o ODS 2: Fome Zero e Agricultura Sustentável, ao promover uma pecuária mais eficiente e menos dependente de métodos invasivos de diagnóstico de doenças. Isso também impactou o ODS 8: Trabalho Decente e Crescimento Econômico, ao melhorar as condições de trabalho e a renda de pequenos e médios produtores, especialmente em regiões rurais (Vilela et al., 2016).

Portanto, do ponto de vista da comunidade, os resultados deste estudo apoiaram a formulação de políticas públicas e ações estratégicas voltadas à inovação tecnológica no meio rural, estimulando o desenvolvimento local e a modernização sustentável da pecuária leiteira. Além disso, ao contribuir para a compreensão dos fatores que viabilizam a detecção precoce de doenças como a mastite, a pesquisa reforçou o papel das tecnologias digitais na promoção de um sistema produtivo mais ético, eficiente e atento ao bem-estar animal (Vilela et al., 2016).

1.4 CARACTERIZAÇÃO INTERDISCIPLINAR E ADERÊNCIA AO PROGRAMA

O Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos (PPGSP) tem como objetivo promover o desenvolvimento de produtos, processos ou serviços por meio de conhecimentos científicos e tecnológicos, levando em consideração aspectos econômicos, ambientais e sociais, bem como os modelos da economia circular. Além disso, o programa propõe atuar de forma interdisciplinar, abordando temas inovadores como o reaproveitamento e valorização de resíduos, desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e mais limpas, e otimização das cadeias produtivas (Yamaguchi & Rubem, 2023).

O estudo “Caracterização de Indicadores Zootécnicos, da Qualidade do Leite e da Percepção sobre a Adoção de um Dispositivo IoT para Detecção de Mastite em Pecuária Leiteira” faz parte da linha de pesquisa 2 do PPGSP, Sistemas Produtivos e Sustentabilidade. Neste contexto interdisciplinar, o dispositivo IoT trata-se de uma raquete digital desenvolvida por uma startup tecnológica da região de São Francisco do Sul, que tem como objetivo identificar a presença da mastite em vacas leiteiras por meio da condutividade elétrica do leite. A pesquisa buscou evidenciar a interdisciplinaridade necessária para a compreensão e aplicação dessa ferramenta.

A interdisciplinaridade é uma exigência natural e interna das ciências, essencial para proporcionar uma compreensão mais abrangente e integrada da realidade. De acordo com Edgar Morin (1990), os fenômenos complexos não podem ser compreendidos de maneira satisfatória por meio de abordagens disciplinares isoladas, uma vez que a fragmentação do conhecimento limita a apreensão das inter-relações que os constituem. Nesse sentido, a necessidade de articular diferentes áreas do saber emerge como um movimento processual do próprio conhecimento, orientado à superação das barreiras disciplinares e à promoção de uma interação dinâmica entre campos distintos.

Pedersen (2016) reforça essa ideia ao destacar que a interdisciplinaridade não deve ser entendida apenas como uma síntese de disciplinas, mas como um processo que pode transformar ontologicamente os objetos e as relações da pesquisa. Esse processo de transformação é particularmente evidente em campos que cruzam as fronteiras entre as ciências naturais e sociais, onde novas lógicas de investigação e práticas de pesquisa interdisciplinares emergem.

Além disso, Okamura (2019) apresenta evidências empíricas de que a interdisciplinaridade está positivamente associada ao aumento do impacto da pesquisa, demonstrando que a integração de múltiplas disciplinas pode amplificar a relevância e a influência dos estudos científicos. Esse impacto reforça a importância da interdisciplinaridade não apenas como uma prática acadêmica, mas como uma estratégia para responder de forma eficaz às demandas complexas da sociedade.

Por fim, Tarrant e Thiele (2017) argumentam que a promoção da interdisciplinaridade no ensino superior é necessária para enfrentar os problemas globais contemporâneos. Eles apontam que, embora a interdisciplinaridade tenha enfrentado obstáculos significativos, ela permanece uma característica intrínseca das ciências ambientais e dos estudos de sustentabilidade, demonstrando seu papel vital na formação de uma visão mais holística e integrada do mundo.

Observando-se as áreas do conhecimento e as suas subáreas, identificam-se as contribuições do problema da presente pesquisa que compreende a área de Ciências Exatas e da Terra, de Ciências Biológicas, de Engenharias e de Ciências Agrárias.

A área do conhecimento de Ciências Exatas e da Terra conforme a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), abrange disciplinas que se dedicam ao estudo de fenômenos naturais e suas leis fundamentais, utilizando métodos matemáticos, experimentais e computacionais. Esta área busca entender e explicar o funcionamento do universo, dessa forma, a física e a ciência da computação são algumas subáreas do conhecimento envolvidas nesta pesquisa. A condutividade elétrica do leite é uma propriedade física que envolve o estudo da física dos fluidos e das descargas elétricas, que são essenciais para o entendimento e a medição da variação de condutividade elétrica associada à presença de mastite.

A ciência da computação, conforme definida pela CAPES, abrange estudos sobre os fundamentos teóricos e práticos da computação, além do desenvolvimento de sistemas computacionais. Esse campo interdisciplinar inclui subáreas que vão desde a Inteligência Artificial até a Segurança da Informação. A subárea de Inteligência Artificial se concentra no desenvolvimento de algoritmos e modelos que simulam capacidades cognitivas humanas, como o reconhecimento de padrões e a tomada de decisões autônomas. Essas inovações têm aplicações diretas em setores como a medicina e a indústria, criando sistemas mais eficientes e avançados. Por outro lado, a subárea de Segurança da Informação se dedica ao estudo de métodos para proteger dados e sistemas contra ataques cibernéticos. Essa área fornece a base científica para a criação de ferramentas que assegurem a confidencialidade, integridade e disponibilidade das informações, elementos críticos em um mundo digital cada vez mais interconectado. Essas duas subáreas evidenciam o papel da Ciência da Computação no avanço tecnológico, possibilitando a criação de soluções inovadoras e seguras que impulsionam o desenvolvimento em diversos setores, inclusive da pecuária leiteira.

A área do conhecimento de Ciências Biológicas, segundo a CAPES, abrange um amplo espectro de estudos relacionados aos processos vitais dos organismos vivos. Esse campo interdisciplinar inclui subáreas envolvidas nesta pesquisa como a de Ecologia Aplicada e a de Metabolismo e Bioenergética. A Ecologia Aplicada voltava-se ao entendimento do impacto da mastite no bem-estar animal e na produção leiteira, a fim de se desenvolver estratégias para o controle da doença de maneira sustentável, garantindo a saúde do rebanho e a qualidade do leite. A subárea de Metabolismo e Bioenergética compreende os conhecimentos em bioquímica, necessários para entender as mudanças na composição bioquímica do leite e como elas afetam a condutividade elétrica, fornecendo uma base científica para o desenvolvimento de instrumentos mais eficazes para auxílio ao diagnóstico.

A área do conhecimento de Engenharias, conforme estabelecida pela CAPES, abrange um vasto conjunto de disciplinas e subáreas voltadas para a aplicação de princípios científicos e matemáticos na criação, desenvolvimento e otimização de tecnologias, processos e sistemas. As Engenharias desempenham seu papel no avanço tecnológico e na inovação, sendo essenciais para o

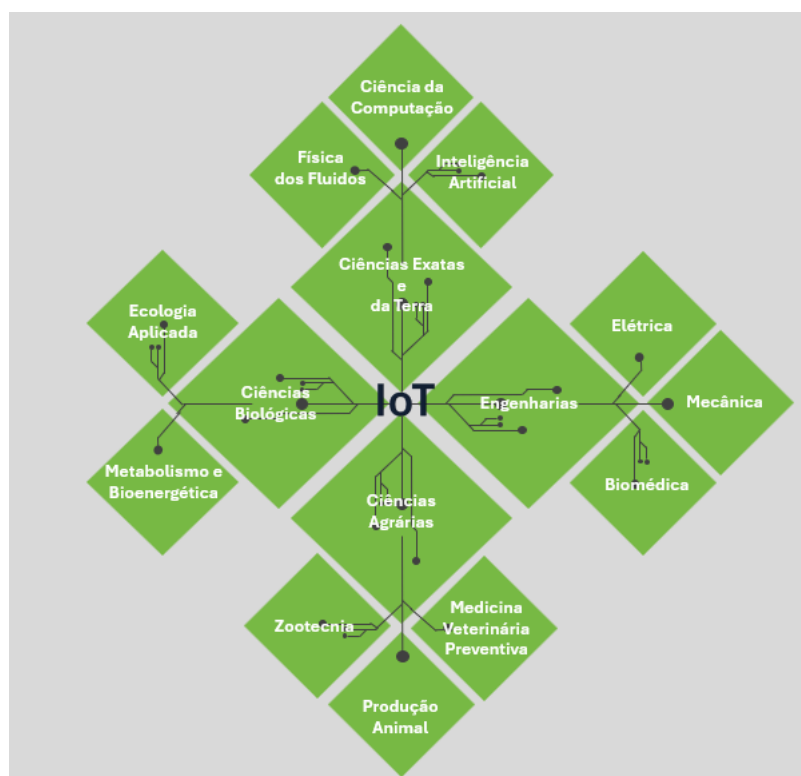
desenvolvimento sustentável e para a melhoria da qualidade de vida da sociedade. Sendo assim, surge as relações da pesquisa com as subáreas do conhecimento de engenharia elétrica, engenharia mecânica, engenharia química e engenharia biomédica.

A área do conhecimento de Ciências Agrárias, conforme estabelecida pela CAPES, abrange um vasto conjunto de estudos relacionados à agricultura, pecuária, recursos naturais e gestão ambiental, com foco na promoção da segurança alimentar, sustentabilidade ambiental e desenvolvimento rural. Esse campo interdisciplinar inclui subáreas que desempenham papéis essenciais na pesquisa sobre mastite em vacas leiteiras, como Zootecnia, Produção Animal e Medicina Veterinária Preventiva. A subárea de Zootecnia é dedicada a compreender como a mastite afeta a produção e a qualidade do leite, promovendo a saúde e a produtividade do rebanho. Por sua vez, a subárea de Produção Animal concentrava-se na análise dos impactos da mastite na produtividade das vacas leiteiras, permitindo o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficazes e sustentáveis que ajudam a mitigar a incidência da doença. A Medicina Veterinária Preventiva, por outro lado, está diretamente envolvida na criação de estratégias de prevenção da mastite, utilizando como referência tecnologias avançadas, como dispositivos de diagnóstico precoce baseados em IoT, no apoio ao planejamento de estratégias futuras de detecção e controle da mastite.

Dessa forma, a pesquisa destaca a importância de uma abordagem interdisciplinar, integrando diversas áreas do conhecimento para compreender os contextos produtivos, sanitários e tecnológicos das propriedades leiteiras. A interdisciplinaridade é fundamental não apenas para compreender os aspectos biológicos da mastite e as condições de manejo, mas também para analisar o potencial de adoção de tecnologias digitais no campo. Ao articular conhecimentos das engenharias, ciências agrárias, computação e saúde animal (Figura 1), este estudo contribui com subsídios para orientar futuras estratégias de inovação, respeitando a realidade das propriedades e fortalecendo práticas sustentáveis na pecuária leiteira.

Figura 1

Framework da interdisciplinaridade do projeto



Fonte: Autor.

1.5 ESTRUTURA GERAL DO DOCUMENTO

O presente trabalho está organizado em seis capítulos, estruturados de forma a conduzir o leitor desde a contextualização do problema de pesquisa até a apresentação das conclusões e contribuições do estudo. No Capítulo 1, são apresentados a introdução, o problema de pesquisa, os objetivos geral e específicos, a justificativa, a inserção social da pesquisa, bem como sua caracterização interdisciplinar e aderência ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos. Esse capítulo estabelece as bases conceituais e motivacionais que fundamentam a realização do estudo.

O Capítulo 2 reúne o panorama teórico que sustenta a investigação, abordando temas como a pecuária leiteira no contexto produtivo nacional e regional, as características zootécnicas do rebanho, a mastite bovina e seus métodos de diagnóstico, além do uso de tecnologias digitais e dispositivos IoT no monitoramento da saúde animal. Esse referencial teórico oferece suporte para a compreensão dos elementos que influenciam tanto a qualidade do leite quanto a viabilidade de adoção de tecnologias inovadoras no setor.

No Capítulo 3, é detalhada a metodologia adotada para a condução da pesquisa. São descritos o delineamento do estudo, a população e o local de realização, as etapas metodológicas, os procedimentos de adaptação e aplicação do questionário, as fontes e formas de coleta dos dados laboratoriais, além dos métodos empregados para a análise das informações obtidas.

O Capítulo 4 apresenta os resultados e discussões, articulando as evidências empíricas provenientes das propriedades avaliadas, dos indicadores laboratoriais de qualidade do leite e das respostas dos produtores quanto à adoção de tecnologias. Esse capítulo integra análises quantitativas e qualitativas, proporcionando uma compreensão abrangente dos fatores produtivos, sanitários e sociotécnicos relacionados ao diagnóstico da mastite e à adoção do dispositivo IoT estudado.

O Capítulo 5 discute as repercussões e o caráter inovador da pesquisa, destacando as contribuições sociais, tecnológicas, econômicas e sanitárias do estudo. São apresentados os potenciais impactos da adoção da tecnologia avaliada, bem como os avanços proporcionados pela abordagem interdisciplinar aplicada.

Por fim, o Capítulo 6 reúne as considerações finais, apresentando a síntese dos principais achados, o atendimento aos objetivos propostos, as contribuições teóricas e práticas, as limitações enfrentadas e sugestões para pesquisas futuras. O trabalho encerra-se com a lista de referências e, quando pertinente, apêndices e anexos contendo materiais complementares utilizados na pesquisa.

2 PANORAMA TEÓRICO

Nos últimos anos, a pecuária leiteira tem demonstrado elevada capacidade de adaptação e resiliência no cenário agrícola global, mesmo diante de eventos críticos, como as interrupções provocadas pela pandemia de COVID-19 (Pizzio et al., 2023). Esse desempenho evidencia a relevância estrutural do setor para a segurança alimentar, a geração de renda e a estabilidade econômica em diferentes escalas territoriais.

No contexto brasileiro, a cadeia produtiva do leite destaca-se como uma das mais importantes do agronegócio nacional, figurando entre as atividades de maior valor econômico e impacto social. O Brasil ocupa atualmente a posição de quarto maior produtor mundial de leite, respondendo por uma parcela significativa da produção da América do Sul (IBGE, 2024). Em 2023, a produção global de leite atingiu 965,7 milhões de toneladas, com crescimento de 1,5% em relação ao ano anterior, enquanto a produção sul-americana alcançou 68 milhões de toneladas, impulsionada principalmente pelo desempenho brasileiro.

No âmbito nacional, a pecuária leiteira correspondeu a aproximadamente 5% do Valor Bruto da Produção Agropecuária em 2021, posicionando-se como a terceira atividade mais relevante da pecuária brasileira e a sexta do agronegócio como um todo (Pizzio et al., 2023). Além de sua expressiva

contribuição econômica, o setor é constituído de uma importante fonte de emprego e renda, especialmente para agricultores familiares, desempenhando papel estratégico no desenvolvimento regional.

A análise das séries históricas da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM/IBGE) revela estabilidade na produção nacional de leite entre 2020 e 2024, com volumes próximos a 35 bilhões de litros anuais. Em 2023, a produção atingiu 35,4 bilhões de litros, e em 2024 alcançou 35,7 bilhões de litros, o maior valor já registrado na série histórica. Esse crescimento ocorreu mesmo diante da redução do número total de vacas leiteiras, indicando ganhos de produtividade. Em 2024, o preço médio pago ao produtor foi de R\$ 2,45 por litro, resultando em um valor total estimado da produção de R\$ 87,5 bilhões. Para o ano de 2025, não há dados consolidados de produção, preço médio ou valor econômico, uma vez que os números disponíveis se referem apenas à captação formal sob inspeção, não sendo considerados substitutos metodológicos da PPM.

Tabela 1

Quantidade de leite produzido e valor de produção estimada do Brasil¹

Ano	Quantidade Produzida – Brasil (litros)	Preço Médio (R\$/litro)	Valor da Produção – Brasil (R\$)
2020	≈ 35 bilhões de litros*	Não informado pelo IBGE	Não informado pelo IBGE
2021	≈ 35 bilhões de litros*	Não informado pelo IBGE	Não informado pelo IBGE
2022	≈ 35 bilhões de litros*	Não informado pelo IBGE	Não informado pelo IBGE
2023	35,4 bilhões de litros	Não informado pelo IBGE	Não informado pelo IBGE
2024	35,7 bilhões de litros	R\$ 2,45	R\$ 87,5 bilhões
2025	Dados anuais ainda não divulgados	—	—

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE - PPM, 2024).

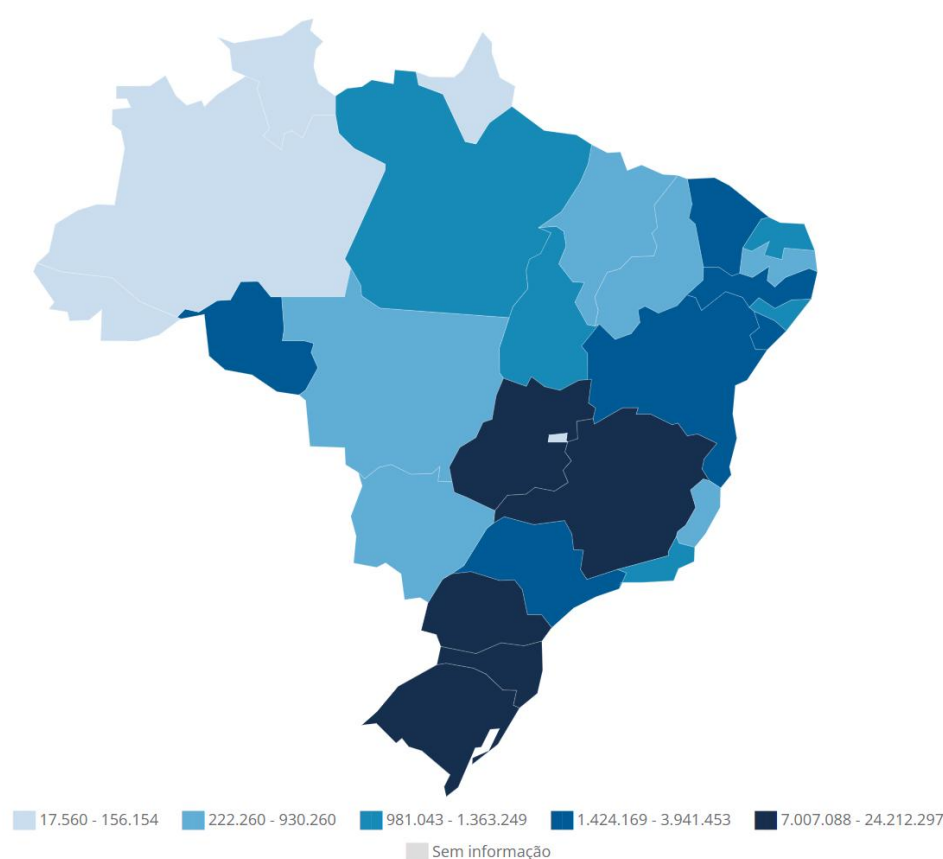
Esses dados reforçam a importância econômica da pecuária leiteira no Brasil, ao mesmo tempo em que evidenciam a sensibilidade do setor a fatores como custos de produção, condições climáticas e dinâmicas de mercado, os quais impactam diretamente a sustentabilidade produtiva.

¹ Antes de 2024, o IBGE não divulgava o preço médio nacional pago ao produtor, impossibilitando o cálculo oficial do valor total da produção.

No estado de Santa Catarina, a pecuária leiteira assume papel ainda mais destacado. O estado figura entre os cinco maiores produtores nacionais, ocupando atualmente a quarta posição no ranking brasileiro. Segundo dados da PPM/IBGE, a produção catarinense manteve-se estável entre 2020 e 2024, oscilando entre 3,17 e 3,30 bilhões de litros anuais, mesmo diante de adversidades climáticas e econômicas. Essa estabilidade evidencia a resiliência do setor no estado, caracterizado por elevada produtividade e uso intensivo de tecnologias.

Figura 2

Mapa da produção do leite 2024



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE-PPM, 2024).

Apesar da relevância econômica, a comparação histórica de indicadores financeiros no âmbito estadual é limitada, uma vez que informações como preço médio e valor total da produção passaram a ser divulgadas pelo IBGE apenas a partir de 2024 (Tabela 2). Ainda assim, a produção de leite em Santa Catarina permanece como uma das principais atividades econômicas para agricultores familiares e contribui para a economia rural do estado (Bonamigo et al., 2017; Mattei & Mattei, 2022).

Tabela 2

Quantidade de leite produzido e valor de produção estimada de Santa Catarina

Ano	Produção de leite (litros)	Preço médio (R\$/litro)*	Valor da produção (R\$)*
2020	3.270.000.000	Não informado	Não informado
2021	3.220.000.000	Não informado	Não informado
2022	3.170.000.000	Não informado	Não informado
2023	3.300.000.000	Não informado	Não informado
2024	3.270.000.000	Não informado (não divulgado por estado)	Não informado

Fonte: IBGE, 2024.

Paralelamente à importância econômica do setor, a produção leiteira está inserida em um contexto mais amplo de desafios relacionados à segurança alimentar sustentável. O crescimento populacional projetado para as próximas décadas impõe a necessidade de aumento da produção de alimentos, alinhado à redução de desperdícios e à adoção de sistemas produtivos mais eficientes (Fedoroff, 2015). A intensificação dos sistemas agrícolas, embora necessária, tem ampliado as preocupações públicas relacionadas ao uso excessivo de antibióticos e agroquímicos, particularmente na pecuária leiteira, devido aos riscos de resistência antimicrobiana, contaminação ambiental e resíduos nos alimentos (Kurjogi et al., 2019).

Nesse cenário, a saúde animal surge como um dos pilares centrais da sustentabilidade produtiva. A manutenção da saúde do rebanho é fundamental para assegurar produtividade, qualidade do leite e bem-estar animal, mas enfrenta desafios crescentes associados ao manejo de grandes rebanhos, à ocorrência de doenças infecciosas e aos impactos das mudanças climáticas (Hillerton, 2016). O estresse térmico, por exemplo, compromete diretamente o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais, reduzindo a ingestão alimentar e a produção de leite, além de aumentar o risco de mortalidade em situações extremas (Gauly & Ammer, 2020).

O manejo sustentável, nesse contexto, envolve a integração de práticas que preservem simultaneamente a saúde animal, a produtividade e o meio ambiente. Estratégias como rotação de pastagens, uso racional de insumos e adoção de medidas sanitárias preventivas reduzem a incidência de doenças e promovem sistemas produtivos mais resilientes (Romero et al., 2018).

Entre as enfermidades que mais impactam a pecuária leiteira, destaca-se a mastite bovina, reconhecida como uma das principais causas de perdas econômicas no setor. A doença resulta em

redução da produção, alterações na composição do leite, descarte do produto, aumento dos custos com tratamento, serviços veterinários e substituição de animais. Estima-se que as perdas anuais associadas à mastite atinjam aproximadamente 2 bilhões de dólares nos Estados Unidos, 400 milhões de dólares no Canadá e 130 milhões de dólares na Austrália (Kerro Dego, 2021).

No Brasil, estudos indicam impactos igualmente expressivos. Em Minas Gerais, a mastite clínica e subclínica responde por perdas significativas na produção de leite, incluindo custos com medicamentos, descarte de leite e abate de vacas cronicamente infectadas (Guimarães et al., 2017). Esses dados reforçam a relevância do diagnóstico precoce e do controle efetivo da doença, considerando sua etiologia multifatorial e sua forte relação com práticas de manejo, higiene e condições ambientais (Alexandrino et al., 2015).

A mastite bovina é influenciada por fatores complexos, que incluem condições de higiene do ambiente e dos equipamentos de ordenha, práticas de desinfecção pós-ordenha, suplementação nutricional e manejo adequado do rebanho. Aspectos ambientais, como umidade da cama e higiene do úbere, exercem influência direta sobre a incidência da doença, especialmente no caso de patógenos ambientais (Bhakat et al., 2020; Fonseca et al., 2023). Diante desse quadro, a literatura aponta a necessidade de estratégias integradas de prevenção, monitoramento e controle, capazes de reduzir os impactos econômicos e sanitários da mastite e contribuir para a sustentabilidade da produção leiteira.

2.1 CARACTERÍSTICAS ZOOTÉCNICAS DO REBANHO LEITEIRO

A análise do desempenho produtivo e sanitário das propriedades leiteiras requer a compreensão das características zootécnicas do rebanho, entendidas como o conjunto de atributos que estruturam o funcionamento biológico e operacional dos sistemas de produção. Essas características abrangem variáveis produtivas, reprodutivas, sanitárias, morfofuncionais, comportamentais, genéticas, nutricionais e fisiológicas, além da composição do rebanho. Em conjunto, elas condicionam a eficiência produtiva, o bem-estar animal, a qualidade do leite e a suscetibilidade a enfermidades, com destaque para a mastite bovina.

A inclusão dessas variáveis permite evitar análises centradas exclusivamente no volume produzido, ao integrar indicadores de saúde, longevidade e eficiência biológica. Os índices de seleção atuais passaram a incluir características funcionais relacionadas à saúde do úbere, resistência a doenças, eficiência alimentar, persistência de lactação e conformação funcional, ampliando a avaliação do rebanho para além do rendimento imediato (Egger-Danner et al., 2015). Essa abordagem

sistêmica sustenta decisões de manejo, melhoramento genético e avaliação econômica, ao relacionar produtividade, custos operacionais e bem-estar.

No âmbito produtivo e reprodutivo, indicadores como produção média por vaca, número de vacas em lactação, duração da lactação, idade ao primeiro parto, intervalo entre partos, dias abertos e taxa de concepção refletem simultaneamente potencial genético e qualidade do manejo. Tais parâmetros são sensíveis ao estado metabólico no pós-parto e às condições nutricionais, de modo que desafios na transição comprometem a fertilidade e prolongam intervalos reprodutivos, com impactos diretos sobre a eficiência do sistema (Alemu et al., 2023). Variações nesses indicadores evidenciam a necessidade de análises integradas para identificar limitações estruturais e oportunidades de melhoria (Linhares et al., 2023).

Do ponto de vista sanitário e morfofuncional, a saúde do úbere é elemento central do desempenho leiteiro. Falhas no manejo de ordenha, na higiene e na infraestrutura elevam a incidência de infecções intramamárias, refletindo-se em maiores contagens de células somáticas (CCS) e perdas produtivas (Lopes et al., 2019). Características de conformação do úbere como, profundidade, equilíbrio e posicionamento dos tetos, influenciam a eficiência de ordenha, o risco de traumas e a ocorrência de mastite, enquanto aprumos adequados favorecem locomoção, conforto e longevidade (Medeiros et al., 2024). A elevação da CCS, além de indicar inflamação, compromete a composição do leite e o rendimento industrial, reforçando a importância de protocolos consistentes de higiene e manutenção.

Os indicadores comportamentais e genéticos complementam a avaliação estrutural e sanitária. Medidas de ruminação, atividade, descanso e ingestão funcionam como sinais precoces de alterações fisiológicas ou sanitárias, com crescente suporte de sistemas automatizados baseados em sensores (Liu et al., 2023). Paralelamente, a integração de avaliações genômicas e modelos multicaracteres possibilita ganhos em robustez funcional e resistência a doenças, reduzindo a incidência de mastite e outras causas de descarte involuntário (Hu et al., 2024).

A composição do rebanho, por sua vez, impacta a estabilidade dos índices produtivos e reprodutivos. A distribuição etária, a proporção de vacas em lactação e as taxas de descarte influenciam a reposição e os custos do sistema; estruturas etárias equilibradas tendem a reduzir falhas reprodutivas e perdas associadas à idade avançada (Morton, 2010). Já os aspectos fisiológicos e nutricionais regulam a expressão produtiva ao longo da curva de lactação. Diferenças entre ordens de parto afetam pico, persistência e declínio da produção, enquanto dietas adequadas em densidade energética e consumo de matéria seca mitigam o balanço energético negativo e favorecem a retomada da ciclicidade (Jingar et al., 2014; Gonzalez et al., 2015).

Em síntese, as características zootécnicas fornecem o quadro interpretativo necessário para compreender variações na qualidade do leite e no risco de enfermidades, especialmente a mastite subclínica. A leitura adequada de indicadores como CCS, CMT, CBT e composição do leite depende da consideração dessas variáveis estruturais e funcionais, reforçando a necessidade de monitoramento sistemático e integrado para orientar estratégias de controle e manejo nos sistemas leiteiros.

2.2 MASTITE EM BOVINOS LEITEIROS

A mastite bovina é definida como uma inflamação da glândula mamária, predominantemente associada a infecções bacterianas, que compromete de forma significativa a produção, a qualidade do leite e o bem-estar dos animais (Deb et al., 2013). Além dos efeitos diretos sobre o rendimento produtivo, a mastite pode interferir negativamente na eficiência reprodutiva das vacas, reduzindo a taxa de concepção em função de alterações fisiológicas decorrentes da infecção intramamária, como mudanças nas respostas foliculares ovarianas e na competência dos oócitos (Wolfenson, 2015).

As infecções bacterianas constituem a principal causa da mastite em bovinos leiteiros, destacando-se, entre os agentes etiológicos mais frequentes, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Streptococcus uberis* e *Streptococcus dysgalactiae* (Bhattarai et al., 2018). A diversidade de patógenos envolvidos implica perfis epidemiológicos distintos, exigindo programas de controle específicos e adaptados à realidade de cada propriedade, considerando fatores de manejo, ambiente e sistema produtivo (Ruegg, 2017).

Do ponto de vista epidemiológico, a mastite pode ser classificada em clínica ou subclínica. Enquanto a forma clínica apresenta sinais visíveis durante a ordenha, a mastite subclínica caracteriza-se pela ausência de manifestações externas evidentes, apesar de provocar alterações significativas na composição do leite e perdas produtivas relevantes (Argaw, 2016). Essa característica torna a forma subclínica particularmente desafiadora, pois sua identificação depende de métodos de diagnósticos indiretos e sistemáticos. Assim, tornando a adoção de práticas adequadas de manejo, protocolos de ordenha e programas de tratamento de secagem essenciais para manter a doença sob controle e reduzir sua disseminação no rebanho (Pearce, 2023).

Diante da natureza multifatorial da mastite e de sua influência direta na saúde animal e na qualidade do leite, o diagnóstico precoce e preciso são importantes nos programas de controle. Diversos métodos são empregados na prática clínica e no campo para a identificação da mastite em suas formas clínica e subclínica, cada um apresentando vantagens e limitações operacionais. Esses métodos variam desde técnicas laboratoriais de alta sensibilidade até testes de triagem aplicáveis diretamente na ordenha, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3

Comparação dos principais métodos de diagnóstico da mastite bovina

Exame	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Fonte
PCR (Reação em Cadeia da Polimerase)	Teste molecular que detecta o DNA de patógenos causadores de mastite, com alta sensibilidade.	Alta sensibilidade e especificidade, capaz de detectar patógenos difíceis de cultivar.	Custo elevado e necessidade de equipamentos especializados.	Koskinen et al., 2009
Cultura Bacteriana	Método padrão-ouro que identifica a bactéria causadora de mastite, permitindo tratamentos direcionados.	Alta precisão e especificidade na identificação do patógeno causador da infecção.	Requer infraestrutura laboratorial e demora para obtenção de resultados.	Fox, L. K., 2012
Contagem de Células Somáticas ² (SCC)	Contagem manual ou automatizada de células somáticas, altamente correlacionada com resultados de cultura bacteriológica.	Alta precisão e boa correlação com resultados de cultura bacteriológica.	Não fornece detalhes sobre estágios ou tipos de infecção, sendo necessário complementar com a Contagem Diferencial de Células Somáticas (DSCC).	Kirkeby et al., 2020
Lactato Desidrogenase (LDHA)	Medição da enzima LDHA no leite, usada como indicador sensível de mastite devido à resposta imunológica do animal.	Alta sensibilidade e pode detectar a mastite antes do aparecimento dos sintomas.	Requer infraestrutura laboratorial e pode apresentar problemas com amostras muito gordurosas.	Della Libera et al., 2011
Teste de Condutividade Elétrica do Leite	Mede a alteração na condutividade elétrica do leite, que ocorre durante a infecção por mastite.	Método rápido e não invasivo, podendo ser integrado em sistemas de ordenha automática.	Podem não diferenciar entre mastite clínica e subclínica.	Nielen et al., 1992; Paudyal et al. 2020

² células do sistema imunológico que estão presentes para combater infecções na glândula mamária (Kirkeby et al., 2020).

Surf Field Mastitis Test (SFMT)	Teste de triagem que detecta células somáticas por reações visuais no leite, usado para detectar mastite subclínica em vacas leiteiras, especialmente em áreas rurais.	Acessível, de baixo custo e adequado para uso em campo, especialmente em áreas rurais com poucos recursos laboratoriais.	Maior probabilidade de falsos positivos em comparação com o CMT.	Badiuzzaman et al., 2016; Karabasanavar et al., 2021
White Slide Test (WST)	Teste de triagem que detecta células somáticas por meio de reações visuais no leite, semelhante ao SFMT.	Acessível e de baixo custo, indicado para detecção de mastite subclínica.	Também apresenta uma taxa elevada de falsos positivos em comparação com o CMT.	Badiuzzaman et al., 2016; Karabasanavar et al., 2021
Teste de Mastite da Califórnia (CMT)	Detecta células somáticas pela formação de gel quando o reagente ³ é misturado ao leite, sendo um teste prático e rápido para uso em campo.	Prático, rápido e ideal para uso em campo.	Sensibilidade limitada ⁴ , não sendo confiável para identificar todas as vacas com infecção intramamária (IMI).	Kandeel et al., 2018
Homogeneidade do Leite	Avaliação visual da homogeneidade do leite durante a ordenha, onde o leite não homogêneo pode indicar mastite clínica.	Simples e pode ser utilizado durante a ordenha.	Baixa especificidade e sensibilidade, precisa ser complementado com outros métodos.	Ramuada et al. (2024)

³ solução de detergente alcalino, geralmente contendo lauril sulfato de sódio (Rust et al., 2023).

⁴ significa que o exame pode não ser capaz de detectar infecções de mastite em todas as situações, especialmente em casos de mastite subclínica ou em infecções em estágios iniciais com baixos níveis de células somáticas no leite (Rust et al., 2023).

Análise de Cor (Colorimetria)	Método baseado na cor do leite, onde anormalidades na cor podem indicar mastite, especialmente na presença de sangue ou colostro.	Método prático e não invasivo, pode ser utilizado no momento da ordenha.	Resultados ambíguos em situações de campo, menos eficaz sem a presença de sangue.	
----------------------------------	---	--	---	--

Fonte: Autor

Apesar da ampla disponibilidade de métodos diagnósticos, muitos deles apresentam restrições relacionadas a custo, tempo de resposta, necessidade de infraestrutura laboratorial ou baixa sensibilidade para determinadas infecções. Essas limitações têm impulsionado o desenvolvimento de abordagens complementares e inovadoras, capazes de oferecer maior rapidez e aplicabilidade no contexto produtivo (Duarte et al., 2015).

Nos últimos anos, avanços tecnológicos têm transformado o diagnóstico e o manejo da mastite bovina, com destaque para o uso de parâmetros indiretos mensuráveis no leite. A condutividade elétrica tem se consolidado como um indicador relevante para a detecção da mastite subclínica, em função das alterações iônicas associadas ao processo inflamatório (Paudyal et al., 2020). Paralelamente, técnicas baseadas em aprendizado de máquina e meta-análises vêm sendo aplicadas para identificar assinaturas bio-transcriptômicas associadas à doença, ampliando o potencial diagnóstico em nível molecular (Shafique et al., 2020). Biossensores integrados à microfluídica também têm permitido o desenvolvimento de dispositivos portáteis e automatizados, com aplicação direta no campo (Martins et al., 2019).

A termografia infravermelha destaca-se como outra ferramenta promissora, ao permitir a detecção de aumentos na temperatura superficial do úbere associados a processos inflamatórios. Estudos demonstram que essa técnica é capaz de identificar alterações compatíveis com mastite subclínica, apresentando concordância com métodos tradicionais, como o Teste de Mastite da Califórnia (CMT), além de oferecer a vantagem de ser não invasiva (Oliveira et al., 2022).

A identificação precoce da mastite e o manejo adequado da doença são essenciais para reduzir perdas econômicas, preservar a qualidade do leite e promover o bem-estar animal. Nesse contexto, tecnologias emergentes baseadas na Internet das Coisas (IoT) ampliam significativamente as possibilidades de monitoramento contínuo da saúde do rebanho. O uso integrado de sensores permite o acompanhamento em tempo real de parâmetros fisiológicos e do leite, favorecendo a detecção antecipada de alterações compatíveis com mastite e possibilitando intervenções mais rápidas e eficazes. Na sequência, serão discutidas as aplicações dessas tecnologias no monitoramento da saúde animal e sua contribuição para sistemas produtivos mais eficientes e sustentáveis.

2.3 MONITORAMENTO DA SAÚDE ANIMAL POR MEIO DE INTERNET DAS COISAS

A Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT) refere-se à interconexão de objetos físicos inteligentes, dotados de sensores, capacidade de comunicação e identificação única, que coletam, transmitem e processam dados de forma autônoma e segura (Shafique et al., 2020). Esses dispositivos

possibilitam a observação contínua de informações espaciais e temporais, permitindo a gestão de eventos em tempo real e a resposta rápida a alterações relevantes (Deebak & Al-Turjman, 2020).

No contexto da pecuária leiteira, a IoT representa uma mudança disruptiva ao transformar processos tradicionalmente baseados em observações pontuais em sistemas de monitoramento contínuo e automatizado. A integração de sensores aos sistemas produtivos permite a coleta sistemática de dados fisiológicos, comportamentais e produtivos, permitindo a detecção precoce de doenças, a otimização do manejo e a melhoria do bem-estar animal (Liu et al., 2023).

Esses dispositivos físicos, constituídos de sensores, são capazes de detectar variações em parâmetros específicos, como temperatura, movimento, pressão, umidade ou composição química, e convertê-las em sinais digitais interpretáveis. Na produção leiteira, esses dispositivos permitem identificar pequenas variações associadas a distúrbios sanitários ou metabólicos antes do aparecimento de sinais clínicos evidentes, possibilitando intervenções antecipadas (Rutten et al., 2013).

Os sensores podem ser classificados conforme sua forma de interação com o animal e o sistema produtivo. Sensores acoplados incluem dispositivos externos ou inseridos no corpo do animal, enquanto sensores não acoplados realizam medições quando o animal interage com o ambiente ou passa por pontos específicos do sistema. Adicionalmente, sensores in-line monitoram fluxos contínuos, como o leite durante a ordenha, enquanto sensores on-line coletam e analisam amostras de forma automatizada (Rutten et al., 2013; Islam et al., 2015).

No monitoramento da saúde animal, destacam-se sensores voltados à avaliação do comportamento, da temperatura corporal, da atividade e localização, da qualidade do leite e da presença de compostos específicos associados a processos inflamatórios. Essas tecnologias desempenham papel importante na detecção precoce de enfermidades, contribuindo para a tomada de decisão baseada em dados e para a melhoria da eficiência dos sistemas produtivos.

Tabela 4
Tipos de sensores para monitoramento da saúde animal

Tipo de Sensor	Objetivo	Referência
Sensores de monitoramento de comportamento	Monitorar a ruminação e atividade das vacas para identificar desvios de saúde antes do aparecimento clínico	Gusterer et al., 2020
Sensores de temperatura corporal	sensores bio-ingestíveis para monitorar a temperatura do rúmen em tempo real para detecção precoce de mastite	Kim et al., 2019
Sensores de qualidade do leite	Monitorar parâmetros como contagem de células somática e pH no leite	Van Altena et al., 2016
Sensores de localização e atividade	Monitorar a atividade das vacas para detectar problemas como claudicação ⁵ e distúrbios metabólicos	Mottram, 2016
Sistemas integrados de gestão da saúde animal	Combinar dados de sensores para monitoramento abrangente da saúde do gado leiteiro	Nigade et al., 2023
Sensores de condutividade elétrica	Detectar mastite em vacas leiteiras por meio da condutividade elétrica do leite	Jensen et al., 2016
Sensores de compostos voláteis	Detectar mastite pela identificação de compostos voláteis liberados durante a inflamação, em combinação com dados de condutividade elétrica	Lima et al., 2018

Fonte: Autor

Além do monitoramento individual, sistemas baseados em IoT têm sido aplicados para analisar padrões de comportamento social em rebanhos leiteiros. O uso de tecnologias de posicionamento, como GPS, permite rastrear trajetórias e interações entre animais, possibilitando a construção de modelos probabilísticos de transmissão de doenças. Esses modelos auxiliam na identificação de indivíduos com maior risco sanitário, otimizando estratégias de triagem e controle (Feng et al., 2022).

No que se refere especificamente à mastite bovina, a aplicação de IoT associada à inteligência artificial tem ampliado as possibilidades de detecção precoce. A análise integrada de dados provenientes das atividades dos sensores permite identificar padrões compatíveis com processos inflamatórios antes da manifestação clínica da doença (Ebrahimie et al., 2021; Liu et al., 2023).

Entre os parâmetros mais utilizados, a condutividade elétrica do leite destaca-se como um indicador indireto da mastite subclínica, uma vez que o processo inflamatório altera a composição

⁵ A claudicação, ou "lameness", é uma condição dolorosa em bovinos, relacionada a lesões nos cascos ou membros, prejudicando a locomoção. Causada por lesões, úlceras, doenças infecciosas e manejo inadequado, afeta negativamente a produção de leite, reprodução e eleva as taxas de descarte (Thomsen et al., 2023).

iônica do leite, elevando as concentrações de sódio (Na^+) e cloro (Cl^-) e reduzindo os níveis de potássio (K^+). Essas alterações resultam em aumento da condutividade elétrica, tornando-a um parâmetro relevante para monitoramento automatizado (Lazaro et al., 2024).

Entretanto, a interpretação da condutividade elétrica requer cuidados metodológicos, pois fatores físicos, como a temperatura do leite, influenciam diretamente a mobilidade iônica e, consequentemente, os valores observados. Assim, sistemas de monitoramento confiáveis incorporam sensores de temperatura para compensar essas variações, assegurando que as mudanças detectadas estejam associadas a processos inflamatórios e não a flutuações térmicas (Du et al., 2017; Tungol et al., 2020).

Alem disso, dispositivos portáteis que combinam sensores de condutividade elétrica e sensores de gases voláteis têm demonstrado potencial para o diagnóstico precoce da mastite. A detecção de compostos liberados durante a inflamação, integrada a parâmetros físico-químicos do leite, amplia a acurácia diagnóstica e favorece aplicações em campo, com custos reduzidos e maior acessibilidade (Lima et al., 2018).

Dessa forma, o monitoramento da saúde animal por meio da IoT configura-se como uma estratégia promissora para integrar variáveis zootécnicas, sanitárias e tecnológicas em sistemas contínuos de apoio à decisão. A capacidade de coletar, integrar e interpretar dados em tempo real estabelece as bases para intervenções mais rápidas, redução de perdas produtivas e promoção de sistemas leiteiros mais eficientes e sustentáveis.

2.4 ESTADO DA ARTE

A mastite bovina mantém-se como uma das enfermidades de maior impacto na pecuária leiteira, não apenas pelos prejuízos produtivos e custos de tratamento, mas também por suas implicações sobre o bem-estar animal e a qualidade do leite destinado à indústria. Diante da predominância da forma subclínica e das limitações dos métodos convencionais de diagnóstico pontual, a detecção precoce tornou-se um eixo central das estratégias contemporâneas de controle da doença.

Nas últimas décadas, esse movimento foi intensificado pela incorporação de tecnologias digitais no ambiente rural, especialmente por meio de dispositivos baseados em Internet das Coisas (IoT) e sensores embarcados, capazes de viabilizar o monitoramento contínuo da saúde do úbere e a identificação antecipada de alterações fisiológicas compatíveis com processos inflamatórios (Stanek et al., 2024). Tais soluções representam um avanço significativo em relação às abordagens tradicionais, ao permitir maior frequência de avaliação, redução da dependência de análises laboratoriais isoladas e apoio à tomada de decisão em tempo real.

A diversidade de abordagens tecnológicas atualmente disponíveis evidencia a evolução da aplicação de tecnologia no campo e a ampliação das possibilidades diagnósticas. Os estudos sobre essas tecnologias formam um conjunto crescente de evidências científicas, abordando vantagens operacionais e limitações técnicas, econômicas e metodológicas em diferentes contextos produtivos. (Paudyal et al., 2020).

Nesse cenário, é necessária uma revisão crítica da literatura que permita compreender não apenas a eficiência e a precisão dessas tecnologias, mas também as condições que influenciam seu desempenho, sua viabilidade de uso em campo e os fatores que ainda restringem sua adoção em larga escala. A sistematização do estado da arte possibilita identificar convergências, lacunas e desafios persistentes, fornecendo base teórica consistente para o desenvolvimento e a avaliação de soluções inovadoras.

Assim, esta revisão tem por objetivo mapear as principais abordagens utilizadas na detecção precoce da mastite bovina, analisar criticamente suas contribuições e limitações e identificar elementos centrais que orientem a construção e a avaliação de dispositivos baseados em IoT, integrando evidências técnicas, características zootécnicas e aspectos relacionados ao contexto de uso pelos produtores rurais.

2.4.1 Panorama da mastite na pecuária leiteira

A mastite bovina mantém-se como um dos principais desafios sanitários e econômicos da pecuária leiteira, em razão de sua elevada prevalência, etiologia multifatorial e impactos persistentes sobre produtividade, qualidade do leite e bem-estar animal (Morales-Ubaldo et al., 2023; Stanek et al., 2024). A doença resulta da interação entre agentes infecciosos, mecanismos de defesa do hospedeiro e condições de manejo e ambiente, configurando um problema complexo que ultrapassa abordagens de controle baseadas exclusivamente em tratamento curativo.

Entre as formas de manifestação, a mastite subclínica destaca-se como a mais frequente e operacionalmente desafiadora. Caracterizada pela ausência de sinais visíveis no úbere e no leite, essa forma está associada ao aumento da contagem de células somáticas, à alteração da composição láctea e à redução contínua da produção, podendo acometer entre 20% e 50% das vacas em determinados rebanhos (Youssif et al., 2021). Sua natureza silenciosa dificulta a identificação precoce e favorece a manutenção de focos infecciosos no rebanho, ampliando perdas produtivas ao longo do tempo.

Do ponto de vista epidemiológico, a mastite é predominantemente causada por bactérias, tradicionalmente classificadas como patógenos contagiosos ou ambientais. Espécies como *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus uberis*, *Escherichia coli* e *Klebsiella pneumoniae* permanecem entre os agentes mais frequentemente relatados na literatura (Morales-

Ubaldo et al., 2023). Estudos recentes, entretanto, ampliam esse panorama ao evidenciar a participação de leveduras, fungos, algas, microbactérias e vírus, o que complexifica as estratégias de prevenção e controle. Paralelamente, o aumento da resistência antimicrobiana entre patógenos de mastite, inclusive frente a fármacos de última geração, tem reforçado a necessidade de abordagens preventivas e diagnósticas mais eficazes.

As repercussões econômicas da mastite são expressivas e variadas. Estimativas indicam que a doença pode ser responsável por até 70% das perdas econômicas em propriedades leiteiras, considerando a redução da produção, o descarte de leite, os custos com medicamentos, serviços veterinários, mão de obra adicional e o descarte precoce de animais (Stanek et al., 2024). Modelagens que avaliam perdas ao nível de quarto mamário demonstram que infecções subclínicas, tanto por patógenos contagiosos quanto ambientais, afetam simultaneamente o volume produzido, a qualidade do leite e o retorno econômico do sistema (Gonçalves et al., 2018).

Diante desse cenário, a literatura indica que estratégias centradas apenas no tratamento são insuficientes para o controle efetivo da mastite. A elevada prevalência da forma subclínica, associada à resistência antimicrobiana e às perdas econômicas cumulativas, reforça a necessidade de sistemas de monitoramento contínuo capazes de identificar precocemente alterações compatíveis com processos inflamatórios. Assim, o panorama atual da mastite na pecuária leiteira fundamenta a crescente incorporação de tecnologias de precisão e métodos automatizados de diagnóstico, tema aprofundado nos subtópicos subsequentes deste estado da arte.

2.4.1.1 Perfis metodológicos e escopo dos estudos

Os estudos selecionados para compor o panorama da mastite na pecuária leiteira apresentam desenhos metodológicos distintos e complementares, permitindo a análise do fenômeno em múltiplas escalas. Revisões de literatura, estudos observacionais, abordagens experimentais e investigações mediadas por tecnologias de pecuária de precisão contribuem de forma integrada para a compreensão da etiologia, da epidemiologia, do impacto econômico e das estratégias de monitoramento da mastite.

Morales-Ubaldo et al. (2023) conduziram uma revisão narrativa de publicações entre 2013 e 2023, com buscas em múltiplas bases de dados e critérios explícitos de inclusão, concentrando-se na etiologia bacteriana, nos padrões epidemiológicos, na resistência antimicrobiana e em terapias alternativas. Em abordagem complementar, Stanek et al. (2024) realizaram uma revisão sistemática

ampliada, estruturada segundo o protocolo PRISMA, abrangendo estudos publicados entre 2010 e 2024 e integrando evidências sobre patogênese, perdas econômicas, métodos diagnósticos, biomarcadores e estratégias terapêuticas e profiláticas.

No campo das tecnologias e do bem-estar animal, Silva et al. (2021) analisaram avanços associados à pecuária de precisão (*Precision Livestock Farming* – PLF), com ênfase na aplicação de sensores e algoritmos para o monitoramento automatizado de condições como claudicação, mastite e condição corporal. A contribuição desse estudo fundamenta-se na articulação entre indicadores sanitários e frameworks de avaliação de bem-estar, destacando a mediação tecnológica como elemento central do manejo moderno.

Em contraste com as sínteses globais, Youssif et al. (2021) adotaram um delineamento observacional em uma fazenda leiteira, quantificando a prevalência de mastite subclínica e sua associação com fatores individuais e ambientais, como idade, paridade, estágio de lactação e estação do ano. O estudo combinou métodos convencionais e automatizados, incluindo CMT, condutividade elétrica, CCS e monitoramento por sistema Afimilk, exemplificando a aplicação integrada de técnicas diagnósticas em contexto produtivo real.

Por sua vez, Gonçalves et al. (2018) utilizaram um desenho experimental comparativo ao nível de quarto mamário, contrastando quartos infectados e sadios em vacas com CCS composta elevada e cultura microbiológica positiva. A partir de dados de produção e composição do leite, os autores simularam o impacto econômico da mastite subclínica por diferentes grupos de patógenos, utilizando um programa de pagamento por qualidade, o que permitiu estimar perdas econômicas com elevado grau de especificidade.

Essa diversidade metodológica possibilita uma leitura integrada da mastite, que abrange desde a biologia do úbere e a identificação de patógenos até a dinâmica de rebanho, as perdas econômicas agregadas e a mediação tecnológica por sensores e sistemas de PLF. Ao mesmo tempo, as diferenças de escopo, que variam de estudos em um único rebanho a revisões globais, impõem cautela na generalização dos achados, reforçando a necessidade de interpretações contextualizadas e de análises comparativas nos subtópicos subsequentes do estado da arte.

2.4.1.2 Dimensão epidemiológica

A literatura recente destaca a mastite bovina como uma enfermidade predominantemente infecciosa e de elevada complexidade etiológica. Morales-Ubaldo et al. (2023) destacam que mais de 150 espécies bacterianas já foram associadas à doença, além de fungos, leveduras, algas do gênero *Prototheca* e vírus, incluindo herpesvírus bovinos, vírus da febre aftosa e parainfluenza. Entre os agentes bacterianos, mantém-se a classificação epidemiológica em patógenos contagiosos, cujo

principal reservatório é o úbere infectado, como *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae* e *Mycoplasma bovis*, e patógenos ambientais, associados a fezes, cama, piso e pastagens, com destaque para *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* e *Streptococcus uberis* (Morales-Ubaldo et al., 2023).

Do ponto de vista clínico, a mastite manifesta-se nas formas clínica e subclínica, com expressiva variabilidade quanto à intensidade e à evolução do quadro inflamatório. Stanek et al. (2024) descrevem a mastite clínica nas apresentações hiperaguda, aguda e subaguda, ressaltando que o curso da infecção é modulado pelo agente etiológico, pelo estado imunológico da vaca e pela fase da lactação. A resposta inflamatória decorre de falhas ou sobrecarga dos mecanismos de defesa da glândula mamária, que incluem a barreira física do canal do teto, fatores humorais não específicos, como lactoferrina, lisozima e lactoperoxidase, e células do sistema imune inato, particularmente neutrófilos e macrófagos.

Em nível de rebanho, estudos de campo evidenciam elevada prevalência de infecções subclínicas e grande diversidade de agentes envolvidos. Gonçalves et al. (2018), ao avaliarem sete fazendas brasileiras, observaram cultura bacteriológica positiva em aproximadamente 35% das amostras compostas, com predominância de patógenos classificados como “menores”, como *estafilococos coagulase-negativos* (CNS) e *Corynebacterium spp.*, seguidos por patógenos ambientais e contagiosos. Embora agentes clássicos como *S. aureus* e *S. agalactiae* tenham apresentado menor frequência relativa, sua relevância epidemiológica permanece elevada em função do potencial de transmissão e das perdas associadas.

Resultados semelhantes quanto à elevada prevalência de mastite subclínica são reportados por Youssif et al. (2021), que identificaram, em uma fazenda egípcia com sistema de ordenha automatizado, prevalência de 63,88% ao nível de vacas e 41,18% ao nível de quartos mamários. Os autores registraram valores médios de CCS de $8,8 \times 10^5$ células/mL e de condutividade elétrica de 6,27 mS/cm, compatíveis com inflamação subclínica persistente. Esses achados indicam que, mesmo em sistemas com monitoramento eletrônico e manejo padronizado, a mastite subclínica pode atingir níveis elevados, evidenciando limitações de estratégias baseadas apenas em inspeção clínica.

Adicionalmente, Morales-Ubaldo et al. (2023) consolidam evidências de que a distribuição relativa dos patógenos varia de forma significativa entre regiões, refletindo diferenças em clima, sistemas de produção, práticas de manejo e uso de antimicrobianos. O surgimento de agentes como *Mycoplasma bovis* em surtos de mastite e a identificação de micobactérias ambientais reforçam o caráter dinâmico da epidemiologia da doença. Essa heterogeneidade regional e etiológica limita a eficácia de abordagens uniformes de controle e sustenta a necessidade de estratégias de monitoramento contínuo, sensíveis a mudanças no perfil epidemiológico do rebanho.

2.4.1.3 Impacto econômico

O impacto econômico da mastite bovina tem sido amplamente documentado na literatura, sendo analisado em diferentes níveis e escalas. Em revisões abrangentes, Morales-Ubaldo et al. (2023) compilaram evidências de múltiplos países, demonstrando que a mastite, especialmente em sua forma subclínica, está associada a perdas expressivas decorrentes da redução da produção de leite, do descarte de produto, da perda de bônus por qualidade e do descarte precoce de vacas. Em estudo conduzido no Egito, por exemplo, as perdas anuais atribuídas à mastite subclínica ultrapassaram 20 milhões de libras egípcias, refletindo não apenas a diminuição do volume produzido, mas também penalizações econômicas associadas à qualidade do leite.

Resultados semelhantes são relatados em países como Etiópia, Tailândia, Índia e China, onde os custos por fazenda e por vaca em lactação variam substancialmente em função dos preços locais do leite, dos sistemas de pagamento por qualidade e da estrutura de custos veterinários. Essa variação demonstra que, embora os valores absolutos diferenciem-se entre regiões, a mastite permanece como uma das principais fontes de perdas econômicas nos sistemas leiteiros (Morales-Ubaldo et al., 2023).

Em nível mais detalhado, análises ao nível de quarto mamário permitem quantificar com maior precisão o efeito direto da mastite subclínica sobre a produção e o retorno econômico. Gonçalves et al. (2018) demonstraram que infecções subclínicas causadas por patógenos contagiosos e ambientais reduzem a produção de leite por quarto em aproximadamente 0,70 e 0,61 kg por ordenha, respectivamente, além de elevarem a CCS e alterarem a composição do leite. Utilizando um programa de pagamento por qualidade (MQPP) para simular o preço do leite, os autores estimaram que a presença da mastite reduziu o retorno econômico em US\$ 0,18 por ordenha nos casos causados por patógenos ambientais e em US\$ 0,22 por ordenha nos casos associados a patógenos contagiosos, em comparação com quartos contralaterais sadios. As perdas variaram amplamente conforme o agente etiológico, alcançando valores mais elevados para *Enterococcus spp.* e *Staphylococcus aureus*.

Em uma perspectiva integrada de rebanho, Stanek et al. (2024) sintetizam resultados indicando que a mastite pode responder por aproximadamente 70% das perdas econômicas em fazendas leiteiras. No caso da mastite clínica, os custos concentram-se principalmente no descarte e reposição de vacas (cerca de 48%), na redução da produção (aproximadamente 34%) e no descarte de leite (cerca de 11%), enquanto mão de obra e serviços veterinários representam parcelas menores. Para a mastite crônica e subclínica, entretanto, predominam perdas associadas à produção persistentemente abaixo do potencial, ao aumento do risco de descarte e à deterioração gradual da

qualidade do leite, sendo enfatizado que o impacto econômico acumulado da mastite subclínica pode superar o da forma clínica, em razão de sua duração prolongada e menor visibilidade.

Estudo populacional conduzido na Finlândia, com 240.067 amostras de leite de 93.529 vacas, demonstrou que 48,1% dos animais foram descartados em três anos de acompanhamento. Entre as vacas com diagnóstico microbiológico de mastite, 49,1% dos descartes tiveram a doença como causa principal, enquanto no grupo controle essa proporção foi de 18,2%. A detecção de *Staphylococcus aureus* esteve associada a maior probabilidade de descarte. Os resultados indicam que a mastite exerce impacto estrutural relevante sobre a permanência das vacas no rebanho, ampliando custos produtivos por meio da redução da longevidade e da necessidade de reposição animal (Vakkamäki et al., 2017).

Morales-Ubaldo et al. (2023) ressaltam que as estimativas de perdas econômicas são fortemente influenciadas por fatores contextuais, como variações no preço do leite, nos sistemas de pagamento por qualidade, na intensidade de uso de antimicrobianos e na estrutura de custos veterinários, o que limita comparações diretas entre países. Ainda assim, a consistência entre análises em nível de quarto (Gonçalves et al., 2018) e de rebanho (Stanek et al., 2024; Morales-Ubaldo et al., 2023) reforça a mastite como um problema economicamente estratégico, cuja mitigação depende de estratégias preventivas e de diagnóstico precoce capazes de reduzir perdas cumulativas ao longo do ciclo produtivo.

2.4.1.4 Fatores de risco

A ocorrência da mastite bovina está associada a um conjunto complexo de fatores de risco que envolvem características do animal, condições de manejo e variáveis ambientais, configurando a doença como um fenômeno multifatorial. Estudos de campo e sínteses recentes indicam que esses fatores interagem de forma dinâmica ao longo do ciclo produtivo, modulando tanto a probabilidade de infecção quanto a gravidade dos quadros clínicos e subclínicos (Youssif et al., 2021; Morales-Ubaldo et al., 2023; Stanek et al., 2024).

No nível do animal, variáveis como paridade, estágio de lactação, nível de produção e raça têm sido consistentemente associadas ao risco de mastite. Youssif et al. (2021) observaram maior prevalência de mastite subclínica em vacas no final da lactação e em animais com menor número de partos, com diferença estatisticamente significativa para paridade. Morales-Ubaldo et al. (2023) e Stanek et al. (2024) destacam a maior suscetibilidade em raças de alta produção, como a Holandesa, bem como aumento do risco em vacas com elevado número de lactações, em função do desgaste estrutural do úbere e do enfraquecimento progressivo das defesas locais.

Fatores relacionados ao manejo e ao ambiente exercem papel igualmente determinante. Deficiências na higiene do úbere e do ambiente, falhas na rotina de ordenha mecânica, lesões induzidas por equipamentos mal ajustados, desequilíbrios nutricionais e condições ambientais desfavoráveis, como elevada umidade, pisos inadequados e alta densidade animal, aumentam a exposição a patógenos e comprometem os mecanismos de defesa da glândula mamária (Morales-Ubaldo et al., 2023). Esses fatores tendem a atuar de forma cumulativa, intensificando o risco de infecções intramamárias, sobretudo em sistemas intensivos.

Aspectos fisiológicos e metabólicos também modulam a susceptibilidade à mastite. Situações de estresse, alimentação inadequada e a presença de outras enfermidades reduzem a eficiência das defesas do úbere, favorecendo tanto o estabelecimento da infecção quanto a progressão para quadros persistentes ou recorrentes (Stanek et al., 2024). Nesse contexto, a mastite subclínica posiciona-se como o principal elemento, por se desenvolver de forma silenciosa em animais aparentemente saudáveis, mas submetidos a combinações desfavoráveis de fatores de risco.

A literatura indica que a identificação desses fatores de risco, isoladamente ou em conjunto, é importante para orientar estratégias de prevenção e controle. Entretanto, a natureza dinâmica dessas variáveis, que podem se alterar ao longo da lactação, entre estações do ano e conforme mudanças de manejo, limita abordagens baseadas exclusivamente em avaliações pontuais. Por esse motivo, estudos recentes têm destacado a importância de integrar indicadores de risco a sistemas de monitoramento contínuo, capazes de captar variações precoces associadas ao início de processos inflamatórios, tema aprofundado nos subtópicos seguintes deste estado da arte.

2.4.1.5 Síntese crítica e implicações teóricas para o estudo da mastite bovina

A leitura integrada dos estudos analisados permite compreender a mastite bovina como um problema de natureza sistêmica, que articula dimensões epidemiológicas, econômicas, de bem-estar animal e de saúde pública. Do ponto de vista conceitual, os achados indicam a centralidade da mastite subclínica no cenário atual da doença, por se tratar da forma mais prevalente nos rebanhos, frequentemente com taxas superiores a 40–60% em nível de vaca, de detecção complexa e com contribuição decisiva para a manutenção do reservatório de patógenos e para perdas econômicas cumulativas.

Essa centralidade surge do alinhamento entre estudos epidemiológicos em campo (Youssif et al., 2021), análises econômico-produtivas em nível de quarto (Gonçalves et al., 2018) e revisões de escopo ampliado (Morales-Ubaldo et al., 2023; Stanek et al., 2024). Enquanto os estudos observacionais quantificam prevalências e associações com fatores de risco em sistemas produtivos

concretos, a abordagem de Gonçalves et al. demonstra como infecções subclínicas, especialmente por patógenos maiores, comprometem o retorno econômico ao nível de quarto, com efeitos acumulativos que se estendem à vaca e ao rebanho.

As revisões recentes explicitam dois debates teóricos centrais no campo da mastite. O primeiro refere-se ao deslocamento necessário de um modelo centrado no tratamento, baseado no diagnóstico tardio e no uso de antimicrobianos, para abordagens orientadas à prevenção, manejo e fortalecimento das defesas do hospedeiro. Embora avanços históricos em higiene, manejo de ordenha e terapias intramamárias tenham sido alcançados, a persistência da mastite como problema endêmico tem impulsionado a busca por marcadores mais precoces, estratégias de seleção genética para resistência e terapias alternativas (Stanek et al., 2024). Em paralelo, a expansão da resistência antimicrobiana documentada por Morales-Ubaldo et al. (2023) reforça a urgência de reduzir a dependência de antibióticos, situando a mastite em uma agenda ampliada de uso prudente de antimicrobianos.

O segundo debate diz respeito ao nível de análise predominante. Evidências em nível de quarto mamário indicam que avaliações baseadas apenas em amostras compostas ou indicadores agregados podem subestimar tanto a magnitude das perdas quanto a heterogeneidade intra-animal, em função de efeitos de diluição (Gonçalves et al., 2018). A análise na escala do quarto representa um refinamento conceitual importante, com consequências diretas para modelos econômicos, programas de bonificação por qualidade do leite e decisões de tratamento e descarte.

As contribuições de Silva et al. (2021) acrescentam uma dimensão teórica relacionada ao bem-estar animal e à inovação tecnológica. Ao posicionar mastite, claudicação e condição corporal como os principais indicadores de bem-estar, os autores indicam que a integração de sensores e sistemas de monitorização contínua pode redefinir o modo como a mastite é detectada e gerida, substituindo inspeções pontuais por monitoramento contínuo. Essa perspectiva conecta o estudo da mastite às teorias de adoção de tecnologias na agropecuária, nas quais a efetividade das soluções de PLF depende não apenas da acurácia técnica, mas também de fatores como custo, usabilidade, visualização de dados e confiança dos produtores.

Por fim, o avanço da resistência antimicrobiana e o interesse crescente por terapias alternativas reposicionam a mastite na interface com a agenda de *One Health*⁶, ainda que essa abordagem nem sempre seja explicitamente mencionada nos estudos. A identificação de perfis de

⁶ One Health é uma abordagem integrada e colaborativa que reconhece a interdependência entre a saúde humana, a saúde animal e a saúde dos ecossistemas, promovendo ações coordenadas entre diferentes áreas do conhecimento para prevenir, monitorar e controlar doenças e outros agravos à saúde em escala local, nacional e global (World Health Organization et al., 2022).

multirresistência, o risco de resíduos de fármacos no leite e a exploração de alternativas terapêuticas, como extratos vegetais, peptídeos e nanomateriais, indicam que o controle da mastite vai além da eficiência produtiva, envolvendo também sustentabilidade sanitária e mitigação de riscos à saúde pública (Morales-Ubaldo et al., 2023; Stanek et al., 2024).

Dessa síntese surgem implicações teóricas diretas para a pesquisa em mastite bovina: (a) a necessidade de modelos multiescala que articulem dados de quarto, vaca e rebanho; (b) a integração de indicadores clássicos (CCS, CMT, cultura microbiológica) com biomarcadores em desenvolvimento e dados contínuos de sensores; e (c) enquadramentos analíticos que incorporem simultaneamente mastite, bem-estar animal e resistência antimicrobiana, permitindo avaliar relações de custo-benefício entre estratégias de manejo, prevenção e tratamento. Essas implicações fundamentam a análise das tecnologias e métodos de monitoramento discutidos no bloco subsequente deste trabalho.

2.4.1.6 Considerações finais

O conjunto de estudos analisados permite delinear um panorama da mastite na pecuária leiteira caracterizado por elevada prevalência, ampla variabilidade etiológica e epidemiológica e impactos econômicos expressivos em diferentes níveis de análise. Nesse contexto, a mastite subclínica configura-se como elemento central do problema, ao reunir maior frequência nos rebanhos, dificuldade diagnóstica e contribuição central para perdas persistentes de produção e qualidade do leite.

Do ponto de vista científico, a literatura recente tem contribuído para o avanço do campo em diferentes frentes. Os estudos analisados permitem refinar a compreensão dos fatores de risco e de sua interação com ambiente, manejo e características individuais das vacas; quantificar com maior precisão as perdas produtivas e econômicas associadas a distintos grupos de patógenos; mapear limites e potencialidades dos métodos diagnósticos tradicionais e dos biomarcadores emergentes; situar a mastite no centro das discussões recentes sobre bem-estar animal e uso de tecnologias de precisão; e aprofundar o debate sobre resistência antimicrobiana, terapias alternativas e estratégias imunológicas aplicadas à produção leiteira.

Apesar desses avanços, o conjunto de evidências disponível apresenta limitações relevantes. Em primeiro lugar, observa-se concentração geográfica dos estudos empíricos em sistemas produtivos específicos, frequentemente grandes rebanhos intensivos, como os avaliados no Egito e no Brasil, o que limita a aplicação direta dos resultados a sistemas familiares, extensivos ou a contextos regionais distintos. Em segundo lugar, muitas análises permanecem organizadas de forma fragmentada, privilegiando isoladamente dimensões econômicas, diagnósticas ou de bem-estar, com relativa

escassez de modelos integrados capazes de articular esses domínios em uma mesma estrutura conceitual e analítica. Por fim, embora haja avanços promissores em tecnologias de *Precision Livestock Farming* e em abordagens terapêuticas alternativas, grande parte das evidências ainda se encontra em estágios experimentais ou de validação preliminar, com informações limitadas sobre custo-efetividade, robustez em condições de campo e adoção em larga escala.

Essa leitura crítica do estado da arte reforça a necessidade de abordagens que integrem múltiplas escalas de análise, combinem indicadores sanitários, produtivos e econômicos e incorporem tecnologias capazes de viabilizar o monitoramento contínuo da saúde do úbere. Tais exigências fundamentam a análise das tecnologias e métodos de detecção discutidos no bloco subsequente deste trabalho.

2.4.2 Sensores e Dispositivos para Diagnóstico Instrumental da Mastite

O estado da arte na detecção precoce da mastite bovina tem avançado com a incorporação de sensores e dispositivos instrumentais capazes de superar limitações dos métodos diagnósticos tradicionais. Embora a contagem de células somáticas (CCS) e testes de triagem, como o Teste de Mastite da Califórnia (CMT), ainda sejam amplamente utilizados, essas técnicas dependem de amostragem pontual, manipulação do leite e interpretação subjetiva, o que pode gerar inconsistência diagnóstica e retardar a identificação da mastite subclínica.

Nesse contexto, a medição da condutividade elétrica do leite (CEL) ganhou relevância como uma das alternativas mais exploradas para diagnóstico instrumental da mastite. Estudos indicam que o leite de vacas saudáveis apresenta valores de condutividade entre aproximadamente 4,0 e 6,0 mS/cm, enquanto processos inflamatórios elevam a condutividade em função do aumento de íons sódio e cloreto e da redução de potássio e lactose. Essa alteração físico-química ocorre precocemente no curso da infecção, o que torna a CEL atrativa para a detecção da mastite subclínica (Ferrero et al., 2014).

Os avanços tecnológicos permitiram o desenvolvimento de sistemas eletrônicos de baixo custo para medição da CEL diretamente na fazenda. Dispositivos baseados em sondas de condutividade associadas a circuitos eletrônicos demonstraram desempenho comparável a medidores comerciais, com erros inferiores a 5%, considerados aceitáveis para aplicações em campo. A incorporação de sensores de temperatura nesses sistemas mostrou-se necessário, uma vez que a condutividade elétrica do leite é altamente sensível à variação térmica, exigindo compensação para garantir medições consistentes e confiáveis (Ferrero et al., 2014).

Além da CEL, outros dispositivos instrumentais estão sendo investigados para avaliação objetiva da saúde do úbere. Wollowski et al. (2019) analisaram o uso combinado de dinamômetros

portáteis e termômetros infravermelhos na detecção de mastite clínica e subclínica. Os resultados indicaram que a medição da resistência do tecido mamário por dinamometria apresentou boa capacidade discriminatória para distinguir úberes sadios de úberes afetados, enquanto a termografia infravermelha teve sua utilidade limitada devido à forte influência da temperatura ambiente, o que compromete a acurácia na identificação de casos negativos quando não há controle ambiental adequado.

A relevância do controle térmico também foi identificada em estudos baseados em sensores integrados. Tungol et al. (2020) desenvolveram um sistema experimental que combina sondas de condutividade elétrica e sensores de temperatura para estimar a CCS por meio de modelos de regressão. Os autores demonstraram alta concordância entre os dados obtidos pelo protótipo e os resultados laboratoriais, sugerindo que sistemas baseados em CEL, quando devidamente compensados por temperatura, podem funcionar como alternativa viável e menos invasiva para a detecção precoce da mastite.

Abordagens mais recentes têm explorado a integração de múltiplos tipos de sensores em dispositivos portáteis. Lima et al. (2018) propuseram um sistema que associa sensores de gás, medição de condutividade elétrica e controle de temperatura para detectar mastite subclínica e prever parâmetros de composição do leite. O uso combinado de sensores permitiu identificar compostos voláteis associados à inflamação, alcançando precisão de aproximadamente 77% na detecção da mastite subclínica, além de estimar componentes como lactose, proteínas e acidez dentro de faixas fisiológicas normais.

Outra vertente relevante envolve sistemas *in-line*, instalados diretamente na linha de ordenha. Vique et al. (2020) descreveram um sistema de detecção de mastite baseado na medição contínua da condutividade elétrica do leite por quarto, incorporando sensores de temperatura para correção das leituras em tempo real. Essa abordagem reduz interferências ambientais e permite associar variações de condutividade de forma mais precisa à presença de inflamação intramamária, ampliando o potencial de detecção precoce e de monitoramento contínuo.

Em resumo, os estudos analisados indicam que sensores baseados em condutividade elétrica, especialmente quando integrados a medições de temperatura e a outros parâmetros físicos ou químicos, constituem o núcleo tecnológico mais consolidado para o diagnóstico instrumental da mastite. A evolução desses dispositivos aponta para sistemas cada vez mais automatizados, portáteis ou *in-line*, capazes de fornecer informações em tempo real e de apoiar estratégias de monitoramento contínuo, tema aprofundado nos próximos subtópicos deste trabalho.

2.4.3 Características zootécnicas associadas à qualidade do leite

A qualidade microbiológica do leite cru é fundamental para a cadeia produtiva do leite, tanto por suas implicações em saúde pública quanto por seu impacto direto sobre rendimento industrial, vida de prateleira e competitividade econômica dos sistemas de produção. Entre os indicadores mais utilizados para caracterizar essa qualidade destacam-se a contagem de células somáticas (CCS), relacionada à saúde da glândula mamária e à ocorrência de mastite subclínica, e as contagens bacterianas globais, expressas como contagem total de bactérias (CBT) ou contagem padrão em placas (CPP) (Fadillah et al., 2023).

Em uma perspectiva internacional, Martin et al. (2023) demonstram que, mesmo em contextos altamente tecnificados, como Canadá, Estados Unidos e países europeus, as CBT de tanque frequentemente se mantêm muito abaixo dos limites regulatórios, a exemplo do patamar de 100.000 UFC/mL adotado na União Europeia. Ainda assim, cargas bacterianas relativamente baixas podem comprometer o desempenho tecnológico do leite, sobretudo quando há predominância de microrganismos psicrótrófos ou formadores de esporos. Essa evidência direciona o debate do simples cumprimento de limites legais para a otimização da performance industrial, exigindo atenção refinada às práticas zootécnicas que condicionam a carga microbiana do leite, como manejo de ordenha, ambiência, limpeza de equipamentos e infraestrutura de resfriamento (Martin et al., 2023).

Em sistemas de agricultura familiar e de pequena escala, a problemática da qualidade do leite é mais crítico. Fadillah et al. (2023), ao avaliarem 119 propriedades de pequenos produtores na Indonésia, observaram qualidade microbiológica frequentemente insatisfatória, associada a práticas inadequadas de higienização, desinfecção e armazenamento do leite. Os autores reportaram valores elevados de CCS geométrica (529.665 células/mL) e CPP (474.492 UFC/mL), evidenciando a influência direta do manejo sobre os indicadores de qualidade. De maneira semelhante, estudos conduzidos no Brasil em sistemas familiares agroecológicos e convencionais no Paraná e em Minas Gerais indicam que parcela expressiva dos tanques ainda se encontra fora dos parâmetros estabelecidos pelas instruções normativas nacionais, especialmente em relação à CBT, sendo tais resultados fortemente associados ao tipo de infraestrutura de ordenha, às rotinas de limpeza e às práticas de resfriamento adotadas (Tinini et al., 2018).

Diante desse cenário, o foco deste tópico concentra-se nas características zootécnicas associadas à qualidade do leite, compreendidas como o conjunto de práticas de manejo sanitário e reprodutivo, rotinas de ordenha, estratégias de limpeza e desinfecção, configuração da infraestrutura de ordenha e resfriamento e, em menor grau, aspectos nutricionais e metabólicos que repercutem sobre a CCS e as contagens bacterianas. Bednarski (2024), ao discutir a interface entre doenças

metabólicas, como a cetose, e mastite, ressalta que manejo alimentar, estágio de lactação e saúde metabólica modulam simultaneamente produtividade e qualidade do leite, reforçando a necessidade de abordagens integradas que articulem saúde animal, racionalização do uso de antimicrobianos e boas práticas de ordenha.

Os estudos analisados — incluindo investigações observacionais em propriedades leiteiras no Brasil e na Indonésia (Fadillah et al., 2023; Tinini et al., 2018), revisões conceituais sobre qualidade do leite (Martin et al., 2023) e análises integrativas sobre doenças, manejo e uso de antibióticos (Bednarski, 2024), oferecem contribuições complementares para compreender como diferentes dimensões zootécnicas se articulam à qualidade higiênico-sanitária do leite. Em conjunto, essas evidências reforçam que a melhoria sustentada da qualidade do leite depende menos de intervenções isoladas e mais da integração entre boas práticas zootécnicas e ferramentas de monitoramento capazes de captar precocemente desvios nos indicadores sanitários e microbiológicos.

2.4.3.1 Pequenos produtores na Indonésia: manejo geral, higiene e CPP/CCS

No estudo conduzido por Fadillah et al. (2023), envolvendo 119 propriedades de pequenos produtores vinculados a uma cooperativa em Java Ocidental, foram analisadas amostras de leite de tanque e aplicados questionários abrangendo 55 variáveis relacionadas às características socioeconômicas, estruturais e às práticas de manejo adotadas nas propriedades. As informações coletadas incluíram desde dados demográficos dos produtores até aspectos específicos de manejo sanitário, como visitas de paramédicos, participação em treinamentos sobre saúde do úbere e mastite, além de rotinas operacionais relacionadas à ordenha, higienização do úbere, limpeza de equipamentos, frequência de remoção de esterco e organização da mão de obra.

Para identificar os fatores associados à qualidade do leite, os autores utilizaram modelos de equações de estimação generalizadas (GEE), tendo como desfechos a contagem de células somáticas (CCS) e a contagem padrão em placas (CPP). Os resultados indicaram associação significativa de cinco fatores com a CCS: frequência de remoção de esterco, participação em treinamentos sobre tratamento de mastite, lavagem do úbere com uso de sabonete, número de trabalhadores envolvidos na atividade e posse de área de pastagem. Em relação à CPP, dois fatores mostraram associação estatisticamente significativa: a frequência de remoção de esterco e a contribuição da atividade leiteira para a renda familiar.

Esses achados demonstram que, em sistemas de pequenos produtores, a qualidade microbiológica do leite é fortemente condicionada por elementos básicos de manejo sanitário e pela organização do trabalho na propriedade. Em particular, a higienização das instalações, expressa pela remoção regular de esterco, e a capacitação dos produtores em saúde do úbere e mastite

representam os principais indicadores para a redução tanto da CCS quanto da CPP. O estudo reforça, assim, que melhorias substanciais na qualidade do leite podem ser alcançadas por meio de intervenções relativamente simples, baseadas em boas práticas de manejo e em ações de capacitação, mesmo em contextos com limitações estruturais e tecnológicas.

2.4.3.2 *Herd characteristics* e práticas de ordenha no Sudeste do Brasil

Cortinhas et al. (2018) avaliaram 63 rebanhos leiteiros no estado de Minas Gerais por meio de amostragens semanais de leite de tanque ao longo de oito semanas consecutivas. As amostras foram analisadas quanto à contagem total de bactérias (CBT), contagem após incubação preliminar (PIC), contagem após pasteurização em laboratório (PC), contagem de coliformes (CC) e contagem de células somáticas (CCS). Paralelamente, foi aplicado um questionário padronizado abrangendo características do rebanho e rotinas operacionais da ordenha, permitindo a avaliação da associação entre práticas zootécnicas e indicadores de qualidade do leite.

Com base nesses dados, os autores empregaram testes de associação e modelos de regressão logística para estimar o efeito de mudanças em práticas específicas sobre os indicadores microbiológicos e celulares. As associações observadas entre fatores operacionais e variáveis de qualidade do leite estão sintetizadas na Tabela 5, elaborada a partir das informações apresentadas por Cortinhas et al. (2018)

Tabela 5

Fatores de Manejo Associados aos Indicadores de Qualidade do Leite

Fator avaliado	Variáveis associadas
Tipo de sistema de ordenha	CBT, PIC, CCS
Uso de luvas	CBT, PIC
Sanitização pré-ordenha dos equipamentos	PC, CC
Teste de caneca telada	PC
Lavagem de tetos antes da ordenha	CCS
Desinfecção pré-ordenha dos tetos (pré-dipping)	CBT, CC
Desinfecção pós-ordenha (pós-dipping)	CBT, CCS
Protocolo alcalino-ácido de lavagem dos equipamentos	PIC, PC

Fonte: Adaptado Cortinhas et al. (2018).

De modo geral, práticas relacionadas à higiene da ordenha e à limpeza dos equipamentos mostraram-se associadas a múltiplos indicadores. O tipo de sistema de ordenha apresentou associação com CBT, PIC e CCS, enquanto o uso de luvas esteve relacionado a reduções em CBT e PIC. Procedimentos de sanitização pré-ordenha dos equipamentos associaram-se a variações em PC e CC,

e o uso do teste de caneca telada mostrou associação com PC. Em relação à saúde do úbere, a lavagem de tetos antes da ordenha e a desinfecção pré e pós-ordenha (pré- e pós-*dipping*) estiveram associadas a reduções em CCS e CBT, reforçando a importância dessas rotinas.

Na análise de regressão, o teste de caneca telada e o protocolo alcalino-ácido de lavagem dos equipamentos explicaram variações significativas na PC. A adoção do teste de caneca telada foi associada a uma redução de 0,478 log UFC/mL em PC, enquanto o protocolo alcalino-ácido esteve associado a um aumento de 0,366 log UFC/mL, interpretado pelos autores como indicativo de falhas na execução do procedimento, possivelmente relacionadas à temperatura inadequada da água ou à dureza excessiva. Em relação à CCS, o uso de sistemas de ordenha do tipo *herringbone*⁷ foi associado a um aumento de 0,146 log células/mL, ao passo que a lavagem de tetos antes da ordenha esteve associada a uma redução de 0,117 log células/mL (Cortinhas et al., 2018).

Esses resultados indicam que a adoção de tecnologias mais complexas, como sistemas de ordenha mecanizados, não garante, por si só, melhor qualidade do leite. A eficácia dessas tecnologias depende fortemente da correta execução das rotinas de higiene, limpeza e manejo do úbere. Assim, o estudo reforça a noção de que a qualidade microbiológica e celular do leite é resultado da interação entre infraestrutura, práticas zootécnicas e capacitação dos operadores, em consonância com o argumento central deste capítulo.

2.4.3.3 Sistemas agroecológicos e convencionais no Oeste do Paraná

Tinini et al. (2018) analisaram 44 sistemas de produção leiteira, agroecológicos e convencionais, em duas regiões do Oeste do Paraná ao longo de um período de 12 meses. Foram realizadas coletas mensais de amostras de leite de tanque para análise de contagem de células somáticas (CCS) e contagem total de bactérias (CBT), além da aplicação de questionário semiestruturado contemplando práticas de manejo, equipamentos e infraestrutura de ordenha. Para integrar essas informações, os autores empregaram análise de correspondência múltipla e análise de cluster, agrupando as propriedades em três grupos com perfis distintos de qualidade do leite.

O Grupo 1, composto majoritariamente por sistemas convencionais, apresentou os melhores indicadores de qualidade, com CCS média de 407,37 mil células/mL e CBT de 210,50 mil UFC/mL. O Grupo 2, com predominância de sistemas agroecológicos, apresentou CCS intermediária (328,50 mil células/mL), porém CBT elevada (699,75 mil UFC/mL). Já o Grupo 3, também majoritariamente

⁷ No contexto da pecuária leiteira, o sistema produtivo do tipo *herringbone* (espinha de peixe) refere-se a um arranjo de ordenha em que as vacas são posicionadas em ângulo (geralmente entre 30° e 45°) em relação ao fosso do ordenhador, permitindo acesso lateral ao úbere e possibilitando a ordenha simultânea de vários animais. Esse modelo é amplamente utilizado por favorecer fluxo eficiente dos animais, boa visualização e manejo operacional, sendo indicado para propriedades de médio e grande porte (FAO, 2011).

agroecológico, apresentou os piores resultados, com CCS de 680,25 mil células/mL e CBT de 1.775,25 mil UFC/mL, valores muito superiores aos limites estabelecidos pela Instrução Normativa nº 62 vigente à época do estudo (Tinini et al., 2018).

As diferenças observadas entre os grupos foram fortemente associadas às tecnologias e às práticas de ordenha adotadas. O Grupo 1 utilizava predominantemente ordenha mecânica canalizada e tanques de expansão a granel (96,7% das propriedades), enquanto os Grupos 2 e 3 recorriam com maior frequência à ordenha manual ou ao sistema de balde ao pé, associada ao uso de tanques de imersão. Em relação à higiene do úbere, o Grupo 1 apresentou maior adoção de pré-dipping (80%) e pós-dipping (90%), uso predominante de papel descartável para secagem dos tetos e maior incorporação de práticas preventivas de mastite, como o teste de CMT e a caneca de fundo preto.

A análise proposta por Tinini et al. (2018) indica que a qualidade do leite não é determinada pelo tipo de sistema produtivo em si, agroecológico ou convencional, mas pelo conjunto de práticas zootécnicas relacionadas à ordenha, à higienização e à infraestrutura disponível. A menor qualidade observada em parte dos sistemas agroecológicos esteve associada à menor adoção de práticas preventivas e de tecnologias básicas de resfriamento e higiene, e não aos princípios agroecológicos propriamente ditos. Esses resultados reforçam a noção de que a melhoria da qualidade do leite depende da integração entre modelo produtivo, capacitação técnica e adoção consistente de boas práticas de manejo, em consonância com os achados apresentados nos subtópicos anteriores.

2.4.3.4 Qualidade Microbiológica do Leite Cru

Na revisão conduzida por Martin et al. (2023), a contagem total de bactérias (CBT) é discutida como o indicador mais amplamente empregado para avaliar a qualidade microbiológica do leite cru, sendo mensurada por métodos como contagem padrão em placas, citometria de fluxo e sistemas baseados em filmes tipo Petrifilm. Os autores ressaltam que, embora limites regulatórios, como 100.000 UFC/mL adotados nos Estados Unidos e na União Europeia, sejam frequentemente atendidos por produtores comerciais, contagens substancialmente inferiores a esses patamares já podem comprometer o desempenho tecnológico do leite.

Essa limitação decorre principalmente da presença de microrganismos psicrotróficos e de bactérias formadoras de esporos. Mesmo em baixas contagens iniciais, esses microrganismos podem produzir enzimas termoestáveis, capazes de resistir a tratamentos térmicos como pasteurização e UHT, resultando em defeitos sensoriais, redução do rendimento de queijos e diminuição da vida de prateleira dos produtos lácteos (Martin et al., 2023). Assim, a qualidade microbiológica do leite deve

ser interpretada não apenas sob a ótica do atendimento a padrões legais, mas também em termos de adequação ao processamento industrial.

A revisão reúne evidências de que a CBT é influenciada por múltiplas rotas de contaminação ao longo da cadeia produtiva. Entre as principais fontes destacam-se a mastite intramamária, a higiene insuficiente do úbere e dos tetos, falhas na limpeza e desinfecção de equipamentos de ordenha e tanques de armazenamento, a qualidade da água utilizada nos processos de higienização e deficiências na refrigeração imediata do leite após a ordenha. Estudos citados indicam, por exemplo, que o nível elevado de sujeira nos tetos antes da ordenha, uso inadequado de água sem secagem, reutilização do mesmo pano em vários animais e temperaturas insuficientes na fase detergente da limpeza dos equipamentos estão consistentemente associadas ao aumento da CBT e da carga de esporos no leite de tanque.

Do ponto de vista zootécnico, esses achados reiteram que a qualidade microbiológica do leite é resultado de um processo cumulativo, no qual falhas pontuais em manejo, higiene ou controle térmico podem comprometer todo o sistema. Dessa forma, a gestão da qualidade do leite cru exige abordagens integradas que articulem saúde do úbere, rotinas de ordenha, protocolos rigorosos de limpeza e desinfecção e controle eficaz da refrigeração. Tal compreensão ressalta a necessidade de estratégias de monitoramento contínuo e de ferramentas capazes de detectar precocemente desvios nos indicadores microbiológicos, em consonância com os argumentos desenvolvidos ao longo deste bloco.

2.4.3.5 Doenças metabólicas, mastite, manejo e uso de antimicrobianos

Em editorial de número especial sobre sistemas de produção leiteira, Bednarski (2024) reúne evidências que articulam condições metabólicas, mastite e qualidade do leite, destacando o papel do manejo no período de transição. Em rebanhos japoneses, a incidência de cetose subclínica foi estimada em 17,6%, com maior ocorrência da forma tipo II nas duas primeiras semanas pós-parto. A prevalência da doença mostrou-se associada ao sistema de manejo, às práticas alimentares e ao estágio de lactação, evidenciando a influência direta do balanço energético negativo sobre a saúde das vacas nesse período crítico.

Do ponto de vista sanitário, o editorial enfatiza que distúrbios metabólicos no pós-parto comprometem os mecanismos de defesa do hospedeiro, aumentando a susceptibilidade à mastite e, consequentemente, impactando a qualidade do leite. Nesse contexto, políticas mais restritivas de uso de antimicrobianos em diversos países têm deslocado o foco das estratégias de controle para a prevenção, com ênfase em boas práticas de manejo, alimentação adequada e rotinas de ordenha consistentes. Bednarski (2024) cita, como exemplo, evidências de que o conhecimento do produtor

sobre qualidade do leite e controle de mastite, aliado ao tipo de equipamento utilizado e às práticas de higiene adotadas, exerce influência direta sobre a CCS do tanque, conforme demonstrado por Cortinhas et al. (2018).

Resultados apresentados por Tinini et al. (2018) reforçam essa articulação ao indicar que o controle da CCS em propriedades agroecológicas brasileiras tende a ser ineficaz quando práticas de manejo alimentar, rotinas de ordenha e cuidados com a saúde geral da glândula mamária não são adequadamente implementados. Esses achados mostram que a qualidade do leite não depende de um único fator, mas da interação entre saúde metabólica, sanidade do úbere, nutrição, manejo da ordenha e infraestrutura.

Em conjunto, as evidências analisadas sustentam a noção de que estratégias eficazes de controle da mastite e de melhoria da qualidade do leite devem priorizar o manejo integrado do rebanho, reduzindo a ocorrência de distúrbios metabólicos e, por consequência, a necessidade de intervenções antimicrobianas. Tal abordagem contribui simultaneamente para a sustentabilidade produtiva, para a segurança do alimento e para o uso prudente de antibióticos, alinhada as demandas regulatórias e com os princípios de produção responsável discutidos ao longo deste bloco.

2.4.3.6 CCS, CBT/CPB e o papel estruturante do manejo de mastite

Os estudos analisados indicam que a contagem de células somáticas (CCS) e as contagens bacterianas (CBT/CPB) são indicadores centrais da qualidade do leite no tanque, pois refletem a interação entre saúde do úbere e higiene do processo produtivo. Fadillah et al. (2023) enfatizam que a CCS informa primariamente sobre a ocorrência de mastite subclínica no rebanho, enquanto a CPB reflete, em maior medida, a carga bacteriana resultante das práticas de ordenha, manejo e armazenamento do leite. Martin et al. (2023) reforçam que a CBT, embora amplamente utilizada como indicador global de higiene, não discrimina, isoladamente, os grupos bacterianos mais críticos para o processamento e a vida de prateleira, como psicotróficos e formadores de esporos, exigindo abordagens analíticas mais refinadas (Tinini et al., 2018).

Do ponto de vista teórico, a dupla CCS/CBT pode ser compreendida como expressão de dois subsistemas zootécnicos interdependentes. O primeiro corresponde ao subsistema de saúde do úbere, que modula diretamente a CCS e é fortemente influenciado pelo manejo de mastite, pelas condições de alojamento, pela transição metabólica no pós-parto e pela eficácia das estratégias preventivas. O segundo refere-se ao subsistema de higiene do processo produtivo, que condiciona as contagens bacterianas por meio de práticas de preparação dos tetos, rotinas de ordenha, limpeza e desinfecção de equipamentos e eficiência da refrigeração.

Estudos práticos indicam que as fronteiras entre esses subsistemas são permeáveis. Os resultados de Cortinhas et al. (2018) e Tinini et al. (2018) demonstram que práticas como pré-dipping e pós-dipping, lavagem adequada dos tetos e uso de testes de triagem durante a ordenha impactam simultaneamente a CCS e as contagens bacterianas. Essas práticas reduzem tanto a exposição do úbere a agentes infecciosos quanto a carga inicial de microrganismos que alcança o tanque, evidenciando que o manejo de mastite atua como elemento estruturante da qualidade do leite.

Assim, CCS e CBT/_CPP não devem ser interpretadas como indicadores independentes ou redundantes, mas como métricas complementares que refletem o funcionamento integrado do sistema produtivo. A centralidade do manejo de mastite surge, nesse contexto, como eixo transversal capaz de influenciar simultaneamente saúde animal, qualidade microbiológica do leite, eficiência econômica e conformidade regulatória, sustentando a leitura sistêmica proposta ao longo deste bloco.

2.4.3.7 Infraestrutura, tecnologia e qualidade dependente de manejo

Um achado recorrente e teoricamente relevante nos estudos analisados é que a adoção de infraestrutura e tecnologia, por si só, não garante melhoria da qualidade do leite. Em Tinini et al. (2018), o grupo com melhores padrões de CCS e CBT concentra maior uso de ordenha canalizada e tanques de expansão a granel; contudo, esse desempenho está indissociavelmente ligado à adoção de rotinas mais rigorosas de manejo, incluindo maior frequência de limpeza dos equipamentos, uso sistemático de pré- e pós-dipping e secagem adequada dos tetos. A tecnologia, nesse contexto, atua como suporte a práticas consistentes, e não como fator isolado de melhoria.

De forma complementar, Cortinhas et al. (2018) evidenciam que sistemas tipicamente associados à maior tecnificação, como salas de ordenha *herringbone*, podem apresentar associação positiva com aumento da CCS quando não acompanhados de manutenção adequada e execução correta dos protocolos de limpeza. A associação observada entre o uso do protocolo alcalino-ácido e maiores contagens bacterianas após pasteurização foi interpretada pelos autores não como falha intrínseca do protocolo, mas como indicativo de implementação inadequada, envolvendo fatores como temperatura insuficiente da água, dureza excessiva ou falhas na circulação das soluções de limpeza.

Esses resultados sustentam a noção de que infraestrutura e equipamentos operam como potencializadores de práticas de manejo. Quando integrados a rotinas bem definidas de higienização, manutenção preventiva e capacitação dos ordenhadores, contribuem para a redução de CCS e contagens bacterianas. Em contraste, quando combinados a falhas operacionais e ausência de

supervisão técnica, podem amplificar riscos sanitários, favorecendo a persistência de mastite e a deterioração da qualidade microbiológica do leite.

Essa leitura está de acordo com a análise de Martin et al. (2023), que propõem redefinir a qualidade do leite a partir de uma lógica de controle de processo, aplicada ao sistema produtivo como um todo. Nessa abordagem, indicadores como CCS e CBT são integrados a informações sobre microbiota, infraestrutura e práticas de manejo em ferramentas analíticas e preditivas, deslocando o foco de testes pontuais e reativos para a gestão contínua do processo. Assim, consolida-se o conceito de qualidade do leite como um atributo emergente de sistemas nos quais tecnologia, manejo e organização do trabalho interagem de forma indissociável.

2.4.3.8 Pequenos produtores, incentivos econômicos e vulnerabilidade da qualidade

Os estudos analisados evidenciam que, em contextos de pequena escala, a qualidade do leite apresenta elevada vulnerabilidade estrutural, fortemente condicionada por incentivos econômicos, acesso ao conhecimento técnico e organização institucional da cadeia produtiva. Fadillah et al. (2023) demonstram que, em cooperativas indonésias nas quais a contagem de células somáticas (CCS) e a contagem padrão em placas (CPP) não são incorporadas à fórmula de pagamento ao produtor, os níveis médios desses indicadores permanecem elevados e aquém dos padrões internacionais. Nesses sistemas, práticas básicas de manejo, como a frequência de remoção de esterco e a participação em treinamentos sobre mastite, surgem como fatores principais da qualidade, indicando que a ausência de estímulos econômicos reduz o incentivo à adoção sistemática de boas práticas.

Situação parcialmente análoga é observada em regiões brasileiras analisadas por Tinini et al. (2018), nas quais dois dos três grupos de produtores apresentaram médias de CBT muito superiores aos limites normativos, apesar da presença de indústrias que, em discurso, valorizam elevados padrões de qualidade. A adoção menos sistemática de práticas de higiene em alguns sistemas agroecológicos ilustra como condicionantes econômicos, institucionais e ideológicos podem interferir na incorporação de tecnologias de saneamento e no controle da mastite, mesmo quando existe infraestrutura mínima disponível. Esses achados reforçam que o tipo de sistema produtivo, por si só, não explica a qualidade do leite, sendo necessário considerar o contexto de incentivos e governança da cadeia.

Do ponto de vista teórico, esses resultados apontam para a necessidade de modelos analíticos que integrem dimensões socioeconômicas e cognitivas, como conhecimento técnico, acesso à assistência e extensão rural e estrutura de incentivos de preço, às variáveis zootécnicas clássicas. O editorial de Bednarski (2024) reforça essa direção ao relacionar políticas de redução do uso de antimicrobianos à intensificação de práticas preventivas, sugerindo que mudanças regulatórias e

econômicas definidas em nível institucional repercutem diretamente sobre as estratégias de manejo adotadas “no chão da fazenda”. Assim, a qualidade do leite depende da interação entre decisões técnicas, econômicas e políticas.

2.4.3.9 Considerações Finais

A literatura analisada indica que a qualidade do leite, expressa principalmente pelos indicadores de contagem de células somáticas (CCS) e contagens bacterianas (CBT/CPB), é determinada sobretudo por características zootécnicas associadas ao manejo sanitário, às rotinas de ordenha e à infraestrutura de produção e resfriamento, mais do que por classificações amplas de “tipo de sistema produtivo” ou pelo simples atendimento a limites regulatórios formais. Em rebanhos brasileiros e indonésios, práticas relativamente simples, como a frequência de remoção de esterco, a lavagem adequada dos tetos, o uso sistemático de pré- e pós-*dipping*, a utilização de luvas, o teste de caneca, a manutenção correta dos equipamentos e a execução apropriada dos protocolos de limpeza, aparecem como determinantes críticos da qualidade higiênico-sanitária do leite (Cortinhas et al., 2018; Fadillah et al., 2023; Tinini et al., 2018).

Do ponto de vista conceitual, os trabalhos de Martin et al. (2023) e Bednarski (2024) direcionam a discussão da qualidade do leite de uma lógica estritamente normativa, centrada no cumprimento de limites legais, para uma perspectiva de gestão integrada de risco, na qual qualidade microbiológica, sanidade animal, uso racional de antimicrobianos e desempenho industrial constituem dimensões interdependentes de um mesmo sistema produtivo. Essa abordagem reforça que indicadores como CCS e CBT devem ser interpretados como sinais do funcionamento global do sistema, e não como métricas isoladas.

Entretanto, o conjunto de estudos analisados apresenta limitações relevantes. Metodologicamente, predominam delineamentos observacionais transversais, o que restringe inferências causais e deixa espaço para confundimento por variáveis não mensuradas, como perfil de assistência técnica, organização das cooperativas e capital social dos produtores. Do ponto de vista temático, observa-se relativa escassez de análises quantitativas aprofundadas sobre nutrição e manejo alimentar e suas interações com doenças metabólicas e mastite, bem como a ausência de medidas diretas e padronizadas de bem-estar animal, que podem influenciar simultaneamente CCS e contagens bacterianas.

Em resumo, os estudos revisados indicam que a qualidade do leite é resultado do sistema como um todo, resultante da interação entre saúde do úbere, nutrição, manejo, infraestrutura, conhecimento técnico e incentivos econômicos. Compreender essas interações de forma integrada cria condição necessária para o desenho de intervenções zootécnicas e tecnológicas capazes de

melhorar simultaneamente a qualidade do leite, a sustentabilidade econômica das propriedades e a segurança dos alimentos lácteos.

2.4.4 Adoção de tecnologias por produtores leiteiros

A adoção de tecnologias digitais e de precisão em sistemas leiteiros tem sido apresentada, em distintos contextos nacionais, como elemento estratégico para conciliar competitividade econômica, bem-estar animal e sustentabilidade produtiva. Ferramentas como sistemas automáticos de ordenha (AMS), sensores de atividade e ruminação, aplicativos móveis para gestão de rebanhos e dispositivos baseados em Internet das Coisas (IoT) vêm sendo incorporadas de forma gradual às rotinas produtivas, alterando processos decisórios, a organização do trabalho e a própria relação entre produtores e animais.

Ahmed et al. (2024), ao modelarem a adoção de sistemas automáticos de ordenha e tecnologias de precisão em fazendas suecas, demonstram que atitudes individuais, normas subjetivas, percepção de controle comportamental e percepção de risco exercem papel decisivo na intenção de investimento, em consonância com pressupostos da *Theory of Planned Behavior* (TPB). Resultados semelhantes são observados por Barrios et al. (2023) em sistemas leiteiros colombianos, nos quais a adoção de aplicativos móveis para gestão de rebanhos é impulsionada por fatores motivacionais internos, como melhoria da produtividade, rentabilidade e organização da informação, e por fatores externos, como acesso à assistência técnica, financiamento e adequação às demandas do ambiente produtivo.

No contexto brasileiro, Silvi et al. (2021), analisando 378 fazendas leiteiras, demonstram que a adoção de tecnologias de precisão está fundamentada em critérios funcionais, como suporte técnico disponível, retorno esperado sobre o investimento, facilidade de uso, custo inicial e compatibilidade com outros sistemas de gestão. Ao mesmo tempo, o estudo revela barreiras recorrentes, incluindo incerteza quanto ao retorno econômico, necessidade de investimentos concorrentes na propriedade e dificuldades de integração entre diferentes plataformas tecnológicas.

Uma dimensão complementar é explorada por von Keyserlingk et al. (2024), que, a partir de abordagem qualitativa com produtores canadenses, discutem como tecnologias como AMS, sensores e biotecnologias reconfiguram o manejo cotidiano e a relação humano-animal. Embora os produtores reconheçam benefícios associados à melhoria das condições de trabalho e da eficiência, passam a existir preocupações relacionadas à redução do contato direto com as vacas, à sobrecarga informacional e à capacidade de interpretar grandes volumes de dados gerados pelos sistemas.

Avançando na integração teórica desses achados, Langer et al. (2024) propõem um modelo comportamental que combina o Technology Acceptance Model (TAM), a Theory of Planned Behavior (TPB) e o Model of Goal-Directed Behavior (MGB) para explicar a aceitação de sensores IoT de monitoramento da saúde de vacas em fazendas alemãs. Os autores demonstram que, além de crenças cognitivas como utilidade percebida e controle percebido, fatores emocionais antecipados e o conceito de “desejo” exercem influência significativa sobre a intenção de uso, em interação com barreiras econômicas e incertezas quanto ao desempenho dos sensores.

Em síntese, o estado da arte define um foco em que a adoção de tecnologias por produtores de leite é compreendida como um fenômeno multidimensional, situado na interface entre economia, psicologia, organização do trabalho e ética da produção animal. Os estudos analisados convergem ao indicar que a aceitação de tecnologias digitais e de precisão depende não apenas de sua eficiência técnica, mas também de fatores como percepção de utilidade, facilidade de uso, suporte institucional, alinhamento com valores do produtor e capacidade de integração às rotinas produtivas existentes. Essa leitura integrada fornece base teórica consistente para analisar a adoção de dispositivos IoT no monitoramento da mastite e da qualidade do leite no contexto da presente pesquisa.

2.4.4.1 Modelos sociopsicológicos de adoção: TPB, redes sociais e risco percebido

Ahmed et al. (2024) adotam a *Theory of Planned Behavior* (TPB) como estrutura central para explicar a adoção de sistemas automáticos de ordenha (AMS) e de tecnologias de precisão associadas (*Precision Dairy Technologies* – PDT), ampliando o modelo clássico por meio da incorporação de dois elementos da atualidade: a participação dos produtores em redes sociais relacionadas a tecnologias digitais e a percepção de riscos associados ao uso dessas inovações.

No modelo proposto, atitudes, normas subjetivas e controle comportamental percebido influenciam a intenção de adoção, a qual atua como principal mediadora entre esses construtos cognitivos e o comportamento efetivo de adoção. Redes sociais e risco percebido exercem papel modulador sobre esses construtos, afetando tanto a formação da intenção quanto a probabilidade de adoção. A análise empírica, conduzida com 545 produtores suecos por meio de modelos generalizados de equações estruturais, indica que a intenção declarada é determinante para adoção de AMS e PDT.

Entre os construtos da TPB, a percepção de capacidade técnica, financeira e organizacional do produtor constitui fator decisivo no processo decisório. Normas subjetivas e participação em redes sociais exerceram efeitos positivos, ainda que de menor magnitude, sugerindo que a circulação social de informações, experiências e expectativas contribui para reduzir incertezas e legitimar a adoção. Em

contraste, o risco percebido mostrou efeito negativo consistente sobre atitudes, autoconfiança e intenção, reduzindo a probabilidade de adoção de AMS e PDT.

Ao integrar redes sociais e risco percebido ao TPB, o estudo evidencia que a aceitação de tecnologias de precisão não se restringe a avaliações instrumentais de custo-benefício, mas envolve julgamentos subjetivos sobre possíveis perdas relacionadas ao bem-estar animal, às condições de trabalho ou à segurança dos dados e os processos de influência social. Esses achados reforçam a necessidade de compreender a adoção tecnológica como um fenômeno socialmente mediado, no qual confiança, percepção de risco e aprendizado coletivo desempenham papel central.

2.4.4.2 Fatores motivacionais internos e externos na adoção de aplicativos móveis

Barrios et al. (2023) analisam a adoção de aplicativos móveis para gestão de rebanhos em 45 sistemas leiteiros no norte de Antioquia, Colômbia, utilizando modelagem de equações estruturais em abordagem exploratória (PLS-SEM). O estudo estrutura o processo decisório a partir de dois fatores latentes — motivação interna e motivação externa — construídos com base em itens avaliados em escala Likert que capturam diferentes razões para a adoção de aplicativos digitais.

A motivação interna é composta por variáveis relacionadas à eficiência produtiva e gerencial, incluindo melhoria da produtividade, aumento da rentabilidade, otimização da gestão da informação e redução de custos operacionais. Entre esses elementos, produtividade e rentabilidade apresentaram as maiores cargas fatoriais, indicando que expectativas de ganhos econômicos e de desempenho constituem os principais motivos da adoção. A motivação externa, por sua vez, agrega fatores contextuais, como acesso a financiamento, necessidade de adaptação ao ambiente produtivo e disponibilidade de assistência técnica.

Os resultados indicam que a adoção de aplicativos móveis é explicada predominantemente pela motivação interna, evidenciando a centralidade da utilidade percebida em termos de ganhos concretos de eficiência econômica e organizacional. Fatores externos também contribuem para a decisão de uso, embora com peso relativamente menor, atuando sobretudo como facilitadores ou moduladores do processo de adoção. Entre as variáveis individuais, destacam-se a expectativa de aumento da produtividade e o recebimento de assessoramento técnico como os fatores com maior impacto sobre o uso efetivo dos aplicativos.

Diferentemente do modelo sociopsicológico proposto por Ahmed et al. (2024), Barrios et al. (2023) não incorporam explicitamente construtos como atitudes, normas subjetivas ou controle percebido. Ainda assim, o estudo torna evidente que a aceitação de aplicativos móveis está ancorada na utilidade percebida, operacionalizada por resultados tangíveis no manejo do rebanho, no controle

de custos e na qualidade da produção. As variáveis externas, como por exemplo, financiamento, assistência técnica e exigências do ambiente produtivo, desempenham papel complementar, ao criar condições favoráveis para que essa utilidade percebida se converta em adoção efetiva.

2.4.4.3 Percepções, *clusters* de adoção e especificidades do contexto brasileiro

Silvi et al. (2021) analisam a adoção de tecnologias de precisão em 378 fazendas leiteiras brasileiras, construindo perfis de produtores a partir de variáveis estruturais e produtivas, como idade, tamanho do rebanho, sistema de produção, produtividade, número de tecnologias adotadas e características da mão de obra. A partir de análises de *cluster*, os autores identificam sete perfis distintos, que variam desde sistemas de alta produção e elevada incorporação tecnológica até sistemas baseados em pastagem, com baixa adoção de tecnologias digitais.

No que se refere ao tipo de tecnologia, observa-se maior difusão de soluções voltadas ao controle operacional da ordenha e da produção, como medidores automáticos de leite, portões inteligentes em salas de ordenha e, em menor proporção, sistemas de detecção de mastite, medidores de atividade e sensores de temperatura corporal. Esse padrão sugere que tecnologias com aplicação direta e imediata no processo produtivo tendem a ser priorizadas, enquanto soluções mais complexas ou integradas apresentam adoção mais restrita.

As decisões de investimento são orientadas por critérios claramente pragmáticos. Os produtores atribuem maior importância à disponibilidade de suporte técnico, ao retorno esperado sobre o investimento, à facilidade de uso, ao custo inicial e à compatibilidade com softwares de gestão já existentes. Em contrapartida, os principais fatores que desestimulam novos investimentos incluem a necessidade de direcionar recursos para outros setores da propriedade, a incerteza quanto ao retorno econômico e as dificuldades de integração entre diferentes sistemas e plataformas.

Em conjunto, os resultados indicam que a adoção tecnológica no Brasil é condicionada por restrições de capital, infraestrutura de suporte e interoperabilidade, além de expectativas claras quanto à assistência técnica e à usabilidade das soluções. Os diferentes *clusters* identificados revelam trajetórias de adoção heterogêneas, nas quais escala produtiva, nível tecnológico prévio e perfil do produtor interagem para moldar padrões distintos de incorporação tecnológica. Embora o estudo não modele explicitamente construtos sociopsicológicos, seus achados convergem com a literatura internacional ao demonstrar que a adoção de tecnologias de precisão depende da combinação entre utilidade percebida, condições facilitadoras e adequação ao contexto produtivo específico.

2.4.4.4 Atitudes e significados da tecnologia: perspectivas qualitativas

Von Keyserlingk et al. (2024) adotam uma abordagem qualitativa, baseada em entrevistas semiestruturadas com 11 produtores de leite do oeste do Canadá, com o objetivo de compreender como tecnologias digitais e de precisão são interpretadas no cuidado com os animais. Por meio de análise temática, os autores identificam três eixos centrais: (i) a transformação do papel do produtor; (ii) os efeitos da tecnologia sobre a vaca e sobre a relação vaca–produtor; e (iii) a tecnologia como representação do “futuro da fazenda”.

Os produtores entrevistados relatam benefícios associados à adoção de sistemas automáticos de ordenha (AMS) e dispositivos de monitoramento, incluindo redução do esforço físico, maior flexibilidade na organização do trabalho, diminuição da dependência de mão de obra terceirizada e melhorias em indicadores de saúde do úbere. Esses ganhos são frequentemente interpretados como avanços em eficiência e sustentabilidade do sistema produtivo. Contudo, paralelamente, emergem preocupações relacionadas à diminuição do contato direto com as vacas, à sensação de distanciamento produzida pela mediação tecnológica e à dificuldade de interpretar e integrar grandes volumes de dados gerados pelos sistemas.

O estudo aborda ainda percepções sobre tecnologias genéticas, como a edição gênica. Nesse contexto, surgem dúvidas quanto aos impactos dessas tecnologias na relação humano–animal e quanto à crescente dependência de atores externos, como empresas fornecedoras de tecnologia e instâncias regulatórias no processo produtivo (von Keyserlingk et al., 2024).

A abordagem qualitativa complementa os estudos quantitativos de adoção tecnológica ao demonstrar que a aceitação não se resume a avaliações instrumentais de custo-benefício. A noção de “bom produtor” permanece associada à observação atenta dos animais e ao cuidado direto, de modo que a intermediação por sensores, algoritmos e plataformas digitais gera tensões entre eficiência técnica e valores identitários e éticos. Esses achados reforçam que a adoção de tecnologias de precisão envolve negociações simbólicas e culturais, que devem ser consideradas na análise da aceitação e do uso efetivo dessas inovações em sistemas leiteiros.

2.4.4.5 Aceitação de sensores IoT: integração de modelos e papel das emoções

Langer et al. (2024) investigam a aceitação de sensores IoT, dentre os quais as coleiras e sensores ruminais para monitoramento da saúde de vacas, em uma amostra de 212 produtores alemães, propondo um modelo comportamental integrativo que combina o *Technology Acceptance Model* (TAM), a *Theory of Planned Behavior* (TPB) e o *Model of Goal-Directed Behavior* (MGB). Nesse

enquadramento, a aceitação é concebida como uma etapa anterior à adoção efetiva, inserida em um fluxo de diferentes níveis de aceitação que interagem a fim de formar a intenção de uso.

Os resultados, estimados por meio de modelagem de equações estruturais via PLS-SEM, indicam que atitudes favoráveis e o controle comportamental percebido exercem efeitos positivos na utilização de sensores IoT. A utilidade percebida influencia positivamente sobre as atitudes, enquanto a facilidade de uso percebida não se mostrou estatisticamente significativa, sugerindo que, para esse tipo de tecnologia, os benefícios esperados superam a importância da simplicidade operacional. Diferentemente do previsto pela TPB clássica, as normas subjetivas não exibiram efeito positivo relevante, levando à rejeição da hipótese de influência normativa sobre o desejo.

A incorporação das emoções antecipadas demonstraram contribuir para o desejo de uso, adicionando um componente afetivo ao processo de aceitação. Esses achados indicam que expectativas emocionais como a satisfação, o alívio ou a confiança podem desempenhar papel decisivo na formação da intenção, especialmente em estágios iniciais de contato com sensores IoT. Adicionalmente, os autores identificam barreiras relevantes à aceitação, incluindo custos de investimento, incerteza quanto ao desempenho e à compatibilidade dos sensores, limitações de infraestrutura, como de conectividade e sobrecarga informacional, particularmente entre produtores não usuários.

Em comparação com Ahmed et al. (2024), que enfatizam normas subjetivas, redes sociais e risco percebido, o estudo de Langer et al. (2024) destaca a primazia de atitudes individuais e de fatores afetivos na aceitação de sensores IoT. Essa diferença sugere que, em tecnologias emergentes e especializadas, as normas sociais podem ter menor peso do que as experiências emocionais antecipadas e a percepção de controle, reforçando a importância de modelos integrados que considerem simultaneamente cognição, afeto e contexto no estudo da aceitação tecnológica.

2.4.4.6 Convergências entre modelos de aceitação: para além do enfoque econômico

Os estudos analisados convergem no sentido de que a adoção de tecnologias em fazendas leiteiras não pode ser compreendida exclusivamente como uma função da rentabilidade esperada ou do retorno sobre o investimento, ainda que esses elementos permaneçam relevantes no processo decisório. Evidências indicam que fatores cognitivos, afetivos e contextuais exercem papel determinante na aceitação e no uso efetivo de tecnologias digitais e de precisão.

Em Ahmed et al. (2024), a confiança do produtor em sua capacidade técnica, financeira e organizacional para operar sistemas automáticos de ordenha (AMS) e tecnologias de precisão associadas são mais efetivas sobre a adoção do que as normas subjetivas, ainda que estas também

contribuam para a formação da intenção. Mediante isso, a percepção de viabilidade prática da tecnologia pode ser mais decisiva do que a pressão social em contextos de investimento de maior complexidade.

De forma complementar, Langer et al. (2024) demonstram que a aceitação de sensores IoT para monitoramento da saúde animal constitui um processo em que as atitudes e o controle percebido influenciam o desejo de uso, mediado por emoções antecipadas. Nesse modelo, a utilidade percebida é mais relevante do que a facilidade de uso, indicando que, para tecnologias emergentes, os benefícios esperados tendem a superar preocupações operacionais iniciais.

Embora Barrios et al. (2023) e Silvi et al. (2021) não utilizem explicitamente estruturas como a TPB ou o MGB, seus achados são coerentes com essas abordagens. Ambos os estudos evidenciam que o aumento da produtividade, melhoria da rentabilidade e otimização da gestão da informação, percepções sobre suporte técnico, usabilidade e integração com sistemas existentes são determinantes para a adoção de aplicativos móveis e tecnologias de precisão. Em contrapartida, custos iniciais elevados, incertezas quanto ao retorno econômico e conflitos de investimento com outros setores da propriedade atuam como barreiras recorrentes.

Do ponto de vista teórico, essas convergências apontam para um modelo racional-econômico de adoção tecnológica. Assim, crenças sobre utilidade e desempenho (TAM) articulam-se com percepções de controle comportamental (TPB), enquanto expectativas emocionais, como a satisfação, frustração ou orgulho profissional, interferem no desejo de uso (MGB). Redes sociais, assistência técnica e suporte institucional atuam, por sua vez, como mediadores da construção de confiança e da percepção normativa. Dessa forma, a aceitação de tecnologias em sistemas leiteiros emerge da interação entre fatores econômicos, cognitivos, afetivos e contextuais, oferecendo base conceitual para a análise da adoção de sensores IoT no escopo da presente pesquisa.

2.4.4.7 Tensão entre eficiência, bem-estar animal e identidade profissional

Von Keyserlingk et al. (2024) mostram que, embora muitos produtores valorizem tecnologias capazes de reduzir o esforço físico, aumentar a flexibilidade da rotina e melhorar indicadores sanitários, emergem preocupações com a possível perda de contato sensível com as vacas e com o risco de que decisões passem a ser orientadas predominantemente por dados, em detrimento da observação direta dos animais.

Ahmed et al. (2024), incorporam a percepção de risco como dimensão central do processo de adoção. Nesse enquadramento, riscos percebidos relacionados ao conforto e à saúde animal, às condições de trabalho e à segurança da informação reduzem atitudes favoráveis, enfraquecem a

autoconfiança do produtor e diminuem a intenção de adotar sistemas automáticos de ordenha (AMS) e tecnologias de precisão associadas (PDT). Os resultados indicam que a aceitação tecnológica é sensível não apenas a benefícios esperados, mas também a julgamentos normativos sobre consequências indesejáveis.

A adoção de tecnologias de precisão reconfigura o perfil do produtor de leite. A noção de “bom produtor” passa a incorporar competências associadas à operação de sistemas complexos, à interpretação de dados e à integração de soluções digitais, sem que desapareça a expectativa de cuidado próximo, atento e intuitivo com os animais. Essa coexistência de demandas técnicas e morais influenciam atitudes, emoções antecipadas e decisões de uso.

Do ponto de vista teórico, esses resultados sugerem que modelos de adoção tecnológica em sistemas leiteiros devem incorporar as dimensões identitárias e éticas sobre o cuidado do rebanho e a preservação do bem-estar animal, considerando-os como determinantes para as atitudes, emoções e intenção de uso. Integrar essas dimensões aos modelos existentes amplia a capacidade explicativa das análises de aceitação e oferece suporte para compreender a adoção de tecnologias de precisão no contexto da produção leiteira.

2.4.4.8 Normas subjetivas, redes sociais e assistência técnica: resultados ambíguos

Os estudos apresentados divergem quanto ao papel das normas subjetivas e da influência social na adoção de tecnologias em sistemas leiteiros. Em Ahmed et al. (2024), as normas subjetivas exercem efeito positivo sobre a intenção de adotar sistemas automáticos de ordenha (AMS) e tecnologias de precisão associadas (PDT). Além disso, a participação em redes sociais relacionadas à tecnologia digital aumenta a probabilidade de adoção, indicando que a circulação de informações, experiências e avaliações entre pares e técnicos constitui um vetor relevante de difusão tecnológica.

Langer et al. (2024) observam que, no caso de sensores IoT específicos para monitoramento da saúde de vacas, o efeito das normas subjetivas sobre o desejo de uso não é estatisticamente significativo, levando à rejeição da hipótese correspondente. Esse resultado sugere que, em fases iniciais de difusão de tecnologias altamente especializadas, as referências normativas ainda não estão consolidadas, e as decisões tendem a ser guiadas predominantemente por avaliações instrumentais (utilidade percebida, controle percebido) e afetivas individuais (emoções antecipadas), mais do que pela pressão social percebida.

Essa diferença pode ser interpretada no que se refere a maturidade tecnológica e do contexto institucional. Tecnologias como AMS, já difundidas em determinados países, tendem a gerar expectativas sociais sobre seu uso, fazendo com que produtores vizinhos, técnicos, cooperativas e

redes profissionais influenciem na decisão de adoção. Por outro lado, sensores IoT emergentes, ainda restritos a nichos específicos, carecem de padrões normativos amplamente compartilhados, reduzindo a saliência das normas subjetivas no processo decisório.

Barrios et al. (2023) e Silvi et al. (2021) evidenciam o papel estruturante da assistência técnica e do suporte especializado. No caso da adoção de aplicativos móveis, o assessoramento técnico como é um motivador externo, enquanto, no contexto brasileiro, a disponibilidade de suporte técnico, a integração com outros sistemas e a infraestrutura institucional aparecem como condições críticas para a adoção de tecnologias de precisão.

Teoricamente, a influência das normas subjetivas e das redes sociais depende da tecnologia e do contexto. Assim, modelos de adoção na pecuária leiteira devem tratá-la como um fator contextual e variável, e não como um determinante fixo.

2.4.4.9 Emoções, desejo e trajetórias de adoção

A principal contribuição de Langer et al. (2024) consiste em que, a aceitação de sensores IoT para monitoramento da saúde das vacas é mediada de forma dinâmica, por emoções antecipadas e pelo conceito de desejo, que se interpõe entre atitudes e intenção de uso. No modelo proposto, o desejo atua como variável-chave na explicação da intenção, respondendo por cerca de 46% de sua variância, o que evidencia que avaliações cognitivas, por si só, são insuficientes para compreender o processo de aceitação tecnológica.

Ao articular essa perspectiva com os achados qualitativos de von Keyserlingk et al. (2024), torna-se possível interpretar as emoções antecipadas como mecanismos que catalisam ou inibem a adoção. Emoções positivas, como alívio da carga física e mental de trabalho, sensação ampliada de controle sobre o rebanho e orgulho profissional associado à modernização da fazenda, tendem a fortalecer o desejo de uso. Em contrapartida, emoções negativas, como medo de falhar no cuidado com os animais, receio de dependência excessiva de empresas de tecnologia e ansiedade frente à complexidade e ao volume de dados gerados, funcionam como freios no processo decisório, mesmo quando a utilidade percebida é elevada.

Essa abordagem permite reconceituar a adoção tecnológica não como um evento pontual, mas como uma trajetória, na qual produtores transitam por diferentes níveis de aceitação ao longo do tempo. Nesse processo, crenças sobre utilidade, controle, normas sociais e riscos são reavaliadas com base nas experiências práticas, feedbacks do sistema, interações com técnicos e pares e das emoções associadas ao uso ou ao não uso da tecnologia. As evidências de Ahmed et al. (2024), ao

demonstrarem a ligação entre intenção declarada e comportamento efetivo de adoção, reforçam a necessidade de análises que capturem essa dimensão processual.

Do ponto de vista teórico e metodológico, esses achados indicam que modelos de adoção em sistemas leiteiros devem avançar para além de delineamentos transversais centrados exclusivamente na intenção. Abordagens longitudinais, capazes de acompanhar mudanças nas crenças, emoções e experiências dos produtores ao longo do tempo, mostram-se mais adequadas para compreender as trajetórias reais de aceitação e uso de tecnologias de precisão na pecuária leiteira.

2.4.4.10 Considerações finais

A literatura sobre adoção de tecnologias por produtores leiteiros evidencia um deslocamento progressivo de abordagens centradas exclusivamente em variáveis econômicas e estruturais para modelos analíticos que incorporam, de forma mais robusta, dimensões cognitivas, emocionais, sociais e éticas. Os estudos analisados demonstram que a decisão de adotar tecnologias como sistemas automáticos de ordenha, ferramentas de precisão e sensores baseados em IoT resulta de um processo multifatorial, no qual expectativas de desempenho econômico interagem com percepções de controle, utilidade, risco, desejo e identidade profissional.

Os trabalhos de Ahmed et al. (2024) e Langer et al. (2024) fornecem evidências empíricas consistentes de que elementos oriundos da *Theory of Planned Behavior*, do *Technology Acceptance Model* e do *Model of Goal-Directed Behavior* explicam de maneira mais adequada a aceitação e a adoção tecnológica do que modelos estritamente econômicos. Em particular, o papel do controle comportamental percebido, das emoções antecipadas e do desejo reforça a compreensão da adoção como um processo dinâmico, e não como um evento pontual de investimento.

De acordo, Barrios et al. (2023) e Silvi et al. (2021) mostram que decisões concretas de investimento dependem de expectativas claras de produtividade, rentabilidade e gestão da informação, mas são fortemente moduladas por fatores contextuais, como suporte técnico, facilidade de uso, interoperabilidade entre sistemas e condições institucionais, incluindo acesso a crédito e assistência especializada. Esses achados indicam que atitudes favoráveis à tecnologia podem ser neutralizadas quando barreiras técnicas e econômicas não são adequadamente enfrentadas.

A dimensão identitária e ética, explorada qualitativamente por von Keyserlingk et al. (2024), amplia esse quadro ao evidenciar que a aceitação tecnológica está profundamente associada às concepções dos produtores sobre bem-estar animal, cuidado e boa prática de manejo. A busca por eficiência, sem perder o contato com os animais, exige mudanças no papel e na identidade do produtor. Apesar de avanços relevantes, o conjunto de estudos apresenta limitações

importantes. Predominam delineamentos transversais, recortes regionais específicos e medidas autorrelatadas de atitudes e intenções, o que restringe inferências causais e a compreensão de trajetórias de adoção ao longo do tempo. Além disso, há escassez de análises que articulem diretamente adoção tecnológica com indicadores objetivos de saúde animal, qualidade do leite e desempenho produtivo.

Do ponto de vista teórico, o estado da arte sustenta a necessidade de modelos integrados de adoção tecnológica em sistemas leiteiros, capazes de articular dimensões econômicas, psicossociais, emocionais e éticas, diferenciar tipos de tecnologia e estágios de difusão e considerar a heterogeneidade de perfis produtivos, especialmente em contextos de países em desenvolvimento. Do ponto de vista prático, os resultados indicam que políticas públicas, programas de extensão rural e estratégias de empresas de tecnologia devem ir além da oferta de equipamentos, fortalecendo redes de aprendizagem entre produtores, reduzindo percepções de risco por meio de suporte técnico contínuo e comunicando os benefícios das tecnologias de forma alinhada aos valores associados ao bem-estar animal e à qualidade de vida no trabalho rural.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa foi concebida como uma ferramenta para compreender fatores produtivos, sanitários e laboratoriais relacionados à mastite bovina em propriedades leiteiras, com foco na análise do potencial de adoção de tecnologias digitais, como dispositivos IoT voltados ao monitoramento da saúde animal. A compreensão dos fatores que influenciam a qualidade do leite e a percepção dos produtores sobre inovações tecnológicas buscou subsidiar estratégias mais eficazes de modernização do setor.

O desenvolvimento desta pesquisa foi estruturado em diferentes etapas que se complementam. Primeiramente, realizou-se uma revisão de literatura com o objetivo de compreender o comportamento da produção científica sobre características zootécnicas, a mastite bovina, a qualidade do leite e os fatores que afetam a adoção de tecnologias digitais no meio rural. Essa etapa permitiu identificar lacunas no conhecimento, estabelecer uma base teórica e orientar as fases posteriores da pesquisa.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa é de natureza aplicada, com abordagem quantitativa, e classifica-se quanto aos seus objetivos como exploratória-descritiva. O estudo visou compreender a relação entre características produtivas, sanitárias e estruturais das propriedades leiteiras, os indicadores laboratoriais da qualidade do leite (gordura, proteína, CCS e CBT) e a percepção dos produtores sobre a adoção de dispositivos baseados em Internet das Coisas (IoT) voltados à detecção de mastite.

A abordagem quantitativa foi escolhida por permitir mensurar variáveis estruturadas, identificar padrões e realizar análises estatísticas que indiquem associações relevantes entre os fatores observados (Polit & Beck, 2010; Sampieri et al., 2013). Esse tipo de abordagem proporciona maior controle sobre os fenômenos estudados, viabilizando a generalização de resultados em contextos semelhantes.

A pesquisa descritiva, por sua vez, tem como finalidade registrar e interpretar características de uma população específica, sem manipulação de variáveis independentes. É indicada quando o objetivo é construir perfis, mapear variáveis e descrever comportamentos ou estruturas sociais (Gil, 2008; Vergara, 2011). No contexto deste estudo, isso inclui tanto a caracterização das propriedades leiteiras quanto a análise de sua percepção sobre o uso de tecnologias digitais.

No que se refere aos procedimentos metodológicos, a pesquisa fundamenta-se em dados primários e secundários. Os dados primários foram obtidos por meio da aplicação de um questionário estruturado e otimizado a partir do Formulário de Diagnóstico da Propriedade Leiteira (Reis, 2017)

com perguntas fechadas voltadas à caracterização produtiva, sanitária, tecnológica e perceptiva das propriedades. Os dados secundários consistem em registros laboratoriais da qualidade do leite fornecidos por uma cooperativa, os quais incluem gordura, proteína, CCS e CBT (Boaduo, 2011).

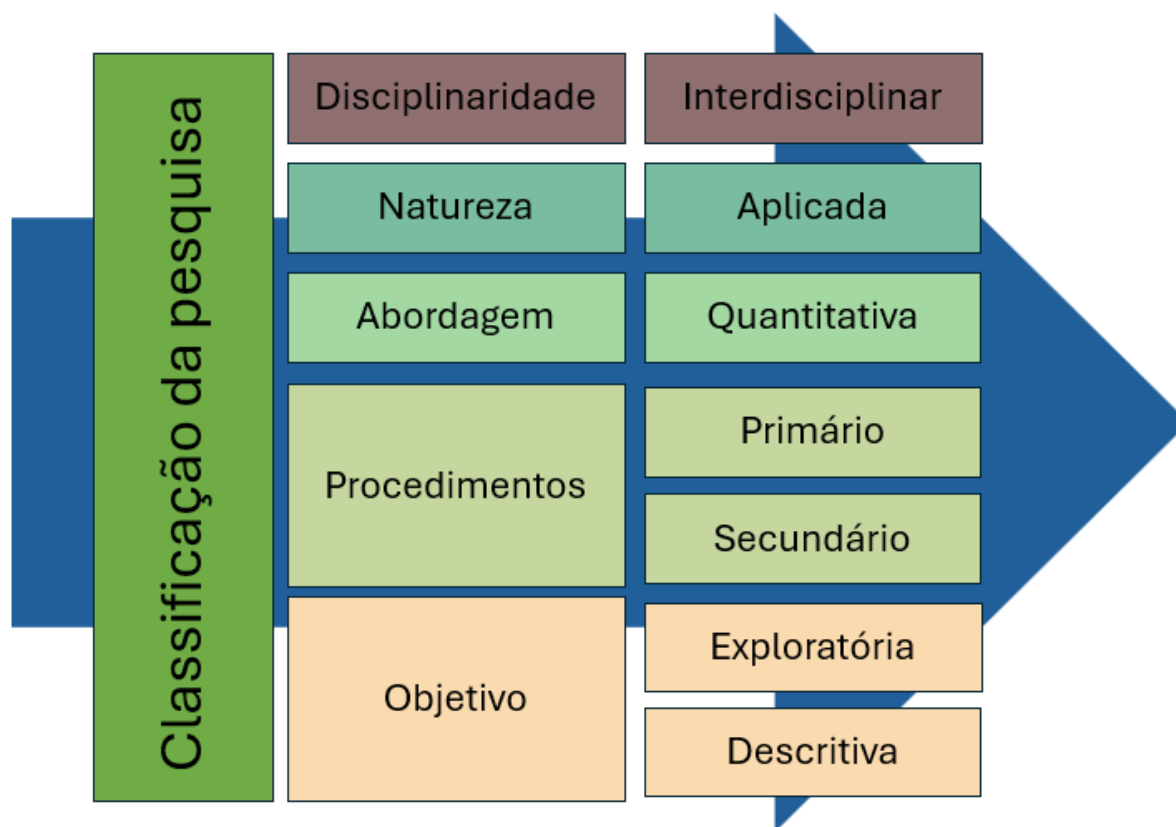
Adicionalmente, foi realizada uma revisão narrativa da literatura, com o objetivo de identificar abordagens científicas relacionadas à mastite bovina, qualidade do leite e adoção de tecnologias digitais no setor agropecuário. A revisão narrativa é indicada em estudos cujo objeto exige contextualização ampla e flexível, sendo útil para levantar questões relevantes e construir um panorama conceitual que sustente as etapas empíricas da pesquisa. Ainda que menos sistemática, essa abordagem permite explorar temas complexos e propor direções futuras para investigação (Greenhalgh et al., 2018).

Com base nesses procedimentos, o estudo buscou fornecer subsídios empíricos e teóricos que contribuam para a compreensão das condições reais de adoção de tecnologias digitais no meio rural, fortalecendo estratégias de inovação e modernização da pecuária leiteira sob uma perspectiva científica, sustentável e aplicada.

O framework apresentado na Figura 3 ilustra cada etapa desse processo, desde a definição dos objetivos de pesquisa até a coleta e análise de dados, fundamentando a abordagem quantitativa e descritiva.

Figura 3

Classificação da pesquisa



Fonte: Autor

3.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

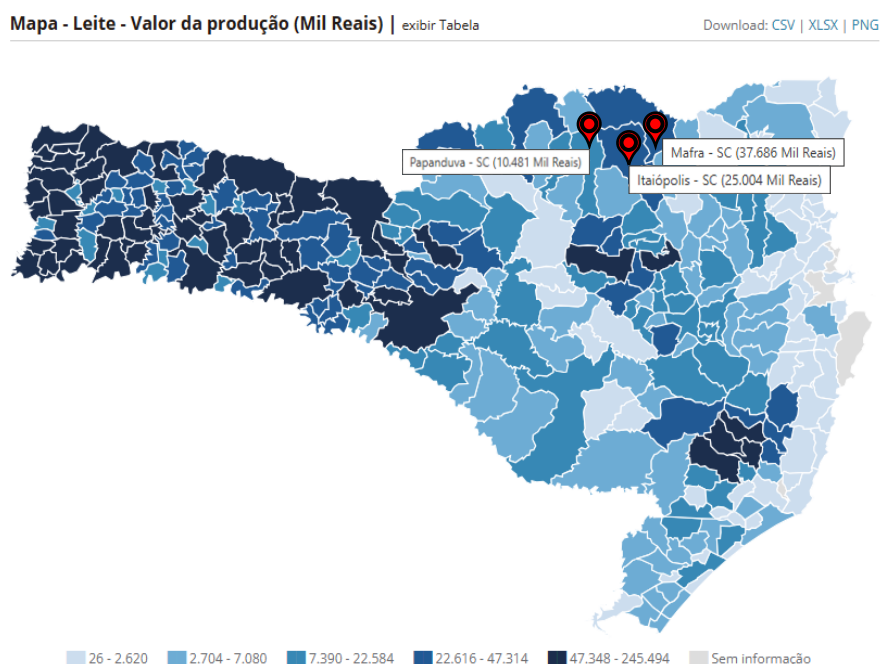
O estudo foi realizado em propriedades leiteiras localizadas na região norte do estado de Santa Catarina, em municípios cuja atividade leiteira tem expressiva representatividade econômica e social. Segundo o IBGE, a região de Mafra, Papanduva e Itaiópolis fazem parte do grupo de regiões que possuem a segunda maior participação no valor de produção do estado (Figura 4). A seleção das propriedades na região levou em consideração critérios de acessibilidade, disponibilidade de dados laboratoriais de qualidade do leite e interesse voluntário por parte dos produtores em participar da pesquisa.

No que se refere à delimitação temporal, a análise dos dados laboratoriais fornecidos concentrou-se no período compreendido entre julho de 2024 e abril de 2025, recorte definido em razão da ausência de registros históricos completos para alguns produtores participantes em anos

anteriores. A adoção desse intervalo permitiu assegurar a inclusão integral das propriedades analisadas e preservar a homogeneidade temporal necessária à comparação dos indicadores produtivos, sanitários e de qualidade do leite considerados no estudo.

Figura 4

Região de pesquisa – Mapa do leite: Valor da produção



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024).

3.2.1 Descrição do local e população em estudo

A população do estudo compreende os produtores de leite vinculados às unidades produtivas participantes. A amostra foi definida por conveniência e inclui 35 propriedades. O número de questionários aplicados foi de 20 questionários, sendo um questionário por propriedade.

As propriedades apresentam diferentes sistemas de produção (pasto, semi-confinamento ou confinamento), distintos graus de mecanização e variados níveis de acesso a tecnologias digitais. As informações sobre estrutura, manejo, produtividade, qualidade do leite e interesse em tecnologias foram obtidas por meio de um questionário estruturado, adaptado e otimizado a partir do modelo utilizado em pesquisas da Universidade Federal de Lavras (UFLA/Lavras) e aplicado presencialmente.

Para fins de análise complementar, foram considerados os dados laboratoriais rotineiramente gerados pelas propriedades, referentes a gordura, proteína, contagem de células somáticas (CCS) e contagem bacteriana total (CBT). Esses dados são fundamentais para avaliar a qualidade do leite e compreender sua relação com o perfil sanitário e tecnológico das propriedades.

O público-alvo da pesquisa inclui produtores com atuação direta no manejo do rebanho, preferencialmente os responsáveis por decisões técnicas e operacionais. A diversidade entre as propriedades e os perfis produtivos foi considerada uma oportunidade para identificar padrões e fatores associados ao potencial de adoção de dispositivos IoT voltados à detecção de mastite bovina.

3.2.2 Cálculo do tamanho de amostra e processo de amostragem

O presente estudo adota uma amostragem não probabilística por conveniência, considerando propriedades leiteiras que possuam dados laboratoriais recentes de qualidade do leite e que concordem voluntariamente em participar da pesquisa.

Dada a natureza exploratória e descritiva da pesquisa, o tamanho da amostra foi estabelecido com base em critérios de viabilidade, diversidade produtiva e representatividade inicial para análises relacionais. O número mínimo estimado de propriedades participantes é de 20 unidades, número considerado suficiente para estudos de caráter exploratório que visam identificar padrões, relações e possíveis associações entre variáveis produtivas, sanitárias e tecnológicas (Sampieri et al., 2013).

3.2.3 Etapas da pesquisa

Para realizar o estudo e alcançar o objetivo proposto nesta pesquisa, foram seguidas as etapas apresentadas na Figura 5. Essas etapas foram determinadas de acordo com os métodos selecionados, os quais foram definidos especificamente para atingir os objetivos particulares deste trabalho.

Figura 5

Etapas de pesquisa



Fonte: Autor

A Etapa 1 – Revisão de Literatura e levantamento teórico, desenvolvida entre fevereiro e setembro de 2024, abrangeu a análise de estudos nacionais e internacionais sobre pecuária leiteira, qualidade do leite, mastite bovina e o uso de tecnologias digitais na saúde animal, com foco nos dispositivos de Internet das Coisas (IoT) aplicados ao diagnóstico precoce. Nesse período, foram realizadas buscas sistemáticas em bases de dados científicas como Periódicos CAPES, *Web of Science*, *Agris*, *IEEX*, *Scopus*. A estruturação teórica do projeto foi realizada paralelamente com a revisão sendo elaborado a justificativa, definição dos objetivos e formulação do problema de pesquisa. A revisão teve caráter narrativo e para apoiar o processo de triagem, seleção e organização das referências, foram utilizadas as plataformas Rayyan, empregada na seleção dos artigos científicos, e Zotero, para o gerenciamento e formatação das citações e referências bibliográficas de acordo com as normas da APA. O estudo permitiu compreender a relevância econômica e social do setor leiteiro, os desafios relacionados à eficiência produtiva e à sustentabilidade, e a importância da detecção precoce da mastite, que é uma das principais causas de prejuízos na atividade. Também foram identificadas outras inovações do setor, como dispositivos eletrônicos com sensores acoplados que coletam parâmetros como PH, temperatura, localização geográfica e sistemas inteligentes de monitoramento, que favorecem o bem-estar animal e a gestão sustentável. Dessa forma, essa etapa evidenciou lacunas sobre a adoção prática das tecnologias IoT e a percepção dos produtores, servindo como base conceitual e metodológica para as etapas subsequentes da pesquisa.

A Etapa 2 – Adaptação e Otimização do Questionário, realizada entre outubro de 2024 e fevereiro de 2025, teve como objetivo desenvolver e adequar o instrumento de coleta de dados utilizado para o diagnóstico das propriedades leiteiras. Nessa fase, o questionário original, elaborado pelo Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Lavras (UFLA), foi analisado e adaptado à realidade regional das propriedades participantes, considerando aspectos produtivos, estruturais, sanitários, tecnológicos e adesão ao questionário. O processo envolveu a revisão das variáveis investigadas, redução de perguntas que possuem baixa ou nenhuma relação direta com o diagnóstico da mastite, inclusão de indicadores específicos sobre a adoção de tecnologias IoT e a percepção dos produtores sobre dispositivo de diagnóstico da mastite. Além disso, foram realizados ajustes na linguagem e na organização das perguntas, a fim de aderir às metas do presente estudo. Essa etapa foi importante para garantir a validade e a aplicabilidade do instrumento, assegurando que as informações coletadas refletissem as condições produtivas e o potencial de adoção tecnológica das propriedades avaliadas.

A Etapa 3 – Seleção das Propriedades Participantes compreendeu a definição das unidades produtivas investigadas na pesquisa, considerando critérios de adesão voluntária dos produtores de

leite e disponibilidade dos exames laboratoriais das propriedades, realizados periodicamente pela cooperativa. Essa etapa assegurou a representatividade dos diferentes perfis produtivos e estruturais, permitindo análises comparativas entre os sistemas avaliados. O processo de seleção ocorreu entre fevereiro e setembro de 2025, em articulação com a cooperativa parceira do setor leiteiro.

A Etapa 4 – Coleta de Dados foi realizada entre os dias 17 e 25 de outubro de 2025, envolvendo visitas técnicas às propriedades selecionadas. Nessa fase, foi aplicado o questionário, com foco em caracterizar as práticas de manejo, infraestrutura, sanidade, uso de tecnologias e percepção dos produtores sobre dispositivos de IoT voltados ao diagnóstico da mastite. As informações obtidas foram complementadas pelos resultados laboratoriais já disponíveis, permitindo a integração entre dados objetivos e subjetivos da produção.

A Etapa 5 – As amostras de leite utilizadas neste estudo foram coletadas pela cooperativa, diretamente do tanque de refrigeração das propriedades participantes, seguindo sua rotina operacional padronizada de coleta e análise. Em cada unidade produtiva, foram realizadas duas coletas mensais, cujas amostras foram encaminhadas para análise em laboratório especializado, com a finalidade de avaliar os principais parâmetros de qualidade do leite, incluindo a Contagem de Células Somáticas (CCS), a Contagem Bacteriana Total (CBT), bem como os teores de proteína e gordura.

No que se refere à coleta dos dados junto aos produtores, embora 35 propriedades tenham sido inicialmente consideradas elegíveis para participação na pesquisa, apenas 20 produtores foram efetivamente entrevistados. Essa limitação decorreu de dificuldades de acesso às propriedades e de restrições de disponibilidade dos produtores no período de coleta, não comprometendo, contudo, o caráter exploratório do estudo e a consistência das análises realizadas.

A Etapa 6 – Análise Estatística consistiu no tratamento e interpretação dos dados registrados na fase anterior, com o objetivo de identificar as relações entre as características produtivas, sanitárias e tecnológicas das propriedades leiteiras e os indicadores laboratoriais de qualidade do leite. Foram aplicadas técnicas estatísticas descritivas, bem como os testes Shapiro–Wilk, Levene, t de Student, U de Mann–Whitney, Exato de Fisher e Razão de Verossimilhança, utilizando softwares de análise de dados para garantir precisão e confiabilidade nos resultados. Essa etapa permitiu verificar associações entre fatores estruturais e zootécnicos das propriedades e parâmetros laboratoriais, como CCS, CBT, gordura e proteína, além de examinar a percepção dos produtores quanto à adoção de tecnologias IoT para detecção de mastite.

A Etapa 7 – Discussão e Interpretação dos Dados abrangeu a integração dos resultados obtidos com as evidências teóricas identificadas na revisão de literatura. Nessa fase, os achados estatísticos foram comparados com estudos prévios sobre pecuária leiteira, mastite bovina e dispositivos IoT, buscando compreender o contexto e as implicações práticas das correlações observadas. A discussão

ênfatiou como fatores estruturais, manejo e familiaridade tecnológica influenciam tanto a qualidade do leite quanto a viabilidade de adoção de dispositivos IoT no diagnóstico precoce da mastite. Essa etapa resultou na consolidação das conclusões do estudo e na proposição de recomendações voltadas à modernização sustentável e tecnológica da pecuária leiteira.

3.3 COLETA DE DADOS

O Formulário de Diagnóstico da Propriedade Leiteira é um instrumento original desenvolvido pelo Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Lavras (UFLA), com o objetivo de realizar um levantamento detalhado das condições estruturais, sanitárias, produtivas e de manejo em fazendas leiteiras. Trata-se de uma ferramenta técnico-científica que permite avaliar de forma sistemática os fatores que influenciam a qualidade do leite, a saúde do rebanho e a eficiência produtiva, fornecendo subsídios para a identificação de pontos críticos e o planejamento de intervenções corretivas. O formulário contempla diversos eixos de análise — como infraestrutura, manejo de ordenha, alimentação, sanidade, higiene e gestão da propriedade —, sendo amplamente utilizado em pesquisas, programas de extensão e projetos de melhoria da qualidade do leite vinculados à UFLA e a outras instituições de ensino e assistência técnica (Reis, 2017).

Para fins desta pesquisa, o instrumento passou por adaptações pontuais, com o objetivo de adequá-lo ao contexto regional das propriedades avaliadas e aos objetivos específicos do estudo. Essas adaptações envolveram ajustes semânticos em algumas questões, bem como a exclusão e reorganização de itens considerados redundantes ou não aplicáveis à realidade das propriedades participantes, sem alteração da estrutura conceitual central do formulário.

Considerando o caráter exploratório da pesquisa, o tamanho reduzido da amostra e o foco descritivo-analítico do estudo, não foi realizada análise de equivalência fatorial do instrumento adaptado. Dessa forma, os resultados obtidos a partir do questionário devem ser interpretados como indicativos de tendências e associações contextuais, não sendo passíveis de generalização estatística ampla. Essa decisão metodológica está alinhada a estudos aplicados em ambientes produtivos reais, nos quais o objetivo principal é a compreensão integrada do contexto e o suporte à tomada de decisão.

A coleta de dados desta pesquisa foi realizada entre 18 e 26 de outubro de 2025, após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UNESC conforme parecer nº 7863.100 (Anexo 1). O processo compreendeu duas etapas: aplicação do questionário estruturado durante as entrevistas com os produtores e integração com dados laboratoriais fornecidos pela cooperativa. Embora a aplicação dos questionários tenha ocorrido em outubro de 2025, as informações coletadas referem-

se a práticas estruturais e rotinas de manejo consolidadas nas propriedades, não estando restritas a um período pontual, o que garante sua compatibilidade analítica com os dados laboratoriais históricos considerados.

O questionário semiestruturado (Apêndice B), em sua versão final com 76 questões distribuídos em 6 seções, as quais são: Identificação e contexto da propriedade, Estrutura e sistema de produção, Produção e manejo zootécnico, Sanidade e manejo sanitário, Controle da qualidade do leite e Adoção tecnológica e percepção sobre inovações, foi aplicado presencialmente nas propriedades dos participantes. O tempo médio de resposta foi de aproximadamente 20 minutos.

Durante a aplicação do questionário foi respeitada a rotina e o ambiente de trabalho de cada propriedade. Quando surgiam dúvidas relacionadas aos padrões de qualidade ou procedimentos estabelecidos pela cooperativa, essas questões eram esclarecidas mediante contato via mensagens com o técnico responsável da instituição parceira, assegurando a fidedignidade das respostas e a padronização das informações coletadas.

As entrevistas buscaram compreender a percepção dos produtores sobre as práticas de manejo, os desafios da produção leiteira, o interesse e a predisposição para adoção de tecnologias digitais voltadas ao monitoramento da qualidade do leite e à detecção precoce de mastite. As conversas foram realizadas com consentimento prévio dos participantes, preservando a confidencialidade das informações.

Os dados laboratoriais secundários, referentes aos percentuais de gordura e proteína, à Contagem de Células Somáticas (CCS) e à Contagem Bacteriana Total (CBT), foram disponibilizados pela cooperativa e abrangem o período de janeiro de 2023 a abril de 2025. As coletas foram realizadas duas vezes ao mês em cada propriedade, conforme os protocolos institucionais estabelecidos pela cooperativa. No momento da captação do leite, as amostras eram coletadas diretamente do tanque de refrigeração de cada produtor, onde o leite ordenhado é armazenado até o transporte. Cada registro foi vinculado à respectiva propriedade por meio de código alfanumérico, assegurando o anonimato dos participantes e a integridade das informações analisadas.

Entretanto, foi considerado um recorte temporal compreendido entre julho de 2024 e abril de 2025. O período de 10 meses foi adotado em função da indisponibilidade de registros completos para parte dos produtores entrevistados em séries históricas anteriores, uma vez que alguns não estavam presentes ou não possuíam dados sistematizados em períodos mais antigos ou mais recentes. Sendo assim, o intervalo selecionado corresponde ao período no qual foi possível garantir a inclusão de todos os participantes da pesquisa, bem como a consistência e a comparabilidade dos dados laboratoriais de qualidade do leite com as informações obtidas por meio dos questionários estruturados.

Após o recebimento dos dados, as 400 amostras correspondentes aos produtores entrevistados foram revisadas e organizadas em planilha eletrônica no software Microsoft Excel®, procedendo-se à verificação de inconsistências, ao tratamento dos dados e à padronização das informações, assegurando rastreabilidade para as etapas analíticas subsequentes.

3.4 ANÁLISE DE DADOS

3.4.1 Definição das variáveis e seus indicadores

As variáveis da pesquisa foram agrupadas em variáveis independentes e em variáveis dependentes. As variáveis independentes correspondem às características estruturais, produtivas e sanitárias das propriedades leiteiras, coletadas por meio do questionário estruturado, as quais são: Sistema de produção (pasto, semi-confinamento, confinamento); Volume médio diário de produção; Número de vacas em lactação; Frequência de ordenha; Práticas de manejo sanitário; Presença de tecnologias de apoio à gestão e à ordenha; Perfil tecnológico (grau de digitalização da propriedade).

As variáveis dependentes compreenderam os Dados laboratoriais de qualidade do leite: gordura (%), proteína (%), contagem de células somáticas (CCS), contagem bacteriana total (CBT); e, o Nível de interesse e percepção do produtor sobre o uso de dispositivos IoT para mastite, medido por meio de perguntas com escalas categóricas, como por exemplo, muito interessado, interessado, pouco interessado, não interessado.

3.4.2 Tratamento e operacionalização das variáveis

A operacionalização dos indicadores laboratoriais seguiu parâmetros técnicos descritos na literatura científica e em normativas de qualidade do leite. Para a Contagem de Células Somáticas (CCS), adotou-se como ponto de corte o valor ≥ 200.000 células/mL, referência amplamente utilizada como indicativa de provável infecção intramamária e, portanto, associada à mastite subclínica (Fernandes et al. 2021). Valores acima desse limite apresentam forte correlação com a presença de processo inflamatório na glândula mamária, sendo amplamente empregados em estudos epidemiológicos como critério de suspeita.

Para a Contagem Bacteriana Total (CBT), foi considerado como referência o limite de 100.000 UFC/mL, parâmetro adotado em mercados internacionais como indicador de elevada qualidade microbiológica do leite e frequentemente utilizado como referência técnica em estudos científicos (Visciano et al., 2022). Embora, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2018), a Instrução Normativa nº 76 estabelece os parâmetros microbiológicos e de identidade e

qualidade para o leite cru refrigerado no Brasil, admita limites superiores, o valor de 100.000 UFC/mL foi utilizado como referência comparativa de qualidade tecnológica.

Em relação aos parâmetros composicionais, valores de gordura $\leq 3,0\%$ e proteína $\leq 2,9\%$ foram considerados indicativos de possível desvio em relação aos padrões médios esperados para leite bovino, os quais usualmente se situam acima desses patamares em condições normais de manejo e nutrição.

Entretanto, para a construção do indicador “suspeita de mastite subclínica no período”, foi utilizada exclusivamente a CCS como variável definidora. Essa decisão metodológica fundamenta-se no fato de que a CCS é reconhecida como o principal marcador indireto de inflamação intramamária, apresentando associação direta com a resposta imunológica do úbere. Diferentemente da CBT, que reflete predominantemente condições de higiene e manejo do processo de ordenha e armazenamento, e dos teores de gordura e proteína, que podem variar por fatores nutricionais, genéticos e metabólicos, a CCS constitui indicador mais específico da condição sanitária da glândula mamária.

Assim, sempre que uma coleta apresentou $CCS \geq 200.000$ células/mL, o registro foi contabilizado como um episódio de suspeita de mastite subclínica. A partir da soma desses episódios ao longo do período analisado, obteve-se o número total de suspeitas por propriedade.

Posteriormente, essa variável foi categorizada em dois grupos com base na mediana da distribuição observada na amostra (17 ocorrências), resultando nas categorias < 17 e ≥ 17 suspeitas. Esse procedimento permitiu a formação de grupos de tamanho equivalente ($n = 10$), favorecendo a comparabilidade estatística entre propriedades com menor e maior frequência de episódios suspeitos no período analisado.

3.4.3 Procedimentos e ferramentas estatísticas

A análise estatística foi conduzida considerando o tipo e a distribuição das variáveis disponíveis. Para variáveis categóricas, a comparação entre proporções nos dois grupos de suspeitas de mastite (< 17 e ≥ 17 casos) foi realizada com o teste Exato de Fisher, conforme indicado em múltiplas tabelas (7, 9, 10 e 11), especialmente nos casos em que o número de observações por categoria era reduzido. Para variáveis com mais de dois níveis e que exigiam verificação da razão entre proporções, foi utilizado o teste de Razão de Verossimilhança, também indicado nas tabelas (7, 9 e 10).

Para as variáveis quantitativas, como número de vacas em lactação, volume diário produzido e quantidade total de animais, procedeu-se à comparação entre os dois grupos mediante testes

adequados à distribuição dos dados. Quando a variável apresentava distribuição compatível com pressupostos paramétricos, utilizou-se o teste t de Student para amostras independentes, conforme indicado na Tabela 8. Nos casos em que a distribuição apresentava assimetria ou variabilidade elevada, empregou-se o teste U de Mann–Whitney, também referenciado na Tabela 8.

Todas as análises foram estruturadas para identificar possíveis associações entre características produtivas, estruturais e sanitárias das propriedades e a ocorrência de suspeitas de mastite subclínica. Os valores de p reportados nas tabelas foram utilizados como critério para interpretação estatística, adotando-se nível de significância de 5% para inferência.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES E DOS REBANHOS

O conjunto avaliado abrangeu 20 propriedades leiteiras, predominando sistemas de criação a pasto (60%), seguidos pelos modelos confinado e semi-confinado (20% cada). Todo o leite produzido era comercializado na forma crua, e praticamente todas as unidades utilizavam ordenha mecânica (90%), em sua maioria canalizada. A infraestrutura de ordenha apresentava regularidade na manutenção, com troca de teteiras a cada seis meses em 90% das propriedades e pressão de trabalho de 45 kPa em 85% dos casos. O intervalo entre ordenhas variou principalmente entre 11 e 12 horas, caracterizando uma rotina estável de manejo.

Tabela 6

Características estruturais das propriedades.

	n (%)
Quantidade total de amostras	n = 20
Sistema de criação predominante	
Pasto	12 (60,0)
Confinado	4 (20,0)
Semi confinado	4 (20,0)
Tipo de leite	
Leite cru	20 (100,0)
Tipo de ordenha	
Mecânica	18 (90,0)
Automática	2 (10,0)
Se mecânica, qual tipo?	n = 18
Canalizada	15 (83,3)
Balde ao pé	2 (11,1)
Sem - Canalizada	1 (5,6)
Frequência de troca das teteiras (meses)	
6 meses	18 (90,0)
12 meses	2 (10,0)
Pressão do manômetro da ordenhadeira	
40 KPa	2 (10,0)
45 KPa	17 (85,0)
65 KPa	1 (5,0)
Intervalo de Ordenhas	
10 horas	3 (15,0)
11 horas	5 (25,0)
12 horas	11 (55,0)
13 horas	1 (5,0)

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Do ponto de vista estrutural, quase todas as propriedades possuíam curral coberto com piso concretado (95%) e bebedouros (85%). A água utilizada para consumo animal e limpeza tinha origem

diversificada, sendo poço artesiano e nascentes as fontes mais comuns, embora apenas 10% realizassem tratamento da água. As práticas ambientais eram desiguais: o manejo de pastagens era realizado por 85% das unidades, ao passo que o manejo de lavouras e o uso de esterqueira eram menos frequentes.

Tabela 7

Infraestrutura, manejo hídrico e ambiental das propriedades.

	n (%)
Quantidade total de amostras	n = 20
Tipo de curral	
Coberto com piso concretado	19 (95,0)
Coberto com chão batido	1 (5,0)
Possui bebedouros	
Sim	17 (85,0)
Não	3 (15,0)
Origem da água*	
Poço artesiano	12 (60,0)
Água nascente	12 (60,0)
Água superficiais	1 (5,0)
Água é tratada?	
Sim	2 (10,0)
ETA	1 (50,0)
Cloro	1 (50,0)
Não	18 (90,0)
Manejo da fossa	
Sim	2 (10,0)
Não	18 (90,0)
Manejo do pasto	
Sim	17 (85,0)
Não	3 (15,0)
Manejo das lavouras	
Sim	5 (25,0)
Não	15 (75,0)
Manejo da esterqueira	
Sim	1 (5,0)
Não	19 (95,0)

*Um mesmo produtor poderia ter água com mais de uma origem.

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

O rebanho das propriedades apresentava predominância da raça Holandesa (90%), embora também fossem encontradas vacas Jersey (40%) e animais mestiços. A mediana do rebanho total foi de 37 animais, com 23 vacas em lactação, 5 vacas secas, além de novilhas e bezerros em quantidades menores. A produção média diária alcançou 415 litros, variando entre 125 e 1200 litros, enquanto a produtividade individual mediana foi de 20,65 litros/vaca/dia.

Tabela 8
Características produtivas dos rebanhos.

	Mediana (mín. – máx.), n (%)
Quantidade total de amostras	n = 20
Raça predominante*	
Holandesa	18 (90,0)
Jersey	8 (40,0)
Mista	3 (15,0)
Quantidade de vacas em lactação	23,00 (6,00 – 56,00)
Quantidade de vacas secas	5,00 (0,00 – 26,00)
Quantidade de bezerros	1,50 (0,00 – 42,00)
Quantidade de novilhas	1,00 (0,00 – 30,00)
Quantidade de animais	37,00 (8,00 – 105,00)
Volume diário médio de leite produzidos (litros)	415,00 (125,00 – 1200,00)
Quantidade média de leite por vaca (litros)	20,65 (12,00 – 150,00)

*Um mesmo produtor poderia ter vacas com raças predominantes distintas.

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

As práticas sanitárias demonstraram ampla adoção de medidas preventivas. O período de secagem das vacas antes do parto situou-se em 60 dias, e 75% realizavam suplementação pré-parto. A higiene da ordenha era consistente: 95% realizavam pré-dipping, principalmente com espuma, e o pós-dipping estava presente em todas as propriedades, embora com grande variedade de produtos. A limpeza dos utensílios utilizava predominantemente água quente (95%), e a secagem era feita quase sempre ao ar livre. Todas as propriedades utilizavam métodos de diagnóstico da mastite, sobretudo caneca telada, observação clínica e CMT.

Tabela 9
Práticas de manejo sanitário nas propriedades.

	Mediana (mín. – máx.), n (%)
	n = 20
Quantidade de dias que as vacas são secas antes do parto?	60 (30 – 60)
Realização suplementação pré-parto	
Sim	15 (75,0)
Não	5 (25,0)
Realiza pré-dipping?	
Sim	19 (95,0)
Não	1 (5,0)
Produto utilizado no pré-dipping	n = 19
Espuma	13 (68,4)
Água corrente	2 (10,5)
Toalha de papel	2 (10,5)
Santilizante	1 (5,3)
Delavel	1 (5,3)
Material de secagem	
Papel toalha	19 (95,0)
Secagem ao ar livre	1 (5,0)
Produto utilizado no pós-dipping	
Selante da cooperdia	4 (36,3)
Sanitizante	3 (27,3)
Barera	1 (9,1)
Espuma	1 (9,1)
Launer	1 (9,1)
Delaval	1 (9,1)
Não soube informar	9
Secagem dos utensílios	
Ao ar livre	19 (95,0)
Papel toalha	1 (5,0)
Temperatura da água usada na limpeza	
Quente	19 (95,0)
Morna	1 (5,0)
Utiliza algum método de diagnóstico de mastite	20 (100,0)
Caneca	11 (55,0)
Clínica	9 (45,0)
Teste CMT	8 (40,0)
Exames	2 (10,0)

*Um mesmo produtor poderia utilizar mais de um método de diagnóstico de mastite.

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Tabela 10

Frequência de uso de testes de diagnóstico e incidência relatada de mastite.

	n (%)
Quantidade total de amostras	n = 20
Frequência de uso do teste*	
Quando se identifica sinais	15 (78,9)
Diariamente	5 (25,0)
Semanal	1 (5,0)
Conforme necessidade	1 (5,0)
Na secagem	1 (5,0)
Incidência de suspeita de mastite no período	
Baixa	9 (45,0)
Média	8 (40,0)
Alta	3 (15,0)

*Um mesmo produtor poderia utilizar em mais de um momento.

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

Quanto ao controle sanitário geral, observou-se variação na taxa de infestação por carrapatos, distribuída entre níveis baixos e altos, enquanto a infestação por moscas e bernes era predominantemente baixa (88,8%). A vermifugação era realizada por 95% das propriedades, embora vários produtores não soubessem especificar o produto utilizado. Entre as enfermidades relatadas em bezerras, destacou-se a pneumonia, e todas as propriedades declararam realizar tratamento dos animais doentes, utilizando desde medicamentos a intervenções de manejo. Além disso, 100% das unidades relataram realizar exames de brucelose e tuberculose.

Tabela 11
Características sanitárias relacionadas a parasitas, vermifugação e doenças de bezerras

	n (%)
	n = 20
Qual a taxa de infestação de carrapatos	n = 12
Baixa	5 (41,7)
Média	2 (16,7)
Alta	5 (41,7)
Qual a taxa de infestação de mosca ou bernes	n = 18
Baixa	16 (88,8)
Média	1 (5,6)
Alta	1 (5,6)
Realiza Vermifugação	
Sim	19 (95,0)
Não	1 (5,0)
Produtos utilizados na vermifugação	n = 19
Paracur	5 (25,0)
Ripercol	2 (10,0)
Ozol	1 (5,0)
Ivermequitina	1 (5,0)
Pro-verme	1 (5,0)
Não soube informar	9
Principais doenças que afetam bezerras*	n = 8
Pneumonia	8 (40,0)
Diarreia	1 (5,0)
Vermínose	1 (5,0)
Bezerras doentes são tratadas?	n = 8
	8 (100,0)
Tipo de tratamento utilizado	n = 9
Medicação	4 (45,5)
Antibiótico	1 (11,1)
Corta curso	1 (11,1)
Probiótico	1 (11,1)
Borgal	1 (11,1)
Manejo	1 (11,1)
Frequência de exames de brucelose/tuberculose	n = 17
	17 (100,0)

*Uma bezerra poderia apresentar mais de uma doença.

Fonte: dados da pesquisa, 2025.

4.2 QUALIDADE DO LEITE E SUSPEITA DE MASTITE

A caracterização da qualidade do leite nas propriedades avaliadas fundamentou-se nos principais indicadores laboratoriais empregados para a avaliação da sanidade da glândula mamária, a saber: Contagem de Células Somáticas (CCS), Contagem Bacteriana Total (CBT) e teores de gordura e proteína. Esses parâmetros, disponibilizados pela cooperativa parceira, constituem métricas

consolidadas no monitoramento da mastite bovina e na verificação das condições higiênico-sanitárias associadas ao processo de ordenha.

Embora os componentes físico-químicos gordura e proteína não constituam, isoladamente, parâmetros diagnósticos de mastite, alterações em seus níveis podem refletir modificações metabólicas ou inflamatórias decorrentes do processo patológico. Assim, além das médias desses constituintes, registrou-se também a frequência de amostras com gordura $\leq 3\%$ e proteína $\leq 2,9\%$, com o objetivo de ampliar a interpretação da qualidade do leite e identificar potenciais repercussões da sanidade do úbere sobre sua composição.

A Tabela 12 sintetiza os indicadores laboratoriais de qualidade do leite por propriedade, já convertidos para os respectivos códigos utilizados pela cooperativa. São apresentados: número total de análises realizadas, médias de CCS, CBT, gordura e proteína, bem como a quantidade de suspeitas e não conformidades ao longo do período monitorado. Os resultados revelam heterogeneidade relevante entre as propriedades, indicando que fatores estruturais, de manejo e de higiene influenciam na qualidade do leite. Propriedades com maior frequência de suspeitas ou valores médios elevados de CCS tendem a apresentar fragilidades nos protocolos de ordenha, na infraestrutura ou na gestão sanitária do rebanho, corroborando o entendimento de que a mastite é multifatorial e sensível às condições de manejo.

Tabela 12

Caracterização da qualidade do leite e dos registros de mastite nas propriedades participantes do estudo

Código	Nº análises	Média CCS (cél/mL)	Média CBT (UFC/mL)	Média Gordura (%)	Média Proteína (%)	Suspeitas (≥200k)	Quantidade CBT (≥100k)	Quantidade Gordura (≤3%)	Quantidade Proteína (≤2,9%)
MAF01	20	152,80	9,8	3.98	3.25	4	0	0	0
MAF02	20	431,3	48,7	4,1	3.29	19	1	0	0
MAF03	20	484,9	6,5	3.76	3.23	20	0	0	0
MAF04	20	160,15	13,2	3.77	3.13	5	0	0	0
MAF05	20	404,15	18,65	3.78	3.28	20	1	0	0
MAF06	20	491,95	35,61	4,07	3.38	20	1	0	0
MAF07	20	198,2	34,1	3.88	3.14	6	2	0	0
MAF08	20	295	48,65	4,05	3.33	14	2	0	0
MAF09	20	187,55	5,75	3.99	3.27	7	0	0	0
MAF10	20	176,3	162,35	3.78	3.24	5	12	0	0
MAF11	20	198,55	5,75	3.75	3.27	10	0	0	0
MAF12	20	550,65	103,9	3.68	3.25	20	10	0	0
MAF13	20	392,45	11,35	3.84	3,30	19	0	0	0
MAF14	20	474,3	9,65	4,01	3.30	16	0	0	0
MAF15	20	464,6	143,4	3.77	3.23	20	16	0	0
MAF16	20	245,55	30,45	3.94	3.33	20	0	0	0
MAF17	20	622,90	26,4	4,16	3.26	18	1	0	0

MAF18	20	402,3	22,4	3.78	3.27	7	1	0	0
MAF19	20	365,05	11,65	3.72	3.92	8	0	0	0
MAF20	20	434,55	11,35	4	3.36	5	0	0	0

Fonte: Dados laboratoriais fornecidos pela cooperativa parceira da pesquisa (2023–2025)

No conjunto das propriedades, a suspeita de mastite subclínica foi analisada a partir da combinação entre os resultados laboratoriais e as informações relatadas pelos produtores. A incidência de mastite distribuía-se entre categorias baixa (45%), média (40%) e alta (15%), indicando predomínio dos dois primeiros níveis e menor proporção de propriedades com alta ocorrência de casos.

A Tabela 13 apresenta as características produtivas e estruturais das propriedades segundo os grupos de suspeitas. Observou-se que ambos os grupos continham propriedades com ordenha majoritariamente mecânica, instalações semelhantes e rotinas de manejo relativamente padronizadas, sem diferenças expressivas quanto ao tipo de curral, origem da água ou práticas de suplementação. Esses resultados sugerem que as condições estruturais básicas não diferiram substancialmente entre propriedades com maior ou menor quantidade de suspeitas.

Tabela 13
Características produtivas associadas à quantidade de suspeitas

	Quantidade de suspeitas de mastite, n (%)		Valor-p
	< 17, n = 10	≥ 17, n = 10	
Tipo de ordenha			
Mecânica	9 (90,0)	9 (90,0)	0,999 [†]
Automática	1 (10,0)	1 (10,0)	
Tipo de curral			
Coberto com piso concretado	10 (100,0)	9 (90,0)	0,999 [†]
Coberto com chão batido	0 (0,0)	1 (10,0)	
Origem da água			
Águas superficiais			
Sim	0 (0,0)	1 (10,0)	0,999 [†]
Não	10 (100,0)	9 (90,0)	
Nascente			
Sim	6 (60,0)	6 (60,0)	0,999 [†]
Não	40 (40,0)	4 (40,0)	
Poço artesiano			
Sim	8 (80,0)	4 (40,0)	0,170 [†]
Não	2 (20,0)	6 (60,0)	
Água tratada			
Sim	1 (10,0)	1 (10,0)	0,999 [†]
Não	9 (90,0)	9 (90,0)	
Raça predominante - Holandesa			
Sim	10 (100,0)	8 (80,0)	0,474 [†]
Não	0 (0,0)	2 (20,0)	
Raça predominante - Mista			
Sim	1 (10,0)	2 (20,0)	0,999 [†]
Não	9 (90,0)	8 (80,0)	
Raça predominante - Jersey			
Sim	3(30,0)	5(50,0)	0,650 [†]
Não	7(70,0)	5(50,0)	
Realiza suplementação pré-parto?			
Sim	9 (90,0)	6 (60,0)	0,303
Não	1 (10,0)	4 (40,0)	
Incidência de mastite			
Baixa	5 (50,0)	4 (40,0)	0,620 ^{††}
Média	3 (30,0)	5 (50,0)	
Alta	2 (20,0)	1 (10,0)	
Frequência de troca de teteiras (meses)			
6 meses	9 (90,0)	9 (90,0)	0,999 [†]
12 meses	1 (10,0)	1 (10,0)	
Pressão no manômetro de ordenhadeira (KPa)			
40	1 (10,0)	1 (10,0)	0,486 ^{††}
45	9 (90,0)	8 (80,0)	
65	0 (0,0)	1 (10,0)	

[†]Valor obtido após aplicação do teste Exato de Fisher.

^{††}Valor obtido após aplicação do teste Razão de Verossimilhança.

Fonte: Dados da pesquisa, 2025

No que se refere às variáveis quantitativas, como número de vacas em lactação, volume diário de produção e quantidade média de leite por vaca, a Tabela 14 evidencia variações entre propriedades, mas sem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. Esses resultados indicam que o porte produtivo e o desempenho médio dos animais não explicam a maior quantidade de suspeitas de mastite subclínica.

Tabela 14

Características quantitativas associadas à quantidade de suspeitas

Mediana (mín. – máx.)			
	Quantidade de suspeitas de mastite		
	< 17	≥ 17	Valor-p
	n = 10	n = 10	
Quantidade de vacas em lactação	19,50 (6,00 – 56,00)	30,00 (9,00 – 40,00)	0,349 [†]
Quantidade de vacas secas	5,00 (0,00 – 10,00)	4,50 (2,00 – 26,00)	0,796 ^{††}
Quantidade total de animais	32,50 (8,00 – 105,00)	40,50 (13,00 – 87,00)	0,393 ^{††}
Volume diário médio de leite produzido (litros)	365,00 (125,00 – 1200,00)	475,00 (150,00 – 1200,00)	0,579 ^{††}
Quantidade média de leite por vaca (litros/vaca/dia)	20,65 (12,00 – 26,00)	19,9 (13,00 – 150,00)	0,631 ^{††}

[†]Valor obtido após aplicação do teste t de Student para amostras independentes.

^{††}Valor obtido após aplicação do teste U de Mann-Whitney

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

A Tabela 15 reúne as características sanitárias das propriedades, como taxas de infestação por carrapatos e moscas, práticas de vermifugação e enfermidades de bezerras. Embora se observasse variabilidade entre propriedades, não foram identificados padrões consistentes que diferenciasssem claramente os grupos. Isso sugere que fatores sanitários gerais, ao menos aqueles registrados nesta pesquisa, não estiveram associados ao número de suspeitas.

Tabela 15
Características relacionadas a Suspeita de Mastite

	Quantidade de suspeitas de mastite, n (%)		Valor-p [†]
	< 17, n = 10	≥ 17, n = 10	
Taxa de infestação de carrapatos			
Baixa	3 (60,0)	2 (28,6)	0,408 ^{††}
Média	1 (20,0)	1 (14,3)	
Alta	1 (20,0)	4 (57,1)	
Taxa de infestação de moscas ou bernes	n = 9	n = 9	0,250 ^{††}
Baixa	8 (88,9)	8 (88,9)	
Média	0 (0,0)	1 (11,1)	
Alta	1 (11,1)	0 (0,0)	
Realiza vermifugação?	n = 10	n = 10	
Sim	10 (100,0)	9 (90,0)	0,999 [†]
Não	0 (0,0)	1 (10,0)	
Produto utilizado para vermifugação	n = 10	n = 10	
Paracur	1 (25,0)	4 (66,7)	0,224 ^{††}
Ozol	1 (25,0)	0 (0,0)	
Ivermequitina	1 (25,0)	0 (0,0)	
Pro-verme	1 (25,0)	1 (16,7)	
Ripercol	0 (0,0)	1 (16,7)	
Não soube informar	6	3	
Doenças	n = 10	n = 10	
Pneumonia			
Sim	4 (40,0)	4 (40,0)	0,999 [†]
Não	6 (60,0)	6 (60,0)	
Diarreia			
Sim	1 (100,0)	0 (0,0)	0,999 [†]
Não	9 (90,0)	10 (10,0)	
Vermínoses			
Sim	1 (10,0)	0 (0,0)	0,999 [†]
Não	9 (90,0)	10 (100,0)	
Bezerras doentes tratadas	n = 4	n = 4	
	4 (100,0)	4 (100,0)	-
Tipo de tratamento utilizado			
Antibiótico	1 (25,0)	0 (0,0)	0,164 ^{††}
Medicação	1 (25,0)	3 (60,0)	
Corta curso	1 (25,0)	0 (0,0)	
Probiotico	1 (25,0)	0 (0,0)	
Borgal	0 (0,0)	1 (20,0)	
Manejo	0 (0,0)	1 (20,0)	

[†]Valor obtido após aplicação do teste de Exato de Fisher.

^{††}Valor obtido após aplicação do teste Razão de Verossimilhança.

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

De forma semelhante, as práticas de manejo da ordenha e de higiene, como pré-dipping, pós-dipping, tipo de produto utilizado e secagem de utensílios, estiveram amplamente presentes nos dois grupos, conforme apresentado na Tabela 16. A padronização dessas práticas entre propriedades reforça a ideia de que pequenas variações operacionais ou comportamentais podem ter contribuído para as diferenças observadas entre os grupos.

Tabela 16
Práticas de manejo da ordenha relacionadas às suspeitas

	Quantidade de suspeitas de mastite, n (%)		Valor-p [†]
	< 17, n = 10	≥ 17, n = 10	
Realiza pré-dipping?			
Sim	10(100,0)	9(90,0)	0,999 [†]
Não	0(0,0)	1(10,0)	
Produto utilizado no pré-dipping			
Espuma	7 (70,0)	6 (66,7)	0,080 ^{††}
Água corrente	0 (0,0)	2 (22,2)	
Toalha de Papel	2 (20,0)	0 (0,0)	
Sanitizante	1 (10,0)	0 (0,0)	
Delavel	0 (0,0)	1 (11,1)	
Material de secagem			
Ao ar livre	1 (10,0)	0 (0,0)	0,999 [†]
Papel toalha	9 (90,0)	10 (100,0)	
Realiza pós-dipping	10 (100,0)	10 (100,0)	-
Produto utilizado no pós-dipping			
Selante de cooperdia	1 (20,0)	3 (50,0)	0,233 ^{††}
Sanitizante	1 (20,0)	2 (33,3)	
Barera	1 (20,0)	0 (0,0)	
Espuma	1 (20,0)	0 (0,0)	
Launer	1 (20,0)	0 (0,0)	
Delaval	0 (0,0)	1 (16,7)	
Não soube informar	5	4	
Secagem dos utensílios			0,999 [†]
Ao ar livre	9 (90,0)	10 (100,0)	
Papel toalha	1 (10,0)	0 (0,0)	
Temperatura da água usada na limpeza			
Morna	0 (0,0)	1 (10,0)	0,999 [†]
Quente	10 (100,0)	9 (90,0)	
Utiliza método diagnóstico de mastite?	10 (100,0)	10 (100,0)	-
Métodos diagnósticos utilizados			
Caneca Preta			
Sim	6 (60,0)	5 (50,0)	0,999 [†]
Não	4 (40,0)	5 (50,0)	
Teste CMT			
Sim	5 (50,0)	3 (30,0)	0,650 [†]
Não	5 (50,0)	7 (70,0)	
Observação Clínica			
Sim	5 (50,0)	4 (40,0)	0,999 [†]
Não	5 (50,0)	6 (60,0)	
Exames			
Sim	1 (10,0)	1 (10,0)	0,999 [†]
Não	9 (90,0)	9 (90,0)	

[†]Valor obtido após aplicação do teste de Exato de Fisher.

^{††}Valor obtido após aplicação do teste Razão de Verossimilhança.
Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Por fim, a Tabela 17 aborda aspectos de estrutura física e manejo ambiental, como presença de bebedouros no curral, manejo do esterco e utilização de água tratada. Mais uma vez, não se observaram diferenças sistemáticas entre os grupos, o que indica que a quantidade de suspeitas de mastite subclínica não se relacionou de forma direta com esses elementos estruturais.

Tabela 17

Estrutura física e manejo ambiental associados às suspeitas

	Quantidade de suspeitas de mastite, n (%)		Valor-p [†]
	< 17, n = 10	≥ 17, n = 10	
Bebedouro no curral			
Sim	10 (100,0)	7 (70,0)	0,211
Não	0 (0,0)	3 (30,0)	
Água tratada			
Sim	1 (10,0)	1 (10,0)	0,999
Estação de Tratamento de Água (ETA)	0 (0,0)	1 (100,0)	0,999
Cloro	1 (100,0)	0 (0,0)	
Não	9 (90,0)	9 (90,0)	
Manejo do esterco	10(100,0)	10 (100,0)	-
Forma de manejo do esterco			
Fossa			
Sim	2 (20,0)	0 (0,0)	0,474
Não	8 (80,0)	10 (100,0)	
Pasto			
Sim	7 (70,0)	10 (100,0)	0,211
Não	3 (30,0)	0 (0,0)	
Lavouras			0,999
Sim	3 (30,0)	2 (20,0)	
Não	7 (70,0)	8 (80,0)	
Esterqueira			
Sim	1 (10,0)	0 (0,0)	0,999
Não	9 (90,0)	10 (100,0)	

[†]Valor obtido após aplicação do teste Exato de Fisher.

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

De forma geral, os resultados evidenciam que a suspeita de mastite subclínica variou de maneira heterogênea entre propriedades com perfis produtivos, estruturais e sanitários semelhantes. Esse achado reforça a complexidade epidemiológica da mastite e ressalta a importância da CCS como indicador central para sua detecção precoce. A ausência de padrões claros entre os grupos sugere que fatores operacionais específicos, como por exemplo, a qualidade da rotina de ordenha, o tempo de

resposta a sinais iniciais e a consistência no manejo diário, podem influenciar, apesar de não ter significativa, ainda que não tenham sido completamente captados pelas variáveis analisadas. Assim, a integração entre monitoramento laboratorial contínuo, boas práticas de manejo e estratégias preventivas permanece essencial para reduzir a ocorrência de mastite subclínica e mitigar seus impactos na produção de leite.

4.3 FATORES ASSOCIADOS À QUALIDADE DO LEITE E À SUSPEITA DE MASTITE

A análise dos dados provenientes das propriedades permitiu identificar padrões relacionados às características produtivas, sanitárias, de manejo de ordenha e estruturais que podem influenciar tanto os indicadores de qualidade do leite quanto a ocorrência de suspeitas de mastite subclínica. Ainda que a maior parte das associações não tenha apresentado significância estatística, as tendências observadas oferecem subsídios importantes para compreensão dos elementos que modulam a sanidade do úbere nas condições avaliadas.

4.3.1 Fatores produtivos associados às suspeitas de mastite

As características produtivas das propriedades demonstraram comportamento semelhante entre os grupos com <17 e ≥ 17 suspeitas de mastite. Conforme a Tabela 7, não houve diferença entre os tipos de ordenha utilizados, e todas as propriedades, independentemente do número de suspeitas, apresentaram predominância de ordenha mecânica. Além disso, fatores como tipo de curral, origem da água e composição racial do rebanho não diferiram entre os grupos, indicando que tais elementos produtivos não foram determinantes isolados da ocorrência de mastite. Esse padrão sugere que, no conjunto analisado, variações produtivas amplas não explicam a discrepância entre grupos, reforçando o papel de fatores gerenciais e de rotina de manejo.

A comparação das variáveis quantitativas do rebanho, conforme Tabela 8, também não resultou em diferenças significativas. A quantidade de vacas em lactação, embora numericamente maior no grupo ≥ 17 suspeitas, não apresentou associação estatística, assim como o volume médio diário de leite e a quantidade total de animais. Esses achados indicam que o porte produtivo, por si só, não determinou maior risco de mastite. A interpretação alinhada ao conteúdo da dissertação aponta que sistemas mais extensos tendem a demandar maior controle operacional, mas, na amostra analisada, esse efeito não se manifestou de forma clara.

4.3.2 Fatores sanitários associados às suspeitas de mastite

As características sanitárias avaliadas não demonstraram associação direta com a quantidade de suspeitas de mastite, conforme a Tabela 9. Destacou-se, entretanto, que propriedades com maior número de suspeitas apresentaram proporção ligeiramente superior de infestação alta por carrapatos, enquanto o grupo com menos suspeitas estava distribuído de forma mais equilibrada entre baixa, média e alta infestação. Ainda que não estatisticamente significativo, esse padrão sugere que desafios parasitários mais intensos podem atuar como fator de estresse adicional, contribuindo indiretamente para maior vulnerabilidade à mastite.

A infestação por moscas ou bernes foram predominantemente baixa em ambos os grupos, e a vermifugação foi amplamente adotada de forma uniforme, impedindo diferenciação entre eles. Do mesmo modo, doenças em bezerras e práticas de tratamento não apresentaram comportamento distinto. Esses achados reforçam que, dentro da amostra analisada, os desafios sanitários gerais dos rebanhos foram relativamente homogêneos, o que corrobora a interpretação de que a mastite subclínica é mais sensível a fatores específicos de manejo do úbere do que a condições sanitárias amplas.

4.3.3 Fatores de manejo de ordenha e higiene associados às suspeitas de mastite

As práticas de ordenha foram uniformes entre as propriedades. A Tabela 10 indica que o pré-dipping foi adotado por quase todos os produtores, e o pós-dipping foi prática universal, sem distinção entre os grupos. Contudo, houve variação nos produtos empregados em ambas as etapas, o que pode refletir em diferenças na efetividade das rotinas higiênicas, aspecto destacado nesta dissertação como relevante para o controle da mastite. A ausência de associação estatística não elimina a possibilidade de que nuances na aplicação desses procedimentos influenciem a ocorrência de casos subclínicos.

Em relação ao diagnóstico, todos os produtores relataram utilizar algum método, porém com frequência predominantemente reativa, quando os sinais clínicos são percebidos. Essa tendência, também evidenciada na Tabela 10, sugere que a detecção precoce da mastite subclínica pode estar sendo limitada pelo uso pouco sistemático de ferramentas como o CMT, contribuindo para maior número de casos não identificados precocemente. Além disso, ajustes de equipamentos, como pressão da ordenhadeira, permaneceram semelhantes entre os grupos, embora a presença de uma propriedade com pressão de 65 KPa no grupo ≥ 17 suspeitas ilustre como pequenas variações podem afetar a saúde do úbere.

4.3.4 Fatores estruturais e ambientais associados às suspeitas de mastite

A análise das características estruturais, sintetizadas na Tabela 11, revelou poucas diferenças entre os grupos. A presença de bebedouros no curral, por exemplo, ocorreu em todas as propriedades com <17 suspeitas, mas esteve ausente em algumas do grupo ≥ 17 , sugerindo condições ambientais menos favoráveis ao bem-estar nesse grupo. A ausência de significância estatística impede conclusões definitivas, mas o padrão reforça que aspectos do microambiente de ordenha podem interferir no conforto e no comportamento das vacas, influenciando indiretamente a ocorrência de mastite.

A origem e o tratamento da água não apresentaram diferença expressiva, embora águas superficiais tenham sido registradas apenas no grupo ≥ 17 suspeitas, o que pode indicar maior exposição a fontes contaminantes. Elementos como manejo do esterco, presença de esterqueira, fossa ou uso de áreas de pasto no manejo também não mostraram diferenças relevantes. Em conjunto, esses resultados sugerem que a estrutura física das propriedades é relativamente padronizada, e que variações no risco de mastite derivam mais da rotina de manejo do que da infraestrutura em si.

Os achados da pesquisa reforçam que a ocorrência de suspeitas de mastite subclínica não se relacionou de forma decisiva com características produtivas ou sanitárias, mas sim com a variabilidade das práticas de manejo, especialmente aquelas relacionadas à higiene do úbere, padronização dos procedimentos e regularidade no diagnóstico. Esses resultados são úteis para análises subsequentes, sobretudo no tocante ao potencial de adoção de tecnologias, como a raquete digital, que podem apoiar a detecção precoce e a uniformização das rotinas de controle da mastite.

4.4 PERCEPÇÃO DOS PRODUTORES SOBRE TECNOLOGIAS DIGITAIS E DISPOSITIVOS IOT

A análise da percepção dos produtores sobre tecnologias digitais e dispositivos IoT apresentou padrões consistentes com o nível de digitalização observado nas propriedades avaliadas e com a estrutura de assistência técnica existente na região. Os resultados permitem compreender como esses fatores moldam a abertura à adoção de inovações voltadas ao diagnóstico precoce da mastite, estabelecendo uma transição direta entre os aspectos operacionais descritos na subseção anterior e os determinantes de adoção tecnológica discutidos posteriormente.

No que se refere à familiaridade, confiança e uso atual de tecnologias digitais, observou-se predominância de níveis moderados de familiaridade, acompanhados por um grupo que relatou baixa familiaridade, e apenas poucos produtores indicando alta ou muito alta familiaridade com tecnologias digitais (Tabela 13). O uso de aplicativos associados à atividade leiteira foi unânime, especialmente o

App da cooperativa, enquanto ferramentas como App+leite⁸ e ATeG Senar⁹ apresentaram menor adesão. Esses padrões sugerem que a digitalização já integra parte das rotinas produtivas, sobretudo quando as soluções são disponibilizadas pela própria cooperativa, favorecendo a percepção de utilidade e reduzindo barreiras de adoção. O conjunto de resultados apresentados nesta dissertação indica que a familiaridade tecnológica existente, ainda que intermediária, constitui um facilitador para a futura incorporação de soluções mais complexas, desde que acompanhadas de suporte adequado.

⁸ O *App+Leite* é uma ferramenta digital desenvolvida para auxiliar a gestão da pecuária leiteira, permitindo o registro e monitoramento de dados produtivos, reprodutivos e sanitários do rebanho, com o objetivo de apoiar a tomada de decisão, melhorar a eficiência produtiva e promover o controle zootécnico nas propriedades leiteiras (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2023).

⁹ O *AteG SENAR* é uma ferramenta digital voltada à gestão da pecuária leiteira que utiliza identificação individual eletrônica dos animais para registrar informações produtivas, reprodutivas e sanitárias, permitindo maior controle do rebanho, rastreabilidade e apoio à tomada de decisão nas propriedades rurais (Serviço Nacional de Aprendizagem Rural, 2023).

Tabela 18

O nível de tecnificação ou assistência técnica da propriedade interfere na frequência de suspeitas de mastite?

	Quantidade de suspeitas de Mastite, n (%)		
	< 17, n = 10	≥ 17, n = 10	Valor-p
Possui assistência técnica	10 (100,0)	10 (100,0)	-
Quem fornece assistência técnica?			
Senar			
Sim	2 (20,0)	0 (0,0)	0,474 ⁺
Não	8 (80,0)	10 (100,0)	
Cooperativa			
Sim	10 (100,0)	10 (100,0)	-
Epagri			
Sim	2 (20,0)	0 (0,0)	0,474 ⁺
Não	8 (80,0)	10 (100,0)	
Essa assistência atende às necessidades do produtor?			
Sim	9 (90,0)	8 (80,0)	0,999 ⁺
Não	1 (10,0)	2 (20,0)	
Participa de algum projeto técnico ou de extensão?			
Sim	7 (70,0)	2 (20,0)	0,070 ⁺
EPAGRI	3 (30,0)	2 (20,0)	0,246 ⁺⁺
Senar	3 (30,0)	0 (0,0)	
Programa Terra Boa	1 (10,0)	0 (0,0)	
Não	3 (30,0)	8 (80,0)	
Utiliza algum aplicativo IoT	10 (100,0)	10 (100,0)	-
Appcooperdia			
Sim	10 (100,0)	10 (100,0)	-
Appleite			
Sim	2 (20,0)	2 (20,0)	0,999 ⁺
Não	8 (80,0)	8 (80,0)	
Tag senar			
Sim	1 (10,0)	0 (0,0)	0,999 ⁺
Não	9 (90,0)	10 (100,0)	
Lab			
Sim	0 (0,0)	1 (10,0)	0,999 ⁺
Não	10 (100,0)	9 (90,0)	
Como avalia a sua familiaridade e confiança com tecnologias digitais?			
Baixa	2 (20,0)	4 (40,0)	0,408 ⁺⁺
Moderada	7 (70,0)	4 (40,0)	
Alta	1 (10,0)	1 (10,0)	
Muito alta	0 (0,0)	1 (10,0)	
Ouvir falar em tecnologias que detectam mastite automaticamente (IoT, sensores, etc.)?			
Sim	4 (40,0)	1 (10,0)	0,303 ⁺
Não	6 (60,0)	9 (90,0)	

[†]Valor obtido após aplicação do teste Exato de Fisher.

^{††}Valor obtido após aplicação do teste Razão de Verossimilhança.

Fonte: Dados da pesquisa, 2025

Quanto à assistência técnica, participação em projetos e exposição a tecnologias IoT, verificou-se que todas as propriedades recebiam assistência técnica, predominantemente da cooperativa, complementada em alguns casos por instituições públicas como Senar¹⁰ e Epagri¹¹. A maioria considerou que esse suporte atendia às suas necessidades, e parte dos produtores participou de projetos técnicos ou de extensão, embora essa participação fosse mais frequente entre unidades com menor ocorrência de suspeitas de mastite. Em contraste, o conhecimento prévio sobre tecnologias IoT para detecção automática de mastite foi limitado, com poucos produtores relatando saber da existência desse tipo de solução (Tabela 13).

A interpretação desses achados, alinhada ao conteúdo teórico da dissertação, indica que, embora exista forte presença institucional e assistência técnica regular, a difusão específica de sensores e dispositivos IoT ainda se encontra em estágio inicial. Assim, a adoção futura depende não apenas da infraestrutura disponível, mas também de estratégias de extensão que ampliem o contato direto com essas tecnologias emergentes.

No que se refere à percepção específica sobre o dispositivo IoT proposto para detecção precoce da mastite, identificou-se interesse relevante por parte dos produtores, embora dividido entre respostas afirmativas e respostas condicionadas a fatores como custo, facilidade de uso e comprovação de efetividade (Tabela 14).

¹⁰ O SENAR é uma instituição brasileira voltada à formação profissional rural, à promoção social e à assistência técnica e gerencial, com atuação na capacitação de produtores e trabalhadores do meio rural para o desenvolvimento sustentável das cadeias produtivas do agronegócio (Serviço Nacional de Aprendizagem Rural, 2023).

¹¹ A EPAGRI é uma instituição pública estadual responsável pela pesquisa agropecuária e pela extensão rural em Santa Catarina, atuando na geração, adaptação e difusão de tecnologias voltadas ao desenvolvimento sustentável do meio rural e pesqueiro (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 2023).

Tabela 19

Existe relação entre a frequência de suspeitas de mastite subclínica e o interesse em adotar tecnologias IoT de monitoramento?

	Quantidade de suspeitas de Mastite, n (%)		Valor-p [†]
	< 17, n = 10	≥ 17, n = 10	
Interesse em adotar um dispositivo IoT para detecção precoce da mastite			
Sim	4 (57,1)	4 (50,0)	0,517
Moderado	0 (0,0)	1 (12,5)	
Depende da Condição	3 (42,9)	3 (37,5)	
Escala de 1 a 5 de quanto disposto estaria a testar um dispositivo IoT para monitoramento da mastite	n = 10	n = 10	
Um	3 (30,0)	1 (10,0)	0,359
Dois	0 (0,0)	2 (20,0)	
Três	3 (30,0)	3 (30,0)	
Quatro	2 (20,0)	1 (10,0)	
Cinco	2 (20,0)	3 (30,0)	

[†]Valor obtido após aplicação do teste Razão de Verossimilhança.

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Apenas um número reduzido indicou ausência de interesse. Não foi observada associação estatística entre o interesse declarado e a quantidade de suspeitas de mastite nas propriedades, sugerindo que a predisposição à adoção depende mais do perfil tecnológico e do suporte institucional do que do nível atual de ocorrência da enfermidade. Esses padrões, em consonância com o quadro conceitual discutido na dissertação, reforçam que a aceitação de dispositivos IoT envolve tanto expectativas de utilidade quanto percepções de controle, risco e compatibilidade com rotinas já estabelecidas.

Integrando os três blocos de análise, observa-se que a percepção sobre tecnologias digitais e soluções IoT está diretamente relacionada ao estágio de digitalização das propriedades e ao papel central da assistência técnica. O uso generalizado de aplicativos institucionais contribui para desenvolver uma base mínima de competências digitais, enquanto a baixa exposição prévia a sensores demonstra que a adoção de soluções avançadas ainda depende de processos de demonstração, capacitação e acompanhamento contínuo. Esse conjunto de achados relaciona-se com a subseção 4.5,

ao evidenciar que a aceitação da raquete digital para detecção de mastite subclínica não pode ser compreendida sem considerar simultaneamente (i) o manejo e a estrutura produtiva descritos na subseção 4.3, (ii) o contexto de suporte técnico presente nas propriedades e (iii) o perfil tecnológico atual dos produtores. Esses fatores, articulados, definem as condições reais de viabilidade e difusão de tecnologias IoT no campo e estruturam as trajetórias possíveis de inovação no setor leiteiro.

4.5 RELAÇÃO ENTRE NECESSIDADE OBJETIVA E INTERESSE NA RAQUETE DIGITAL

A necessidade objetiva, conforme definida pela dissertação, foi fundamentada em indicadores sanitários e produtivos capazes de refletir a vulnerabilidade das propriedades à mastite. Essa necessidade inclui maior número de suspeitas de mastite subclínica, incidência mais elevada da doença, práticas diagnósticas predominantemente reativas e variabilidade no manejo que possa comprometer a detecção precoce. Os grupos utilizados para essa análise foram aqueles apresentados nas tabelas que comparam propriedades com <17 e ≥ 17 suspeitas de mastite subclínica e aquelas que classificam a incidência como baixa, média ou alta. Esses agrupamentos permitiram distinguir propriedades com maior pressão sanitária daquelas em situação mais controlada.

O interesse declarado na raquete digital foi examinado a partir das categorias apresentadas na Tabela 14, que descrevem respostas como “sim”, “moderado” e “depende da condição”, além da escala de disposição de 1 a 5. Observou-se que, em ambos os grupos de necessidade, propriedades manifestaram interesse direto, bem como interesse condicionado a fatores como facilidade de uso, custo e comprovação de efetividade. Também houve variação semelhante na escala de disposição entre os grupos, abrangendo desde níveis baixos até níveis elevados. De acordo com a Tabela 14, não houve associação estatística entre a frequência de suspeitas e o interesse declarado, indicando que a intensidade da necessidade sanitária não determinou de forma direta a predisposição à adoção do dispositivo IoT.

A interpretação integrada dos resultados mostra que propriedades mais afetadas pela mastite não demonstraram maior interesse na raquete digital. Isso sugere que a predisposição à adoção depende menos da necessidade sanitária imediata e mais do perfil tecnológico das propriedades, do suporte institucional e do grau de familiaridade dos produtores com soluções digitais. A dissertação destaca que, mesmo entre propriedades com maior número de suspeitas, a exposição prévia a tecnologias IoT ainda é limitada, e o diagnóstico permanece, na maioria das vezes, reativo, o que pode reduzir a percepção de utilidade imediata da inovação.

Esses achados sugerem que a aceitação de dispositivos como a raquete digital está vinculada ao estágio de digitalização das propriedades e à consolidação de rotinas de manejo que reconheçam

o valor do monitoramento contínuo. A integração entre necessidade sanitária, disponibilidade de assistência técnica e maturidade tecnológica fornece elementos essenciais para compreender a viabilidade de difusão dessa tecnologia. Esse entendimento conduz diretamente à subseção 4.6, onde são discutidas as implicações práticas e as interfaces com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, destacando como a articulação entre indicadores objetivos de saúde do rebanho e interesse tecnológico pode orientar estratégias de inovação mais efetivas no setor leiteiro.

4.6 SÍNTESE INTEGRADORA, IMPLICAÇÕES PRÁTICAS E ODS

4.6.1 Síntese integradora dos resultados

A integração dos achados das subseções 4.1 a 4.5 evidencia que o cenário produtivo estudado é composto majoritariamente por propriedades com manejo estruturado, rotinas de ordenha relativamente padronizadas e assistência técnica presente, embora heterogêneo quanto às práticas sanitárias e ao nível de digitalização. Observou-se o predomínio de sistemas a pasto, uso disseminado de ordenha mecânica e infraestrutura física estável, como currais cobertos e manutenção periódica de equipamentos. Esses elementos fornecem uma base mínima para práticas de controle de mastite, mas não impediram a variação observada nos indicadores sanitários e na ocorrência de suspeitas de mastite subclínica.

Os indicadores laboratoriais, analisados ao longo de mais de dois anos, mostraram padrões coerentes com a literatura sobre mastite: propriedades com maior ocorrência de suspeitas tendem a apresentar maior vulnerabilidade sanitária, refletida por práticas diagnósticas predominantemente reativas e variações na rotina de manejo. Embora não tenham sido identificadas associações estatísticas consistentes entre práticas específicas e a quantidade de suspeitas (Tabelas 7 a 11), os resultados qualitativos apontam que a combinação entre manejo preventivo, higiene da ordenha e infraestrutura hídrica adequada é determinante para manter a qualidade do leite. A ausência de significância estatística não invalida os padrões epidemiológicos já consolidados, mas sugere relativa homogeneidade entre as propriedades avaliadas ou número amostral limitado para discriminar tais efeitos.

A análise dos fatores produtivos mostrou que propriedades com maior número de vacas ou maior volume de leite não apresentaram relação clara com maior ou menor suspeita de mastite, indicando que o problema não é restrito a escalas produtivas específicas (Tabelas 7 e 8). Essa ausência de associação reforça que a mastite subclínica está mais ligada ao manejo diário e às condições sanitárias do ambiente do que ao tamanho do rebanho. O mesmo foi observado para práticas

sanitárias gerais, como vermifugação, manejo de bezerras e taxa de infestação de ectoparasitas (Tabela 9), que não diferenciaram os grupos com maior e menor número de suspeitas.

Em relação ao perfil tecnológico e à percepção dos produtores (subseções 4.4 e 4.5), constatou-se que, apesar da presença de aplicativos institucionais e do uso rotineiro de ferramentas digitais básicas, o conhecimento prévio sobre tecnologias IoT para detecção automática de mastite era reduzido. Ainda assim, houve interesse relevante em adotar a raquete digital, seja de modo direto ou condicionado a fatores como custo, facilidade de uso e comprovação prática. O interesse não diferiu entre propriedades com maior ou menor número de suspeitas (Tabela 14), sugerindo que a disposição para adoção tecnológica depende do nível de familiaridade digital, do suporte institucional e da percepção de utilidade atribuída à inovação, e não necessariamente da necessidade objetiva (indicadores sanitários). e mais

Portanto, no presente estudo constatou-se que o cenário produtivo é caracterizado por: (i) manejo estruturado, porém com variações que podem favorecer a mastite subclínica; (ii) indicadores de qualidade do leite compatíveis com uma realidade heterogênea e sensível a pequenas falhas no manejo; (iii) ausência de associações estatísticas robustas, mas presença de padrões epidemiológicos qualitativos; (iv) produtores interessados em tecnologias IoT, embora ainda pouco expostos; e (v) uma relação indireta entre necessidade sanitária objetiva e interesse pela inovação. Esses elementos convergem para um diagnóstico em que a mastite permanece como desafio transversal, ao mesmo tempo em que há espaço para a introdução de soluções digitais, desde que acompanhadas de suporte técnico e estratégias de demonstração.

4.6.2 Implicações práticas

Os resultados da pesquisa oferecem subsídios para orientar ações de assistência técnica, manejo sanitário e estratégias de inovação tecnológica na cadeia leiteira. A constatação de que práticas de manejo e infraestrutura apresentam relativa padronização, mas ainda convivem com diferenças importantes na higiene, no uso de produtos de pré e pós-dipping e no tratamento da água, indica que intervenções focadas em reforço de rotinas preventivas podem trazer ganhos imediatos na redução da mastite subclínica. A assistência técnica pode direcionar esforços para ampliar a frequência e qualidade da limpeza, padronizar protocolos de ordenha e fortalecer a capacidade dos produtores de interpretar sinais precoces da doença.

Como não foram observadas associações estatísticas claras entre fatores estruturais e ocorrência de suspeitas, a orientação prática deve priorizar abordagens integradas, considerando o conjunto de variáveis sanitárias, ambientais e comportamentais que influenciam a mastite. Estratégias

de monitoramento contínuo, acompanhamento das rotinas de ordenha e reforço da capacitação em manejo sanitário tornam-se necessários, especialmente pelos produtores que ainda utilizam métodos diagnósticos essencialmente reativos.

Quanto à inovação tecnológica, os resultados demonstram que a aceitação de dispositivos IoT depende da clareza quanto à sua utilidade e da compatibilidade da ferramenta com as rotinas já estabelecidas. A ausência de relação entre necessidade sanitária e interesse pela raquete digital implica que a difusão da tecnologia não ocorrerá espontaneamente nas propriedades mais afetadas, exigindo ações específicas de articulação entre cooperativa, extensionistas e produtores. Tais ações incluíram demonstrações práticas, capacitações sobre uso e interpretação dos dados, avaliações de custo-benefício em condições reais e integração da tecnologia a processos já conhecidos pelos produtores.

Para a cooperativa, os achados reforçam a importância de manter e ampliar programas de assistência técnica que incorporem tecnologias emergentes, promovendo tanto melhorias na sanidade quanto na eficiência produtiva. Para os produtores, a pesquisa indica que a adoção de tecnologias como a raquete digital deve ser vista como complemento às boas práticas de manejo e não como solução isolada, reforçando a necessidade de integração entre ferramentas digitais e controle sanitário tradicional.

4.6.3 Conexões com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Os resultados obtidos dialogam diretamente com diversos ODS, conforme já discutido na dissertação. A redução da mastite e a melhoria da qualidade do leite contribuem para o ODS 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável, ao aumentar a eficiência produtiva, reduzir perdas e favorecer práticas baseadas em prevenção. A adoção estruturada de tecnologias IoT fortalece o ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura, estimulando a modernização da pecuária e a construção de sistemas produtivos cada vez mais conectados e inteligentes.

Os achados também se relacionam ao ODS 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico, na medida em que tecnologias de detecção precoce reduzem esforço físico, otimizam rotinas de ordenha e aumentam a segurança do trabalho. Por fim, práticas de manejo mais eficientes e diagnósticos mais precisos se alinham ao ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis, ao minimizar desperdícios, reduzir descarte de leite e diminuir o uso de antibióticos, promovendo maior sustentabilidade ambiental e sanitária.

A combinação entre melhoria da saúde do rebanho, uso racional de insumos e integração digital sugere que soluções como a raquete digital podem contribuir para sistemas produtivos mais

éticos, eficientes e alinhados ao bem-estar animal, reforçando a relevância da inovação para a sustentabilidade do setor leiteiro.

A análise apresentada nesta subseção estabelece as bases conceituais e empíricas que fundamentam o capítulo de conclusão. Ao articular o perfil produtivo, a qualidade do leite, os fatores associados à mastite e a percepção tecnológica dos produtores, delineia-se a compreensão da viabilidade e das oportunidades de adoção da raquete digital, orientando as recomendações finais da pesquisa.

5 REPERCUSSÕES E CARÁTER INOVADOR DA PESQUISA

A integração entre a caracterização das propriedades leiteiras, os indicadores laboratoriais de qualidade do leite e a percepção dos produtores sobre tecnologias digitais permitiu compreender de forma abrangente os fatores que influenciam a viabilidade de adoção do dispositivo IoT destinado à detecção precoce da mastite. A análise desses elementos evidenciou o caráter inovador da pesquisa, uma vez que conecta dados objetivos (CCS, CBT, gordura e proteína) às dimensões sociotécnicas da produção, contribuindo para a transformação digital da pecuária leiteira regional. Ao explorar simultaneamente os indicadores zootécnicos e a predisposição dos produtores à inovação, o estudo oferece uma abordagem integrada podendo proporcionar uma compreensão mais ampla e contextualizada dos fatores que condicionam a adoção tecnológica no campo.

Do ponto de vista social, a pesquisa contribui para aprimorar a gestão produtiva e a sanidade do rebanho ao apoiar estratégias de detecção precoce da mastite, reduzindo perdas econômicas e promovendo o uso racional de antibióticos. Sua repercussão educacional se expressa no potencial do estudo para subsidiar ações de capacitação técnica, extensão rural e disseminação de tecnologias digitais voltadas à saúde animal e à qualidade do leite. No âmbito tecnológico, a avaliação da “raquete digital” destaca a inovação do monitoramento por condutividade elétrica e reforça a digitalização do manejo sanitário, alinhando-se às diretrizes da agricultura 4.0. Em termos econômicos, o diagnóstico precoce favorece a redução de custos com tratamentos e descarte de leite, aumentando a eficiência produtiva e o rendimento industrial. As repercussões sanitárias se manifestam no apoio a programas de vigilância, na mitigação de riscos à saúde pública e no incentivo a práticas mais seguras de uso de antibióticos.

Culturalmente, o estudo contribui para fortalecer a valorização da inovação no meio rural e ampliar a participação dos produtores na construção de soluções tecnológicas. A repercussão profissional é observada no aprimoramento das competências de produtores, veterinários e extensionistas, com impactos diretos na tomada de decisão. Em nível legal, os resultados fornecem

subsídios às discussões normativas sobre qualidade do leite, biossegurança e bem-estar animal. Ambientalmente, a redução de resíduos, do descarte de leite e do uso de antibióticos reforça práticas sustentáveis no manejo. Outras repercussões incluem o fortalecimento de cooperativas, a modernização de serviços de assistência técnica e o avanço da transformação digital no setor.

Ao sintetizar esses impactos, a pesquisa alinha-se à missão do PPGSP ao promover inovação, sustentabilidade e integração entre dimensões produtivas, sociais e ambientais, podendo contribuir para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 2, 8, 9 e 12.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como propósito caracterizar os indicadores zootécnicos das propriedades leiteiras, os parâmetros laboratoriais de qualidade do leite e a percepção dos produtores rurais sobre a adoção de um dispositivo IoT destinado à detecção precoce da mastite bovina. A relevância dessa problemática decorre do impacto econômico e sanitário da mastite, uma das enfermidades mais recorrentes e onerosas na pecuária leiteira, e da necessidade crescente de ferramentas tecnológicas que viabilizem diagnósticos rápidos, precisos e aplicáveis à realidade produtiva regional.

Os resultados obtidos pela pesquisa permitiram responder aos objetivos propostos. A caracterização das propriedades evidenciou um conjunto de práticas produtivas, estruturais e sanitárias heterogêneas, que influenciam tanto a qualidade do leite quanto a incidência de mastite. Os dados laboratoriais, em especial a Contagem de Células Somáticas, Contagem Bacteriana Total, gordura e proteína, forneceram subsídios objetivos para compreender a situação sanitária e produtiva das propriedades avaliadas, demonstrando coerência com as práticas de manejo relatadas e com a literatura científica da área. A análise integrada desses elementos confirmou a existência de relações entre infraestrutura, manejo higiênico-sanitário, características zootécnicas e indicadores de qualidade do leite, atendendo ao segundo objetivo específico do estudo.

No que se refere à percepção sobre tecnologias digitais, os produtores demonstraram diferentes níveis de familiaridade, confiança e interesse em adotar soluções inovadoras. Embora exista predisposição para testar dispositivos capazes de melhorar o monitoramento da mastite, fatores como custo, confiabilidade técnica, suporte à implementação e aderência à rotina produtiva ainda condicionam a decisão de adoção. Essas evidências permitiram alcançar o terceiro objetivo específico, esclarecendo o cenário sociotécnico que influencia a viabilidade de inserção da “raquete digital” nas propriedades avaliadas.

Do ponto de vista teórico e metodológico, a pesquisa contribui ao integrar dados objetivos de qualidade do leite a aspectos subjetivos relacionados à experiência, expectativas e receios dos produtores rurais. Essa articulação amplia a compreensão relacionada a transformação digital na pecuária leiteira, fornecendo uma abordagem interdisciplinar coerente com as diretrizes do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos. Além disso, o uso de um questionário adaptado à realidade regional, associado a dados laboratoriais fornecidos por cooperativas, constitui um avanço metodológico ao permitir um diagnóstico completo e contextualizado. Do ponto de vista prático, os resultados oferecem subsídios para estratégias de extensão rural, capacitação técnica e planejamento

de futuras ações voltadas à implementação de tecnologias para detecção precoce da mastite, reforçando o caráter inovador da pesquisa, conforme discutido no Capítulo 5.

No âmbito do Programa MAI/DAI, a pesquisa também gerou ganhos estratégicos para a empresa desenvolvedora da raquete digital. Embora não tenha sido realizado teste de campo do dispositivo, o estudo forneceu evidências técnicas e de mercado relevantes para a qualificação do produto.

A caracterização das propriedades, dos indicadores de qualidade do leite e da percepção dos produtores permitiu delimitar o perfil do público-alvo, identificar critérios, objetivos de adoção (custo, usabilidade e suporte técnico) e compreender barreiras estruturais presentes no contexto produtivo regional. Esses dados reduzem incertezas quanto ao posicionamento da tecnologia e orientam decisões relacionadas a validação futura, modelagem de negócios e estratégias de inserção no mercado.

Além disso, os resultados vinculam o dispositivo a parâmetros produtivos concretos, fortalecendo sua base técnica e ampliando a credibilidade institucional da empresa ao associar o desenvolvimento tecnológico a evidências científicas aplicadas.

Entretanto, a pesquisa apresenta algumas limitações, como dados laboratoriais provenientes de um período específico e vinculados apenas às propriedades participantes, o que restringe a generalização dos resultados. Também não foi realizada a implementação prática do dispositivo IoT, o que interfere na avaliação de desempenho real da tecnologia em campo, restringindo-se a análises de viabilidade e percepção. Além disso, fatores externos ao escopo da pesquisa, como variações sazonais, condições climáticas e disponibilidade de assistência técnica contínua, podem influenciar a incidência de mastite e a qualidade do leite.

Com base nos achados e nas limitações observadas, recomenda-se que pesquisas futuras incluam testes de campo com a “raquete digital”, permitindo validar sua acurácia diagnóstica, usabilidade, robustez operacional e impacto econômico direto. Sugere-se também ampliar a amostra de propriedades e cooperativas, incorporando diferentes níveis tecnológicos. Investigações que combinem modelos de inteligência artificial, análise de séries temporais e integração com outras variáveis do manejo podem aprimorar a precisão do diagnóstico e ampliar o potencial de adoção de sistemas IoT no ambiente rural. Por fim, destaca-se a importância de estudos que abordem processos de capacitação e mudança organizacional entre produtores, técnicos e cooperativas, dada sua relevância para a consolidação da transformação digital na pecuária leiteira.

Assim, esta dissertação busca contribuir para o avanço científico da área e para a prática profissional no campo, oferecendo um panorama das condições de adoção tecnológica e dos fatores produtivos e sanitários que influenciam a detecção precoce da mastite. Os resultados reforçam a

necessidade de abordagens capazes de articular conhecimento técnico, inovação e realidade socioeconômica das propriedades rurais, alinhando-se às demandas contemporâneas de sustentabilidade, eficiência e bem-estar animal.

REFERÊNCIAS

- Adkins, P. R. F., & Middleton, J. R. (2018). Methods for Diagnosing Mastitis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 34(3), 479–491. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.07.003>
- Ahmed, H., Ekman, L., & Lind, N. (2024). Planned behavior, social networks, and perceived risks: Understanding farmers' behavior toward precision dairy technologies. *Journal of Dairy Science*, 107(5), 2968–2982. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23861>
- Akbar, M. O., Shahbaz Khan, M. S., Ali, M. J., Hussain, A., Qaiser, G., Pasha, M., Pasha, U., Missen, M. S., & Akhtar, N. (2020). IoT for Development of Smart Dairy Farming. *Journal of Food Quality*, 2020, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2020/4242805>
- Albenzio, M., Santillo, A., Caroprese, M., Ruggieri, D., Ciliberti, M., & Sevi, A. (2012). Immune competence of the mammary gland as affected by somatic cell and pathogenic bacteria in ewes with subclinical mastitis. *Journal of Dairy Science*, 95(7), 3877–3887. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5357>
- Alemu, T. W., Santschi, D. E., Cue, R. I., & Duggavathi, R. (2023). Reproductive performance of lactating dairy cows with elevated milk β -hydroxybutyrate levels during first 6 weeks of lactation. *Journal of Dairy Science*, 106(7), 5165–5181. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22406>
- Alexandrino, B., Correia, C. A. R., Brito, L. C. M., & Minharro, S. (2015). Isolamento e sensibilidade a quimioterápicos de streptococcus spp envolvidos na mastite clínica e subclínica de bovinos da microrregião de Araguaína, Tocantins. *Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, 2(Especial), 156–170. <https://doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2015v2nespp156>
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347–2376. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- Alonso, R. S., Sittón-Candanedo, I., García, Ó., Prieto, J., & Rodríguez-González, S. (2020). An intelligent Edge-IoT platform for monitoring livestock and crops in a dairy farming scenario. *Ad Hoc Networks*, 98, 102047. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2019.102047>
- Antanaitis, R., Anskienė, L., Palubinskas, G., Rutkauskas, A., & Baumgartner, W. (2023). The Relationship between Reticuloruminal Temperature, Reticuloruminal pH, Cow Activity, and Clinical Mastitis in Dairy Cows. *Animals*, 13(13), 2134. <https://doi.org/10.3390/ani13132134>
- Argaw, A. (2016). *Review on Epidemiology of Clinical and Subclinical Mastitis on Dairy Cows*.
- Badiuzzaman, M., Samad, M., Siddiki, S., Islam, M., & Saha, S. (2016). SUBCLINICAL MASTITIS IN LACTATING COWS: COMPARISON OF FOUR SCREENING TESTS AND EFFECT OF ANIMAL FACTORS ON

ITS OCCURRENCE. *Bangladesh Journal of Veterinary Medicine*, 13(2), 41–50.

<https://doi.org/10.3329/bjvm.v13i2.26627>

Barnes-Thornton, S., Gardiner, J., & Rashid, A. (2023). The Internet of Insecure Cows—A Security Analysis of Wireless Smart Devices Used for Dairy Farming. *Proceedings of the 5th Workshop on CPS&IoT Security and Privacy*, 67–73. <https://doi.org/10.1145/3605758.3623498>

Barrios, D., Olivera-Angel, M., & Palacio, L. G. (2023). Factors associated with the adoption of mobile applications (Apps) for the management of dairy herds. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 61(4), e264382. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.264382>

Bednarski, M., & Kupczyński, R. (2024). Factors Affecting Milk Productivity, Milk Quality and Dairy Cow Health. *Animals*, 14(24), 3707. <https://doi.org/10.3390/ani14243707>

Berte, D.-R. (2018). Defining the IoT. *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*, 12(1), 118–128. <https://doi.org/10.2478/picbe-2018-0013>

Bhakat, C., Mohammad, A., Mandal, D. K., Mandal, A., Rai, S., Chatterjee, A., Ghosh, M. K., & Dutta, T. K. (2020). Readily usable strategies to control mastitis for production augmentation in dairy cattle: A review. *Veterinary World*, 13(11), 2364–2370. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2364-2370>

Bhattarai, D., Worku, T., Dad, R., Rehman, Z. U., Gong, X., & Zhang, S. (2018). Mechanism of pattern recognition receptors (PRRs) and host pathogen interplay in bovine mastitis. *Microbial Pathogenesis*, 120, 64–70. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.04.010>

Boaduo, N. A.-P. (2011). Systematic analysis and interpretation of collected data for a research study: A practical methodological framework for writing research report. *Educational Research and Reviews*, 6(2), 140–146. <https://academicjournals.org/journal/ERR/article-full-text-pdf/4AE26544561>

Bonamigo, A., Aisenberg Ferenhof, H., & Forcellini, F. A. (2017). DAIRY ECOSYSTEM BARRIERS EXPOSED - A CASE STUDY IN A FAMILY PRODUCTION UNIT AT WESTERN SANTA CATARINA, BRAZIL. *Organizações Rurais e Agroindustriais*, 19(1), 1–7. <https://doi.org/10.21714/2238-68902017v19n1p001>

Cabrera, V. E., Barrientos-Blanco, J. A., Delgado, H., & Fadul-Pacheco, L. (2020). Symposium review: Real-time continuous decision making using big data on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 103(4), 3856–3866. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17145>

Cambra Baseca, C., Sendra, S., Lloret, J., & Tomas, J. (2019). A Smart Decision System for Digital Farming. *Agronomy*, 9(5), 216. <https://doi.org/10.3390/agronomy9050216>

Candiotto, L., Missio, R. L., Campos, J. R. D. R., Soares, A. B., Candiotto, F., Severo, I. K., Franceschi, F., Elejalde, D. A. G., & Silveira, A. L. F. D. (2020). Milk quality in small farms from Southern Region of Brazil. *Ciência Rural*, 50(10), e20200337. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200337>

CAPES. (2020a). *Ata 198a Reunião Ordinária*. <https://www.gov.br/capes/...>

CAPES. (2020b). *Tabela de Áreas do Conhecimento*. <https://www.gov.br/capes/...>

CEMADEN. (2020). *Monitoramento de secas no Brasil: Relatório anual 2020*.

Castellini, G., Barello, S., & Bosio, A. C. (2023). Milk Quality Conceptualization: A Systematic Review of Consumers', Farmers', and Processing Experts' Views. *Foods*, 12(17), 3215.

<https://doi.org/10.3390/foods12173215>

Cheng, W. N., & Han, S. G. (2020). Bovine mastitis: Risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatments — A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(11), 1699–1713.

<https://doi.org/10.5713/ajas.20.0156>

Clay, N., Garnett, T., & Lorimer, J. (2020). Dairy intensification: Drivers, impacts and alternatives. *Ambio*, 49(1), 35–48. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01177-y>

Cortinhas, C. S., Botaro, B. G., De Macedo, S. N., & Dos Santos, M. V. (2018). Herd characteristics and management practices associated with bulk tank milk quality of dairy herds in southeastern Brazil.

Tropical Animal Health and Production, 50(7), 1605–1610. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1601-z>

Das, R., Sailo, L., Verma, N., Bharti, P., Saikia, J., Imtiwati, & Kumar, R. (2016). Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World*, 9(3), 260–268.

Deb, R., Kumar, A., Chakraborty, S., Verma, A. K., Tiwari, R., Dharma, K., Singh, U., & Kumar, K. (2013). Trends in Diagnosis and Control of Bovine Mastitis: A Review. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 16(23), 1653–1661. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2013.1653.1661>

Deebak, B.D., D., & Al-Turjman, F. (2020). A hybrid secure routing and monitoring mechanism in IoT-based wireless sensor networks. *Ad Hoc Networks*, 97, 102022.

<https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2019.102022>

Della Libera, A. M. M. P., Souza, F. N., Blagitz, M. G., & Batista, C. F. (2011). Avaliação de indicadores inflamatórios no diagnóstico da mastite bovina. *Arquivo do Instituto Biológico*, 78(2), 297–300.

Damasceno, R., Carrer, M. J., Vinholis, M. de M. B., & Silva, A. L. da. (2024). *Determinantes de adoção de tecnologia de agricultura digital por produtores de grãos: Uma revisão*. In Anais do Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER).

Du, Q., Ge, Y., Shan, B., Lv, Y., Huang, M., Li, C., Qi, B., & Yuan, J. (2017). Effect of electrical conductivity on the ion mobility in dielectric liquids. *2017 IEEE 19th International Conference on Dielectric Liquids (ICDL)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICDL.2017.8124612>

Duarte, C. M., Freitas, P. P., & Bexiga, R. (2015). Technological advances in bovine mastitis diagnosis: An overview. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 27(6), 665–672.

<https://doi.org/10.1177/1040638715603087>

- Ebrahimie, E., Mohammadi-Dehcheshmeh, M., Laven, R., & Petrovski, K. (2021). Rule Discovery in Milk Content towards Mastitis Diagnosis: Dealing with Farm Heterogeneity over Multiple Years through Classification Based on Associations. *Animals*, 11(6), 1638. <https://doi.org/10.3390/ani11061638>
- Egger-Danner, C., Cole, J. B., Pryce, J. E., Gengler, N., Heringstad, B., Bradley, A., & Stock, K. F. (2015). Invited review: Overview of new traits and phenotyping strategies in dairy cattle with a focus on functional traits. *Animal*, 9(2), 191–207. <https://doi.org/10.1017/S1751731114002614>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2023). *App+Leite*. Embrapa.
<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/6162/aplicativo-leite>
- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. (2023). *Sobre a Epagri*. Epagri.
<https://www.epagri.sc.gov.br/a-epagri/quem-somos/>
- FAO. (2018). *Dairy and dairy products*. OECD-FAO Outlook.
- Fadillah, A., Van Den Borne, B. H. P., Poetri, O. N., Hogeveen, H., Slijper, T., Pisestyani, H., & Schukken, Y. H. (2023). Evaluation of factors associated with bulk milk somatic cell count and total plate count in Indonesian smallholder dairy farms. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1280264.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1280264>
- Fedoroff, N. V. (2015). Food in a future of 10 billion. *Agriculture & Food Security*, 4(1), 11.
<https://doi.org/10.1186/s40066-015-0031-7>
- Feng, Y., Niu, H., Wang, F., Ivey, S. J., Wu, J. J., Qi, H., Almeida, R. A., Eda, S., & Cao, Q. (2022). SocialCattle: IoT-Based Mastitis Detection and Control Through Social Cattle Behavior Sensing in Smart Farms. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(12), 10130–10138. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2021.3122341>
- Ferrero, F. J., Valledor, M., & Campo, J. C. (2014). Screening method for early detection of mastitis in cows. *Measurement*, 47, 855–860. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.10.015>
- Fernandes, L., Guimaraes, I., Noyes, N. R., Caixeta, L. S., & Machado, V. S. (2021). Effect of subclinical mastitis detected in the first month of lactation on somatic cell count linear scores, milk yield, fertility, and culling of dairy cows in certified organic herds. *Journal of Dairy Science*, 104(2), 2140–2150. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19153>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2011). *Guide to good dairy farming practice*. FAO <https://www.fao.org/4/ba0027e/ba0027e00.htm>
- Fonseca, M., Mendonça, L. C., Souza, G. N., Cesar, D. E., Carneiro, J. C., Brito, E. C., Mendonça, J. F., Brito, M. A. V. P. E., & Guimarães, A. S. (2023). Epidemiology of mastitis and interactions of environmental factors on udder health in the compost barn system. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 75(1), 14–26. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12798>
- Fox, L. K. (2012). Mycoplasma Mastitis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 28(2), 225–237. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2012.03.007>

- Fukushima, Y., Kino, E., Furutani, A., Minamino, T., Honkawa, K., Horii, Y., & Sasaki, Y. (2022). Effect of Major Diseases on Productivity of a Large Dairy Farm in a Temperate Zone in Japan. *Dairy*, 3(4), 789–798. <https://doi.org/10.3390/dairy3040054>
- Gauly, M., & Ammer, S. (2020). Review: Challenges for dairy cow production systems arising from climate changes. *Animal*, 14, s196–s203. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003239>
- Gauly, M., Bollwein, H., Breves, G., Brügemann, K., Dänicke, S., Daş, G., Demeler, J., Hansen, H., Isselstein, J., König, S., Lohölter, M., Martinsohn, M., Meyer, U., Potthoff, M., Sanker, C., Schröder, B., Wrage, N., Meibaum, B., Von Samson-Himmelstjerna, G., ... Wrenzycki, C. (2013). Future consequences and challenges for dairy cow production systems arising from climate change in Central Europe – a review. *Animal*, 7(5), 843–859. <https://doi.org/10.1017/S1751731112002352>
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (6ª ed.). Atlas
- Gonçalves, J. L., Kamphuis, C., Martins, C. M. M. R., Barreiro, J. R., Tomazi, T., Gameiro, A. H., Hogeveen, H., & Dos Santos, M. V. (2018). Bovine subclinical mastitis reduces milk yield and economic return. *Livestock Science*, 210, 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.01.016>
- Gonzalez, F., Muiño, R., Pereira, V., Martinez, D., Castillo, C., Hernández, J., & Benedito, J. L. (2015). Milk yield and reproductive performance of dairy heifers and cows supplemented with polyunsaturated fatty acids. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50(4), 306–312. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000400006>
- Greenhalgh, T., Thorne, S., & Malterud, K. (2018). Time to challenge the spurious hierarchy of systematic over narrative reviews? *European Journal of Clinical Investigation*, 48(6), e12931. <https://doi.org/10.1111/eci.12931>
- Guimarães, J. L. B., Brito, M. A. V. P., Lange, C. C., Silva, M. R., Ribeiro, J. B., Mendonça, L. C., Mendonça, J. F. M., & Souza, G. N. (2017). Estimate of the economic impact of mastitis: A case study in a Holstein dairy herd under tropical conditions. *Preventive Veterinary Medicine*, 142, 46–50. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.04.011>
- Gusterer, E., Kanz, P., Krieger, S., Schweinzer, V., Süss, D., Lidauer, L., Kicking, F., Öhlschuster, M., Auer, W., Drillich, M., & Iwersen, M. (2020). Sensor technology to support herd health monitoring: Using rumination duration and activity measures as unspecific variables for the early detection of dairy cows with health deviations. *Theriogenology*, 157, 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.07.028>
- Hillerton, J. E. (2016). Dairy animal health – turning problems into opportunities. *Journal of Dairy Research*, 83(2), 135–135. <https://doi.org/10.1017/S0022029916000248>
- Hu, H. H., Mu, T., Zhang, Z. B., Zhang, J. X., Feng, X., Han, L. Y., Hao, F., Ma, Y. F., Jiang, Y., & Ma, Y. (2024). Genetic analysis of health traits and their associations with longevity, fertility, production, and

conformation traits in Holstein cattle. *Animal*, 18(6), 101177.

<https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101177>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2024). *Pesquisa Trimestral do Leite IBGE*.

<https://www.ibge.gov.br/...>

Jensen, D. B., Hogeveen, H., & De Vries, A. (2016). Bayesian integration of sensor information and a multivariate dynamic linear model for prediction of dairy cow mastitis. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7344–7361. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10060>

Jingar, S., Mehla, R. K., Singh, M., & Roy, A. K. (2014). Lactation Curve Pattern and Prediction of Milk Production Performance in Crossbred Cows. *Journal of Veterinary Medicine*, 2014, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2014/814768>

Kandeel, S. A., Morin, D. E., Calloway, C. D., & Constable, P. D. (2018). Association of California Mastitis Test Scores with Intramammary Infection Status in Lactating Dairy Cows Admitted to a Veterinary Teaching Hospital. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 32(1), 497–505. <https://doi.org/10.1111/jvim.14876>

Karabasanavar, N., Manjunatha, L., Jeevan, M. N., & Naveenkumar, G. S. (2021). Evaluation of Surf Field Mastitis Test (SFMT) For the Detection of Subclinical Mastitis in Dairy Cows. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, Of. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-1526>

Kerro Dego, O. (2021). Bovine Mastitis: Part I. Em F. Aral, R. Payan-Carreira, & M. Quaresma (Org.), *Animal Reproduction in Veterinary Medicine*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.93483>

Kim, H., Min, Y., & Choi, B. (2019). Real-time temperature monitoring for the early detection of mastitis in dairy cattle: Methods and case researches. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, 119–125. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.04.004>

Kirkeby, C., Toft, N., Schwarz, D., Farre, M., Nielsen, S. S., Zervens, L., Hechinger, S., & Halasa, T. (2020). Differential somatic cell count as an additional indicator for intramammary infections in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103(2), 1759–1775. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16523>

Koskinen, M. T., Holopainen, J., Pyörälä, S., Bredbacka, P., Pitkälä, A., Barkema, H. W., Bexiga, R., Roberson, J., Sølverød, L., Piccinini, R., Kelton, D., Lehmusto, H., Niskala, S., & Salmikivi, L. (2009). Analytical specificity and sensitivity of a real-time polymerase chain reaction assay for identification of bovine mastitis pathogens. *Journal of Dairy Science*, 92(3), 952–959. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1549>

Krishnakaarthik, T., Sundari, M. A., Ajeeth, R., Nandhini, K., & Vanniyaperumal, A. (2019). Dairy Farm House Monitoring based on IoT Technology. *International Journal of Engineering Research*, 7(01).

- Kulatunga, C., Shalloo, L., Donnelly, W., Robson, E., & Ivanov, S. (2017). Opportunistic Wireless Networking for Smart Dairy Farming. *IT Professional*, 19(2), 16–23.
<https://doi.org/10.1109/MITP.2017.28>
- Kumar Ghosh, K., Ul Islam, Md. F., Efaz, A. A., Chakrabarty, A., & Hossain, S. (2023). Real-Time Mastitis Detection in Livestock using Deep Learning and Machine Learning Leveraging Edge Devices. 2023 *IEEE 17th International Symposium on Medical Information and Communication Technology (ISMICT)*, 01–06. <https://doi.org/10.1109/ISMICT58261.2023.10152110>
- Kurjogi, M., Issa Mohammad, Y. H., Alghamdi, S., Abdelrahman, M., Satapute, P., & Jogaiah, S. (2019). Detection and determination of stability of the antibiotic residues in cow's milk. *PLOS ONE*, 14(10), e0223475. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223475>
- Langer, G., Schulze, H., & Kühl, S. (2024). From intentions to adoption: Investigating the attitudinal and emotional factors that drive IoT sensor use among dairy farmers. *Smart Agricultural Technology*, 7, 100404. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100404>
- Lazaro, A., Villarino, R., Pacios, M., Lazaro, M., Canellas, N., Girbau, D., & Prieto-Simon, B. (2024). Battery-Less NFC Conductivity Sensor for Bovine Mastitis Detection in Farming 4.0. *IEEE Access*, 12, 45824–45838. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3381784>
- Lima, R. S., Danielski, G. C., & Pires, A. C. S. (2018). Mastitis Detection and Prediction of Milk Composition Using Gas Sensor and Electrical Conductivity. *Food and Bioprocess Technology*, 11(3), 551–560. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-2029-6>
- Linhares, L. P., Reis, E. M. B., Lopes, M. A., Nóbile, C. B., & Oliveira, A. V. D. de. (2023). *Characterization of dairy farms in a family-farm system in the municipality of Senador Guimard, Acre State, Western Amazon*. 60(e302245092). <https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2023.302245092>
- Liu, N., Qi, J., An, X., & Wang, Y. (2023). A Review on Information Technologies Applicable to Precision Dairy Farming: Focus on Behavior, Health Monitoring, and the Precise Feeding of Dairy Cows. *Agriculture*, 13(10), 1858. <https://doi.org/10.3390/agriculture13101858>
- Lopes, M. A., Reis, E. M. B., Demeu, F. A., Bruhn, F. R. P., Lima, A. L. R., Benedicto, G. C., Costa, G. M. da, & Neto, F. B. (2019). Sanitary aspects of the herd and milk quality in family farming properties in the Western Amazon. *Ciências Agrárias*, 40(1), 179–190. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n1p179>
- Manikandababu, C. S., Surya Prakash, P., Vaishnavi, V., & Siddharth, S. (2024). Empowering Dairy Farmers IoT Milk Quality Monitoring Devices. 2024 *International Conference on Advances in Computing, Communication and Applied Informatics (ACCAI)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ACCAI61061.2024.10602406>

- Martin, N. H., Evanowski, R. L., & Wiedmann, M. (2023). Invited review: Redefining raw milk quality— Evaluation of raw milk microbiological parameters to ensure high-quality processed dairy products. *Journal of Dairy Science*, 106(3), 1502–1517. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22416>
- Martins, S. A. M., Martins, V. C., Cardoso, F. A., Germano, J., Rodrigues, M., Duarte, C., Bexiga, R., Cardoso, S., & Freitas, P. P. (2019). Biosensors for On-Farm Diagnosis of Mastitis. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7, 186. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00186>
- Mattei, T., & Mattei, T. (2022). Uma análise espacial da pecuária bovina leiteira nos municípios e mesorregiões catarinenses. *Geosul*, 37(84), 200–232. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2022.e88058>
- Medeiros, G. C., Ferraz, J. B. S., Pedrosa, V. B., Chen, S.-Y., Doucette, J. S., Boerman, J. P., & Brito, L. F. (2024). Genetic parameters for udder conformation traits derived from Cartesian coordinates generated by robotic milking systems in North American Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*, 107(9), 7038–7051. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24208>
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2018, 26 de novembro). *Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018: Regulamentos técnicos que fixam a identidade e as características de qualidade do leite cru refrigerado, do leite pasteurizado e do leite pasteurizado tipo A* [Instrução Normativa]. Diário Oficial da União. https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750137/do1-2018-11-30-instrucao-normativa-n-76-de-26-de-novembro-de-2018
- Mohammad, K., Meysam, M., Mohammad Nasir, G., & Darioush, G. (2023). Detection of bacteria causing mastitis in cows with immunoelectric tool. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 37(9–10), e24939. <https://doi.org/10.1002/jcla.24939>
- Morales-Ubaldo, A. L., Rivero-Perez, N., Valladares-Carranza, B., Velázquez-Ordoñez, V., Delgadillo-Ruiz, L., & Zaragoza-Bastida, A. (2023). Bovine mastitis, a worldwide impact disease: Prevalence, antimicrobial resistance, and viable alternative approaches. *Veterinary and Animal Science*, 21, 100306. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2023.100306>
- Morin, Edgar Morin. (1990). *Introduction à la pensée complexe* [Introdução ao pensamento complexo]. Seuil.
- Morton, J. M. (2010). Interrelationships between herd-level reproductive performance measures based on intervals from initiation of the breeding program in year-round and seasonal calving dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 93(3), 901–910. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2045>
- Mottram, T. (2016). Animal board invited review: Precision livestock farming for dairy cows with a focus on oestrus detection. *Animal*, 10(10), 1575–1584. <https://doi.org/10.1017/S1751731115002517>

- Nielen, M., Deluyker, H., Schukken, Y. H., & Brand, A. (1992). Electrical Conductivity of Milk: Measurement, Modifiers, and Meta Analysis of Mastitis Detection Performance. *Journal of Dairy Science*, 75(2), 606–614. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77798-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77798-4)
- Nigade, A. S., Shelke, M., Gavhane, S., Mashale, S., & Ratnaparkhi, B. (2023). Review Paper on IOT based Cattle Health Monitoring System. *2023 IEEE 8th International Conference for Convergence in Technology (I2CT)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/I2CT57861.2023.10126158>
- OECD/FAO. (2024). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2024–2033*. <https://doi.org/10.1787/4c5d2cfb-en>
- Okamura, K. (2019). Interdisciplinarity revisited: Evidence for research impact and dynamism. *Palgrave Communications*, 5(1), 141. <https://doi.org/10.1057/s41599-019-0352-4>
- Oliveira, A. V. D., Reis, E. M. B., Ferraz, P. F. P., Barbari, M., Santos, G. S., Cruz, M. V. R., Silva, G. F., & Silva, A. O. L. (2022). Infrared thermography as a technique for detecting subclinical bovine mastitis. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 74(6), 992–998. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12834>
- Paudyal, S., Melendez, P., Manriquez, D., Velasquez-Munoz, A., Pena, G., Roman-Muniz, I. N., & Pinedo, P. J. (2020). Use of milk electrical conductivity for the differentiation of mastitis causing pathogens in Holstein cows. *Animal*, 14(3), 588–596. <https://doi.org/10.1017/S1751731119002210>
- Pearce, S. D., Parmley, E. J., Winder, C. B., Sargeant, J. M., Prashad, M., Ringelberg, M., Felker, M., & Kelton, D. F. (2023). Evaluating the efficacy of internal teat sealants at dry-off for the prevention of new intra-mammary infections during the dry-period or clinical mastitis during early lactation in dairy cows: A systematic review update and sequential meta-analysis. *Preventive Veterinary Medicine*, 212, 105841. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2023.105841>
- Pedersen, D. B. (2016). *Integrating social sciences and humanities in interdisciplinary research*. Palgrave Communications, 2, Article 16036. <https://doi.org/10.1057/palcomms.2016.36>
- Piana, J., & Carneiro, E. M. (2019). Trajetórias de acumulação de capacidades tecnológicas: O Caso da Indústria Leiteira do Sudoeste do Paraná. *RACE - Revista de Administração, Contabilidade e Economia*, 18(3), 475–502. <https://doi.org/10.18593/race.19718>
- Pizzio, A., Polastrini, A., Xavier Pedroza Filho, M., & Souza Ribeiro, V. (2023). IMPACTOS DA PANDEMIA DA COVID-19 SOBRE A PECUÁRIA LEITEIRA NO BRASIL / IMPACTS OF THE COVID-19 PANDEMIC ON DAIRY LIVESTOCK IN BRAZIL. *Informe GEPEC*, 27(1), 337–362. <https://doi.org/10.48075/igepec.v27i1.29123>
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2010). Generalization in quantitative and qualitative research: Myths and strategies. *International Journal of Nursing Studies*, 47(11), 1451–1458. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2010.06.004>

- Ramuada, M., Tyasi, T. L., Gumede, L., & Chitura, T. (2024). *A practical guide to diagnosing bovine mastitis: A review*. *Frontiers in Animal Science*, 5, 1504873.
<https://doi.org/10.3389/fanim.2024.1504873>
- Reis, E. M. B. (2017). *Diagnóstico e aplicabilidade de ferramentas de gestão em propriedades leiteiras de economia familiar na mesorregião do Vale do Acre* (Tese, Universidade Federal de Lavras).
Plataforma Sucupira – CAPES. Disponível em <https://sucupira-legado.capes.gov.br/>
- Romero, J., Benavides, E., & Meza, C. (2018). Assessing Financial Impacts of Subclinical Mastitis on Colombian Dairy Farms. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 273.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00273>
- Ruegg, P. L. (2017). A 100-Year Review: Mastitis detection, management, and prevention. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10381–10397. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13023>
- Rust, J. D., Christian, M. J., Vance, J. A., Bolajoko, M. B., Wong, J. T., Suarez-Martinez, J., Allan, F. K., & Peters, A. R. (2023). A study of the effectiveness of a detergent-based California mastitis test (CMT), using Ethiopian and Nigerian domestic detergents, for the detection of high somatic cell counts in milk and their reliability compared to the commercial UK CMT. *Gates Open Research*, 5(146).
<https://doi.org/10.12688/gatesopenres.13369.2>
- Rutten, C. J., Velthuis, A. G. J., Steeneveld, W., & Hogeveen, H. (2013). Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 96(4), 1928–1952.
<https://doi.org/10.3168/jds.2012-6107>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. D. P. B. (2013). *Metodologia de pesquisa* (5ª ed.). Grupo A.
- Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. (2023). *Sobre o SENAR*. SENAR.
<https://etec.senar.org.br/compendio/docs/volumn-1.html>
- Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. (2023). *AteG SENAR*. SENAR.
<https://sistemaetsenar.org.br/ateg/>
- Shafique, K., Khawaja, B. A., Sabir, F., Qazi, S., & Mustaqim, M. (2020). Internet of Things (IoT) for Next-Generation Smart Systems: A Review of Current Challenges, Future Trends and Prospects for Emerging 5G-IoT Scenarios. *IEEE Access*, 8, 23022–23040.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970118>
- Silva, S., Araujo, J., Guedes, C., Silva, F., Almeida, M., & Cerqueira, J. (2021). Precision Technologies to Address Dairy Cattle Welfare: Focus on Lameness, Mastitis and Body Condition. *Animals*, 11(8), 2253. <https://doi.org/10.3390/ani11082253>
- Silvi, R., Pereira, L. G. R., Paiva, C. A. V., Tomich, T. R., Teixeira, V. A., Sacramento, J. P., Ferreira, R. E. P., Coelho, S. G., Machado, F. S., Campos, M. M., & Dórea, J. Ricardo. R. (2021). Adoption of Precision

Technologies by Brazilian Dairy Farms: The Farmer's Perception. *Animals*, 11(12), 3488.

<https://doi.org/10.3390/ani11123488>

Stanek, P., Żółkiewski, P., & Januś, E. (2024). A Review on Mastitis in Dairy Cows Research: Current Status and Future Perspectives. *Agriculture*, 14(8), 1292. <https://doi.org/10.3390/agriculture14081292>

Tarrant, S. P., & Thiele, L. P. (2017). Enhancing and promoting interdisciplinarity in higher education. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 7(2), 355–360. <https://doi.org/10.1007/s13412-016-0402-9>

Thomsen, P. T., Shearer, J. K., & Houe, H. (2023). Prevalence of lameness in dairy cows: A literature review. *The Veterinary Journal*, 295, 105975. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2023.105975>

Tinini, R. C. D. R., Zambom, M. A., Brito, M. M. D., Kazama, D. C. D. S., Schneider, C. R., Fornari, J. L., Lange, M. J., & Dessbesell, J. G. (2018). Influence of milk production systems and practices on somatic cell count and total bacterial count in western Paraná. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47(0). <https://doi.org/10.1590/rbz4720170324>

Tomazi, T., Ferreira, G. C., Orsi, A. M., Gonçalves, J. L., Ospina, P. A., Nydam, D. V., Moroni, P., & Dos Santos, M. V. (2018). Association of herd-level risk factors and incidence rate of clinical mastitis in 20 Brazilian dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine*, 161, 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.10.007>

Tungol, K. L. S., Primero, J. M. B., & Villaverde, J. F. (2020). Detection of Bovine Mastitis Milk through Somatic Cell Count using Electrical Conductivity Property. *2020 IEEE 12th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/HNICEM51456.2020.9400084>

Vakkamäki, J., Taponen, S., Heikkilä, A.-M., & Pyörälä, S. (2017). Bacteriological etiology and treatment of mastitis in Finnish dairy herds. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 59(33). <https://doi.org/10.1186/s13028-017-0301-4>

Van Altena, S. E. C., De Klerk, B., Hettinga, K. A., Van Neerven, R. J. J., Boeren, S., Savelkoul, H. F. J., & Tijhaar, E. J. (2016). A proteomics-based identification of putative biomarkers for disease in bovine milk. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 174, 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2016.04.005>

Vergara, S. C. (2011). *Métodos de pesquisa em administração* (6ª ed.). Atlas.

Vilela, D., Resende, J. C., Leite, J. B., & Alves, E. (2016). A evolução do leite no Brasil em cinco décadas. *Revista de Política Agrícola*, 25(1), 5–24.

Vilela, D., & Resende, J. C. (s. d.). CENÁRIO PARA A PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL NA PRÓXIMA DÉCADA.

- Vique, F., Marichal, H., & Steinfeld, L. (2020). Inline mastitis detection system measuring the electrical conductivity of quarter milk. *2020 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, 777–784. <https://doi.org/10.1109/ICIT45562.2020.9067172>
- Von Keyserlingk, M. A. G., Mills, K. E., & Weary, D. M. (2024). Attitudes of western Canadian dairy farmers toward technology. *Journal of Dairy Science*, 107(2), 933–943. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23279>
- Wolfenson, D., Leitner, G., & Lavon, Y. (2015). The Disruptive Effects of Mastitis on Reproduction and Fertility in Dairy Cows. *Italian Journal of Animal Science*, 14(4), 4125. <https://doi.org/10.4081/ijas.2015.4125>
- Wollowski, L., Bertulat, S., Kossatz, A., & Heuwieser, W. (2019). Short communication: Diagnosis and classification of clinical and subclinical mastitis utilizing a dynamometer and a handheld infrared thermometer. *Journal of Dairy Science*, 102(7), 6532–6539. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15509>
- World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, & World Organisation for Animal Health. (2022). *One Health joint plan of action (2022–2026): Working together for the health of humans, animals, plants and the environment*. World Health Organization.
- Yamaguchi, C. K., & Montedo, O. R. K. (2023). *Editais de Seleção nº 001/2021 – PPGSP (UNIPLAC, UNC, UNESC, UNIVILLE)*.
- Youssef, N. H., Hafiz, N. M., Halawa, M. A., & Saad, M. F. (2021). Association of selected risk factors with bovine subclinical mastitis. *Acta Veterinaria Brasilica*, 15(2), 153–160. <https://doi.org/10.21708/avb.2021.15.2.9785>
- Zhang, M., Wang, X., Feng, H., Huang, Q., Xiao, X., & Zhang, X. (2021). Wearable Internet of Things enabled precision livestock farming in smart farms: A review of technical solutions for precise perception, biocompatibility, and sustainability monitoring. *Journal of Cleaner Production*, 312, 127712. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127712>

APÊNDICE A

TERMO DE ORIGINALIDADE E DE USO OU NÃO USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) PARA ENTREGA DA DISSERTAÇÃO PARA DEFESA

Eu, **Yago Bezerra de Souza**, estudante do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos em forma associativa entre UNIPLAC, UNC, UNESC e UNIVILLE, declaro, para os devidos fins, que a minha dissertação, intitulada “Avaliação de características zootécnicas, da qualidade do leite e da percepção sobre a adoção de um dispositivo IoT para detecção de mastite em pecuária leiteira”, foi desenvolvido exclusivamente por mim, resultado de pesquisa original e que todas as fontes utilizadas estão devidamente citadas e referenciadas segundo as normas definidas pelo Programa.

E quanto ao Uso de Inteligência Artificial (IA) Regenerativa ou Instrumentos Assistidos de Outros Tipos/Classificações (por Capacidade, Funcionalidade, ...):

() Declaro que **NÃO UTILIZEI** quaisquer instrumentos de Inteligência Artificial (IA), de qualquer tipo, mas não se limitando a modelos de linguagem generativos (como ChatGPT, Bard, etc.), ferramentas de geração de imagens, áudio, vídeo ou código, ou qualquer outra tecnologia baseada em IA, em qualquer etapa da concepção, desenvolvimento, escrita ou revisão desta Dissertação. **Todo o conteúdo e ideias apresentados são de minha autoria exclusiva, baseada na literatura que apoiou o desenvolvimento desta pesquisa.**

(x) Declaro que **UTILIZEI** instrumentos de Inteligência Artificial (IA) no desenvolvimento desta Dissertação, primando pelo uso responsável, de forma ética e transparente, de acordo com as etapas abaixo indicadas. A supervisão e a autoria intelectual de todo o trabalho permanecem de minha responsabilidade exclusiva.

(x) **Concepção do Estudo/Pesquisa/Problema, Justificativa:**

(x) Ferramenta(s) de IA utilizada(s):

ChatGPT (assistência textual não construtiva do conteúdo científico)

(x) Finalidade:

Apoio na coerência textual, sem produção de conteúdo teórico, metodológico e científico

(x) Materialidade (indicar a localização na estrutura do texto):

Apenas na revisão da justificativa (Capítulo 1), sem interferência na construção conceitual ou argumentativa.

(x) **Panorama teórico:**

(x) Ferramenta(s) de IA utilizada(s):

Zotero; Rayyan

(x) Finalidade:

O Zotero foi utilizado exclusivamente para organização e gerenciamento de referências bibliográficas.

O Rayyan foi utilizado somente para triagem sistemática e organização de artigos relevantes, sem qualquer elaboração automática de texto ou síntese.

(x) Materialidade (indicar a localização na estrutura do texto):

Capítulo 2 – Panorama Teórico, correspondendo apenas ao gerenciamento das referências e triagem de artigos, sem geração de conteúdo teórico.

(x) **Metodologia da Pesquisa:**

(x) Ferramenta(s) de IA utilizada(s):

ChatGPT (assistência textual não construtiva do conteúdo científico)

(x) Finalidade:

Apoio exclusivamente na revisão de clareza e adequação linguística de trechos descritivos da metodologia, sem criação ou modificação de procedimentos metodológicos, análises, técnicas estatísticas ou fundamentação científica.

(x) Materialidade (indicar a localização na estrutura do texto):

Revisão textual pontual no Capítulo 3 – Metodologia, limitada à melhoria da redação, sem interferência no desenho metodológico ou nas decisões técnicas da pesquisa.

() **Coleta, Análise, Resultados, Discussão e Interpretação de Dados:**

() Ferramenta(s) de IA utilizada(s):

() Finalidade:

() Materialidade (indicar a localização na estrutura do texto):

(x) **Melhoria da Linguagem e Revisão de Texto:**

(x) Ferramenta(s) de IA utilizada(s):

ChatGPT (como ferramenta de revisão linguística);

Zotero (para padronização de citações);

(x) Finalidade:

Apenas revisão de clareza, correção gramatical e padronização textual, sem alteração de conteúdo, sem inserção de ideias, teorias, dados ou argumentos novos.

(x) Materialidade (indicar a localização na estrutura do texto):

Aplicado pontualmente na revisão formal e textual da dissertação, sem impacto na elaboração científica do conteúdo.

Declaro que estou ciente da necessária integridade da pesquisa acadêmica e que a utilização de instrumentos de Inteligência Artificial deve ser declarada e eventualmente utilizada de forma a complementar e auxiliar meu trabalho, sem comprometer a originalidade e a autoria intelectual da Dissertação. Por tudo isso, eu assumo integralmente a responsabilidade pelo conteúdo final apresentado e por esta declaração, de acordo com as estipulações legais e responsabilidades que regulam esta matéria.

Declaro, ainda, que não utilizei trabalho de outros autores sem a devida menção, nem reproduzi, integral ou parcialmente, trabalhos de terceiros. As ideias e interpretações apresentadas são de minha inteira responsabilidade

Joinville/SC 08/12/2025.

Código e Assinatura do Estudante
CPF:910.158.392-15

APÊNDICE B

Apêndice B – Questionário semi-estruturado utilizado na coleta de dados, adaptado do Formulário de Diagnóstico da Propriedade Leiteira.

Questionário aplicado às propriedades leiteiras do Planalto Norte Catarinense (Adaptado do Formulário de Diagnóstico da Propriedade Leiteira da Universidade Federal de Lavras – UFLA)

1. Identificação e contexto da propriedade

1. Nome do produtor: _____
2. Município/localidade: _____
3. Possui internet? () Sim () Não
4. Possui energia elétrica? () Sim () Não
5. Há quanto tempo atua na atividade leiteira (anos)? _____
6. A atividade foi herdada de gerações anteriores? () Sim () Não
7. Quantas pessoas trabalham diretamente na atividade leiteira? _____
8. Possui assistência técnica? () Sim () Não
9. Se sim, quem fornece assistência técnica? _____
10. Essa assistência atende às necessidades do produtor? () Sim () Parcialmente () Não
11. Participa de algum projeto técnico ou de extensão? () Sim () Não Qual? _____

2. Estrutura e sistema de produção

12. Sistema de criação predominante: _____
13. Tipo de leite produzido: () A () B () C () Outro
14. Tipo de ordenha: () Manual () Mecânica
15. Se mecânica, qual tipo? _____
16. Frequência de troca das teteiras (meses): _____
17. Pressão do manômetro da ordenhadeira (KPa): _____
18. A ordenha é feita com o bezerro ao pé? () Sim () Não
19. Número de ordenhas diárias: _____
20. Horários das ordenhas: _____
21. Tipo de curral: _____
22. Possui bebedouro no curral? () Sim () Não
23. O bebedouro possui bóia? () Sim () Não
24. Origem da água: _____
25. A água é tratada? () Sim () Não
26. Se sim, qual o tipo de tratamento? _____
27. Realiza manejo do esterco? () Sim () Não
28. Como realiza o manejo do esterco? _____
29. Equipamentos disponíveis na propriedade: _____
30. Como é o transporte do leite até o destino final? _____

3. Produção e manejo zootécnico

31. Valor do litro do leite: R\$ _____
32. Raça predominante: _____
33. Quantidade de vacas em lactação: _____
34. Quantidade de vacas secas: _____
35. Quantidade de bezerros (0–12 meses): _____
36. Quantidade de novilhas (>12 meses): _____
37. Quantidade total de animais: _____
38. Volume diário médio de leite produzido (litros): _____
39. Quantidade média de leite por vaca (litros/vaca/dia): _____
40. Possui metas de qualidade do leite? () Sim () Não
41. Se sim, quais? _____
42. Como é feita a secagem das vacas? _____
43. Quantos dias as vacas são secas antes do parto? _____ dias
44. Realiza suplementação pré-parto? () Sim () Não
4. Sanidade e manejo sanitário
45. As vacinas são aplicadas regularmente? () Sim () Não
46. Existe calendário sanitário? () Sim () Não
47. Qual a taxa de infestação de carrapatos em vacas? () Baixa () Média () Alta
48. Qual a taxa de infestação de moscas ou bernes? () Baixa () Média () Alta
49. Realiza vermifugação? () Sim () Não
50. Produto utilizado para vermifugação: _____
51. Principais doenças que afetam bezerras: _____
52. As bezerras doentes são tratadas? () Sim () Não
53. Tipo de tratamento utilizado: _____
54. Frequência de exames de brucelose/tuberculose: _____
- 4. Controle da qualidade do leite**
55. Possui acesso às análises de leite fornecidas pela cooperativa? () Sim () Não
56. Quais parâmetros são avaliados? () CCS () CBT () Gordura () Proteína () Outros
57. Realiza pré-dipping? () Sim () Não
58. Produto utilizado no pré-dipping: _____
59. Material de secagem: _____
60. Realiza pós-dipping? () Sim () Não
61. Produto utilizado no pós-dipping: _____
62. Higienização dos utensílios antes da ordenha: _____
63. Secagem dos utensílios: _____
64. Temperatura da água usada na limpeza: _____ °C
65. Higienização da ordenhadeira: _____
66. Incidência de mastite: () Alta () Média () Baixa () Nenhuma
67. Utiliza algum método de diagnóstico da mastite? () Sim () Não, Se sim, Quais? _____
68. Frequência de uso do teste: () Semanal () Mensal () Esporádica
69. Como acompanha atualmente a qualidade do leite? _____
- 5. Adoção tecnológica e percepção sobre inovações**
70. Já ouviu falar em tecnologias que detectam mastite automaticamente (IoT, sensores etc.)? () Sim () Não
71. Utiliza algum aplicativo ou IoT na propriedade? () Sim () Não

72. Quais tecnologias utiliza atualmente? _____
73. Como avalia sua familiaridade e confiança com tecnologias digitais? () Alta () Moderada () Baixa () Nenhuma
74. Teria interesse em adotar um dispositivo IoT para detecção precoce da mastite? () Sim () Não () Depende das condições
75. Fatores que influenciam a decisão: _____
76. Em uma escala de 1 a 5, quão disposto você estaria a testar um dispositivo IoT para monitoramento da mastite? 1 2 3 4 5

As respostas são confidenciais e utilizadas exclusivamente para fins científicos. A identificação do produtor é opcional e destina-se apenas ao controle interno dos dados.

APÊNDICE C

APÊNDICE C – Formulário de Diagnóstico da Propriedade Leiteira

Instrumento original desenvolvido pelo Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Lavras (UFLA), utilizado como base para a adaptação do questionário aplicado nesta pesquisa.

FORMULÁRIO DE DIAGNÓSTICO DA PROPRIEDADE LEITEIRA

Nº _____

Universidade Federal de Lavras
Departamento de Medicina Veterinária
Laboratório de Informática Aplicada (LIA)
Pesquisa: Ferramentas de gestão na pecuária leiteira

Preenchido por: _____ Data do preenchimento: ____/____/____

1. CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTOR E DA PROPRIEDADE

1.1. Cadastro do produtor

1. Nome do proprietário: 	4. Endereço:
2. Tel. Residencial: 	5. Email:
3. Tel. Celular: 	

1.2. Cadastro da propriedade

6. Nome da propriedade: 	15. Caso SIM, ela atende as reais necessidades do produtor? ☐ 1. Sim ☐ 2. Não <i>A questão só é pertinente se assistência técnica = "Sim"</i>
7. Localização da propriedade: 	16. Participa de algum projeto? ☐ 1. Educampo ☐ 2. Balde Cheio ☐ 3. Minas Leite ☐ 4. Não participa ☐ 5. Outros <i>Você pode marcar diversas casas.</i>
8. Quando iniciou na atividade pecuária leiteira? 	17. Se 'Outros', defina:
9. A atividade foi passada de geração para geração? ☐ 1. Sim ☐ 2. Não	18. O produtor rural procura capacitação? ☐ 1. Sim ☐ 2. Não
10. Quantidade de funcionários permanentes na atividade leiteira:	19. Caso SIM, qual a periodicidade que participa de cursos? <i>A questão só é pertinente se capacitacao = "Sim"</i>
11. Utiliza trabalhador temporário? ☐ 1. Sim ☐ 2. Não	20. Possui equipamentos? Quais?
12. Quantas pessoas trabalham na atividade leiteira?	21. Possui implementos? Quais?
13. Recebe algum tipo de assistência técnica? ☐ 1. Sim ☐ 2. Não	22. A propriedade tem nascente de água? ☐ 1. Sim ☐ 2. Não
14. Caso SIM, qual a relação? ☐ 1. Estatal ☐ 2. Fornecida pelo laticínio/cooperativa ☐ 3. Fornecida gratuitamente por empresas de insumos ☐ 4. Contratada <i>Você pode marcar diversas casas.</i> <i>A questão só é pertinente se assistência técnica = "Sim"</i>	

23. Caso SIM, a fonte de água é perene?

☐ 1. Sim ☐ 2. Não

A questão só é pertinente se nascente água = "Sim"

24. A propriedade possui energia elétrica?

☐ 1. Sim ☐ 2. Não

1.3. Especificação da área para atividade leiteira (ha)

25. Pastagem: espécie e área (ha):

26. Pastagem: espécie e área (ha):

27. Pastagem: espécie e área (ha):

28. Outras forrageiras - espécies e áreas (há):

29. Capineira: espécie e área (ha):

30. Cana-de-açúcar: espécie e área (ha):

31. Milho espécie e área (ha):

32. Sorgo: espécie e área (ha):

33. Outra forrageira para corte: espécie e área(ha):

34. Área total para gado de leite(ha):

35. Outros usos (ha):

36. Reserva legal (ha):

37. Área total(ha):

38. Preço médio da terra nua:

R\$/ha

39. Possui pasto de aluguel?

☐ 1. Sim ☐ 2. Não

40. Caso SIM, qual a finalidade?

A questão só é pertinente se pasto aluguel = "Sim"

1.4. Produtividade das culturas no último ano agrícola (ton/ha)

41. Capineira:

42. Cana-de-açúcar:

43. Milho:

44. sorgo1

45. Outra (especificar):

46. Outra (especificar):

47. Outra (especificar):

1.5. Cercas:

48. Condições:

☐ 1. Ótima ☐ 2. Boa ☐ 3. Regular
☐ 4. Ruim ☐ 5. Péssima

49. Manutenção:

☐ 1. Ótima ☐ 2. Boa ☐ 3. Regular
☐ 4. Ruim ☐ 5. Péssima

50. Cerca eletrificada:

☐ 1. Sim ☐ 2. Não

51. Caso SIM especificar forma:

☐ 1. energia elétrica ☐ 2. energia solar ☐ 3. gerador
☐ 4. Outro

Você pode marcar diversas casas.

A questão só é pertinente se Cerca elétrica = "Sim"

52. Se 'Outro', defina:

2. CARACTERIZAÇÃO DO REBANHO

2.1. Inventário animal

53. Quantidade de vacas em lactação:

54. Quantidade de vacas secas:

55. Quantidade de fêmeas com 0 a 12 meses:

56. Quantidade de fêmeas com mais de 12 meses:

57. Quantidade de machos com 0 a 12 meses:

58. Quantidade de machos com mais de 12 meses:

59. Quantidade de bois de trabalho:

60. Quantidade de touros:

61. Quantidade de cavalos:

62. Quantidade de muare:

63. Total de animais:

2.2. Descrição:

64. Raça bovina predominante:

3. CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE LEITE

3.1. Sistema de produção

65. Sistema de criação:

- ☐ 1. Pasto ☐ 2. Semi confinado ☐ 3. Confinado

Você pode marcar diversas casas.

66. Tipo de leite produzido:

- ☐ 1. Tipo A ☐ 2. Tipo B ☐ 3. Leite cru refrigerado
☐ 4. Leite cru

Você pode marcar diversas casas.

67. Qual o preço da venda do leite?

68. Ordenha :

- ☐ 1. Bezerra ao pé ☐ 2. Sem bezerra ao pé

69. Tipo de ordenha:

- ☐ 1. Manual ☐ 2. Mecânica

70. Se 'Mecânica', qual tipo?

71. Qual o tipo da linha de ordenha?

- ☐ 1. Baixa ☐ 2. Média ☐ 3. Alta

72. Caso ordenhadeira mecânica, qual a frequência de troca das teteiras?

Meses

73. Caso ordenhadeira mecânica, qual a pressão do manômetro da ordenhadeira?

kpa

74. Curral de espera:

- ☐ 1. Curral a céu aberto sem piso concretado
☐ 2. Curral a céu aberto com piso concretado
☐ 3. Curral coberto sem piso
☐ 4. Curral coberto com piso concretado
☐ 5. Curral coberto com outro tipo de piso
☐ 6. Com sombra
☐ 7. Ausência de curral

75. Curral de espera possui água?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

76. O Curral possui outro tipo de piso?

- ☐ 1. piso terra batida ☐ 2. piso de pedra ☐ 3. outro

A questão só é pertinente se Curral de espera = "Curral coberto com outro tipo de piso"

77. Se 'outro', defina:

78. Qual a quantidade de ordenhas?

79. Quais são os horários de ordenhas?

80. Armazena o leite na propriedade?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

81. Caso SIM, como?

- ☐ 1. Tanque de expansão ☐ 2. Tanque de imersão
☐ 3. Freezer ☐ 4. Outros

Você pode marcar diversas casas.

A questão só é pertinente se armazena leite = "Sim"

82. Se 'Outros', defina:

83. Por quanto tempo fica armazenado na propriedade?

84. Qual a capacidade do tanque?

85. Qual o destino do leite produzido?

- ☐ 1. Venda in natura ☐ 2. Beneficia o leite ☐ 3. Outros

86. Se 'Outros', defina:

87. Qual a distância entre a propriedade e o processador do leite?

88. Como é realizado o transporte do leite da fazenda ao destino final?

- ☐ 1. Carroça ☐ 2. Caminhão não refrigerado
☐ 3. Caminhão refrigerado

89. Qual o volume diário de leite produzido atualmente?

90. Qual o volume diário de leite vendido atualmente?

91. Quantidade de leite/vaca em lactação?

92. Possui metas com relação à qualidade do leite?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

93. Caso SIM, quais?

A questão só é pertinente se metas qualidade = "Sim"

94. Qual o destino dos dejetos dos animais?

- ☐ 1. esterqueira
☐ 2. curtido (seco) a céu aberto
☐ 3. jogado fresco nas capineiras e pastagens
☐ 4. venda
☐ 5. outro

Você pode marcar diversas casas.

95. Se 'outro', defina:

3.2. Práticas agrícolas

96. Utiliza práticas de conservação de forrageiras e pastagens?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

97. Caso SIM, qual tipo?

- ☐ 1. Capineira ☐ 2. Pastejo diferido ☐ 3. Silagem
☐ 4. Cana-de-açúcar ☐ 5. Feno

A questão só é pertinente se conserva pastagem = "Sim"

98. Tem leguminosas?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

99. Caso SIM, qual tipo?

- ☐ 1. Amendoim forrageiro ☐ 2. Puerária
☐ 3. Estilosantes

A questão só é pertinente se Tem leguminosas = "Sim"

100. Se 'Outros', defina:

101. Sobre as pastagens - Cobertura de solo:

- ☐ 1. Ótima ☐ 2. Boa ☐ 3. Regular
☐ 4. Ruim ☐ 5. Péssima

102. Qualidade :

- ☐ 1. Ótima ☐ 2. Boa ☐ 3. Regular
☐ 4. Ruim ☐ 5. Péssima

103. Quantidade :

- ☐ 1. Ótima ☐ 2. Boa ☐ 3. Regular
☐ 4. Ruim ☐ 5. Péssima

104. Presença de invasoras nas pastagens?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

105. Utiliza pastejo rotacionado?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

106. Como determina o momento de entrada e saída dos animais?

- ☐ 1. Altura do pasto ☐ 2. Dias fixos
☐ 3. "Técnica do quadrado"

107. Se 'Outro', defina:

108. Realiza análise de solo?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

109. Caso SIM, com que frequência?

A questão só é pertinente se análise solo = "Sim"

110. Quando foi a última vez que realizou calagem?

111. Qual a frequência que realiza calagem?

112. Qual a quantidade de calcário que foi aplicada na última vez?

113. Ela foi baseada na análise de solo?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

114. Como realiza o preparo do solo de culturas anuais?

- ☐ 1. Tração animal ☐ 2. Plantio convencional
☐ 3. Plantio direto

115. Como realiza o preparo do solo de pastagens?

- ☐ 1. Tração animal ☐ 2. Plantio convencional
☐ 3. Plantio direto

116. Realiza adubação de pastagens?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

117. Caso SIM, qual adubação?

- ☐ 1. fosfatada ☐ 2. potássica ☐ 3. nitrogenada

A questão só é pertinente se adubação pastagens = "Sim"

118. Se 'Outro', defina:

119. Qual a frequência?

120. Quando foi a última vez que adubou?

121. Qual o critério para definir a quantidade de adubos?

122. Quais os tipos de adubo utilizados?

123. Faz uso de irrigação?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. não

124. Caso SIM, qual tipo?

- ☐ 1. Aspersão convencional ☐ 2. Aspersão em malha
☐ 3. Pivô ☐ 4. Cavalete

A questão só é pertinente se irrigação = "Sim"

125. Se 'Outro', defina:

126. Como é feita a captação de água para irrigação?

- ☐ 1. Bomba ☐ 2. Roda d'água
☐ 3. Gravidade ☐ 4. Outro(especificar):

127. Irrigação automatizada?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

128. Utiliza tarifa verde para a irrigação?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

129. Possui outorga de água?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

130. Qual o espaçamento dos aspersores?

131. Como é feito o sombreamento das pastagens?

- ☐ 1. Árvores isoladas ☐ 2. Árvores em bosque
☐ 3. árvores alinhadas ☐ 4. Sombrite

132. Se 'Outro', defina:

133. Se o sombreamento for por árvores qual o sentido delas?

- ☐ 1. Sentido norte-sul ☐ 2. Sentido leste-oeste
☐ 3. Aleatório

A questão só é pertinente se sombreamento pastagem = "Árvores isoladas" ou sombreamento pastagem = "Árvores em bosque" ou sombreamento pastagem = "árvores alinhadas"

134. Qual a distância média da área de sombra ao bebedouro?

135. Qual a distância média do pasto a sala de ordenha?

3.3. Manejo Nutricional

136. Qual o consumo diário de ração por vaca em lactação?

137. Qual o consumo de volumoso?

- ☐ 1. a vontade ☐ 2. com restrições de quantidade

138. Se sim "com restrição a quantidade", quanto?

A questão só é pertinente se consumo de volumoso = "com restrições de quantidade"

139. Se 'Outro', defina:

140. Quais alimentos compõem a dieta dos bovinos na época das águas (verão)? Vacas em lactação:

141. Quais alimentos compõem a dieta dos bovinos na época das águas (verão)? Vacas no periparto:

142. Quais alimentos compõem a dieta dos bovinos na época das águas (verão)? Vacas secas:

143. Quais alimentos compõem a dieta dos bovinos na época das águas (verão)? Fêmeas com mais de 12 meses:

144. Quais alimentos compõem a dieta dos bovinos na época das águas (verão)? Fêmeas de 0 até a desmama:

145. Quais alimentos compõem a dieta dos bovinos na época das águas (verão)? Fêmeas da desmama até 12 meses:

146. Quais alimentos compõem a dieta dos bovinos na época das águas (verão)? Machos:

147. Quais alimentos compõem a dieta dos bovinos na época das secas (inverno)? Vacas em lactação:

148. Quais alimentos compõem a dieta dos bovinos na época das secas (inverno)? Vacas no periparto:

149. Quais alimentos compõem a dieta dos bovinos na época das secas (inverno)? Vacas secas:

150. Quais alimentos compõem a dieta dos bovinos na época das secas (inverno)? Fêmeas com mais de 12 meses:

151. Quais alimentos compõem a dieta dos bovinos na época das secas (inverno)? Fêmeas de 0 até a desmama:

152. Quais alimentos compõem a dieta dos bovinos na época das secas (inverno)? Fêmeas da desmama até 12 meses:

153. Quais alimentos compõem a dieta dos bovinos na época das secas (inverno)? Machos:

154. Qual o modo de fornecimento de alimento (volumoso e/ou concentrado) para os bovinos?

- ☐ 1. Cocho ☐ 2. Chão (pista de trato)

155. Se 'Outro', defina:

156. Fornece sal mineral para os bovinos?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

157. Caso SIM, qual o modo de fornecimento de sal mineralizado para os bovinos?

- ☐ 1. Cocho ☐ 2. Chão (pista de trato)

A questão só é pertinente se sal mineral = "Sim"

158. Se 'Outros', defina:

159. Tipos de cocho:

- ☐ 1. Cimento ☐ 2. Madeira ☐ 3. Plástico ☐ 4. Pneu

160. Se 'Outros', defina:

161. O cocho é coberto?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

162. O sal mineral fornecido é pronto para uso?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

163. Qual a Frequência?

164. Qual a quantidade média de fornecimento?

165. Fornece algum tipo de sal mineral específico para bovinos de leite?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

166. Caso SIM, qual?

A questão só é pertinente se tipo de sal mineral = "Sim"

3.4. Infra-estrutura

167. Possui bebedouro?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

168. Condições higiênicas do bebedouro

- ☐ 1. Ótima ☐ 2. Boa ☐ 3. Regular
☐ 4. Ruim ☐ 5. Péssima

169. Dimensionamento correto:

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

170. Localização do bebedouro:

- ☐ 1. Ótima ☐ 2. Boa ☐ 3. Regular
☐ 4. Ruim ☐ 5. Péssima

171. Qualidade da água (limpeza):

- ☐ 1. Ótima ☐ 2. Boa ☐ 3. Regular
☐ 4. Ruim ☐ 5. Péssima

172. Possui bóia:

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

3.5 Escrituração Zootécnica

173. Realiza escrituração zootécnica?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

174. Estima custo de produção?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

175. Faz anotações de despesas e receitas?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

176. Qual o seu custo de produção por litro de leite?

177. Caso saiba, o que considera no cálculo?

178. Utiliza algum tipo de software?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

179. Caso SIM, qual?

A questão só é pertinente se Utiliza software = "Sim"

180. Se não, qual a forma de escrituração zootécnica?

- ☐ 1. Caderno ☐ 2. Folhas ☐ 3. Fichas individuais

A questão só é pertinente se Utiliza software = "Não"

181. Se 'Outro', defina:

182. Quais as anotações que existem na escrituração zootécnica?

- ☐ 1. Parições ☐ 2. Diagnóstico de gestação
☐ 3. Coberturas ☐ 4. Sexo Bezerro
☐ 5. Pesagem ☐ 6. Vacinações
☐ 7. vermifugações ☐ 8. Tratamentos

Você pode marcar diversas casas.

183. Se 'Outros', defina:

184. Utiliza esses dados para tomada de decisões?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

185. Se sim, qual a decisão?

A questão só é pertinente se Utiliza dados = "Sim"

3.6. Identificação

186. Como é feita a identificação das vacas? (se necessário assinalar mais de um método):

- ☐ 1. Brinco ☐ 2. Ferro quente
☐ 3. Nome ☐ 4. Foto
☐ 5. Nitrogênio Líquido

Você pode marcar diversas casas.

187. Se 'Outro', defina:

188. Qual o critério utilizado para o agrupamento de vacas em lactação? (mais de um critério)

- ☐ 1. Produção de leite ☐ 2. Estágio de lactação
☐ 3. Mérito leiteiro ☐ 4. Ordem de parto
☐ 5. Idade ☐ 6. Reprodução
☐ 7. Não separa

Você pode marcar diversas casas.

189. Se 'Outro', defina:

3.7. Manejo reprodutivo

190. Com relação à reprodução, qual o sistema utilizado? (se necessário assinalar mais de um método)

- ☐ 1. Monta natural
☐ 2. Monta natural controlada
☐ 3. Inseminação artificial
☐ 4. Transferência de embriões
☐ 5. IATF

Você pode marcar diversas casas.

191. É feita observação de cio?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

192. Caso SIM, como procede?

A questão só é pertinente se Cio = "Sim"

193. Qual o horário de observação?

194. Utiliza rufião?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

195. Caso monta natural, onde adquire o touro?

196. Caso monta natural, existe o uso do mesmo touro para diferentes propriedades?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

197. Caso inseminação artificial, é feito o acasalamento genético?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

198. Caso SIM, quais as principais características consideradas?

199. Escolhe sêmen para aumentar a facilidade de parto?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

200. Utiliza sêmen sexado?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

201. Caso SIM, qual valor médio pago?

A questão só é pertinente se sêmen sexado = "Sim"

202. Qual critério para compra do sêmen sexado?

203. Qual a categoria animal em que utiliza sêmen sexado?

204. Qual a quantidade de doses de sêmen gastas para uma prenhez?

205. Utiliza touros para repasse?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

206. Utiliza protocolos de sincronização de cio para realização de IATF?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

207. O responsável pela inseminação artificial foi treinado?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

208. Faz reciclagem?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

209. Qual a idade ao primeiro parto?

210. Qual o intervalo de partos?

3.8. Qualidade do leite e manejo de ordenha

211. Qual a origem da água que abastece a propriedade?

- ☐ 1. Poço ☐ 2. Aguadas ☐ 3. Nascente
☐ 4. Empresa pública ☐ 5. Cisterna

Você pode marcar diversas casas.

212. Se 'Outra', defina:

213. Realiza algum tratamento da água?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

214. CASO SIM, qual?

A questão só é pertinente se tratamento de água = "Sim"

215. Você tem acesso as análises de leite?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não ☐ 3. Não Sei

216. Caso SIM, quais? (se necessário assinalar mais de um método)

- | | |
|---|--|
| ☐ 1. Temperatura | ☐ 2. Alisarol |
| ☐ 3. Crioscopia | ☐ 4. Inibidores bacterianos |
| ☐ 5. Prova de redutase | ☐ 6. CCS |
| ☐ 7. CBT/UFC | ☐ 8. Gordura |
| ☐ 9. Proteína | |

Você pode marcar diversas casas.

217. Como é feita a secagem das vacas?

218. Qual o critério para secar uma vaca?

- ☐ 1. Produção ☐ 2. Período antes do parto

219. Se 'Outros', defina:

220. As vacas são secas quantos dias antes do parto?

221. Você suplementa as vacas secas visando escore de condição corporal?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

222. Se SIM, qual o procedimento de ajuste?

A questão só é pertinente se escore de condição corporal = "Sim"

223. Qual a condição corporal das vacas no momento da secagem?

- ☐ 1. Muito magra ☐ 2. Magra ☐ 3. Média
☐ 4. Gorda ☐ 5. Muito gorda

224. Qual a condição corporal das vacas ao parto?

- ☐ 1. Muito magra ☐ 2. Magra ☐ 3. Média
☐ 4. Gorda ☐ 5. Muito gorda

225. Possui maternidade?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

226. Qual o tipo da maternidade?

- ☐ 1. Baía ☐ 2. Piquete

227. Quantos dias antes do parto as vacas entram na maternidade?

228. Qual o tipo de cama da maternidade?

- ☐ 1. Piquete ☐ 2. Areia ☐ 3. Maravalha
☐ 4. Feno ☐ 5. Terra

229. Se 'Outras', defina:

230. Existe sombra na maternidade?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

231. Caso SIM, qual o tipo?

- ☐ 1. Sombra natural ☐ 2. Sombrite
☐ 3. Sombra natural + sombrite

A questão só é pertinente se sombra na maternidade = "Sim"

232. Após o parto, com quantos dias a vaca sai da maternidade?

233. Quanto tempo, após o parto e mamar o colostro, o bezerro sai da maternidade?

- ☐ 1. Na hora ☐ 2. 12 horas
☐ 3. 1 dia ☐ 4. 2 dias
☐ 5. 3 a 7 dias ☐ 6. Mais de 7 dias

234. Utiliza dieta de transição?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

235. Vacina no pré-parto?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

236. Caso SIM, qual(is) vacina(s)?

- ☐ 1. J-5 (E. coli) ☐ 2. Re-17 (Salmonella thyphimurium)

Você pode marcar diversas casas.

237. Se 'Outra', defina:

238. Qual a frequência de observações das vacas que estão para parir durante o dia?

- ☐ 1. 1 vez ☐ 2. 2 vezes ☐ 3. 3 vezes ☐ 4. 4 vezes

239. Se outro, especificar:

240. Qual a incidência de partos difíceis (distocia)? (Em cada 100 partos quantos necessitam de intervenção?)

241. Se existe, procura saber a causa?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

242. Se sim, qual a principal causa?

A questão só é pertinente se procura saber a causa parto dif. = "Sim"

243. Realiza tratamento?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

244. Caso SIM, qual?

A questão só é pertinente se Realiza tratamento = "Sim"

245. Qual o parâmetro para interferir no parto?

- ☐ 1. Rompimento da bolsa
☐ 2. Tempo em trabalho de parto
☐ 3. Quando vê o bezerro

Você pode marcar diversas casas.

246. Quem auxilia no parto?

- ☐ 1. Proprietário ☐ 2. Funcionário ☐ 3. Veterinário

Você pode marcar diversas casas.

247. Se 'Outro', defina:

248. Qual a incidência de retenção de placenta ? (Em cada 100 partos, quantos necessitam de intervenção?)

249. Se existe, procura saber a causa?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

250. Realiza tratamento?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

251. Caso SIM, qual?

A questão só é pertinente se Realiza tratamento3 = "Sim"

252. Qual a incidência de abortamentos ? (Em cada 100 vacas, em quantos ocorrem abortamento)

253. Se existe, procura saber a causa?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

254. Realiza tratamento?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

255. Caso SIM, qual?

A questão só é pertinente se Realiza tratamento contra aborto = "Sim"

256. Realiza exames de brucelose?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

257. Caso SIM, qual a frequência?

258. Realiza exames de tuberculose?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

259. Caso SIM, qual a frequência?

260. Realiza a higienização do ÚBERE antes da ordenha quando o mesmo está sujo?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

261. Caso SIM, como é feita a higienização do úbere?

- ☐ 1. Lava com água
☐ 2. Lava com água e seca
☐ 3. Lava com água, seca e faz pré-dipping

A questão só é pertinente se higienização do ÚBERE = "Sim"

262. Se seca, com qual material?

- ☐ 1. Papel toalha ☐ 2. Pano ☐ 3. Espuma ☐ 4. Outro

A questão só é pertinente se feita a higienização do úbere = "Lava com água e seca" ou feita a higienização do úbere = "Lava com água, seca e faz pré-dipping"

263. Realiza a higienização das TETAS antes da ordenha?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

264. Caso SIM, como é feita a higienização das tetas?

- ☐ 1. Lava com água
☐ 2. Lava com água e seca
☐ 3. Realiza apenas pré-dipping
☐ 4. Lava com água, seca e faz pré-dipping

A questão só é pertinente se higienização das TETAS ordenha = "Sim"

265. Se realiza pré-dipping, qual produto utilizado?

A questão só é pertinente se feita a higienização das tetas ordenha = "Realiza apenas pré-dipping" ou feita a higienização das tetas ordenha = "Lava com água, seca e faz pré-dipping"

266. Se seca, com qual material?

- ☐ 1. Papel toalha ☐ 2. Pano ☐ 3. Espuma ☐ 4. Outro

A questão só é pertinente se feita a higienização das tetas ordenha = "Lava com água e seca" ou feita a higienização das tetas ordenha = "Realiza apenas pré-dipping"

267. Se 'Outro', defina:

268. Realiza a pós-dipping?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

269. Caso SIM, qual produto é utilizado?

A questão só é pertinente se pós-dipping? = "Sim"

270. Realiza a higienização dos utensílios antes da ordenha?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

271. Caso SIM, como ela é feita?

A questão só é pertinente se higienização dos utensílios ordenha = "Sim"

272. Quais produtos utilizados na higienização dos utensílios?

A questão só é pertinente se higienização dos utensílios ordenha = "Sim"

273. Como é feita a higienização dos utensílios depois da ordenha?

- ☐ 1. Lava apenas com água
☐ 2. Lava com água e seca
☐ 3. Lava com sabão em pó
☐ 4. Lava com sabão em barra
☐ 5. Lava com detergente alcalino
☐ 6. Lava com detergente ácido
☐ 7. Lava com sanitizante
☐ 8. Lava com água sanitária

Você pode marcar diversas casas.

274. Se 'Outros', defina:

275. Como é feita secagem dos utensílios após a ordenha?

- ☐ 1. São secados ☐ 2. Deixa secar ao ar livre

276. Se 'Outros', defina:

277. Caso a resposta for o ITEM 1, o que utiliza para secar?

- ☐ 1. Papel toalha ☐ 2. Pano ☐ 3. Espuma ☐ 4. Outro

Você pode marcar diversas casas.

A questão só é pertinente se secagem dos utensílios após ordenha = "São secados"

278. Se 'Outro', defina:

279. Qual a temperatura da água para limpeza?

- ☐ 1. Temperatura ambiente ☐ 2. Morna

280. Como realiza a higienização da ordenhadeira?

- ☐ 1. Lava apenas com água
☐ 2. Lava com sabão em pó
☐ 3. Lava com sabão em barra
☐ 4. Lava com detergente alcalino
☐ 5. Lava com detergente ácido
☐ 6. Lava com sanitizante
☐ 7. Lava com água sanitária
☐ 8. Outros

Você pode marcar diversas casas.

281. Se 'Outros', defina:

Histórico dos resultados das análises do leite (últimos 12 meses)

Análises de Temperatura (°C)

282. Janeiro

número em graus °C

283. Fevereiro

número em graus °C

284. Março

número em graus °C

285. Abril

número em graus °C

286. Maio

número em graus °C

287. Junho

número em graus °C

288. Julho

número em graus °C

289. Agosto

número em graus °C

290. Setembro

número em graus °C

291. Outubro

número em graus °C

292. Novembro

número em graus °C

293. Dezembro

número em graus °C

Análises de Alisarol (°GL)

294. Janeiro

número em °GL

295. Fevereiro

número em °GL

296. Março

número em °GL

297. Abril

número em °GL

298. Maio

número em °GL

299. Junho

número em °GL

300. Julho		303. Outubro	
<i>número em °GL</i>		<i>número em °GL</i>	
301. Agosto		304. Novembro	
<i>número em °GL</i>		<i>número em °GL</i>	
302. Setembro		305. Dezembro	
<i>número em °GL</i>		<i>número em °GL</i>	

Análises de Crioscopia (°C)

306. Janeiro		312. Julho	
<i>número em (°C)</i>		<i>número em (°C)</i>	
307. Fevereiro		313. Agosto	
<i>número em (°C)</i>		<i>número em (°C)</i>	
308. Março		314. Setembro	
<i>número em (°C)</i>		<i>número em (°C)</i>	
309. Abril		315. Outubro	
<i>número em (°C)</i>		<i>número em (°C)</i>	
310. Maio		316. Novembro	
<i>número em (°C)</i>		<i>número em (°C)</i>	
311. Junho		317. Dezembro	
<i>número em (°C)</i>		<i>número em (°C)</i>	

Análises de Inibidores bacterianos (LMR (µg.kg⁻¹))

318. Janeiro		324. Julho	
<i>número em (LMR (µg.kg⁻¹))</i>		<i>número em (LMR (µg.kg⁻¹))</i>	
319. Fevereiro		325. Agosto	
<i>número em (LMR (µg.kg⁻¹))</i>		<i>número em (LMR (µg.kg⁻¹))</i>	
320. Março		326. Setembro	
<i>número em (LMR (µg.kg⁻¹))</i>		<i>número em (LMR (µg.kg⁻¹))</i>	
321. Abril		327. Outubro	
<i>número em (LMR (µg.kg⁻¹))</i>		<i>número em (LMR (µg.kg⁻¹))</i>	
322. Maio		328. Novembro	
<i>número em (LMR (µg.kg⁻¹))</i>		<i>número em (LMR (µg.kg⁻¹))</i>	
323. Junho		329. Dezembro	
<i>número em (LMR (µg.kg⁻¹))</i>		<i>número em (LMR (µg.kg⁻¹))</i>	

Análises de Redutase (min.)

330. Janeiro		332. Março	
<i>número em (min.)</i>		<i>número em (min.)</i>	
331. Fevereiro		333. Abril	
<i>número em (min.)</i>		<i>número em (min.)</i>	

334. Maio		338. Setembro	
<i>número em (min.)</i>		<i>número em (min.)</i>	
335. Junho		339. Outubro	
<i>número em (min.)</i>		<i>número em (min.)</i>	
336. Julho		340. Novembro	
<i>número em (min.)</i>		<i>número em (min.)</i>	
337. Agosto		341. Dezembro	
<i>número em (min.)</i>		<i>número em (min.)</i>	

Análises de CCS (células/ml)

CCS: contagem de células somáticas

342. Janeiro		348. Julho	
<i>número em (células/ml)</i>		<i>número em (células/ml)</i>	
343. Fevereiro		349. Agosto	
<i>número em (células/ml)</i>		<i>número em (células/ml)</i>	
344. Março		350. Setembro	
<i>número em (células/ml)</i>		<i>número em (células/ml)</i>	
345. Abril		351. Outubro	
<i>número em (células/ml)</i>		<i>número em (células/ml)</i>	
346. Maio		352. Novembro	
<i>número em (células/ml)</i>		<i>número em (células/ml)</i>	
347. Junho		353. Dezembro	
<i>número em (células/ml)</i>		<i>número em (células/ml)</i>	

Análises de CBT/UFC (UFC/ml)

CBT: contagem bacteriana total; UFC: unidade formadora de colônias

354. Janeiro		360. Julho	
<i>número em (UFC/ml)</i>		<i>número em (UFC/ml)</i>	
355. Fevereiro		361. Agosto	
<i>número em (UFC/ml)</i>		<i>número em (UFC/ml)</i>	
356. Março		362. Setembro	
<i>número em (UFC/ml)</i>		<i>número em (UFC/ml)</i>	
357. Abril		363. Outubro	
<i>número em (UFC/ml)</i>		<i>número em (UFC/ml)</i>	
358. Maio		364. Novembro	
<i>número em (UFC/ml)</i>		<i>número em (UFC/ml)</i>	
359. Junho		365. Dezembro	
<i>número em (UFC/ml)</i>		<i>número em (UFC/ml)</i>	

Análises de Gordura (%)

366. Janeiro		372. Julho	
<i>número em (%)</i>		<i>número em (%)</i>	
367. Fevereiro		373. Agosto	
<i>número em (%)</i>		<i>número em (%)</i>	
368. Março		374. Setembro	
<i>número em (%)</i>		<i>número em (%)</i>	
369. Abril		375. Outubro	
<i>número em (%)</i>		<i>número em (%)</i>	
370. Maio		376. Novembro	
<i>número em (%)</i>		<i>número em (%)</i>	
371. Junho		377. Dezembro	
<i>número em (%)</i>		<i>número em (%)</i>	

Análises de Proteína (%)

378. Janeiro		384. Julho	
<i>número em (%)</i>		<i>número em (%)</i>	
379. Fevereiro		385. Agosto	
<i>número em (%)</i>		<i>número em (%)</i>	
380. Março		386. Setembro	
<i>número em (%)</i>		<i>número em (%)</i>	
381. Abril		387. Outubro	
<i>número em (%)</i>		<i>número em (%)</i>	
382. Maio		388. Novembro	
<i>número em (%)</i>		<i>número em (%)</i>	
383. Junho		389. Dezembro	
<i>número em (%)</i>		<i>número em (%)</i>	

Análises de Sólidos não Gordurosos(%)

390. Janeiro		395. Junho	
<i>número em (%)</i>		<i>número em (%)</i>	
391. Fevereiro		396. Julho	
<i>número em (%)</i>		<i>número em (%)</i>	
392. Março		397. Agosto	
<i>número em (%)</i>		<i>número em (%)</i>	
393. Abril		398. Setembro	
<i>número em (%)</i>		<i>número em (%)</i>	
394. Maio		399. Outubro	
<i>número em (%)</i>		<i>número em (%)</i>	

400. Novembro

número em (%)

401. Dezembro

número em (%)

3.9. Criação de bezerras

402. Realiza o curativo de umbigo?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

403. Caso SIM, quantas vezes ao dia é feito o curativo de umbigo?

A questão só é pertinente se curativo de umbigo = "Sim"

404. Quantos dias o umbigo é curado?

405. No manejo da cura de umbigo realiza-se:

- ☐ 1. Corte ☐ 2. Queima ☐ 3. Corte e queima

406. Se 'outros', defina:

407. O que usa para curar o umbigo?

- ☐ 1. Spray ☐ 2. Iodo 10%
☐ 3. Iodo de ordenha ☐ 4. Curumbi e outros
☐ 5. Álcool iodado 5%

Você pode marcar diversas casas.

408. Se 'Outro:', defina:

409. Realiza a higienização do úbere antes da ordenha do colostro?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

410. Caso SIM, como é feita a higienização do úbere?

- ☐ 1. Lava com água
☐ 2. Lava com água e seca
☐ 3. Lava com água, seca e faz pré-dipping

A questão só é pertinente se higieniza o ubre da ordenha = "Sim"

411. Realiza a higienização das tetas antes da ordenha do colostro?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

412. Caso SIM, como é feita a higienização das tetas?

- ☐ 1. Lava com água
☐ 2. Lava com água e seca
☐ 3. Lava com água, seca e faz pré-dipping

413. Quanto tempo após o nascimento o bezerro recebe o colostro?

414. Os bezerros que não mamam na mãe, quantos litros de colostro eles bebem na primeira mamada?

415. Se não mamar sozinho, o fornecimento de colostro é através de?

- ☐ 1. Mamadeira ☐ 2. Balde

416. Se 'Outros', defina:

417. Quantos litros de colostro são fornecidos?

418. Quando a vaca pari a noite, quando é fornecido o colostro para o bezerro?

- ☐ 1. Na ordenha da manhã ☐ 2. Mama sozinho

419. Avalia a qualidade do colostro?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

420. A avaliação do colostro é usada como critério de colostragem?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

421. O que é feito com o leite de transição (colostro)?

- ☐ 1. Usado para o bezerro
☐ 2. Outros bezerros
☐ 3. Joga fora
☐ 4. Usado para outros animais da fazenda

422. Existe banco de colostro na propriedade?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

423. Que tipo?

- ☐ 1. Congelado ☐ 2. Silagem de colostro

424. CASO SIM, usa esse banco de colostro como rotina?

- ☐ 1. nunca ☐ 2. raramente ☐ 3. de vez em quando
☐ 4. bastante ☐ 5. sempre

A questão só é pertinente se banco colostro = "Sim"

425. Como é oferecido o leite para os bezerros?

- ☐ 1. Natural ☐ 2. Artificial com mamadeira
☐ 3. Artificial com balde

426. Usa algum alimento para substituir o leite para as bezerras, como um sucedâneo?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

427. Caso SIM, qual?

A questão só é pertinente se alimento para substituir o leite = "Sim"

428. Quantos litros de leite são fornecidos às bezerras até 30 dias?

429. Quantos litros de leite são fornecidos às bezerras entre 30 e 60 dias?

430. Quantos litros de leite são fornecidos às bezerras entre 60 e 90 dias?

431. Qual a temperatura do leite fornecido?
☐ 1. Ambiente ☐ 2. Morno ☐ 3. Fria

432. O aleitamento é feito logo após a ordenha?
☐ 1. Sim ☐ 2. Não

433. Existe constância no horário de fornecimento de leite?
☐ 1. Sim ☐ 2. Não

434. Como os utensílios são lavados?
☐ 1. Água ☐ 2. Água e sabão
☐ 3. Água e cloro ☐ 4. Não são lavados

435. Se 'Outros:', defina:

436. Os bezerros recebem leite de vacas em tratamento com antibiótico?
☐ 1. Sim ☐ 2. Não

437. As bezerras recebem água a partir do primeiro dia de vida?
☐ 1. Sim ☐ 2. Não

438. As bezerras recebem concentrado a partir do primeiro dia de vida?
☐ 1. Sim ☐ 2. Não

439. Faz criação de bezerros machos?
☐ 1. Sim ☐ 2. Não

440. Caso SIM, até que idade?

A questão só é pertinente se Faz criação de bezerros machos = "Sim"

441. Qual valor médio da venda do bezerro macho?

442. Alimentação do macho difere da fêmea?
☐ 1. Sim ☐ 2. Não

443. Mede a quantidade da ração que fornece aos bezerros?
☐ 1. Sim ☐ 2. Não

444. Qual a quantidade de concentrado é oferecida aos bezerros?

445. Fornece forragem para aos bezerros?
☐ 1. Sim ☐ 2. Não

446. As bezerras recebem forragem a partir do primeiro dia de vida?
☐ 1. Sim ☐ 2. Não

447. Caso SIM, qual a forragem é oferecida na época das águas?

- ☐ 1. Feno ☐ 2. Capim picado
☐ 3. Silagem de milho ☐ 4. Cana-de-açúcar
☐ 5. Pastagem

A questão só é pertinente se forragem para aos bezerros = "Sim"

448. Caso feno, qual a espécie da forrageira?

449. Caso SIM, qual a forragem é oferecida na época da seca?
☐ 1. Feno ☐ 2. Capim picado
☐ 3. Silagem de milho ☐ 4. Cana-de-açúcar
☐ 5. Pastagem

A questão só é pertinente se forragem para aos bezerros = "Sim"

450. Caso feno, qual a espécie da forrageira?

451. Qual o tipo de instalação em que ficam as bezerras em amamentação?
☐ 1. Abrigo individual móvel ☐ 2. Baia coletiva
☐ 3. Baia individual ☐ 4. Piquete

452. Se 'Outra:', defina:

453. Caso abrigo individual móvel, há contato entre as bezerras?
☐ 1. Sim ☐ 2. Não

454. Qual o tipo de piso da instalação?
☐ 1. Areia ☐ 2. Pasto ☐ 3. Terra ☐ 4. Maravalha

455. Com quanto tempo o abrigo individual móvel é trocado de lugar?

456. Tem sombra na instalação?
☐ 1. Sombrite ☐ 2. Abrigo individual móvel ☐ 3. Natural
☐ 4. Não tem

457. Quantos animais tem por instalação?

458. Qual a posição do bezerreiro?
☐ 1. Acima do curral ☐ 2. Abaixo do curral
☐ 3. Longe do curral ☐ 4. Ao lado do curral
☐ 5. Dentro do curral

459. Quando os(as) bezerros(as) saem do abrigo individual móvel ou baia, são colocados outros animais imediatamente após a saída?
☐ 1. Sim ☐ 2. Não

460. Bate sol no bezerreiro?
☐ 1. Sim ☐ 2. Não

461. É feita a descorna?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

462. Se SIM, quando é feita?

A questão só é pertinente se Quando é feito a descorna = "Sim"

463. Qual o método utilizado?

- ☐ 1. Ferro quente ☐ 2. Ferro quente elétrico
☐ 3. Pasta química

464. Se 'Outro', defina:

465. Remove as tetas extranumerárias?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

466. Caso SIM, como é feita a remoção?

467. Qual o tipo de identificação do bezerro? (se necessário assinalar mais de um método)

- ☐ 1. Ferro quente ☐ 2. Brinco ☐ 3. Nome próprio
☐ 4. Nome da mãe ☐ 5. Foto ☐ 6. Outro:

Você pode marcar diversas casas.

468. Se 'Outro:', defina:

469. A identificação é realizada no dia do nascimento?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

470. Se Não, defina:

A questão só é pertinente se identificação é realizada = "Não"

471. Realiza pesagem das bezerras?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

472. Caso SIM, quando ocorre a pesagem?

A questão só é pertinente se pesagem das bezerras = "Sim"

473. Caso SIM, qual o método utilizado?

- ☐ 1. Balança eletrônica ☐ 2. Balança convencional
☐ 3. Fita de pesagem ☐ 4. Tabela de pesar gado

A questão só é pertinente se pesagem das bezerras = "Sim"

474. Se 'Outro', defina:

475. Com qual objetivo da pesagem?

476. Existe outros métodos de acompanhamento de crescimento das bezerras e novilhas?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

477. Cas o SIM, qual(is) o(s) método(s)?

- ☐ 1. Escore de condição corporal
☐ 2. Altura de cernelha
☐ 3. Altura de garupa
☐ 4. Comprimento do corpo

A questão só é pertinente se métodos de acompanhamento de crescimento = "Sim"

478. Se 'Outro:', defina:

479. Qual o critério de desaleitamento?

- ☐ 1. Peso ☐ 2. Idade ☐ 3. Consumo de concentrado

480. Se 'Outro', defina:

481. Com qual idade a bezerra é desaleitada?

482. Qual o tipo de instalação em que ficam as bezerras pós-desmame?

- ☐ 1. Abrigo individual móvel ☐ 2. Baia coletiva
☐ 3. Baia individual ☐ 4. Piquete

483. Se 'Outra:', defina:

484. Com qual idade o bezerro macho é desaleitado?

485. Qual o critério utilizado para o agrupamento de recria?

- ☐ 1. Sexo ☐ 2. Idade ☐ 3. Peso
☐ 4. Não separa ☐ 5. Outro:

486. Se 'Outro:', defina:

3.10. Controle sanitário

487. Existe um calendário sanitário?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

488. Caso SIM, ele é realmente cumprido?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

A questão só é pertinente se calendário sanitário = "Sim"

489. Quais são as vacinas aplicadas nos bovinos regularmente?

- ☐ 1. Brucelose
- ☐ 2. Raiva
- ☐ 3. Febre aftosa
- ☐ 4. Clostridiose diversas
- ☐ 5. BVD
- ☐ 6. IBR
- ☐ 7. E. coli
- ☐ 8. Leptospirose
- ☐ 9. Paratifo
- ☐ 10. Clostridioses (manqueira)
- ☐ 11. Botulismo

Você pode marcar diversas casas.

490. Se 'Outro:', defina:

491. Qual a taxa de infestação de carrapatos em vacas?

- ☐ 1. Baixa
- ☐ 2. Média
- ☐ 3. Alta

492. Qual o critério utilizado para o controle de carrapatos?

- ☐ 1. Grau de infestação
- ☐ 2. Intervalo fixo
- ☐ 3. De acordo com o produto comprado

493. Qual o produto é utilizado atualmente?

494. Realiza o teste biocarrapaticidograma?

- ☐ 1. Sim
- ☐ 2. Não

495. Caso SIM, qual a frequência?

A questão só é pertinente se biocarrapaticidograma = "Sim"

496. Qual a taxa de infestação de carrapatos em novilhas?

- ☐ 1. Baixa
- ☐ 2. Média
- ☐ 3. Alta

497. Qual a taxa de infestação de carrapatos em bezerras?

- ☐ 1. Baixa
- ☐ 2. Média
- ☐ 3. Alta

498. Qual a taxa de infestação de bernes em vacas?

- ☐ 1. Baixa
- ☐ 2. Média
- ☐ 3. Alta

499. Qual a taxa de infestação de bernes em novilhas?

- ☐ 1. Baixa
- ☐ 2. Média
- ☐ 3. Alta

500. Qual a taxa de infestação de bernes em bezerras?

- ☐ 1. Baixa
- ☐ 2. Média
- ☐ 3. Alta

501. Qual a taxa de infestação de mosca do chifre em vacas?

- ☐ 1. Baixa
- ☐ 2. Média
- ☐ 3. Alta

502. Qual a taxa de infestação de mosca do chifre em novilhas?

- ☐ 1. Baixa
- ☐ 2. Média
- ☐ 3. Alta

503. Qual a taxa de infestação de mosca do chifre em bezerras?

- ☐ 1. Baixa
- ☐ 2. Média
- ☐ 3. Alta

504. Qual a taxa de infestação de mosca doméstica em vacas?

- ☐ 1. Baixa
- ☐ 2. Média
- ☐ 3. Alta

505. Qual a taxa de infestação de mosca doméstica em novilhas?

- ☐ 1. Baixa
- ☐ 2. Média
- ☐ 3. Alta

506. Qual a taxa de infestação de mosca doméstica em bezerras?

- ☐ 1. Baixa
- ☐ 2. Média
- ☐ 3. Alta

507. Qual categoria animal é feito a vermifugação? (se necessário assinalar mais de um método)

- ☐ 1. Bezerras mamando
- ☐ 2. Bezerras desmamadas
- ☐ 3. Novilhas
- ☐ 4. Vacas em lactação
- ☐ 5. Vacas e novilhas pré parto
- ☐ 6. Não utiliza
- ☐ 7. Toda a população bovina

Você pode marcar diversas casas.

508. Qual o produto é utilizado atualmente para vermifugação?

509. Qual o critério adotado para o tratamento?

510. Realiza o exame de fezes (OPG) ?

- ☐ 1. Sim
- ☐ 2. Não

511. Caso SIM, qual a periodicidade?

A questão só é pertinente se exames fezes = "Sim"

512. Existe problemas de casco?

- ☐ 1. Sim
- ☐ 2. Não

513. Faz uso de pedilúvio?

- ☐ 1. Sim
- ☐ 2. Não

514. Caso SIM, qual a frequência?

515. Caso SIM, qual(is) o(s) produto(s) e concentração(ões) utilizada(s)?

A questão só é pertinente se pedilúvio = "Sim"

516. Qual(is) a(s) doença(s) que mais ocorre(m) nas bezerras?

- ☐ 1. Diarréia
- ☐ 2. Pneumonia
- ☐ 3. Tristeza parasitária
- ☐ 4. Verminoses

517. Se 'Outra', defina:

518. As bezerras doentes são separadas das sadias?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

519. Quantas bezerras têm diarreia hoje?

520. Qual a idade em que ocorre diarreia?

521. As bezerras doentes são tratadas?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

522. Qual o tratamento?

- ☐ 1. Antibiótico ☐ 2. Soro oral ☐ 3. Soro na veia

523. Se 'Outro', defina:

524. Quantas bezerras estão com pneumonia hoje?

525. Qual a idade em que ocorre a pneumonia?

- ☐ 1. até 3 dias ☐ 2. 3-7 dias
☐ 3. 7-15 dias ☐ 4. 15-30 dias
☐ 5. Mais de 30 dias ☐ 6. Não ocorre

526. As bezerras doentes são tratadas?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

527. Qual o tratamento?

- ☐ 1. Antibiótico ☐ 2. Soro na veia ☐ 3. Soro oral

528. Quantas bezerras estão com tristeza parasitária hoje?

529. Qual a idade que ocorre a tristeza parasitária?

530. Qual o tratamento?

- ☐ 1. Hemoparasitida + antibiótico
☐ 2. Apenas antibiótico
☐ 3. Apenas hemoparasitida

531. Se 'Outros', defina:

532. Existem bezerras com problema de umbigo?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

533. Como você sabe que a bezerra tem problema de umbigo?

- ☐ 1. Umbigo inchado (inspeção) ☐ 2. Palpação
☐ 3. Bicheira

534. Se 'Outro', defina:

535. Realiza tratamento?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

536. Caso sim, qual o tratamento?

A questão só é pertinente se tratamento umbigo = "Sim"

3.11 Questão Ambiental

537. Você se preocupa com o meio ambiental?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

538. O que o pecuarista faz para melhorar a questão ambiental na sua propriedade?

539. Utiliza práticas de conservação de solo conforme recomendação técnica?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

540. Caso SIM, quais as práticas?

- ☐ 1. Curva de nível
☐ 2. Terraços
☐ 3. Adubação verde (leguminosas)
☐ 4. Rotação de culturas
☐ 5. Plantio direto

541. Se 'Outras', defina:

542. Existem áreas de preservação permanente?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

543. Caso SIM, qual a sua distância para a margem dos rios?

A questão só é pertinente se preservação permanente = "Sim"

544. Possui averbação da reserva legal?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

545. Faz compensação de áreas desmatadas?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

546. Caso SIM, onde adquiriu novas terras?

A questão só é pertinente se compensação de áreas desmatadas = "Sim"

547. Qual a área das novas terras?

548. Existem áreas de matas ciliares na sua propriedade?

- ☐ 1. Sim ☐ 2. Não

549. Caso SIM, quantos metros?

APÊNDICE D

APÊNDICE D – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Este apêndice reúne os **Termos de Consentimento Livre e Esclarecido** assinados pelos produtores participantes da pesquisa, nos quais autorizam voluntariamente o uso das informações fornecidas, assegurando anonimato, confidencialidade e utilização exclusiva dos dados para fins científicos

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada “Avaliar a relação entre características de propriedades leiteiras, qualidade do leite e percepção sobre a adoção de um dispositivo IoT para detecção da mastite”, coordenada por Yago Bezerra de Souza, mestrando do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Produtivos da UNIVILLE.

O objetivo deste estudo é avaliar a relação entre as características produtivas e sanitárias de propriedades leiteiras e os indicadores laboratoriais da qualidade do leite, bem como investigar o interesse e a percepção dos produtores sobre a adoção de um dispositivo IoT para detecção da mastite.

Como participante desta pesquisa, você será convidado(a) a responder a um questionário estruturado sobre manejo, estrutura da propriedade, indicadores de qualidade do leite e percepção sobre tecnologias. A sua participação ocorrerá entre os meses de junho e setembro de 2025.

Os riscos associados a esta pesquisa são mínimos e dizem respeito apenas a possíveis desconfortos ao responder algumas perguntas. Caso ocorra algum desconforto, você poderá interromper a participação a qualquer momento, sem prejuízo algum. O pesquisador responsável compromete-se a prestar assistência e esclarecimentos sempre que necessário.

Os benefícios esperados incluem a geração de conhecimento técnico-científico sobre a produção leiteira e a adoção de tecnologias digitais, além da possibilidade de acesso aos resultados agregados da pesquisa, que poderão apoiar o aprimoramento das práticas produtivas na região.

Sua participação é voluntária, e você tem liberdade para se recusar a responder qualquer pergunta ou desistir da pesquisa a qualquer momento, sem qualquer prejuízo. Você terá acesso aos resultados, poderá esclarecer dúvidas antes, durante e após a pesquisa, e não terá qualquer custo para participar. Também não será oferecida compensação financeira. No entanto, conforme a Resolução CNS 466/2012, você poderá solicitar indenização caso sofra qualquer dano decorrente da pesquisa.

Se tiver dúvidas, você pode entrar em contato com o pesquisador responsável:

Yago Bezerra de Souza

e-mail: yagobezerra23@gmail.com

telefone: (47)99637-5582

Em caso de dúvidas éticas, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UNIVILLE:

Rua Paulo Malschitzki, 10, Bairro Zona Industrial, Joinville/SC, Bloco B, Sala 119, CEP 89219-710.

Telefone: (47) 3461-9235 – E-mail: comitetica@univille.br

Após ter lido e compreendido todas as informações acima, caso concorde em participar da pesquisa, assine abaixo. Este documento está impresso em duas vias: uma ficará com o(a) pesquisador(a) responsável e outra com você, participante.

Pesquisador responsável:

Yago Bezerra de Souza

Documento assinado digitalmente
YAGO BEZERRA DE SOUZA
Data: 27/06/2025 12:45:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Consentimento de Participação:

Eu, _____, concordo voluntariamente em participar da pesquisa intitulada “Avaliar a relação entre características de propriedades leiteiras, qualidade do leite e percepção sobre a adoção de um dispositivo IoT para detecção da mastite”, conforme descrito neste Termo.

Joinville, ____/____/____

Assinatura do(a) participante

ANEXOS

Anexo 1

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Este anexo apresenta o Certificado de Aprovação do Projeto emitido pelo Comitê de Ética em Pesquisa, documento que atesta que os procedimentos metodológicos adotados neste estudo foram avaliados e aprovados conforme as normas éticas vigentes.



CEP

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
DE SERES HUMANOS



RESOLUÇÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UNESCO, reconhecido pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP)/ Ministério da Saúde analisou o projeto abaixo:

Parecer n.º: 7.863.100

CAAE: 91449425.8.0000.0119

Pesquisador(a) Responsável: YAGO BEZERRA DE SOUZA

Título: Estudo sobre a qualidade do leite e o interesse de produtores rurais no uso de tecnologias digitais para diagnóstico precoce da mastite em vacas leiteiras

Este projeto foi aprovado em seus aspectos éticos e metodológicos, de acordo com as Diretrizes e Normas Internacionais e Nacionais. Todas e quaisquer alteração do Projeto deverá ser comunicada ao CEP. Os membros do CEP não participaram do processo de avaliação dos projetos onde constam como pesquisadores.

Criciúma, 08 de dezembro de 2025.



Marco Antônio da Silva
Coordenador do CEP

Av. Universitária, 1.105 – Bairro Universitário – CEP: 88.806-000 – Criciúma / SC
Bloco R1 – Sala 109 | Fone (48) 3431 2606 | cep@unesco.net | www.unesco.net/cep
Horário de funcionamento do CEP: de segunda-feira a sexta-feira, das 8:00 às 12:00 e
das 13:30 às 17:30