

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
ESCOLA DE CIÊNCIAS MÉDICAS E DA VIDA  
CURSO DE ZOOTECNIA

**O BEM-ESTAR ANIMAL DE VACAS LEITEIRAS COM O USO DA ORDENHA RO-  
BOTIZADA**

Acadêmica: Andressa Gonçalves de Souza  
Orientador: Prof. Me. Bruno de Souza Mariano

Goiânia-GO  
2026



**ANDRESSA GONÇALVES DE SOUZA**



## **O BEM-ESTAR ANIMAL DE VACAS LEITEIRAS COM O USO DA ORDENHA ROBOTIZADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Zootecnista, junto à Escola de Ciências Médicas e da Vida, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

Orientador: Prof. Me. Bruno de Souza Mariano

Goiânia-GO

2026

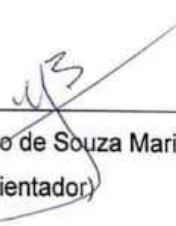


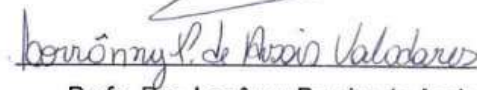
ANDRESSA GONÇALVES DE SOUZA

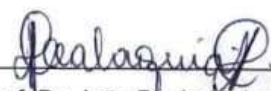


**O BEM-ESTAR ANIMAL DE VACAS LEITEIRAS COM O USO DA ORDENHA ROBOTIZADA**

Monografia apresentada à banca avaliadora em 12/06/2026 para conclusão da disciplina de TCC, no curso de Zootecnia, junto à Escola de Ciências Médicas e da Vida da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, sendo parte integrante para o título de Bacharel em Zootecnia.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Me. Bruno de Souza Mariano  
(Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Lorranny Pereira de Assis Valadares  
(Membro)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. João Darós Malaquias Júnior  
(Membro)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me manter de pé, guiar meus passos nos momentos de incerteza e me conceder a força, a saúde e a sabedoria necessárias para trilhar e concluir mais esta jornada. A Nossa Senhora Aparecida, por sempre cuidar e interceder por mim.

Aos meus pais, André e Lucilene, a minha irmã Ludymilla, aos meus amados familiares, até mesmo os que estavam comigo no começo e infelizmente não estarão no final. Pelo amor incondicional, apoio e paciência. Por celebrarem essa vitória comigo desde o primeiro dia. Por cada oração e pedido de proteção por mim à Deus. A minha família Gonçalves que significa tanto em minha vida. Esta conquista não é apenas minha, e com toda certeza não é apenas para mim, é nossa, é pra gente. Eu amo vocês.

Ao meu coordenador e orientador Bruno, pela paciência, dedicação e generosidade em compartilhar seu conhecimento. Sua ajuda, ensinamentos, correções e incentivos foram fundamentais não só para o desenvolvimento deste trabalho, mas também para a conclusão da minha formação acadêmica.

A cada um dos professores, que me passaram seus diversos conhecimentos, me preparando para a fase profissional tão esperada em minha vida.

Aos meus colegas de graduação, pelos anos de convivência, pelos estudos compartilhadas, pelas trocas de experiências e por tornarem a rotina universitária mais leve e enriquecedora.

Um agradecimento inteiramente especial ao meu trio de amigas inseparáveis, Amanda, Manuella e Wanessa. Vocês foram o meu maior suporte emocional e acadêmico, dividindo comigo os desesperos, os prazos, os discos e as risadas ao longo desses anos. Sem vocês, este caminho teria sido indescritivelmente mais difícil. Obrigada por estarem sempre comigo, e por tornarem a jornada inesquecível. Dê agora em diante nossos caminhos jamais deixaram de se cruzar, que bom. Vocês se tornaram parte essencial em minha vida. Já estou ansiosa pelos nossos próximos encontros, em qualquer lugar do mundo, amo vocês.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste sonho, o meu mais sincero obrigada.

**DEDICATORIA**

Dedico à Deus, pela luz no meu caminho e pela graça de concluir esta jornada. À minha mãe, Lucilene, que sempre me deu seu total apoio e compreensão. E que é meu porto seguro e maior exemplo de amor e dedicação.

*“Viver significa enfrentar desafios constantemente. O importante não é quantas vezes você cai, mas sim a sua capacidade de se levantar e continuar caminhando.” — K-Drama: Crash Landing on You*

| <b>SUMÁRIO</b>                                                        | <b>Pag</b> |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| LISTA DE TABELAS.....                                                 | viii       |
| LISTA DE QUADROS .....                                                | ix         |
| RESUMO.....                                                           | x          |
| 1 INTRODUÇÃO.....                                                     | 1          |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA.....                                          | 3          |
| 2.1 O Bem-Estar Animal no processo da ordenha em vacas leiteiras..... | 3          |
| 2.2 Descrição dos tipos de ordenha.....                               | 7          |
| 2.3 Comparação dos tipos de ordenha.....                              | 17         |
| 2.4 Caracterização e Uso da ordenha robotizada.....                   | 22         |
| 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....                                           | 29         |
| 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                    | 30         |

**LISTA DE TABELA****Pag.**

|          |                                                                                                                                                                                        |    |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 | Indicadores Biológicos de Bem-Estar Animal e Sanidade Conforme a Frequência no Robô Dados quantitativos e biológicos que demonstram a neutralidade adaptativa do bem-estar animal..... | 5  |
| Tabela 2 | Alterações na Estrutura do Plantel e Dimensionamento Operacional Dados numéricos reais que demonstram a capacidade de expansão da fazenda após a automação.....                        | 19 |
| Tabela 3 | Parâmetros de rendimento operacional, capacidade de fluxo e dependência de mão de obra em diferentes sistemas de ordenha.....                                                          | 20 |
| Tabela 4 | Parâmetros Produtivos e de Frequência de Vacas em Sistemas Robotizados Dados numéricos baseados em médias reais de propriedades comerciais e capacidade de máquina.....                | 22 |

| <b>LISTA DE QUADROS</b> |                                                                                                                                                                             | <b>Pag.</b> |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Quadro 1                | Comparativo Técnico e Operacional entre Ordenha Manual e Ordenha Mecânica.....                                                                                              | 9           |
| Quadro 2                | Parâmetros de avaliação do bem-estar animal (BEA) aplicados ao sistema de ordenha Balde ao Pé.....                                                                          | 11          |
| Quadro 3                | Parâmetros de avaliação do bem-estar animal (BEA) aplicados ao sistema de ordenha Espinha de Peixe.....                                                                     | 12          |
| Quadro 4                | Parâmetros de avaliação do bem-estar animal (BEA) aplicados ao sistema de ordenha Lado a Lado.....                                                                          | 13          |
| Quadro 5                | Parâmetros de avaliação do bem-estar animal (BEA) aplicados ao sistema de ordenha Carrossel (Rotatório).....                                                                | 15          |
| Quadro 6                | Parâmetros de avaliação do bem-estar animal (BEA) aplicados ao Sistema de Ordenha Robotizada (SOR).....                                                                     | 16          |
| Quadro 7                | Indicadores comportamentais de reatividade e nível de estresse social de vacas leiteiras em função do sistema de ordenha.....                                               | 21          |
| Quadro 8                | Fatores Zootécnicos Relacionados à Redução de Visitas Voluntárias ao Robô Parâmetros que atuam negativamente no tráfego livre e exigem intervenção do produtor.....         | 26          |
| Quadro 9                | Impacto informacional e monitoramento de parâmetros sanitários no robô dados focados nas variáveis que o sistema gerencia para a tomada de decisões rápidas na fazenda..... | 27          |
| Quadro 10               | Fatores de motivação intrínseca e extrínseca para a visita voluntária de vacas leiteiras ao Sistema de Ordenha Robotizada (SOR).....                                        | 28          |

| <b>LISTA DE FIGURAS</b> |                                     | <b>Pag.</b> |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------|
| Figura 1                | Exemplo de ordenha manual .....     | 8           |
| Figura 2                | Exemplo de ordenha mecânica.....    | 8           |
| Figura 3                | Exemplo de ordenha balde ao pé..... | 10          |
| Figura 4                | Exemplo de ordenha balde ao pé..... | 17          |

## **RESUMO**

A modernização da bovinocultura leiteira é impulsionada pela otimização operacional, escassez de mão de obra e demandas por bem-estar animal (BEA), cenário no qual o Sistema de Ordenha Robotizada (SOR) surge como inovação do Agronegócio 4.0. Com o objetivo de caracterizar o impacto da robotização e do manejo baseado no BEA sobre o processo de ordenha e a produtividade de vacas leiteiras, realizou-se uma pesquisa de revisão bibliográfica e análise de dados operacionais e comportamentais do rebanho para avaliar os fatores que influenciam a eficiência do SOR e da rotina de ordenha tradicional. Os achados demonstram que o volume de leite individual, os dias em lactação e o fornecimento estratégico de concentrado elevam a visitação espontânea ao robô, enquanto problemas de locomoção a reduzem. O aumento na frequência de ordenhas diminui o fluxo de leite por minuto e eleva o tempo de ocupação do maquinário; ademais, interações positivas e o estímulo tátil na pré-ordenha liberam ocitocina, resultando em vacas dóceis, alta produtividade e redução drástica da mastite. Por fim, conclui-se que o SOR e as práticas de BEA se consolidam como ferramentas de precisão eficientes, maximizando o potencial produtivo e viabilizando dados analíticos cruciais para a gestão moderna do rebanho.

**Palavras-Chave:** Automação, Bovinocultura leiteira, Conforto animal.

## 1. INTRODUÇÃO

A bovinocultura leiteira é um pilar socioeconômico crucial para o agronegócio brasileiro, gerando renda e segurança alimentar. Contudo, a escassez de mão de obra qualificada e a busca por eficiência e sustentabilidade exigem a modernização urgente de seus sistemas. Esse cenário impulsiona uma crescente absorção de tecnologias, transformando o manejo tradicional em processos de precisão. Alinhado a isso, dados da Embrapa de 2026 apontam um salto na eficiência técnica de propriedades digitais, enquanto o IBGE confirma que a automação e o monitoramento zootécnico avançado já alcançam mais de 15% dos estabelecimentos comerciais do país, consolidando a pecuária 4.0. (IBGE, 2026; EMBRAPA, 2026).

A modernização da pecuária leiteira tem sido impulsionada pela necessidade de alta produtividade aliada à eficiência operacional. O bem-estar animal (BEA) emerge não apenas como uma demanda ética dos consumidores, mas como um fator determinante para a viabilidade econômica do setor. Historicamente, o foco da produção animal concentrava-se na maximização dos índices produtivos; entretanto, a percepção contemporânea entende que o conforto e a saúde dos indivíduos são indissociáveis da qualidade do produto final e da longevidade do rebanho (KRAUSPENHAAR, 2024).

Dentro da rotina de uma fazenda leiteira, o manejo da ordenha representa o momento de maior interação entre o animal, o ser humano e os equipamentos. É um processo crítico onde falhas de manejo ou equipamentos inadequados podem atuar como agentes estressores, elevando os níveis de cortisol e prejudicando a liberação da ocitocina, o que impacta negativamente a ejeção do leite e a sanidade da glândula mamária. Diante desse desafio, a adoção de novas tecnologias tem transformado a interface homem-animal (BRUCKMAIER; BLUM, 1998; RUSHEN *et al.*, 2001).

Diante da necessidade de otimizar a mão de obra e elevar a produtividade, a automação tem deixado de ser uma realidade distante no cenário nacional. Pesquisas conduzidas pela Embrapa apontam que o número de propriedades que adotam o Sistema de Ordenha Robotizada (SOR) cresceu exponencialmente nos últimos anos, impulsionado por fatores como a melhoria na qualidade de vida do produtor e o incremento no conforto animal. A eficiência dessas tecnologias no país é tão

expressiva que fazendas brasileiras que utilizam sistemas automatizados de fluxo livre já lideram rankings globais de produtividade, superando médias de competidores tradicionais da Europa e dos Estados Unidos ao alcançarem marcas superiores a 50 kg de leite por vaca ao dia (NOTÍCIA E FATOS, 2026; SILVI, 2021).

A implementação de recursos tecnológicos que variam desde sistemas de ordenha robotizada (VMS) até sensores de monitoramento comportamental e softwares de gestão em tempo real permite uma abordagem individualizada das vacas. Essas ferramentas possibilitam a identificação precoce de desconfortos, a redução do contato humano estressante e a criação de um ambiente mais silencioso e previsível durante a extração do leite. Contudo, torna-se necessário avaliar se a tecnologia, por si só, é capaz de garantir o bem-estar animal ou se sua eficácia depende exclusivamente da interpretação humana e da correta configuração dos sistemas (HOLLOWAY, 2014; SILVA, 2019).

O potencial de produção individual das vacas leiteiras é maximizado pela automação devido à flexibilização da rotina de ordenha. Enquanto os sistemas convencionais limitam o manejo a duas ou três ordenhas diárias em horários fixos, os sistemas robotizados de tráfego livre permitem que animais de alta produção visitem a estação de ordenha mais de três vezes ao dia, respeitando seu ritmo biológico (TREVISAN, 2024).

O presente Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo analisar o bem-estar animal de vacas leiteiras com o uso da ordenha robotizada.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O Bem-Estar Animal no processo da ordenha em vacas leiteiras

O bem-estar animal (BEA) consolidou-se como um pilar estratégico, técnico e norteador dentro da bovinocultura de leite contemporânea, impulsionado tanto por exigências éticas do mercado consumidor — que passou a demandar sistemas de produção transparentes e sustentáveis — quanto pela busca incessante por eficiência técnica e econômica por parte dos produtores. Tecnicamente, o BEA define-se pelo estado em que o animal se encontra em perfeita harmonia física e mental com o ambiente que o cerca, sendo universalmente avaliado e balizado pelo conceito das "Cinco Liberdades", que determinam que o animal deve ser livre de fome e sede, através do acesso contínuo à água e dieta balanceada; livre de desconforto, assegurado por ambiente com proteção térmica e descanso adequado; livre de dor, ferimentos e doenças, por meio de protocolos sanitários e biossegurança; livre para expressar o comportamento natural, via espaço suficiente e interações sociais harmônicas; e livre de medo e estresse, conquistado pela eliminação de manejos aversivos que provoquem sofrimento mental e pânico (BROOM, 1986; FAWC, 1992).

Historicamente, existia a percepção equivocada de que investimentos em conforto animal e a lucratividade das propriedades eram metas divergentes e excludentes. Mas a ciência demonstrou que a quebra crônica ou aguda dessas liberdades acarreta prejuízos severos na produtividade e deprecia as propriedades físico-químicas do leite, além de elevar os custos com descartes involuntários e tratamentos veterinários, tornando o estado emocional e físico positivo das matrizes um pré-requisito essencial para o sucesso da pecuária moderna (BROOM, 1986; FRASER, 2018).

A sintonização entre o manejo da extração do leite e os preceitos de bem-estar animal fundamenta-se, primordialmente, no entendimento detalhado da fisiologia neuroendócrina da lactação. Em condições de neutralidade adaptativa e conforto, quando a matriz é submetida a um ambiente tranquilo e recebe estímulos táteis adequados no úbere, ocorre a ativação de mecanorreceptores sensoriais cutâneos que enviam impulsos nervosos aferentes via medula espinhal até o hipotálamo, culminando na liberação imediata de ocitocina pela neuro-hipófise na corrente sanguínea (SILVA,

2019). A ocitocina liga-se a receptores específicos e promove a contração das células mioepiteliais que circundam os alvéolos mamários, gerando a ejeção do leite para as cisternas da glândula e do teto (SILVA, 2019).

Por outro lado, a quebra do BEA por meio de manejos aversivos, ruídos excessivos, agressões físicas ou mudanças bruscas na rotina operacional desencadeia uma cascata neuroendócrina de estresse mediada pelo eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA) e pelo sistema nervoso simpático, disparando a liberação imediata de catecolaminas, como adrenalina e noradrenalina pela medula adrenal, e de cortisol pelo córtex da glândula (GRANDIN, 2020).

As catecolaminas atuam de forma diretamente antagonista à ocitocina por provocar uma severa vasoconstrição nos vasos sanguíneos da glândula mamária, reduzindo o fluxo de sangue local e impedindo que a ocitocina circulante atinja as células mioepiteliais, além de inibir diretamente a contratilidade do tecido mamário (BROOM; FRASER, 2015).

A magnitude desse problema reflete-se no esgotamento incompleto do úbere, onde o leite remanescente retido funciona como meio de cultura ideal para a proliferação acelerada de patógenos, elevando a incidência de mastite clínica e subclínica (RUSHEN, 2019; LANGFORD, 2022).

Adicionalmente, as altas concentrações de cortisol plasmático exercem um potente efeito imunossupressor sistêmico, reduzindo a atividade fagocitária dos neutrófilos e tornando o úbere ainda mais suscetível a infecções. A avaliação prática do bem-estar de matrizes leiteiras durante o ato da ordenha envolve a análise concomitante de parâmetros comportamentais, como passos, chutes, vocalizações e movimentos de cauda, associados a respostas fisiológicas e parâmetros de qualidade do leite. No ambiente da plataforma ou do fosso de ordenha, a agitação e o desconforto físico das vacas resultam frequentemente em flutuações bruscas no nível de vácuo do equipamento e no consequente deslizamento de teteiras, gerando o fenômeno do impacto reverso, força física que introduz gotículas de leite contaminadas diretamente para o interior do canal do teto, lesionando o esfíncter e servindo de porta de entrada para bactérias (SANTOS; FONSECA, 2019).

Além do incremento direto na Contagem de Células Somáticas (CCS) do tanque, as injúrias repetidas ao esfíncter e o estresse crônico reduzem drasticamente a

persistência da lactação e comprometem a longevidade produtiva das matrizes. Dentre as respostas biológicas mensuradas estatisticamente, destaca-se que o cortisol sérico e o escore de condição de tetos mantêm-se inalterados em situações de manejo adequado, com valor de significância estatística de  $p$  maior que zero vírgula zero cinco, ao passo que o escore de locomoção elevado, indicativo de claudicação e dores podais, afeta negativamente as visitas voluntárias e o bem-estar do rebanho (Tabela 1) (BROOM *et al.*, 2020; PARANHOS DA COSTA *et al.*, 2019).

Tabela 1: Indicadores Biológicos de Bem-Estar Animal e Sanidade Conforme a Frequência no Robô Dados quantitativos e biológicos que demonstram a neutralidade adaptativa do bem-estar animal

| Indicador de Bem-Estar Animal (BEA) | Resposta Fisiológica / Alteração Estatística | Impacto                    |
|-------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|
| Cortisol Sérico (ng/ml)             | Manutenção dos níveis basais                 | Não Afetado ( $p > 0,05$ ) |
| Escore de Condição de Tetos         | Preservação da integridade morfológica       | Não Afetado ( $p > 0,05$ ) |
| Escore de Locomoção (Claudicação)   | Redução severa nas visitas voluntárias       | Afetado negativamente      |

Fonte: ABENI, BACH (2025).

A rotina diária de extração de leite funciona como um termômetro preciso das práticas operacionais adotadas no rebanho, onde a figura do ordenhador desempenha um papel central, visto que a qualidade da interação humana afeta diretamente o temperamento, o limiar de medo e a reatividade física das vacas (HEMSWORTH, 2020).

Nos sistemas convencionais, a imposição de uma rotina coercitiva de deslocamento, o confinamento excessivo e a imprevisibilidade das ações dos operadores atuam frequentemente como gatilhos de estresse agudo, manifestado pelo aumento da frequência cardíaca e pela alta secreção de hormônios corticoideogênicos (ABENI *et al.*, 2005; FREITAS *et al.*, 2024).

A adoção de ações humanas positivas na sala de ordenha, caracterizada por condução calma, afagos e comunicação em tons de voz suaves, acalma o rebanho, reduz a distância de fuga e otimiza o fluxo de descida do leite (ALBRIGHT, 2021; HEMSWORTH, 2020).

A operacionalização desse manejo racional deve iniciar-se ainda na busca dos lotes no pasto ou nas pistas do confinamento, respeitando-se estritamente a zona de fuga e o ponto de balanço individual das vacas, banindo-se o uso de bastões elétricos, gritos ou agressões físicas (MACUHANOVA, 2017; GRANDIN, 2018).

Na sala de espera, fatores críticos como a alta densidade de alojamento e o estresse térmico severo atuam como agravantes que elevam a frequência cardíaca e a temperatura retal do rebanho, demandando o dimensionamento correto do espaço, estipulado em um mínimo de dois metros quadrados por animal, associado à instalação de sistemas eficientes de resfriamento adiabático com ventiladores e aspersores para favorecer a docilidade biológica (TITTO, 2021; PARANHOS DA COSTA, 2020).

Nos sistemas de ordenha robotizada, o conceito de conforto animal atinge uma nova dimensão ao basear-se no respeito ao ritmo biológico e social individual das vacas por meio do tráfego livre e voluntário. Em confinamentos do tipo free stall, as matrizes não são forçadas a interromper abruptamente seus períodos essenciais de repouso ou ruminação para cumprir horários rígidos de ordenha coletiva em lotes (BACH, 2007; PEREIRA, 2022).

A motivação interna para o deslocamento espontâneo até a estação robótica fundamenta-se em um binômio de incentivos biológicos, composto pelo alívio físico da pressão intramamária decorrente do acúmulo de leite e pela recompensa alimentar palatável através do fornecimento de concentrado calibrado eletronicamente de acordo com o nível produtivo atual de cada matriz (BACH, 2007; PEREIRA, 2022).

A ausência da figura do ordenhador humano no fosso elimina variáveis críticas de estresse psicológico associadas a manejos aversivos, que de outra forma ativariam o sistema nervoso simpático. Porém, o sucesso operacional nesse cenário automatizado é estritamente dependente da higidez física e da saúde podal das vacas leiteiras, visto que o sistema exige a locomoção puramente voluntária ao longo do dia, tornando a ocorrência de afecções nos cascos, dermatites digitais e claudicações uma barreira limitante severa, que gera atrasos graves no fluxo do pavilhão, retenção prolongada

de leite no úbere e a necessidade indesejada de condução forçada por parte dos colaboradores da fazenda (ABENI et al., 2005; BACH et al., 2007; PEREIRA, 2022).

A análise multidimensional dos indicadores de bem-estar animal demonstra de forma inequívoca que a fisiologia do animal responde diretamente aos estímulos mecânicos e estruturais aos quais ele é exposto diariamente. Quando a infraestrutura e o manejo operam em harmonia, o rebanho manifesta seu potencial genético de forma saudável, segura e economicamente sustentável (BROOM, 2019).

Visto que o bem-estar intra-ordenha está intrinsecamente ligado à forma como a tecnologia interage com a biologia do animal, as respostas neuroendócrinas de estresse ou de relaxamento discutidas até aqui passam a ser disparadas não apenas pelo manejo humano, mas também pelo design, arquitetura e nível de automação das instalações. Para compreender como esses conceitos de conforto e fisiologia são aplicados na prática zootécnica diária, faz-se necessário analisar detalhadamente as características estruturais e operacionais dos diferentes métodos de ordenha disponíveis na atividade leiteira moderna, tópicos que serão abordados detalhadamente no próximo capítulo dedicado à descrição dos tipos de ordenha.

## 2.2 Descrição dos tipos de ordenha

A ordenha manual representa o método mais tradicional e rudimentar de extração, sendo fundamentada exclusivamente na força física do operador para pressionar os tetos e ejetar o leite em baldes abertos. Embora venha sendo progressivamente substituída devido à necessidade de profissionalização do campo, essa prática ainda é observada em pequenas propriedades de agricultura familiar, na fase inicial de coleta do colostro ou em sistemas de subsistência de baixa escala produtiva (URBANO, 2015).

Para o bem-estar animal, o método manual pode apresentar baixos índices de estresse agudo caso o ordenhador mantenha uma postura extremamente calma e silenciosa; contudo, por demandar um tempo de execução significativamente elevado e por expor o leite a maiores riscos de contaminação ambiental, compromete tanto a eficiência operacional quanto os padrões rigorosos de higiene exigidos pelo mercado contemporâneo. (VIVELA, 2023). Na figura 1 podemos ver um exemplo de ordenha tipo manual.



Figura 1 – Exemplo de ordenha manual.  
Fonte: PULSAR IMAGENS, (2026).

Apesar de otimizar o tempo e aumentar a produtividade, a ordenha mecânica convencional impõe desafios ao bem-estar animal, pois exige o agrupamento forçado dos lotes e o cumprimento de horários rígidos, gerando longos períodos de espera que podem atuar como gatilhos de estresse e desconforto físico para os bovinos (Quadro 1) (PEREIRA, 2022). Aqui na figura 2 podemos observar a imagem de uma ordenha tipo mecânica.



Figura 2 – Exemplo de ordenha mecânica.  
Fonte: BOI SAÚDE, (2026).

Quadro 1: Comparativo Técnico e Operacional entre Ordenha Manual e Ordenha Mecânica

| Critério de Comparação      | Ordenha Manual                                                                              | Ordenha Mecânica Convencional                                                                           |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mecanismo de Extração       | Pressão positiva (compressão manual dos tetos pelo ordenhador).                             | Pressão negativa (vácuo intermitente e pulsação mecânica através de teteiras).                          |
| Rendimento e Escala         | Baixo rendimento horário; limitada a rebanhos pequenos (agricultura familiar).              | Alto rendimento; permite ordenhar grandes lotes de animais simultaneamente.                             |
| Exigência de Mão de Obra    | Alta dependência de esforço físico contínuo; rotina desgastante para o operador.            | Menor esforço físico na extração, exigindo foco no monitoramento e regulação do equipamento.            |
| Risco de Contaminação (CBT) | Elevado, devido à exposição do leite em baldes abertos ao ambiente da sala (poeira, pelos). | Reduzido (em sistemas canalizados), pois o leite flui em circuito fechado até o tanque de resfriamento. |
| Custo de Investimento       | Praticamente nulo (restrito a baldes e banqueta); baixo custo operacional.                  | Moderado a alto (aquisição de bombas, tubulações, energia elétrica e manutenção preventiva).            |

Fonte: WALKER, VILELA, (2023).

O sistema mecânico convencional baseia-se na aplicação combinada de vácuo e pulsações mecânicas por meio de teteiras que mimetizam a sucção natural realizada pelo bezerro. Esse modelo subdivide-se em ordenhas do tipo "Balde ao Pé" onde o conjunto de extração e o latão de acondicionamento são móveis, e sistemas "Canalizados", nos quais o leite flui diretamente para o tanque de resfriamento por tubulações de aço inoxidável. As salas de ordenha canalizada organizam-se em diferentes layouts estruturais, como o modelo "Espinha de Peixe" (posicionamento diagonal das vacas em relação ao fosso), "Lado a Lado" (disposição paralela com saída rápida) e o sistema de "Carrossel" ou rotatório, indicado para mega fazendas devido à alta capacidade operacional da plataforma giratória (WAGNER-STORCH; PALMER, 2003).

O sistema de ordenha mecânica classificado como "Balde ao Pé" (BAP) constitui a tecnologia de transição mais comum entre a ordenha manual e os sistemas canalizados de alta performance. Ele se caracteriza por uma estrutura operacional semifixa, na qual o conjunto de ordenha composto por teteiras, pulsador, coletor de leite e mangueiras é conectado a um tarro ou latão de inox (o "balde") localizado imediatamente ao lado do animal durante o processo extrativo (WALKER *et al.*, 2014).

Sob a perspectiva do fluxo de manejo e da infraestrutura rural, o sistema Balde ao Pé (BAP) apresenta alta versatilidade e baixo custo de investimento inicial, sendo amplamente recomendado para propriedades de agricultura familiar com rebanhos de pequeno a médio porte. O BAP não exige salas de ordenha altamente especializadas com fossos profundos, os animais podem ser ordenhados em galpões simples, linhas de contenção ou canastros, onde o ordenhador transporta o conjunto mecânico e o balde de animal em animal (PEREIRA, 2022; WALKER *et al.*, 2014).

Embora reduza o tempo de ordenha por animal em comparação ao método manual, o Balde ao Pé mantém o rebanho exposto à reatividade e ao manejo direto do operador, cujas variações de conduta podem disparar respostas adrenérgicas que inibem a liberação de ocitocina e causam a retenção do leite residual. Adicionalmente, por envolver a abertura frequente dos baldes em ambiente aberto para a transferência do leite, o sistema eleva os riscos de contaminação microbiológica ambiental por poeira, pelos ou insetos, exigindo protocolos sanitários rígidos de lavagem e desinfecção do equipamento para evitar o aumento da Contagem Bacteriana Total (CBT). (Quadro 2) (URBANO *et al.*, 2015; VIVELA, (2023). Na figura 3 podemos ver uma imagem de ordenha tipo balde ao pé.

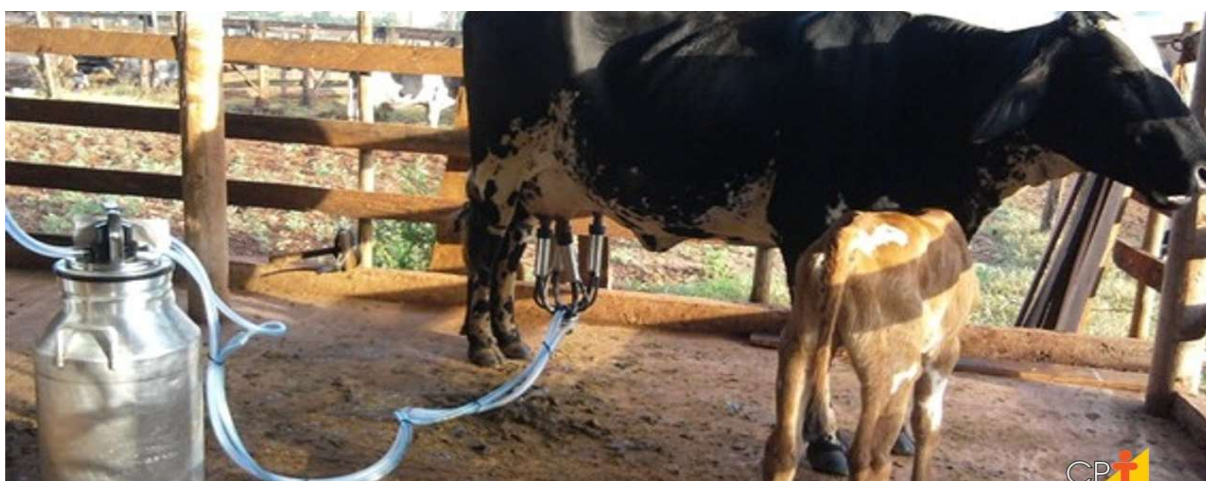


Figura 3 – Exemplo de ordenha balde ao pé.  
Fonte: CENTRO DE PRODUÇÕES TÉCNICAS, (2026).

Quadro 2: Parâmetros de avaliação do bem-estar animal (BEA) aplicados ao sistema de ordenha Balde ao Pé

| Componentes de Avaliação  | Impacto e Dinâmica Operacional no Sistema Balde ao Pé                                                                |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Interação Homem-Animal    | Altamente dependente; exige extrema proximidade física e docilidade do operador para evitar reatividade.             |
| Estresse de Condução      | Baixo a moderado; manejo geralmente realizado em lotes pequenos ou de forma individualizada.                         |
| Conforto Físico e Térmico | Variável; frequentemente instalado em galpões abertos, dependendo fortemente de ventilação natural.                  |
| Ergonomia e Segurança     | Crítica; o ordenhador trabalha agachado ao nível do animal, elevando o risco de acidentes (coices) e estresse mútuo. |
| Comportamento do Rebanho  | Animais tendem a ser mais calmos devido à alta rotina e familiaridade com o operador, se o manejo for gentil.        |

Fonte: BROOM, FRASER (2015); GRANDIN, (2018).

O sistema de ordenha canalizada do tipo "Espinha de Peixe" representa um dos arranjos estruturais e geométricos mais difundidos mundialmente nas propriedades leiteiras de médio e grande porte. Este modelo se caracteriza pelo posicionamento angular das vacas em relação ao fosso central onde trabalha o ordenhador, ficando dispostas em diagonal (geralmente em ângulos que variam de 30° a 45°). O leite extraído não é retido em baldes, mas flui de maneira contínua por meio de tubulações de aço inoxidável sob vácuo diretamente para o tanque de resfriamento central (WAGNER-STORCH; PALMER, 2003; WALKER et al., 2014).

Do ponto de vista da eficiência operacional e do dimensionamento da mão de obra, a engenharia do layout Espinha de Peixe otimiza o rendimento do trabalho quando comparada ao sistema Balde ao Pé. A presença do fosso central posiciona o úbere das vacas na altura do tórax do operador, eliminando a necessidade de o trabalhador agachar-se repetidamente para realizar a higienização, o estímulo tátil e o acoplamento do maquinário (PEREIRA, 2022; WALKER et al., 2014).

O modelo Espinha de Peixe, dentro do bem-estar animal, impõe desafios crônicos adaptativos ao rebanho devido à necessidade de manejo forçado e ao cumprimento de horários rígidos. O reagrupamento coletivo exige que os animais permaneçam confinados na sala de espera por períodos que, dependendo do tamanho do lote, podem exceder duas horas por turno. Esse confinamento temporário atua como um potente estressor agudo, elevando a reatividade física, a taxa respiratória e a secreção de cortisol plasmático, além de exacerbar disputas de dominância social e estresse por calor (Quadro 3) (ABENI *et al.*, 2005; FREITAS *et al.*, 2024).

Quadro 3: Parâmetros de avaliação do bem-estar animal (BEA) aplicados ao sistema de ordenha Espinha de Peixe

| Componentes de Avaliação    | Impacto e Dinâmica Operacional no Sistema Espinha de Peixe                                                                   |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Interação Homem-Animal      | Moderada e coletiva; o operador trabalha no fosso, reduzindo o contato físico direto e invasivo com a vaca.                  |
| Estresse Social (Lotes)     | Moderado; a entrada e saída ocorrem em grupos (lotes), o que aciona o comportamento de rebanho e reduz o medo.               |
| Contenção e Conforto        | Boa estabilização; o posicionamento em diagonal (30 a 45) limita o raio de coice e oferece suporte lateral entre os animais. |
| Facilidade de Entrada/Saída | Fluxo contínuo; porém, o ritmo do lote é ditado pela vaca mais lenta (vaca "líder" ou com problemas de locomoção).           |
| Visualização do Operador    | Excelente visibilidade lateral do úbere, facilitando a identificação de lesões de teto e tetos sujos sem estressar o animal. |

Fonte: RUSHEN, (2019); COSTA, (2020).

O sistema de ordenha canalizada denominado "Lado a Lado" representa o nível máximo de otimização de espaço e verticalização do fluxo operacional entre os layouts convencionais em fosso. Nesse arranjo geométrico, os animais são posicionados em um ângulo de 90° em relação ao fosso dos ordenhadores, ficando dispostos perpendicularmente e perfeitamente paralelos entre si. No sistema Lado a Lado a aproximação e o acoplamento do conjunto de ordenha são realizados exclusivamente por trás, por entre as pernas traseiras da vaca. Para garantir a segurança do operador contra coices e dejetos, a estrutura metálica de contenção é obrigatoriamente equipada com

portões individuais frontais e uma calha traseira de proteção em aço inoxidável (WAGNER-STORCH; PALMER, 2003; WALKER *et al.*, 2014).

A grande vantagem zootécnica e operacional do layout Lado a Lado reside na expressiva redução das distâncias de caminhada para os operadores no fosso e na velocidade de evacuação dos lotes. Como as vacas ocupam apenas a sua largura linear de bacia (cerca de 65 a 70 cm por posto de ordenha), o comprimento total do fosso é sensivelmente menor, permitindo concentrar mais animais por metro linear de instalação. Além disso, esse sistema utiliza predominantemente o mecanismo de saída rápida, no qual toda a barra frontal de contenção se eleva simultaneamente ao término da ordenha do lote, permitindo que todas as vacas abandonem a sala de uma só vez em linha reta, minimizando o tempo ocioso que ocorre no modelo Espinha de Peixe (Quadro 4) (PEREIRA, 2022; WALKER *et al.*, 2014).

Quadro 4: Parâmetros de avaliação do bem-estar animal (BEA) aplicados ao sistema de ordenha Lado a Lado

| Componentes de Avaliação  | Impacto e Dinâmica Operacional no Sistema Lado a Lado                                                                                        |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Interação Homem-Animal    | Distanciada; manejo focado na eficiência do lote, com pouca interferência ou contato visual direto homem-animal.                             |
| Estresse de Contenção     | Alta densidade no fosso; os animais ficam posicionados a 90, muito próximos, o que pode gerar estresse por dominância social.                |
| Conforto e Proteção       | Alta segurança para o operador devido à barreira traseira; contudo, limita o espaço de movimentação da vaca durante a ordenha.               |
| Saída Rápida (Rapid Exit) | Excelente para o BEA; a abertura frontal simultânea de toda a bancada reduz o tempo de retenção e o estresse pós-ordenha.                    |
| Acesso ao Úbere           | Feito por trás (entre as pernas traseiras); exige rotina rigorosa de estimulação tátil, pois o animal não enxerga o ordenhador se aproximar. |

Fonte: Dados adaptados de Grandin (2020) e Titto et al. (2021).

O sistema Lado a Lado apresenta um balanço entre a redução do tempo de permanência na instalação e o estresse do confinamento coletivo. Por viabilizar uma

taxa de batadura (vacas ordenhadas por hora) significativamente superior, ele reduz o tempo total que o rebanho gasta na sala de espera, permitindo que os animais retornem mais rápido para as pistas de trato e camas do *free stall* (ABENI *et al.*, 2005; FREITAS *et al.*, 2024).

O sistema de ordenha canalizada do tipo "Carrossel" (ou rotatório) representa a engenharia de maior escala e automação industrial aplicada à extração convencional de leite em mega propriedades. Esse modelo fundamenta-se em uma plataforma circular giratória motorizada, construída em aço e concreto, que se move continuamente sobre trilhos em velocidade constante e ajustável (WAGNER-STORCH; PALMER, 2003; WALKER *et al.*, 2014).

A principal vantagem zootécnica do layout rotatório reside na padronização absoluta da rotina de trabalho e no altíssimo rendimento da mão de obra, alcançando as maiores taxas de vacas ordenhadas por hora do mercado. No sistema Carrossel, os operadores permanecem estáticos em postos fixos de trabalho na periferia ou no centro da plataforma giratória, enquanto os animais são "trazidos" até eles pelo movimento da estrutura. Funções como a higienização do úbere, o estímulo tátil e o acoplamento do conjunto de ordenha são divididas em módulos sequenciais entre os colaboradores. Essa dinâmica de linha de montagem industrial minimiza o deslocamento humano, elimina o tempo ocioso de espera por lotes lentos e otimiza a ergonomia do trabalhador (PEREIRA, 2022; WALKER *et al.*, 2014).

O sistema Carrossel apresenta impactos comportamentais e fisiológicos ambivalentes que exigem manejo altamente especializado. Por apresentar um fluxo contínuo e individual de entrada, ele elimina completamente o estresse decorrente do confinamento prolongado em salas de espera e mitiga as disputas por dominância social observadas nos sistemas de fosso coletivos. Uma vez embarcadas, o movimento suave e linear da plataforma tende a tranquilizar os animais, mantendo os níveis de cortisol plasmático próximos aos valores basais em matrizes já adaptadas. No entanto, a velocidade da rotina impõe um ritmo rígido; fêmeas assustadas, novilhas em fase de treinamento ou animais com problemas iniciais de locomoção podem manifestar forte reatividade e hesitação no momento do embarque (Quadro 5) (ABENI *et al.*, 2005; FREITAS *et al.*, 2024).

Quadro 5: Parâmetros de avaliação do bem-estar animal (BEA) aplicados ao sistema de ordenha Carrossel (Rotatório)

| Componentes de Avaliação  | Impacto e Dinâmica Operacional no Sistema Carrossel                                                                                        |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Interação Homem-Animal    | Mínima e altamente automatizada; o operador permanece estático em estações específicas (estimulação, acoplamento, <i>dipping</i> ).        |
| Previsibilidade da Rotina | Altíssima; a plataforma giratória impõe uma velocidade constante e movimentos repetitivos, gerando rápida habituação no rebanho.           |
| Estresse de Entrada       | Crítico; exige automação precisa e piso antiderrapante para evitar refugo, empurrões e lesões podais na transição para a plataforma.       |
| Isolamento Individual     | Cada vaca ocupa um box individual em movimento; elimina disputas por espaço dentro da sala de ordenha, acalmando o animal.                 |
| Monitoramento Tecnológico | Facilitado; permite integração com sensores de ruminação e identificação eletrônica, auxiliando no diagnóstico precoce de dor ou estresse. |

Fonte: MACUHANOVA, (2017); SANTOS e FONSECA, (2019).

O Sistema de Ordenha Robotizada (SOR) constitui a máxima inovação tecnológica do setor, eliminando por completo a necessidade de intervenção humana direta para o acoplamento do maquinário. Operando predominantemente sob o conceito de tráfego livre, o sistema confere total autonomia às vacas, que se deslocam voluntariamente até a estação robotizada motivadas pelo alívio da pressão intramamária e pelo fornecimento de concentrado individualizado (WAGNER-STORCH; PALMER, 2003).

A consolidação do Sistema de Ordenha Robotizada como expoente da pecuária de precisão reside na sua capacidade de transformar o ato mecânico da extração em uma plataforma contínua de geração de dados e inteligência analítica. Cada módulo robotizado opera interligado a softwares de gestão capazes de processar, em tempo real, centenas de variáveis individuais por matriz, como a velocidade de descida do leite, o tempo de fixação por teto, o histórico de produção e o comportamento de cocho. Essa densidade informacional permite a transição de um manejo generalista baseado na média do lote para uma abordagem de precisão individualizada (Quadro 6) BACH et al., 2007; ZANIN *et al.*, 2022).

Quadro 6: Parâmetros de avaliação do bem-estar animal (BEA) aplicados ao Sistema de Ordenha Robotizada (SOR)

|                                      |                                                                                                                                             |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Componentes de Avaliação             | Impacto e Dinâmica Operacional na Sala de Ordenha Robotizada (SOR)                                                                          |
| Interação Homem-Animal               | Praticamente nula no momento da extração; elimina o estresse por manejo aversivo ou erro humano operacional.                                |
| Voluntariedade e Livre Arbítrio      | Altíssima; a vaca decide o momento de ser ordenhada com base em sua motivação (tráfego livre orientado pelo consumo de concentrado).        |
| Estresse de Espera                   | Inexistente; elimina a necessidade de agrupamento forçado e longos períodos de permanência em salas de espera convencionais.                |
| Isolamento e Conforto no Box         | Ambiente individual e estático; o braço robótico faz a leitura por laser/câmera e acopla as teteiras sem sobressaltos para o animal.        |
| Frequência de Ordenha                | Biologicamente adaptável; permite que vacas de alta produção sejam ordenhadas mais vezes (> 3 vezes/dia), aliviando a pressão intramamária. |
| Monitoramento de Saúde em Tempo Real | Máximo; sensores acoplados analisam condutividade elétrica do leite, CCS estimada e ruminação, antecipando diagnósticos de dor ou estresse. |

Fonte: RUSHEN, (2019); GRANDIN, (2020).

O robô, equipado com braço mecânico, sensores 3D e sistemas de leitura a laser, realiza as etapas de higienização, estímulo, extração e desinfecção pós-ordenha de maneira idêntica e padronizada para cada animal. Essa estabilidade na rotina anula a imprevisibilidade do comportamento humano e reduz drasticamente as respostas fisiológicas de medo, consolidando-se como uma ferramenta de precisão que

eleva os índices de bem-estar ao mesmo tempo em que maximiza a expressão do potencial genético e produtivo do rebanho (KRAUSPENHAAR, 2024).



Figura 2 – Exemplo de ordenha balde ao pé.

Fonte AGROCERES MULTIMIX, (2026).

### 2.3 Comparação dos tipos de ordenha

A transição entre os diferentes métodos de extração de leite revela um divisor de águas no que tange à eficiência operacional e à qualidade de vida do rebanho. Quando confrontados, os sistemas manual, mecânico convencional e robotizado expõem vantagens e limitações claras, principalmente no que diz respeito ao nível de estresse imposto aos animais e à autonomia comportamental dentro da propriedade. Essa transição convencional gerou gargalos crônicos para o bem-estar animal, caracterizados pelo confinamento prolongado nas salas de espera e pela imposição de horários rígidos e coercitivos que interrompem os padrões naturais de repouso e ruminação do rebanho (KRAUSPENHAAR, 2024; WALKER *et al.*, 2014).

A evolução cronológica e estrutural dos sistemas de ordenha reflete um impacto direto na gradação do estresse e na autonomia comportamental das matrizes leiteiras. Enquanto os métodos tradicionais, como a ordenha manual e o sistema mecânico do tipo Balde ao Pé, operam sob uma lógica de baixa densidade tecnológica e alta dependência da conduta do operador, os layouts canalizados em fosso a exemplo dos

modelos Espinha de Peixe e Lado a Lado industrializaram o fluxo de manejo através do agrupamento coletivo em lotes. O sistema rotatório do tipo Carrossel minimiza as disputas por dominância social ao adotar o embarque individual e contínuo, porém mantém a rigidez do relógio biológico e a proximidade com estressores sonoros e humanos (ABENI *et al.*, 2005; WALKER *et al.*, 2014).

No modelo manual, o estresse físico e a lentidão do processo limitam severamente a escala de produção, embora o contato humano possa ser pacífico. Ao migrar para a ordenha mecânica convencional (canalizada ou rotatória), o produtor ganha velocidade e capacidade de processamento, mas introduz novos desafios críticos ao bem-estar animal. O manejo convencional exige o reagrupamento forçado das vacas em lotes e longos períodos de permanência na sala de espera. Esse confinamento temporário e a rigidez dos horários aumentam a reatividade do rebanho e geram picos de cortisol devido à imprevisibilidade do manejo humano e à agitação comum nesses ambientes (URBANO *et al.*, 2015; WAGNER-STORCH; PALMER, 2003).

A frequência e fisiologia nos sistemas convencionais limitam-se a duas ou três ordenhas por dia por restrições de mão de obra, o robô absorve visitas mais frequentes de vacas de alta produção, reduzindo a pressão intramamária e aliviando o desconforto no úbere de forma imediata. Consequentemente, a comparação técnica evidencia que a automação preenche as lacunas deixadas pela ordenha mecânica convencional. Ao aliar a alta capacidade extrativa com o respeito às liberdades comportamentais dos bovinos, a tecnologia de precisão mitiga os estressores do fosso de ordenha e estabelece um ambiente significativamente mais harmonioso e produtivo (WAGNER-STORCH; PALMER, 2003).

O grande diferencial do Sistema de Ordenha Robotizada (SOR) frente aos métodos anteriores reside na completa inversão dessa lógica de manejo coercitivo. Enquanto a ordenha mecânica tradicional estipula horários fixos e dependência total de operadores, o sistema automatizado de fluxo livre transfere o controle do tempo para o próprio animal. O deslocamento é forçado e coletivo, no robotizado, o acesso é individual e voluntário, baseado no relógio biológico da vaca. A interação com humanos no modelo mecânico tradicional expõe o animal a variações de humor e manejos bruscos dos ordenhadores. O robô elimina essa oscilação através de um braço mecânico que executa um padrão idêntico de toque e higiene em todas as ordenhas (Tabela 2) (KRAUSPENHAAR, 2024).

Tabela 2: Alterações na Estrutura do Plantel e Dimensionamento Operacional Dados numéricos reais que demonstram a capacidade de expansão da fazenda após a automação

| Indicador de Estrutura da Propriedade     | Cenário com Ordenha Mecânica | Cenário Após Robotização (SOR) |
|-------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Tamanho do Plantel (Matrizes em Lactação) | 70 animais                   | 107 animais                    |
| Capacidade Máxima por Módulo (Vacas/Robô) | -                            | 60 animais                     |
| Mão de Obra Direta na Extração            | Requerida por turno          | Eliminada na linha de ordenha  |

Fonte: ZANIN, PEREIRA, FREITAS (2022)

A transição estrutural para o Sistema de Ordenha Robotizada (SOR) viabiliza um ganho expressivo em escala produtiva associado à otimização da força de trabalho. Como demonstra a Tabela 2, a automação permite uma expansão de 52,8% no plantel de matrizes em lactação (de 70 para 107 animais), evidenciando o aumento da capacidade de suporte operacional da fazenda através de módulos dimensionados para até 60 vacas por robô (PEREIRA, 2022).

Paralelamente, a eliminação da mão de obra direta na extração do leite por turno soluciona a dependência de serviços manuais repetitivos e desgastantes. Com isso, a realocação estratégica do trabalhador para funções de gestão e monitoramento sanitário eleva a eficiência zootécnica e consolida um modelo de produção rentável e menos vulnerável à escassez de mão de obra no campo (ZANIN et al., 2022; FREITAS et al., 2024).

Análise comparativa dos sistemas de ordenha convencional e automatizado sob a ótica de eficiência operacional e indicadores de bem-estar animal (BEA) (Tabela 3) (GRANDIN, 2020).

Tabela 3: Parâmetros de rendimento operacional, capacidade de fluxo e dependência de mão de obra em diferentes sistemas de ordenha

| Sistema de Ordenha | Rendimento Operacional (vacas/ hora/ operador) | Tempo Médio em Sala de Espera (min/lote) | Dependência da Relação Homem-Animal |
|--------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|
| Balde ao Pé        | 8 – 12                                         | 0 (individual)                           | Crítica e Direta                    |
| Espinha de Peixe   | 25 – 35                                        | 45 – 60                                  | Moderada (Fosso)                    |
| Lado a Lado        | 40 – 50                                        | 45 – 60                                  | Baixa (traseira)                    |
| Carrossel          | 70 – 90                                        | 30 – 45                                  | Estática / Mínima                   |
| Robotizada (SOR)   | 100 – 120                                      | 0 (tráfego livre)                        | Inexistente no B                    |

Fonte: RUSHEN, (2019); GRANDIN, (2020); PARANHOS DA COSTA, (2020).

Ao contrário dos sistemas convencionais, onde falhas de manejo e interações humanas aversivas disparam picos agudos de adrenalina que inibem a ação da ocitocina e causam a retenção do leite residual, a estabilidade operativa do robô promove o relaxamento e o conforto das matrizes. Assim, a comparação dos sistemas revela que a automação de precisão não apenas eleva a eficiência operacional da fazenda, mas estabelece o padrão ideal de conforto biológico ao permitir que o animal dite o seu próprio ritmo produtivo (Quadro 7) (ABENI *et al.*, 2005; FREITAS *et al.*, 2024; PEREIRA, 2022).

Quadro 7: Indicadores comportamentais de reatividade e nível de estresse social de vacas leiteiras em função do sistema de ordenha

| Sistema de Ordenha | Frequência de Coices por Ordenha (média) | Nível de Estresse Social do Rebanho | Dinâmica de Agrupamento           |
|--------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Balde ao Pé        | Alta (> 3,0)                             | Baixo (individualizado)             | Individual ou grupos reduzidos    |
| Espinha de Peixe   | Moderada (1,5)                           | Moderado (coletivo)                 | Coletiva em lotes (diagonal)      |
| Lado a Lado        | Baixa (< 0,5)                            | Moderado a Alto (alta densidade)    | Coletiva em lotes (perpendicular) |
| Carrossel          | Mínima (< 0,2)                           | Baixo (isolamento no box)           | Individual em plataforma móvel    |
| Robotizada (SOR)   | Nula (0,0)                               | Ausente (voluntário)                | Individual por fluxo voluntário   |

Fonte: GRANDIN, (2020); TITTO, (2021).

A análise comparativa dos indicadores comportamentais e do estresse social do rebanho, sistematizada no Quadro 8, evidencia que o design estrutural da sala de ordenha e a dinâmica de agrupamento exercem impacto direto na reatividade das matrizes. Nos sistemas convencionais de base coletiva, como a Espinha de Peixe e a Lado a Lado, a alta densidade de alojamento e o confinamento em lotes impõem desafios à estabilidade social do rebanho, o que pode exacerbar o estresse por dominância (TITTO et al., 2021).

Em contrapartida, observa-se uma redução linear na frequência média de coices, à medida que os sistemas evoluem para o isolamento individualizado das vacas durante o processo de extração. Enquanto o sistema Balde ao Pé apresenta índices elevados devido à proximidade invasiva e à dependência direta da relação homem-animal, os sistemas Carrossel e, de forma mais robusta, a Sala de Ordenha Robotizada (SOR) mitigam esses estímulos aversivos. Ao promover uma dinâmica baseada no fluxo voluntário e na ausência completa de agrupamento forçado, a robotização

anula a ocorrência de coices (0,0) e neutraliza o estresse social. Essa transição consolida o uso da tecnologia como uma ferramenta estratégica não apenas para a eficiência operacional, mas para a garantia da homeostase e do bem-estar animal (GRANDIN, 2020).

2.4 Caracterização e Uso da ordenha robotizada

A implementação do Sistema de Ordenha Robotizada (SOR) redefine os conceitos tradicionais de manejo ao substituir a intervenção humana direta por processos totalmente automatizados. Originada na Holanda na década de 1990 para mitigar a escassez de mão de obra e otimizar a eficiência no campo, a robotização fundamenta-se no princípio da ordenha voluntária. Sob essa ótica, os animais frequentemente mantidos em sistemas de confinamento intensivo como o *free stal* deslocam-se de maneira autônoma até as estações de ordenha, movidos pela atratividade do alimento concentrado fornecido individualmente pelo robô e pelo estímulo fisiológico de alívio da pressão intramamária gerada pelo acúmulo de leite no úbere (Tabela 4) (FREITAS *et al.*, 2024; PEREIRA, 2022).

Tabela 4: Parâmetros Produtivos e de Frequência de Vacas em Sistemas Robotizados  
Dados numéricos baseados em médias reais de propriedades comerciais e capacidade de máquina

| Variável Operacional e Produtiva                   | Média Apresentada /<br>Parâmetro |
|----------------------------------------------------|----------------------------------|
| Produção Média de Leite (kg/vaca/dia)              | > 30,00 kg                       |
| Frequência Média de Ordenhas (visitas/vaca/dia)    | 2,34 a 3,00                      |
| Capacidade Operacional do Módulo<br>(animais/robô) | 60 vacas                         |
| Idade de Implementação da Tecnologia<br>(Mundial)  | Década de 1990                   |

Fonte: FREITAS, (2024)

O avanço constante das tecnologias no campo culminou no desenvolvimento do Sistema de Ordenha Robotizada (SOR), uma inovação que altera a dinâmica produtiva tradicional ao transferir as atividades de manejo extrativo para braços mecânicos controlados por sensores e softwares. A implementação global dessa tecnologia, iniciada na década de 1990 na Holanda, responde diretamente a um cenário de escassez crônica de mão de obra qualificada no meio rural e à necessidade de elevar os índices de eficiência operacional para suprir a demanda crescente do mercado de lácteos. No contexto brasileiro, embora o sistema ainda esteja concentrado principalmente na região Sul, o interesse dos pecuaristas tem crescido impulsionado pela busca por padronização e automatização dos processos de rotina (FREITAS *et al.*, 2024).

O princípio fundamental do uso do robô baseia-se no conceito de ordenha voluntária, na qual os animais se deslocam de forma autônoma até a estação de extração, motivados pelo alívio da pressão intramamária e pelo estímulo do fornecimento de concentrado individualizado no cocho da máquina. Uma vez que a vaca entra na estrutura, o sistema computadorizado realiza a leitura dos dados do animal via sensores, executa a higienização do úbere, acopla as teteiras eletronicamente de forma individualizada por teto, monitora o fluxo e, ao término da extração, realiza o processo de desinfecção pós-ordenha (*post-dipping*) antes de liberar o animal (FREITAS *et al.*, 2024; PEREIRA, 2022).

Sob a ótica dos índices produtivos, o uso da ordenha robotizada possibilita o aumento da frequência diária de ordenhas por animal, o que se correlaciona diretamente com o ganho na produção individual de leite. Estudos práticos conduzidos em propriedades comerciais no Brasil demonstram que rebanhos confinados sob sistemas robotizados conseguem atingir médias satisfatórias superiores a 30 kg de leite por vaca ao dia, com uma frequência média em torno de 2,34 ordenhas diárias. Contudo, a literatura destaca que o sucesso produtivo e o aproveitamento total da capacidade das máquinas (estipulada idealmente em cerca de 60 animais por robô) dependem do manejo nutricional adequado, do conforto térmico e das condições de locomoção que estimulem o tráfego voluntário dos animais (PEREIRA, 2022).

No âmbito do monitoramento e gestão, o uso do robô atua em perfeita consonância com os preceitos do Agronegócio 4.0 ao gerar um volume robusto de dados

analíticos para os produtores. Além de mensurar a produtividade por matriz, os sensores integrados monitoram parâmetros de qualidade e sanidade em tempo real, tais como a condutividade elétrica do leite para o diagnóstico precoce da mastite, a temperatura corporal para detecção de enfermidades e indicadores do período fértil das fêmeas (ZANIN *et al.*, 2022).

Os impactos econômicos e operacionais do sistema refletem-se diretamente na redução dos custos com mão de obra direta e na melhora das condições de trabalho nas propriedades. Ao eliminar a obrigatoriedade de atividades manuais repetitivas e exaustivas associadas ao fosso de ordenha convencional, o robô redireciona a função dos colaboradores para a análise de relatórios, monitoramento de alertas e manejo de animais que apresentem atrasos no fluxo de visitas (FREITAS *et al.*, 2024).

O fluxo operacional dentro do módulo robotizado segue um padrão rigoroso de consistência física e sanitária. No momento em que a vaca adentra a estação, sensores eletrônicos identificam o animal e realizam o cruzamento de dados com o software de gestão da propriedade. Em seguida, um braço mecânico guiado por sistemas de laser ou visão computacional 3D localiza individualmente cada teto, executando sequencialmente as etapas de higienização (*pré-dipping*), estímulo mecânico para a descida do leite, acoplamento das teteiras, monitoramento do fluxo extrativo e desinfecção final (*pós-dipping*). Essa estabilidade ritualística promovida pela máquina elimina a variabilidade e a imprevisibilidade de humor inerentes aos ordenhadores humanos, proporcionando uma rotina previsível e silenciosa para os bovinos (FREITAS *et al.*, 2024; ZANIN *et al.*, 2022).

A dinâmica comportamental e produtiva das vacas na ordenha robótica é diretamente regulada por fatores de produção intrínsecos e extrínsecos ao rebanho. Estudos práticos demonstram que a frequência média diária com que as vacas visitam o robô voluntariamente (frequentemente situada em marcas comerciais de 2,34 a 3,0 visitas por animal) é influenciada pelo nível de produção individual de leite, pelo consumo de concentrado na coqueira do equipamento, pelo escore de condição corporal e pelo estágio da lactação (BACH *et al.*, 2007).

Animais em início ou pico de lactação e com demandas energéticas elevadas tendem a apresentar maior frequência de visitas devido à atratividade do alimento e à pressão do úbere. Em contrapartida, reduções no fornecimento ou consumo do

concentrado e o avanço dos dias em lactação atuam diminuindo a assiduidade de acesso à estação de ordenha (PEREIRA, 2022).

Em salas de ordenha convencionais, o agrupamento forçado de matrizes na sala de espera estabelece um ambiente de alta proximidade física que exacerba disputas territoriais, estresse por calor e reações de dominância das vacas multíparas sobre as primíparas, as quais frequentemente sofrem bloqueios e intimidações. No Sistema de Ordenha Robotizada (SOR), a dissolução dos lotes em favor de visitas individuais e assíncronas distribui a demanda pelo equipamento ao longo das 24 horas do dia, reduzindo drasticamente a incidência de comportamentos agressivos, como cabeçadas e perseguições (BACH *et al.*, 2007; WAGNER-STORCH; PALMER, 2003).

A integridade física e a locomoção das matrizes exercem papel crítico na eficiência e viabilidade do tráfego voluntário até a unidade robótica. Vacas que apresentam escores de locomoção prejudicados, decorrentes de problemas podais ou claudicações, reduzem drasticamente sua taxa de visitação espontânea ao robô. Sob a perspectiva de engenharia de processos, o aumento da frequência de visitas das vacas resulta fisiologicamente em maior estímulo à síntese de leite pela glândula mamária, porém altera parâmetros cinéticos como a redução do fluxo de ejeção por minuto e o consequente aumento na duração temporal da ordenha (ABENI *et al.*, 2005; BACH *et al.*, 2007).

Os reflexos da robótica sobre os indicadores biológicos de estresse e sanidade do úbere revelam a neutralidade adaptativa do rebanho ao ambiente tecnológico. Avaliações científicas baseadas em perfis endócrinos e fisiológicos como a dosagem dos níveis de cortisol sérico para mensurar o estresse e a mensuração de escores morfológicos de lesões em tetos evidenciam que a variação na frequência de visitas ao robô não afeta negativamente tais marcadores. Embora a frequência de ordenhas exerça forte impacto sobre as métricas de produtividade, composição do produto e taxa de ocupação da máquina (estipulada idealmente em até 60 animais por robô), ela não atua como agente estressor, demonstrando que a tecnologia de precisão consegue conciliar altos tetos produtivos e automação sem comprometer o status de bem-estar animal do rebanho (Quadro 8) (ABENI *et al.*, 2005; PEREIRA, 2022).

Quadro 8: Fatores Zootécnicos Relacionados à Redução de Visitas Voluntárias ao Robô Parâmetros que atuam negativamente no tráfego livre e exigem intervenção do produtor

| Fator Zootécnico Crítico          | Efeito no Comportamento Animal               | Impacto Numérico no Fluxo         |
|-----------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------|
| Avanço nos Dias em Lactação (DEL) | Redução natural do metabolismo               | Queda na taxa de visitação        |
| Escore de Locomoção Elevado       | Dor e dificuldade de locomoção (Claudicação) | Redução severa nas visitas livres |
| Redução do Concentrado no Cocho   | Perda do estímulo de recompensa alimentar    | Diminuição da assiduidade         |

Fonte: BACH, ABENI, (2007)

A eficiência operacional da caracterização do robô fundamenta-se na capacidade de automação tridimensional executada pelo braço mecânico articulado, o qual realiza todas as etapas de manejo sem intervenção humana. A identificação exata da topografia do úbere e a localização espacial de cada teto são realizadas por meio de um sistema híbrido de visão computacional, que integra sensores ópticos, tecnologia laser e câmeras com sensores de tempo de voo (*Time-of-Flight* - ToF). Esses dispositivos emitem feixes de luz que calculam a distância exata entre a extremidade do braço e o teto do animal, permitindo um acoplamento rápido e individualizado das teteiras, mesmo em matrizes que apresentam assimetria mamária ou conformação desfavorável de úbere (FREITAS *et al.*, 2024; WAGNER-STORCH; PALMER, 2003).

O uso e o sucesso do sistema robotizado nas propriedades leiteiras estão intrinsecamente atrelados ao modelo de tráfego de animais adotado no planejamento da instalação, dividindo-se principalmente em tráfego livre e tráfego guiado (ou modificado). No sistema de tráfego livre, as vacas possuem total autonomia para se deslocarem entre as camas de descanso, a pista de trato e a estação de ordenha a qualquer hora do dia ou da noite, estimuladas puramente por suas necessidades fisiológicas e pelo incentivo do concentrado. (BACH *et al.*, 2007; PEREIRA, 2022).

Ao utilizar sensores ópticos, lasers e sistemas de visão computacional 3D, o robô padroniza o tempo de toque e a pressão de vácuo aplicada em cada quarto mamário, eliminando oscilações operacionais causadas por fadiga ou imperícia humana.

Essa precisão mecânica resulta em uma descida do leite mais rápida e fisiológica, mediada pela liberação endógena de ocitocina sem a interferência do cortisol, que é um conhecido inibidor da ejeção láctea. A previsibilidade do estímulo oferecido pela máquina promove a calma comportamental, reduzindo episódios de coices e tentativas de fuga durante o procedimento (FREITAS *et al.*, 2024; WAGNER-STORCH; PALMER, 2003).

A análise estatística de perfis hormonais demonstra que a variação na frequência diária de ordenhas no robô mesmo em animais de alta produção que realizam três ou mais visitas voluntárias ao dia não eleva as concentrações basais de glicocorticoides e não induz estados de estresse crônico (ABENI *et al.*, 2005; SÖRENSEN *et al.*, 2021).

A estabilidade operacional proporcionada pelo braço mecânico elimina a previsibilidade e a variabilidade de humor inerentes ao manejo humano, executando rigorosamente as etapas de higienização (*pré-dipping* e *pós-dipping*) sempre de maneira idêntica. Esse respeito ao ritmo biológico resulta em um incremento na frequência diária de ordenhas, estimulando a glândula mamária a expressar seu potencial produtivo máximo sem comprometer a saúde e o conforto do úbere (Quadro 9) (KRAUSPENHAAR, 2024).

Quadro 9: Impacto informacional e monitoramento de parâmetros sanitários no robô dados focados nas variáveis que o sistema gerencia para a tomada de decisões rápidas na fazenda

| Parâmetro Sanitário / Zootécnico | Tipo de Indicador Medido pelo Robô       | Variável Numérica de Alerta            |
|----------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|
| Condutividade Elétrica           | Sanidade do Úbere (Mastite Subclínica)   | Desvio acima da média basal            |
| Temperatura Corporal             | Deteção Precoce de Enfermidades / Febre  | Oscilação em graus Celsius (°C)        |
| Período Fértil (Cio)             | Eficiência Reprodutiva / Taxa de Prenhez | Picos de atividade motora (passos/dia) |
| Desperdício de Leite             | Descarte por resíduos de antibióticos    | Redução a 0% por desvio automatizado   |

Fonte: ZANIN, (2022).

O robô, ao garantir uma rotina mecânica idêntica, silenciosa e previsível de estimulação tátil e vácuo individualizado por teto, assegura uma liberação maciça e contínua de ocitocina endógena. Fisiologicamente, essa estabilidade hormonal otimiza o relaxamento das células mioepiteliais dos alvéolos mamários, promovendo uma extração rápida, completa e indolor, sem flutuações adaptativas de cortisol (Quadro 10) (ABENI *et al.*, 2005).

Quadro 10: Fatores de motivação intrínseca e extrínseca para a visita voluntária de vacas leiteiras ao Sistema de Ordenha Robotizada (SOR)

| Categoria do Estímulo    | Fator Motivacional no Tráfego Livre   | Resposta Comportamental e de Bem-Estar                                            |
|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Fisiológico (Intrínseco) | Pressão intramamária do leite         | Alívio imediato do peso e do desconforto no úbere; busca ativa pelo box.          |
| Nutricional (Extrínseco) | Fornecimento de concentrado palatável | Estímulo associativo positivo; recompensa alimentar dentro da cabine do robô.     |
| Social (Intrínseco)      | Ausência de dominância no fluxo       | Deslocamento sem medo de agressões ou bloqueios por vacas dominantes no lote.     |
| Cronobiológico           | Ritmo circadiano individual           | Distribuição das ordenhas ao longo das 24 horas, respeitando o relógio biológico. |

Fonte: JAGO (2022); PEREIRA, (2022).

O avanço tecnológico e a necessidade de profissionalização do campo introduziram os Sistemas de Ordenha Robotizada (SOR) como ferramentas de transformação do manejo na atividade leiteira. O principal diferencial do sistema automatizado sob a ótica do bem-estar animal reside na concessão de autonomia ao rebanho por meio de modelos de fluxo livre, permitindo que as vacas acessem a estação de ordenha, a área de repouso e os corredores de alimentação de forma voluntária. Em vez de serem forçados a seguir cronogramas rígidos estipulados pelo manejo humano tradicional, os animais buscam o robô movidos pelo estímulo de alívio do incômodo causado pela pressão do leite no úbere (JAGO, 2022).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu analisar de forma robusta o impacto da modernização tecnológica na bovinocultura leiteira, centrando-se na interface entre a automação da ordenha e o bem-estar animal.

A transição dos métodos convencionais de extração para o Sistema de Ordenha Robotizada (SOR) reflete não apenas uma resposta à escassez de mão de obra e à busca por eficiência econômica, mas também uma mudança de paradigma no manejo do rebanho.

Evidenciou-se que a automação da ordenha, devolve a autonomia comportamental às vacas, permitindo que respondam aos seus próprios estímulos fisiológicos e metabólicos em um ambiente previsível e livre de manejos humanos aversivos.

Constatou-se que rebanhos confinados sob O SOR alcançam altos tetos produtivos e expressam seu potencial genético através do aumento do número de ordenhas diárias.

O SOR consolida-se como um caminho irreversível para garantir o BEA da atividade leiteira intensiva. A realização de pesquisas que avaliem a viabilidade econômica do SOR a longo prazo torna-se importante.

Do ponto de vista técnico-científico, a realização desta revisão de literatura cumpre o papel fundamental de correlacionar a engenharia dos sistemas automatizados com a resposta neuroendócrina e comportamental de bovinos leiteiros.

Longe de ser apenas uma ferramenta de otimização operacional, a Sala de Ordenha Robotizada (SOR) consolida-se cientificamente como um mecanismo de promoção do bem-estar animal ao devolver a autonomia e o fluxo voluntário ao rebanho.

Portanto, a sistematização desses dados não apenas quebra o paradigma de que a tecnologia distancia o olhar humanizado sobre o plantel, mas oferece um arcabouço teórico robusto que justifica investimentos tecnológicos através de indicadores claros de sanidade glandular, longevidade produtiva e eficiência zootécnica moderna.

#### 4.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABENI, F.; CALAMARI, L.; CALZA, F.; SPERONI, M.; BRETONI, G.; PIRLO, G. **Welfare assessment based on metabolic and endocrine aspects in primiparous cows milked in a parlor or with an automatic milking system.** Journal of Dairy Science, v. 88, n. 10, p. 3542-3552, 2005.

AGROCERES MULTIMIX 2019. Bovinos de leite - **Novas tecnologias na produção de leite: ordenha robotizada.** Disponível em: <https://agroceresmultimix.com.br/blog/novas-tecnologias-na-producao-de-leite-ordenha-robotizada/> . Acesso em: junho 2026.

ALBRIGHT, J. L. **The Behaviour of Cattle.** Oxon: CABI Publishing, 2021.

BACH, A.; IGLESIAS, C.; CALSAMIGLIA, S.; DEVANT, M. **Effect of amount of concentrate offered in automatic milking systems on milking frequency, feeding behavior, and milk production of dairy cattle consuming high amounts of corn silage.** Journal of Dairy Science, v. 90, n. 11, p. 5049-5055, 2007.

BOI SAÚDE. **ORDENHA MECÂNICA: SAIBA TUDO SOBRE.** Disponível em: <https://dicas.boisaude.com.br/ordenha-mecanica-saiba-tudo-sobre/> . Acesso em: junho 2026.

BROOM, D. M. **Animal welfare: an aspect of care, sustainability, and product quality.** *Animal Production Science*, v. 59, n. 11, p. 1991-1998, 2019.

BROOM, D. M.; FRASER, A. F. **Comportamento e Bem-Estar Animal.** 5. ed. São Paulo: Manole, 2015.

BRUCKMAIER, R. M.; BLUM, J. W. **Oxytocin release and milk removal in ruminants.** Journal of Dairy Research, v. 65, n. 4, p. 683-696, 1998.

CENTRO DE PRODUÇÕES TÉCNICAS E EDITORA LTDA © 2000 - **Sistema de Ordenha Balde ao Pé** - Curso a Distância Ordenha Mecânica 2026. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/tv-video-cursos-cpt/rural/bovinos-gado-de-leite/filme-sistema-de-ordenha-balde-ao-pe-curso-a-distancia-ordenha-mecanica> . Acesso em: junho 2026.

EMBRAPA. **Produção recorde e preços em queda: perspectivas para o mercado de leite em 2026**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2026. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: maio 2026.

FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL (FAWC). **Second Report on Priorities for Research and Development in Farm Animal Welfare**. London: FAWC, 1992. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/organisations/farm-animal-welfare-committee-fawc>. Acesso em: 16 jun. 2026.

FRASER, D. **Understanding Animal Welfare**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2018.

FREITAS, G. H.; CARETA, G. M.; CINTRA, J. V. L.; SILVA, J. V. B. **Sistema de Ordenha Robotizado**. Franca-SP: ETEC Prof. Carmelino Corrêa Junior, Técnico em Agropecuária, 2024.

GRANDIN, T. **Livestock Handling and Transport**. 5th ed. CABI Publishing, 2020.

GRANDIN, T. **Manejo de Gado de Leite**. São Paulo: Grupo Gen - Roca, 2018.

HEMSWORTH, P. H. **Human-animal interactions in livestock production**. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 233, p. 105-114, 2020.

HOLLOWAY, L. *et al.* **Managing technological desire and technology's desire: Automation, animal agency and robotic milking**. *Journal of Rural Studies*, v. 34, p. 111-122, 2014.

IBGE. **Pesquisa Trimestral do Leite**. Indicadores de Produção 2025/2026. Rio de Janeiro: IBGE, 2026.

JAGO, J. **Robotic milking systems and dairy cow welfare**. *Journal of Dairy Research*, v. 89, n. 2, p. 145-152, 2022.

KRAUSPENHAAR, R. **Uso da tecnologia na pecuária leiteira: robótica e automação na ordenha**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Vacaria, 2024.

LANGFORD, F. M. *et al.* **The relationship between human-animal interactions and mastitis prevalence in dairy herds**. *Journal of Dairy Research*, v. 89, n. 2, p. 145-152, 2022.

MACUHANOVA, K. *et al.* **Effects of acute stress during milking on milk ejection, milk yield and milk composition in dairy cows**. *Animal Science Journal*, v. 88, n. 4, p. 650-658, 2017.

ÖRENSEN, A. *et al.* **Effects of milking frequency on milk yield, mammary cell turnover, and indicators of welfare in dairy cows**. *Journal of Dairy Science*, v. 104, n. 5, p. 5912-5924, 2021.

OTÍCIA E FATOS. **Brasil lidera ranking global de produtividade leiteira com uso de tecnologia em fazendas do Paraná**. Publicado em abr. 2026. Disponível em: <https://noticiaefatos.com.br/>. Acesso em: maio 2026.

PARANHOS DA COSTA, M. J. R. *et al.* **Manejo racional na ordenha: impactos no bem-estar, produtividade e qualidade do leite**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 49, e20190120, 2020.

PEREIRA, A. F. P. **Índices produtivos de vacas leiteiras em sistemas de ordenha robotizada**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária.

PULSAR IMAGENS. Banco de imagens Brasil - **Ordenha manual**. Disponível em: <https://www.pulsarimagens.com.br/video/Ordenha-manual> . Acesso em: junho 2026.

RUSHEN, J. *et al.* **Effect of the presence of familiar humans on the cortisol response of dairy cows to milking in a novel surroundings.** *Journal of Dairy Science*, v. 84, n. 8, p. 1823-1828, 2001.

RUSHEN, J. *et al.* **The Welfare of Cattle**. Dordrecht: Springer, 2019.

SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L. **Controle de Mastite e Qualidade do Leite: Desafios e Soluções**. São Paulo: FMVZ-USP, 2019.

SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L. **Qualidade do leite e controle de mastite**. São Paulo: Lemos Editorial, 2019.

SILVA, D. M. da. **Utilização de ordenha robotizada na produção de leite**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2019.

SILVA, R. B. *et al.* **Fisiologia da lactação e o impacto do manejo de ordenha no bem-estar de vacas leiteiras**. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 71, n. 3, p. 895-903, 2019.

SILVI, J. *et al.* **Sistemas automatizados de ordenha no Brasil: panorama e percepções**. In: *Agricultura de Precisão: Um Novo Olhar na Era Digital*. Brasília: Embrapa, 2021. p. 719-725.

TITTO, E. A. L. *et al.* **Estresse térmico e bem-estar na sala de espera de ordenha para vacas da raça Holandesa**. *Ciência Animal Brasileira*, v. 22, e-64210, 2021.

TREVISAN, G. D. *et al.* **Impacto da frequência de ordenha automatizada sobre a persistência da lactação em vacas holandesas.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 53, e20230145, 2024.

URBANO, S. A. *et al.* **Comportamento de vacas leiteiras em sistema de ordenha manual no semiárido.** *Acta Veterinaria Brasilica*, v. 9, n. 4, p. 348-353, 2015.

VIVELA, D. **A história dos 491 anos do leite no Brasil: passado, presente e o futuro?** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2023.

WAGNER-STORCH, A. M.; PALMER, R. W. **Feeding behavior, milking behavior, and milk yields of cows milked in a parlor versus an automatic milking system.** *Journal of Dairy Science*, v. 86, n. 5, p. 1494–1502, 2003.

WALKER, J. *et al.* **New Brunswick Dairy Milking System Comparison Guide.** New Brunswick: Department of Agriculture, Aquaculture and Fisheries, 2014. Universidade Federal de berlândia, Uberlândia, 2022.

ZANIN, A.; KRUGER, S. D.; GONZAGA, J. F.; PADGETT, R. C. M. L. **Robotização na ordenha leiteira e o conceito do Agronegócio 4.0.** In: *XXIX Congresso Brasileiro de Custos*, 2022, João Pessoa / PB. Anais [...]. João Pessoa: CBC, 2022.



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL  
Av. Universitária, 1069 | Setor Universitário  
Caixa Postal 86 | CEP 74605-010  
Goiânia | Goiás | Brasil  
Fone: (62) 3946.3081 ou 3089 | Fax: (62) 3946.3080  
www.pucgoias.edu.br | prodi@pucgoias.edu.br

## RESOLUÇÃO n°038/2020 – CEPE

### ANEXO I

#### APÊNDICE ao TCC

#### Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante: Andressa Gonçalves de Souza, do Curso de Zootecnia, matrícula 2021.2.0027.0016-1, telefone: 62.99147.63.60, e-mail: [andressanga8611@gmail.com](mailto:andressanga8611@gmail.com), na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado O BEM-ESTAR ANIMAL DE VACAS LEITEIRAS COM O USO DA ORDENHA ROBOTIZADA, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 15/06/2026.

*Andressa Gonçalves de Souza*

Assinatura do(a)s autor(a)(es):

Nome completo do autor(a): Andressa Gonçalves de Souza

*3*

Assinatura do Professor(a) Orientador(a)

Nome completo do professor-orientador: Bruno de Souza Mariano

Prof. Me. Bruno de Souza Mariano  
Coordenador do Curso de Zootecnia  
RE 4753 PUC - GOIÁS