

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ANA CRISTINA COVIC CASTRO

**DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE ORDENHAS E DA PRODUÇÃO DE LEITE POR
ORDENHA DE VACAS LEITEIRAS EM SISTEMAS DE ORDENHA ROBOTIZADA**

UBERLÂNDIA, MG

2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ANA CRISTINA COVIC CASTRO

**DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE ORDENHAS E DA PRODUÇÃO DE LEITE POR
ORDENHA DE VACAS LEITEIRAS EM SISTEMAS DE ORDENHA ROBOTIZADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Graduação em
Zootecnia da Universidade Federal de
Uberlândia, como requisito para a obtenção do
grau de Bacharelado em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Alex de Matos Teixeira

UBERLÂNDIA, MG

2026

ANA CRISTINA COVIC CASTRO

**DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE ORDENHAS E DA PRODUÇÃO DE LEITE POR
ORDENHA DE VACAS LEITEIRAS EM SISTEMAS DE ORDENHA ROBOTIZADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Graduação em
Zootecnia da Universidade Federal de
Uberlândia, como requisito para a obtenção do
grau de Bacharelado em Zootecnia.

Uberlândia, 05 de agosto de 2026

BANCA EXAMINADORA

Dr. Alex de Matos Teixeira

Dra. Ricarda Maria dos Santos

Msc. Ana Flávia de Paula Pereira

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter me sustentado, guiado e capacitado ao longo de toda a minha graduação, especialmente durante a elaboração deste trabalho. Aos meus pais, Antônio e Marcela, por me ensinarem, desde cedo, o valor do conhecimento, por todo o incentivo e por sempre me proporcionarem as melhores condições para alcançar meus objetivos. Obrigada por acreditarem em mim e por sonharem este sonho ao meu lado. Às minhas irmãs, Isabella e Maria Heloísa, por serem companheiras ao longo dessa trajetória.

À minha tia e madrinha, Maria Helena, pelo cuidado, afeto, apoio incondicional e pelos valiosos ensinamentos ao longo da minha vida. Aos meus avós, Daniel e Magda, por todo carinho. Ao meu namorado, Edmilson, por caminhar ao meu lado desde o período em que ingressar na Universidade Federal de Uberlândia ainda era apenas um sonho. Obrigada por acompanhar cada etapa da minha trajetória acadêmica e profissional, pelo incentivo constante, pela compreensão e por todo o apoio oferecido ao longo dessa jornada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alex de Matos Teixeira, pelos ensinamentos, pela confiança, pelas oportunidades concedidas ao longo da graduação e pela dedicação, paciência e orientação durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade em participar desta avaliação, pelo tempo dedicado a este trabalho e pelas valiosas contribuições.

Aos integrantes do Núcleo do Leite, que fizeram parte da minha formação desde o início da graduação. Em especial, à Ana Flávia, pelos ensinamentos compartilhados nas atividades de campo, pelos momentos de descontração e por toda a ajuda, incentivo e parceria durante a realização deste trabalho.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Proporção de ordenhas realizadas em função da paridade e período do dia	37
Gráfico 2 - Produção de leite (kg) por ordenha em função da paridade e período do dia	38
Gráfico 3 - Proporção de ordenhas realizadas em função do estágio da lactação e período do dia para primíparas	39
Gráfico 4 - Proporção de ordenhas realizadas em função do estágio da lactação e período do dia para múltíparas.....	40
Gráfico 5 - Produção de leite (kg) por ordenha em função do estágio da lactação e período do dia para primíparas.	42
Gráfico 6 - Produção de leite (kg) por ordenha em função do estágio da lactação e período do dia para múltíparas.....	42
Gráfico 7 - Proporção de ordenhas realizadas em função do quartil de produção e período do dia para primíparas.	45
Gráfico 8 - Proporção de ordenhas realizadas em função do quartil de produção e período do dia para múltíparas.....	46
Gráfico 9 - Produção de leite (kg) por ordenha em função do quartil de produção e período do dia para primíparas.	48
Gráfico 10 - Produção de leite (kg) por ordenha em função do quartil de produção e período do dia para múltíparas.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Dados descritivos em cada ordem de parto.	34
Tabela 2 - Dados descritivos em cada estágio de lactação.	35
Tabela 3- Dados descritivos de cada quartil de produção.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGV – Ácidos graxos voláteis

DEL – Dias em lactação

FO – Frequência de ordenhas

IO – Intervalo entre ordenhas

ITU – Índice de temperatura e umidade

PMR – *Partial mixed ration*

SOR – Sistema de ordenha robotizada

RESUMO

O objetivo com este trabalho foi avaliar a distribuição temporal de ordenhas e da produção de leite por ordenha ao longo do dia em um sistema robotizado. Os dados foram coletados diariamente durante 180 dias, por meio do *software* DelPro™, em uma fazenda comercial de produção leiteira situada na cidade de Lagoa da Prata – MG. As vacas em lactação eram alojadas em dois barracões de *Compost barn*, cada um com duas estações de ordenhas robotizadas DeLaval, com sistema de fluxo guiado do tipo *milk first*. Os dados foram categorizados de acordo com a ordem de parto, dias em lactação e quartil de produção. O período de 24 horas foi dividido em quatro intervalos de 6 horas. As análises estatísticas foram realizadas por meio do teste de comparações de duas proporções e teste de comparações múltiplas para comparar as proporções de ordenhas, análise de variância (ANOVA) para avaliar a produção de leite por ordenha, adotando o nível de significância de 5% ($P < 0,05$). A distribuição das ordenhas ao longo do dia não foi uniforme, indicando haver períodos de maior e menor atividade nos robôs. Enquanto primíparas concentraram as ordenhas no período de 12:00 – 17:59 (27,3%), múltíparas concentraram no período de 06:00 – 11:59 (27,6%). As primíparas apresentaram um padrão de distribuição de ordenhas mais heterogêneo nos primeiros 21 dias de lactação (amplitude de 34,3%), com redução da heterogeneidade no segundo estágio da lactação (amplitude de 9,6%). De maneira geral, múltíparas apresentaram melhor distribuição das ordenhas entre os períodos do dia para os primeiros dois estágios da lactação, com amplitudes de 7,1% e 6,7%, respectivamente. As primíparas aumentaram expressivamente a produção de leite por ordenha no segundo estágio da lactação se comparado ao primeiro, comportamento também verificado nas múltíparas, porém de menor magnitude. O quartil 1 apresentou distribuição heterogênea, concentrando suas ordenhas nos períodos de 06:00 – 11:59 e 12:00 – 17:59, para primíparas e múltíparas. De maneira geral, com o aumento da produtividade, a distribuição das ordenhas tornou-se mais homogênea. Como conclusão, a distribuição de ordenhas não se comportou de maneira uniforme ao longo do dia, havendo períodos com maior concentração de atividade nos robôs, o que foi influenciado pela ordem de parto, dias em lactação e produção dos animais. Apesar de também ter sido influenciada pelos mesmos fatores, a produção de leite por ordenha consistentemente foi maior no período da manhã (06:00 – 11:59).

Palavras-chave: comportamento; robô; vacas leiteiras; distribuição de ordenhas.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the temporal distribution of milkings and milk yield per milking throughout the day in a robotic milking system. Data were collected daily over a 180-day period using the DelPro™ software on a commercial dairy farm located in Lagoa da Prata, Minas Gerais, Brazil. Lactating cows were housed in two compost barn facilities, each equipped with two DeLaval robotic milking units operating under a guided cow traffic system (Milk First). Data were categorized according to parity, days in milk and production quartile. The 24-hour day was divided into four 6-hour intervals. Statistical analyses were performed using two-proportion comparison tests and multiple comparison tests to compare milking proportions and analysis of variance (ANOVA) to evaluate milk yield per milking, adopting a significance level of 5% ($P < 0.05$). The distribution of milkings throughout the day was not uniform, indicating periods of greater and lower robotic milking activity. Primiparous cows concentrated milkings between 12:00 and 17:59 (27.3%), whereas multiparous cows showed the highest concentration between 06:00 and 11:59 (27.6%). Primiparous cows exhibited a more heterogeneous milking distribution during the first 21 days of lactation (range of 34.3%), with reduced heterogeneity during the second stage of lactation (range of 9.6%). Overall, multiparous cows showed a more uniform distribution of milkings across the daily periods during the first two stages of lactation, with ranges of 7.1% and 6.7%, respectively. Primiparous cows showed a marked increase in milk yield per milking during the second stage of lactation compared with the first stage, a pattern also observed in multiparous cows, although to a lesser extent. Production quartile 1 showed a heterogeneous milking distribution, with milkings concentrated between 06:00–11:59 and 12:00–17:59 for both primiparous and multiparous cows. Overall, as milk production increased, the distribution of milkings became more homogeneous. In conclusion, the distribution of milkings was not uniform throughout the day, with periods of greater robotic milking activity influenced by parity, days in milk, and milk production. Although milk yield per milking was also affected by these factors, it was consistently higher during the morning period (06:00–11:59).

Keywords: behavior; robot; dairy cows; milking distribution.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1.	SISTEMA DE ORDENHA ROBOTIZADA.....	12
2.1.1.	Histórico e funcionamento	12
2.1.2.	Tipos de sistemas de produção e instalações.....	15
2.2.	FREQUÊNCIA DE ORDENHAS E INTERVALO ENTRE ORDENHAS	18
2.3.	DISTRIBUIÇÃO DE ORDENHAS AO LONGO DO DIA	21
2.4.	PRODUÇÃO DE LEITE E ORDEM DE PARTO	24
2.5.	MANEJOS EM SISTEMAS DE ORDENHA ROBOTIZADA.....	27
2.6.	CONFORTO TÉRMICO	29
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1.	CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE.....	33
3.2.	COLETA E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS	34
3.3.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	35
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.	REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

A primeira unidade comercial do sistema de ordenha robotizada (SOR) foi implementada em 1992, na Holanda (Koning, 2010). Em seguida, houve expansão progressiva da tecnologia por outros países como Canadá, Islândia, Dinamarca e Suécia (Barkema *et al.*, 2015). No Brasil, o SOR chegou em 2012, na cidade de Castro-PR, região conhecida pelo elevado nível tecnológico na pecuária leiteira (Diavão *et al.*, 2024). Esse processo de difusão reflete não apenas o avanço tecnológico, mas também a crescente demanda por sistemas produtivos mais eficientes e automatizados.

A eficiência operacional do sistema depende de indicadores como o número de vacas ordenhadas, produção de leite por vaca e por robô, velocidade de ordenha, tempo de limpeza, recusas, falhas e frequência de ordenhas (Rodenburg, 2017). O monitoramento destes indicadores permite compreender a dinâmica de utilização do sistema e, com isso, configurar o sistema de rotina no *software* de gerenciamento de maneira estratégica, levando em consideração aspectos como interações sociais, equipamentos e instalações, para otimizar o manejo, produção e conforto animal (Córdova *et al.*, 2020).

Para potencializar o desempenho do SOR é fundamental entender como os animais interagem com a ordenha robotizada (Siewert; Salfer; Endres, 2019). Nesse sentido, diversos estudos buscaram entender fatores específicos que influenciam essa dinâmica de funcionamento, incluindo tipo de fluxo (Siewert; Salfer; Endres, 2019; Solano *et al.*, 2022), características das instalações, (Rodenburg, 2017; Salfer; Siewert; Endres, 2018), estratégias de manejo nutricional (Schwanke *et al.*, 2022; Van Soest *et al.*, 2024), prevalência de doenças (Nogara; Busanello; Zopollatto, 2025; Penry *et al.*, 2017), estágio de lactação (Henriksen *et al.*, 2019), adaptação dos animais (Brasier *et al.*, 2025b) e desempenho do sistema (Aerts *et al.*, 2022b; Castro *et al.*, 2012). Dentre esses fatores, o padrão de comportamento de ordenhas ao longo do dia destaca-se por sua influência sobre a eficiência de utilização do robô, regularidade nos intervalos de ordenha e, conseqüentemente, a produção de leite por robô (Bach e Busto, 2005).

Apesar da consolidação mundial da tecnologia e do avanço das pesquisas, ainda podemos identificar significativa assimetria na distribuição geográfica dos estudos. Em revisão feita por Marques *et al.* (2023), os pesquisadores evidenciaram que a maioria (73,5%) dos estudos sobre SOR entre os anos de 2000 e 2022 foi conduzida na Europa, e apenas 0,4% ocorreram na América do Sul, sem a participação do Brasil entre os países que contribuíram com os levantamentos realizados. Além disso, os principais temas investigados concentraram-

se em produção e composição de leite, e eficiência do SOR (39,9%), enquanto informações sobre comportamento dos animais representaram somente 14,7% dos trabalhos realizados.

No contexto brasileiro, essa lacuna na literatura torna-se ainda mais evidente. Até o presente momento, somente um estudo foi conduzido no Brasil avaliando o comportamento de ordenhas dos animais em SOR ao longo do dia (Szambelan *et al.*, 2025). Considerando que o país apresenta condições climáticas, estruturais e de manejo distintas daquelas observadas em países europeus, esses dados reforçam a necessidade de estudos sobre o comportamento e manejo dos animais em SOR no Brasil, uma vez que os dados internacionais podem não refletir a realidade nacional.

O objetivo com o atual trabalho foi avaliar a distribuição temporal de ordenhas e da produção de leite por ordenha ao longo do dia em um sistema comercial de ordenha robotizada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. SISTEMA DE ORDENHA ROBOTIZADA

2.1.1. Histórico e funcionamento

A pecuária leiteira desempenha papel fundamental na economia mundial, tanto pelo suprimento de matéria-prima para a indústria alimentícia quanto pela geração de emprego e renda para milhões de pessoas (Botega *et al.*, 2008). A produção de leite brasileira apresentou crescimento expressivo nas últimas décadas, saindo de uma produção de 17,8 bilhões de litros de leite em 2000 e alcançando 35,7 bilhões de litros de leite em 2024 (CILEite, 2025).

Esse crescimento produtivo ocorreu concomitantemente com mudanças estruturais na cadeia láctea. Nas últimas décadas, verificou-se uma redução no número de fazendas leiteiras e do rebanho, associados ao aumento da produtividade. Nos Estados Unidos, de 2017 a 2022, houve 39,0% de redução no número de fazendas leiteiras e queda de 2,4% no tamanho do rebanho no país, mas com aumento no tamanho do rebanho nas fazendas (USDA, 2022). No Canadá, de 2014 a 2024, ocorreu redução de 22,9% no número de fazendas e aumento de 23,4% de produtividade (CDIC, 2025). Ambos os cenários podem ser atribuídos às inovações tecnológicas e aumento da eficiência na produção de leite. No cenário brasileiro, o rebanho de vacas ordenhadas apresentou crescimento até 2011, quando atingiu 23,3 milhões de animais. A partir de 2012, iniciou-se uma redução, com decréscimo de 33,6% até 2024, alcançando 15,2 milhões de animais. Em contrapartida, a produtividade animal seguiu uma trajetória oposta, com crescimento de 28,2% (1.105 x 1.417 litros de leite/vaca/ano) entre 2000 e 2012. A partir desse período até 2024, observou-se aumento expressivo de 66,7%, alcançando produtividade média de 2.362 litros de leite/vaca/ano. De forma semelhante, a produção nacional teve um

incremento de 63,4% (19,8 x 32,3 bilhões de litros) até 2012. A partir deste período, o crescimento da produção não foi constante, com alguns anos de retração, mas no ano de 2024 observou-se a maior produtividade das últimas décadas, com 34,7 bilhões de litros de leite (CILEite, 2025).

Essas transformações refletem uma fase de transição marcada pela adoção de tecnologias, busca por maior eficiência produtiva, econômica e zootécnica, que são componentes fundamentais para o sucesso do negócio na pecuária (Barkema *et al.*, 2015; Neto e Lopes, 2014).

Nesse contexto, as inovações tecnológicas têm ganhado destaque, uma vez que a automação das operações e processos possibilita redução de custos nas atividades agropecuárias, padronização de processos e melhoria do ambiente de trabalho (Filho *et al.*, 2020). Ao longo dos anos, a ordenha evoluiu de um processo exclusivamente manual para sistemas mecanizados, inicialmente em circuito aberto (balde ao pé), posteriormente em circuito fechado (linha baixa, média e alta), culminando para a adoção mais recente do sistema de ordenha robotizada (Neto e Lopes, 2014).

O desenvolvimento da ordenha robotizada teve início na década de 1980, quando o professor e engenheiro agrônomo Karl Rabold construiu o primeiro protótipo de robô ordenhador na Universidade de Hohenheim, na Alemanha, com o propósito de reduzir a dependência de mão de obra. As primeiras unidades de SOR foram implementadas em fazendas comerciais na Holanda em 1992 e, posteriormente no Canadá, em 1999 (Neto e Lopes, 2014; Koning, 2010). Na sequência, a tecnologia passou a ser adotada por outros países europeus como a Islândia, Dinamarca e Suécia (Barkema *et al.*, 2015), consolidando-se como alternativa aos sistemas convencionais.

Além do uso em sistemas de confinamento, a incorporação do SOR em sistema de pastagens pode ampliar o alcance desta tecnologia em outros países como Irlanda, Austrália e Nova Zelândia, onde há predominância desse modelo produtivo (Barkema *et al.*, 2015). Até 2020, fabricantes relataram a existência de cerca de 50.000 robôs em operação no mundo, número este que apresenta aumento contínuo a cada ano (Filho *et al.*, 2020). Apesar dessa expansão, a adoção da tecnologia ocorre de maneira heterogênea entre países devido às diferenças no custo e disponibilidade de mão de obra, bem como margens de lucro da propriedade e alto investimento inicial, que influenciam diretamente a decisão de adoção (Marques *et al.*, 2023; Siewert; Salfer; Endres, 2018).

No Brasil, o primeiro sistema de ordenha robotizada foi instalado em 2012, na cidade de Castro-PR. Atualmente, estima-se que a maior concentração de robôs operando no país

ocorra principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, em virtude da maior presença de indústrias de laticínios, bacias leiteiras, maior poder econômico para investimento na agropecuária e proximidade com empresas fabricantes dos equipamentos (Diavão *et al.*, 2024).

Ao realizar uma pesquisa conduzida em 530 fazendas canadenses que adotavam SOR, Tse *et al.* (2018) constataram que, de modo geral, a transição da ordenha convencional para a robotizada ocorreu de forma bem-sucedida. Os produtores relataram maior facilidade na detecção precoce de problemas de saúde do rebanho, resultado atribuído à maior disponibilidade e confiabilidade de dados individuais das vacas, bem como aumento na produção de leite e rentabilidade. Adicionalmente, foram reportadas reduções no número de funcionários e no tempo gasto em atividades diretamente relacionadas à ordenha. Por outro lado, as principais dificuldades encontradas referem-se ao processo de treinamento e adaptação das vacas nos primeiros dias após a implementação do SOR, bem como às qualificações necessárias para interpretação e utilização estratégica do grande universo de dados gerados pelos robôs.

Diante desses resultados, observa-se que as principais motivações para a adoção da ordenha robotizada estão diretamente associadas à possibilidade de maiores ganhos produtivos e gerenciais proporcionados pelo sistema, destacando-se aumento na produção de leite e frequência de ordenhas, além de melhoria do conforto e saúde do rebanho. Paralelamente, um grande atrativo é a possível redução da dependência por mão de obra e maior qualidade de vida dos produtores, devido à flexibilização das atividades laborais. Com a automação, o trabalho manual durante a ordenha convencional é substituído, dando lugar a funções relacionadas ao monitoramento individual das vacas e à gestão e controle dos dados gerados pelo robô (Diavão *et al.*, 2024; Koning, 2010).

Nesse contexto, o acompanhamento sistemático dos relatórios gerados torna-se essencial para compreender o comportamento das vacas, ajustar o *software* às rotinas do rebanho e implementar medidas para melhorar o conforto animal, e desta forma otimizar o sistema de produção. Para alcançar esse cenário, a capacitação da equipe deixa de ser um requisito operacional e passa a constituir fator estratégico para a consolidação da tecnologia, assegurando a interpretação de dados de forma assertiva, aliada às tomadas de decisões estratégicas alinhadas às particularidades de cada sistema de produção (Barkema *et al.*, 2015; Córdova *et al.*, 2020).

Para o adequado funcionamento da ordenha robotizada, a ordenha voluntária é essencial, uma vez que o sistema depende da capacidade das vacas em acessar o robô de forma espontânea ao longo do dia, sem a necessidade de intervenção humana em qualquer fase do processo (Tse

et al., 2017). A ocorrência de vacas que não frequentam a unidade de ordenha voluntariamente compromete a eficiência operacional, pois exige que sejam buscadas e conduzidas até o equipamento, o que eleva custos operacionais e prejuízos econômicos relacionados à demanda por mão de obra e redução de produção (Bach e Cabrera, 2017; Matson *et al.*, 2022).

O SOR explora o comportamento natural dos animais e integra padrões de alimentação, ruminação e tempo de descanso ao fluxo de ordenha. A estratégia do sistema voluntário baseia-se, sobretudo, no uso do concentrado e da PMR como estímulo para visitas ao robô e garantir que exigências nutricionais sejam atendidas (Córdova *et al.*, 2020; Scott *et al.*, 2014). Parâmetros como número de ordenhas diárias, quantidade e tipo de concentrado a ser oferecido a cada visita são personalizados para grupos de animais com base no estágio de lactação, ordem de parto e potencial produtivo (Filho *et al.*, 2020). A permissão de ordenha é definida automaticamente pelo sistema, de acordo com critérios como produção de leite estimada e intervalo desde a última ordenha, entre outros (Córdova *et al.*, 2020).

Estruturalmente, o SOR é constituído por vários módulos integrados, que incluem o box de ordenha, sistema de identificação eletrônico, detecção e limpeza de tetos, braço robótico para o acoplamento das teteiras, equipamento de ordenha e *software* de gerenciamento (Koning, 2010). Para assegurar precisão no acoplamento dos equipamentos, a operação de detecção da posição dos tetos, a depender do modelo do robô, utiliza câmeras digitais ou 3D e sensores a *laser*. O processo ocorre em etapas consecutivas de detecção grosseira, na qual permite a identificação aproximada da posição do úbere e, posteriormente, uma etapa fina, para detectar a posição individual de cada teto (Neto e Lopes, 2014; Verde *et al.*, 2023).

Após a identificação da vaca e permissão da ordenha, o sistema executa automaticamente as etapas de fornecimento de concentrado, limpeza e desinfecção dos tetos, acoplamento e desacoplamento individual de teteiras, e aplicação do pré e/ou *pós-dipping*, com possíveis variações conforme o modelo do robô (Filho *et al.*, 2020). As informações geradas durante o processo são registradas e armazenadas pelo *software*, que fornece ao produtor dados individuais de cada animal e relatórios do rebanho, permitindo a detecção precoce de situações críticas, desvios produtivos ou sanitários e suporte para as decisões de manejo em tempo real (Verde *et al.*, 2023).

2.1.2. Tipos de sistemas de produção e instalações

O sistema de ordenha robotizada apresenta flexibilidade de aplicação e foi incorporado em diferentes tipos de instalações e sistemas produtivos. Em estudo conduzido com 197 fazendas canadenses, Matson *et al.* (2021) observaram predominância dos SOR em barracões

do tipo *Freestall* (91,4%), enquanto sistemas de *Compost barn* foram utilizados em menor escala, representando 5,6% das propriedades. No Brasil, uma tendência similar tem sido encontrada. Diavão *et al.* (2024) constataram em seu levantamento que 55,5% das propriedades brasileiras com SOR utilizam instalações do tipo *Freestall*, 37,0% utilizam *Compost barn* e 3,7% utilizam ambos os sistemas. É importante ressaltar que nem sempre os levantamentos conseguem ter uma abrangência nacional e, portanto, podem refletir condições regionais e não necessariamente toda a indústria leiteira do país.

Além dos sistemas de confinamento, a utilização de SOR em sistema de pastagem tem se expandido, sobretudo em modelos que associam o acesso voluntário ao robô à liberação para novas áreas de pastagem após a ordenha, como estratégia para estimular o movimento voluntário dos animais (Talukder *et al.*, 2023). Segundo Filho *et al.* (2020), o sistema de ordenha robotizada a pasto já é realidade na América Latina, consolidado principalmente na Argentina e Chile desde 2015.

Independente do tipo de instalação, o modelo de fluxo de vacas adotado no SOR exerce influência sobre o comportamento, eficiência de ordenha e demanda por manejo. Entre os modelos existentes, o sistema de fluxo livre permite a livre movimentação das vacas, sem restringir o acesso à área de alimentação, descanso, bebedouros e ao robô. Outro modelo é o fluxo guiado, que controla o movimento das vacas entre as áreas do galpão. Existem duas variações principais desse sistema, o modelo tipo “*milk first*”, no qual as vacas que estão na área de descanso precisam passar pelos portões de seleção do robô para conseguirem acessar a área de alimentação, e o modelo “*feed first*”, no qual as vacas possuem livre acesso da área de descanso para a área de alimentação, entretanto, para retornarem à área das camas, precisam passar pelo portão de seleção do robô. Em ambos os sistemas, ao passar pelo portão de seleção, as vacas com permissão de ordenha são direcionadas para a sala de espera, e as que não possuem têm a passagem liberada para a área de descanso ou alimentação (King *et al.*, 2024).

A adoção desses modelos de tráfego varia conforme a região e o contexto produtivo. Segundo Marques *et al.* (2023), nos Estados Unidos, o fluxo guiado do tipo *milk first* (37,55%) foi ligeiramente mais frequente que o fluxo livre (33,3%), seguido por fluxo guiado do tipo *feed first* (16,7%). Já na Europa, o fluxo livre tem sido mais predominante nos levantamentos, com 54,9% de adoção entre as fazendas. Resultado semelhante foi encontrado por Matson *et al.* (2021) no Canadá, com 87,8% de fazendas com fluxo livre e 12,2% com fluxo guiado. No Brasil, cerca de 70,7% das propriedades utilizavam o fluxo livre, 14,8% fluxo guiado do tipo *milk first* e 11,1% fluxo guiado do tipo *feed first* (Diavão *et al.*, 2024). Novamente, é importante ressaltar que em boa parte dos levantamentos, nem sempre a base de dados analisada representa

tudo o universo de sistemas com SOR do país, podendo assim, refletir regiões e/ou *clusters* ao invés da indústria leiteira como um todo.

Do ponto de vista produtivo e comportamental, os modelos de fluxo apresentam vantagens e limitações específicas. Tremblay *et al.* (2016) ao analisarem dados de 635 fazendas produtoras de leite na América do Norte, constataram que o fluxo livre estava associado à maior produção de leite quando comparado ao fluxo guiado. Esse resultado pode estar relacionado ao maior tempo de alimentação e descanso observado nesse sistema (Bach *et al.*, 2009). Em contrapartida, esses autores encontraram maior número de ordenhas voluntárias no sistema de fluxo guiado (2,5 x 2,2 ordenhas/vaca/dia), com redução aproximada de 40% da necessidade de buscar vacas atrasadas observada no fluxo livre, fator que contribui para redução de mão de obra. King *et al.* (2024) concluíram que não há diferença entre fluxo livre e guiado na produção de leite e no estresse das vacas. O fluxo livre pode apresentar maior necessidade de busca de vacas atrasadas e maior número de recusas em relação ao fluxo guiado, entretanto, é o *design* mais favorável para a saúde ruminal e comportamento alimentar. Ainda, vale ressaltar que não existe um consenso na literatura sobre o melhor modelo, já que existe um número limitado de estudos comparativos em larga escala.

Além do tipo de fluxo, as instalações devem ser projetadas para mitigar o estresse térmico das vacas. Dentre os métodos de ventilação utilizados em SORs, incluem-se o uso de ventilação natural, ventiladores de painel ou de teto, e ventilação tipo túnel de vento (Matson *et al.*, 2021). Neste mesmo estudo, os métodos de ventilação mecânica estiveram associados à maior produção de leite em comparação à ventilação natural. Rebanhos que utilizavam algum tipo de ventilação mecânica estavam associados a um incremento na produção de leite de 2,6 a 4,2 kg de leite/vaca/dia em relação aos que só utilizavam ventilação natural, possivelmente em virtude do maior controle de temperatura, umidade e gases. Ademais, aspersores são opções para potencializar o resfriamento das vacas. Osei-Amponsah *et al.* (2020) relataram o uso de ventiladores combinados com aspersores na área do robô durante o verão na Austrália. Embora não exista um modelo de resfriamento ideal em SORs, diferentes estratégias podem ser adotadas, envolvendo instalações, manejo de cama e intervenções nutricionais.

Solano *et al.* (2022) avaliaram o comportamento de 180 vacas da raça Holandês em uma fazenda comercial com sistema de ordenha robotizada de fluxo livre no Canadá. O tempo de espera para acessar a unidade de ordenha sofreu grande variação e influência do estágio de lactação e ordem de parto. No início da lactação, primíparas aguardaram aproximadamente 130 min/dia, enquanto as múltiparas aguardaram 60 min/dia. Após 200 dias de lactação, essa diferença reduziu. Consequentemente, vacas de menor paridade passaram menos tempo

deitadas (10,4 h/dia), ao contrário das vacas mais velhas, que apresentaram 11,1 h/dia de descanso, o que pode comprometer o conforto e desempenho produtivo. Possivelmente, o maior tempo de espera das primíparas nos primeiros dias em lactação relaciona-se à dominância de vacas de maior paridade. Esses resultados indicam que para reduzir o efeito de dominância, principalmente no início da lactação, primíparas e múltiparas deveriam ser alocadas em diferentes lotes e o treinamento de nulíparas deve ser efetuado.

2.2. FREQUÊNCIA DE ORDENHAS E INTERVALO ENTRE ORDENHAS

A frequência de ordenhas (FO) representa o número de vezes que as vacas são ordenhadas em um período de 24 horas, enquanto o intervalo entre ordenhas (IO) refere-se ao tempo decorrido entre duas ordenhas consecutivas. Ambos os indicadores são correlacionados e apresentam relação inversa, de modo que aumentos na FO resultam, em geral, na redução do IO. Ao contrário de um sistema convencional de ordenha, no qual as ordenhas ocorrem em horários fixos, no sistema robotizado esses parâmetros podem variar diariamente em função do comportamento individual das vacas e configurações do sistema (Penry *et al.*, 2018). A literatura demonstra que a frequência de ordenhas tem efeito sobre as características de ordenhabilidade e está associada positivamente à produção diária de leite por vacas e à produção diária de leite por robô (Aerts *et al.*, 2022b; Bogucki; Sawa; Kuropatwińska, 2017).

Do ponto de vista fisiológico, esse efeito relaciona-se à regulação da síntese láctea na glândula mamária. A produção de leite é determinada, em parte, pelo número e atividade secretora das células epiteliais. O aumento na frequência de ordenhas estimula a atividade metabólica dessas células e está associado à maior expressão de genes que codificam as principais proteínas do leite, contribuindo para maior produção (Murney *et al.*, 2015).

De acordo com Rodenburg (2017), de forma geral, a média de frequência de ordenhas em sistemas robotizados deve estar no intervalo entre 2,2 e 3,2. Compilando resultados de frequências de ordenhas em diversos países, o valor médio é de $2,7 \pm 0,2$ ordenhas/vaca/dia (Aerts *et al.*, 2022b; Bogucki; Sawa; Kuropatwińska, 2017; Córdova *et al.*, 2018a, 2020; Diavão *et al.*, 2024; France *et al.*, 2022; Matson *et al.*, 2022; Rodriguez *et al.*, 2024; Siewert; Salfer; Endres, 2018; Szambelan *et al.*, 2025; Van Soest *et al.*, 2024).

De acordo com empresas fabricantes e distribuidoras, a indicação tradicional para rebanhos em sistema de ordenha robotizada seria uma lotação de 60 vacas/robô, com produção média de 33,0 kg de leite/vaca/dia, totalizando cerca de 2.000 kg de leite/dia/robô (Rodenburg, 2017). Na Espanha, Castro *et al.* (2012) ao analisarem cenários produtivos, estimaram que para maximizar a produção de leite por ano em SOR, deve-se ter entre 59 e 68 vacas ordenhadas por

robô, e FO de 2,4 a 2,6 ordenhas/vaca/dia. Aerts *et al.* (2022b) em seu estudo avaliando 20 rebanhos na Polônia, com variação de 115 a 598 vacas em lactação, observaram uma média de 2,7 ordenhas/vaca/dia, número médio de 60,5 vacas/robô e produção de 1.634,6 kg/robô/dia. No Brasil, Diavão *et al.* (2024) encontraram valor médio de 2,9 ordenhas/vaca/dia, 55,8 vacas/robô e produção de 1.781 kg/robô/dia. Esses dados mostram que metas teóricas nem sempre refletem a realidade das propriedades, reforçando a importância da continuidade dos levantamentos de dados de fazendas e do entendimento dos fatores que influenciam a produtividade e eficiência do sistema.

Nos sistemas de ordenha robotizada, uma série de fatores atuam sobre a FO. Dentre os que podem estar relacionados ao manejo, destacam-se manejo nutricional, limpeza de corredores, número de vacas por robô, tipo de fluxo e conforto térmico. Entre os fatores inerentes às vacas incluem-se estágio de lactação, ordem de parto, produção de leite e saúde dos animais (Bogucki; Sawa; Kuropatwińska, 2017; Deming *et al.*, 2013; King *et al.*, 2017; Siewert; Salfer; Endres, 2019). Esses elementos interferem diretamente no deslocamento voluntário dos animais, na taxa de ocupação do equipamento e na regularidade de ordenhas, impactando a eficiência operacional.

Bach e Busto (2005) observaram que falhas no acoplamento das teteiras ocorrem por erros no momento de identificação dos tetos e podem resultar em quartos mamários não ordenhados completamente, elevando o intervalo médio de ordenha de 12,0 para 21,4 h nesses quartos e redução de 26,0% na produção de leite. Este efeito negativo é reflexo da inibição da secreção de leite decorrente do acúmulo de leite na glândula mamária, levando à distensão alveolar. Embora a queda na produção tenha sido temporária e o nível de produção de leite anterior à falha tenha sido recuperado após sete ordenhas, a irregularidade nos intervalos entre ordenhas foi associada à menor produtividade diária, principalmente quando o coeficiente de variação dos intervalos de ordenha era superior a 27%, evidenciando que não somente a média, mas a variabilidade dos IOs é relevante.

De forma semelhante, Sharipov *et al.* (2020) demonstraram que a duração dos intervalos entre as ordenhas se relaciona com a produção de leite e fluxo de leite. A maior produção de leite foi observada em vacas com intervalos entre ordenhas de 4,5 a 6,9 horas, atingindo 36,6 kg de leite/vaca/dia, com fluxo médio de leite de 2,1 kg de leite/vaca/min. O maior fluxo de leite foi registrado em intervalos de 7,5 a 8,9 horas (2,3 kg de leite/vaca/min), associado a uma produção de 33,2 kg de leite/vaca/dia. Em contrapartida, intervalos mais longos entre ordenhas (10,5 a 11,9 horas) resultaram nas menores médias de fluxo de leite (1,8 kg de leite/vaca/min) e de produção (24,1 kg de leite/vaca/dia). Além disso, a maior variação no período entre as

ordenhas aumentou o tempo de ordenha, reduzindo a eficiência de ocupação do robô. Enquanto as vacas de maior produção e menor IO demoraram 4,2 minutos para serem ordenhadas, vacas com IO acima de 9,0 horas apresentaram tempo de ordenha superior a 5,5 minutos. Esses resultados reforçam o efeito dos intervalos de ordenhas mais longos na taxa de fluxo de leite, que podem resultar em maiores tempos de ordenha e comprometer a eficiência operacional no sistema.

A alteração na permissão de ordenhas e o aumento do intervalo de ordenhas durante a lactação podem impactar o comportamento de vacas leiteiras. Davis *et al.* (2024) submeteram um grupo de primíparas e outro de multíparas a uma mudança na permissão de ordenha de 4 para 6 horas aos 100 dias de lactação. De forma geral, as vacas que passaram por aumento no intervalo de ordenhas apresentaram maior número de tentativas de visitas ao SOR, agitação de cauda e movimentação do que as vacas que continuaram com permissão de ordenha de 4 horas. Estes comportamentos foram considerados indicativos de desconforto associado ao aumento de pressão intramamária. Durante a ordenha, independentemente da paridade, vacas com maior intervalo de ordenha movimentaram mais os pés em relação às vacas com permissão de ordenha maior, principalmente multíparas (15,5 vezes/dia x 9,4 vezes/dia no grupo controle). Resultado semelhante foi observado para o tempo de box para primíparas (7,5 x 6,3 minutos) e multíparas (11,0 x 8,6 minutos) submetidas a maiores IO. Estes resultados indicam que animais que tiveram redução na permissão de ordenha e aumento no IO responderam com maior desconforto e estresse, com ênfase nas multíparas.

Córdova *et al.* (2018a) analisaram a frequência de ordenhas em relação às características de ordenha e à composição do leite ao longo da lactação de 390 vacas da raça Holandês. Foi observada redução progressiva da FO, com valores de 2,6 ordenhas/vaca/dia no início da lactação e 2,3 ordenhas/vaca/dia em animais com DEL (dias em lactação) acima de 300. Esta redução esteve associada à redução no consumo de concentrado e à menor produção do leite, de forma a evidenciar que o intervalo entre ordenhas é dependente da produção de leite, visto que quanto menor o valor de FO, maior o IO. No entanto, constatou-se o aumento do fluxo médio de leite de 1,9 kg/min no início da lactação para 2,2 kg/min ao final, resultando em menor tempo de duração de ordenha. Esse achado sugere que, apesar do maior IO em fases tardias da lactação, o maior fluxo de leite pode compensar parcialmente o tempo de ocupação do robô.

Bogucki, Sawa e Kuropatwińska (2017) constataram que vacas de alta produção tendem a realizar ordenhas mais frequentes. Primíparas de menor produção (20,1 a 30,0 kg de leite/vaca/dia) apresentaram frequência de ordenhas $\leq 2,4$ ordenhas/vaca/dia, enquanto aquelas com produção superior a 30,0 kg/dia obtiveram frequência de ordenhas variando de 2,4 a 2,8 e

>2,8 ordenhas/vaca/dia. De forma semelhante, as múltiparas com menor produção (20,1 a 30,0 kg de leite/dia) apresentaram $FO \leq 2,4$ ordenhas/dia, enquanto vacas de maior produtividade (>40,0 kg de leite/dia) realizaram mais de 2,8 ordenhas/dia

Ao analisarem os dados de 75 rebanhos comerciais, Matson *et al.* (2022) observaram densidade média de 43,6 vacas por robô, com FO média de 3,0 ordenhas/vaca/dia. Neste estudo, constatou-se associação negativa entre densidade do robô e a FO, resultado já relatado por outros autores (Deming *et al.*, 2013), bem como com a produção de leite. Observou-se redução de 0,1 visitas/vaca/dia a cada acréscimo de 10 vacas/robô, enquanto que para cada aumento de 0,1 ordenha/vaca/dia houve incremento de 0,6 kg/vaca por dia na produção de leite. Ademais, o tipo de sistema de tráfego influenciou a frequência de ordenhas, com melhores resultados no sistema de fluxo livre. Em contrapartida, Bach *et al.* (2009) relataram maior número de ordenhas diárias em sistemas de fluxo guiado, consequentemente menor intervalo entre ordenhas, evidenciando que o efeito de modelo de fluxo pode variar conforme condições estruturais e de manejo.

Diante dessas evidências, para se obter uma cadeia de produção mais rentável, o objetivo de uma propriedade com sistema robotizado deve ser maximizar a frequência de ordenhas com valores consistentes, associada a intervalo entre ordenhas mais uniformes, aliados à redução da necessidade de buscar vacas. A adaptação dos animais ao fluxo do sistema e a utilização do SOR com mínima ou nenhuma intervenção humana são elementos centrais para otimização da eficiência produtiva e operacional (Bach e Cabrera, 2017; Rodenburg, 2017). Entretanto, variações entre estudos, regiões, sistemas de produção e raças demonstram que não há valores universais aplicáveis a todas as realidades, sendo necessária avaliação individualizada de cada propriedade.

2.3. DISTRIBUIÇÃO DE ORDENHAS AO LONGO DO DIA

No sistema de ordenha robotizada, as vacas têm a possibilidade de acessar o robô a qualquer momento do dia, o que permite escolhas individuais quanto aos horários das visitas. Com isso, torna-se importante entender a distribuição temporal das visitas ao longo das 24 horas, já que a dinâmica diária de ordenhas pode variar entre indivíduos e ao longo da lactação (Løvendahl e Chagunda, 2011). O estudo deste indicador é fundamental para o bom funcionamento do SOR, dado que, como discutido anteriormente, intervalos irregulares de ordenha são prejudiciais à produção de leite e podem constituir um fator de estresse para as vacas (Bach e Busto, 2005; Davis *et al.*, 2024). Além da preferência individual, a distribuição de ordenhas é fortemente influenciada pela hierarquia social estabelecida dentro do rebanho.

John *et al.* (2016), em revisão de literatura, sugeriram que vacas de menor posição hierárquica tendem a visitar o robô nas primeiras horas da manhã, em virtude da menor competição.

A distribuição de ordenhas, entretanto, não ocorre de maneira aleatória. Ela é fortemente influenciada pelo ritmo circadiano que regula padrões fisiológicos e comportamentais ao longo de 24 horas e é sincronizado com ciclos regulares de luz e escuridão (Suarez-Trujillo *et al.*, 2022). Em vacas leiteiras, esse ritmo determina padrões de descanso, alimentação, ruminação e mobilidade. Vacas em lactação permanecem deitadas, em média, de 8 a 13 horas/dia, principalmente durante a noite (Wang *et al.*, 2024; Tucker *et al.*, 2021). A ruminação é um dos comportamentos bovinos mais evidenciados, no qual as vacas permanecem ruminando de 7 a 12 horas por dia, especialmente durante a noite, quando passam maior tempo deitadas (McWilliams; Schwanke; DeVries, 2022; Teng *et al.*, 2021), com certa variação individual do tempo gasto pelos animais em suas atividades.

Além de modular o comportamento das vacas, o ritmo circadiano também influencia a fisiologia da glândula mamária e a composição do leite. Teng *et al.* (2021) compararam a composição do leite produzido durante o dia e a noite. Embora os sólidos totais não tenham se alterado no leite noturno, os pesquisadores observaram maior concentração de melatonina e menor concentração de malondialdeído, um marcador de estresse oxidativo. Os níveis reduzidos deste composto indicam menor estresse metabólico da glândula mamária durante a noite.

De forma geral, além dos fatores intrínsecos aos animais, as visitas voluntárias ao longo do dia são influenciadas por aspectos de manejo e ambiente, como a oferta de concentrado no robô, horário e frequência de fornecimento da dieta no cocho, frequência de empurrar o trato ao longo do dia, densidade (vacas/robô), manejo de busca de vacas atrasadas, tempo de limpeza do equipamento e horário do dia (Deming *et al.*, 2013; DeVries *et al.*, 2011; John *et al.*, 2016; Mattachini *et al.*, 2019; Munksgaard *et al.*, 2011). Esses fatores interferem diretamente na regularidade da ocupação do robô e na uniformidade da distribuição de ordenhas ao longo das 24 horas.

Em estudo experimental, Munksgaard *et al.* (2011) analisaram o comportamento de dois grupos de 35 vacas em lactação submetidos, alternadamente, a sistemas de fluxo livre e fluxo guiado durante dois períodos consecutivos de 21 dias. Não foram observadas diferenças no número total de visitas ao robô entre os tipos de fluxo, possivelmente devido ao baixo número de vacas nos grupos. Entretanto, a distribuição de ordenhas ao longo do dia apresentou relativa uniformidade. Ao longo de todo o dia o robô permaneceu ocupado, mas observou-se queda no número de ordenhas durante o início da manhã, período em que a maioria das vacas

permaneceram deitadas. Ainda, houve variação individual no tempo na área de espera, indo de 0,5 até 3,5h, com tendência a valores mais elevados no fluxo guiado, uma vez que, nesse tipo de fluxo, as vacas precisam se dirigir à área de espera para terem acesso à área de alimentação, ao contrário do fluxo livre, que a única motivação seria o acesso ao concentrado no robô. Além disso, após os horários de limpeza, verificou-se maior concentração de animais na área de espera.

Os tipos de fluxo podem intensificar a concentração de animais em determinados momentos do dia. Em sistemas de fluxo guiado do tipo “*milk first*”, as vacas precisam passar pelo portão de seleção antes de terem acesso à área de alimentação, o que pode gerar congestionamento na sala de espera durante o primeiro fornecimento de dieta no dia, em que os animais tendem a se movimentar mais. Como a área de espera possui capacidade de acomodar um número restrito de vacas, se o número máximo for atingido, animais com permissão de ordenha podem ser redirecionados para a área de alimentação sem realizarem a ordenha, o que pode resultar em necessidade de buscá-los posteriormente. Ainda nesse contexto, vacas de hierarquia social mais baixa são mais afetadas, pois podem permanecer mais tempo na sala de espera. Em sistemas de fluxo livre, os efeitos da hierarquia social são reduzidos, embora algumas vacas possam se sentir desmotivadas a visitar o SOR quando a densidade é maior do que 60 vacas/robô (Busanello, 2024).

Szambelan *et al.* (2025) avaliaram dados coletados durante o período de um ano em sistema de produção de leite com SOR no Rio Grande do Sul. Em suas análises, os autores observaram um padrão de distribuição de ordenhas consistente. Houve concentração de ordenhas pela manhã (04:00 às 11:00) e à tarde (14:00 às 18:00), comportamento associado aos horários de fornecimento de dieta (06:00 e 16:30). Este perfil de distribuição de ordenhas ocorreu independentemente da ordem de parto, estágio da lactação e produção de leite, apesar de estes fatores terem influenciado a frequência geral de ordenhas. Adicionalmente, a busca de vacas atrasadas (05:00 e 13:00) correspondeu aos momentos de pico de frequência de ordenhas. De forma geral, a distribuição de ordenhas foi maior durante o dia e menor no período noturno, em virtude do comportamento natural de alimentação durante o dia e descanso durante a noite. Os autores sugerem que, em decorrência do ritmo circadiano das vacas, medidas para aumentar a ordenha voluntária durante o período noturno serão ineficazes e podem trazer consequências negativas ao desempenho do sistema de produção.

De maneira semelhante, Córdova *et al.* (2020) constataram que vacas com maior produção de leite apresentaram picos de distribuição de ordenhas no início do dia (até as 06:00) e durante a tarde (12:00 a 18:00). Os autores não encontraram influência da paridade na

preferência de horários, reforçando que o estímulo alimentar, tanto do fornecimento da PMR quanto do consumo de concentrado no robô, são fatores determinantes para as ordenhas voluntárias.

Kamau *et al.* (2025) demonstraram que o manejo alimentar de empurrar os tratos também modifica o padrão de atividade. Ao analisarem 16 fazendas com SOR nos Estados Unidos, verificaram que as propriedades que utilizavam robô empurrador de trato apresentaram intervalo de visitas voluntárias 19,2 minutos menor em comparação àquelas que adotavam o revolvimento manual do alimento, além de terem apresentado aumento das visitas recusadas (43,0%). Tais resultados indicam que maior estímulo alimentar aumenta a atividade das vacas e resulta em maior procura pelo SOR.

2.4. PRODUÇÃO DE LEITE E ORDEM DE PARTO

Para avaliar a produtividade em fazendas com sistema de ordenha robotizada, a produção de leite por robô e a produção de leite por vaca são dois indicadores de desempenho amplamente analisados (Siewert; Salfer; Endres, 2018). Conforme discutido anteriormente, um parâmetro de referência na literatura para rebanhos leiteiros em sistema de ordenha robotizada seria 60 vacas por robô, produzindo 33 kg de leite/dia, totalizando uma produção de 2000 kg de leite/dia/robô. Porém, diversos fatores podem influenciar esse indicador, como ordem de parto e estágio de lactação (Siewert; Salfer; Endres, 2019), frequência de ordenhas (Aerts *et al.*, 2022b; Bogucki; Sawa; Kuropatwińska, 2017), intervalo entre ordenhas (Bach e Busto, 2005), consumo de concentrado e manejo nutricional (Córdova *et al.*, 2020; Matson *et al.*, 2021), raça do rebanho (Tremblay *et al.*, 2016), e saúde das vacas (Steeneveld *et al.*, 2024).

A partir de levantamentos realizados em diferentes países, a produção média em sistemas de produção com SOR foi de $35,8 \pm 2,4$ kg de leite/vaca/dia (Córdova *et al.*, 2018a, 2020; Johnson *et al.*, 2022; Matson *et al.*, 2021, 2022; Rodriguez *et al.*, 2024; Salfer; Siewert; Endres, 2018; Siewert; Salfer; Endres, 2018; Szambelan *et al.*, 2025; Van Soest *et al.*, 2024). Para primíparas, o valor médio foi de $32,5 \pm 3,8$ kg de leite/vaca/dia, enquanto para múltiparas foi de $39,6 \pm 8,3$ (Bogucki; Sawa; Kuropatwińska, 2017, Córdova *et al.*, 2020; Davis *et al.*, 2023; Rodriguez *et al.*, 2024; Solano *et al.*, 2022).

Do ponto de vista fisiológico, essa diferença é explicada, principalmente, pelo desenvolvimento progressivo da glândula mamária ao longo das sucessivas lactações. Ainda, primíparas encontram-se em fase de crescimento durante a primeira lactação, o que causa uma partição dos nutrientes disponíveis para o desenvolvimento e produção de leite. Em contrapartida, as múltiparas possuem maior persistência de lactação, mantendo a produção por

mais tempo, mesmo que o pico produtivo seja inferior ao das vacas de maior paridade (Marumo *et al.*, 2022).

Analizando a dinâmica produtiva ao longo da lactação, Siewert, Salfer e Endres (2019) avaliaram a produção de leite e visitas ao SOR de primíparas e multíparas em 40 fazendas nos Estados Unidos. Em sistema de fluxo livre, as primíparas apresentaram pico de produção de 32,2 kg de leite/vaca/dia entre 89 e 118 de DEL, enquanto o pico de produção das multíparas foi de 43,6 kg de leite/vaca/dia entre 29 e 58 de DEL. As primíparas foram menos produtivas desde o início da lactação até 238 dias, passando a apresentar produção semelhante ou superior no final da lactação, refletindo sua maior persistência produtiva. Em contrapartida, o pico de lactação das primíparas em fluxo guiado ocorreu mais tardiamente, aos 119 a 148 de DEL, com produção de 28,6 kg/vaca/dia. As multíparas em fluxo guiado apresentaram pico de produção no mesmo intervalo de DEL observado no fluxo livre, porém com produção média inferior ao fluxo livre (40,2 x 43,6 kg/vaca/dia). Em fluxo guiado, as primíparas obtiveram produção inferior às multíparas durante toda a lactação. Esses resultados indicam que, além das diferenças fisiológicas da curva de lactação entre as ordens de parto, modelos de fluxo podem influenciar na expressão do potencial produtivo ao alterar a dinâmica de visitas ao robô. Porém, vale ressaltar que, nesse trabalho o número de propriedades com fluxo guiado era muito inferior às de fluxo livre.

Além da diferença produtiva, a ordem de parto também influencia o comportamento no SOR. Córdova *et al.* (2020) observaram que a paridade exerceu influência sobre a duração de ordenha e consumo de concentrado. Primíparas com DEL mais baixo apresentaram diferenças significativas quanto ao consumo de concentrado e número de passagens pelo portão de seleção, indicando menor atividade no SOR. Possivelmente esse comportamento está associado à dominância social das vacas de maior paridade, bem como ao período de adaptação de primíparas ao SOR. Como consequência, as multíparas tendem a produzir mais leite, consumir maior quantidade de concentrado em virtude do maior aporte nutricional para a produção, apresentar maior frequência de ordenhas e ser mais ativas no SOR. A combinação da menor experiência, posição hierárquica inferior e necessidade de adaptação tornam o início da lactação um período crítico para primíparas. Para minimizar estes efeitos, tem-se sugerido que as primíparas sejam manejadas em lotes separados das vacas de maior paridade em sistemas robotizados, quando possível.

O sistema de ordenha robotizada permite o monitoramento individual de diversas variáveis a cada ordenha (Hooker *et al.*, 2025). Dentre elas, destaca-se a produção de leite por ordenha, que compreende a produção total de leite obtida de uma vaca em cada evento de

ordenha. Entre as ordenhas consecutivas, o leite é secretado no lúmen alveolar pelas células epiteliais da glândula mamária. O leite produzido é dividido em duas frações de acordo com seu compartimento, a fração cisternal, localizada nas cisternas da glândula e do teto, e a fração alveolar, localizada no tecido alveolar. O enchimento da glândula mamária é resultado da interação entre a capacidade de armazenamento, que se mantém estável, e a taxa de síntese de leite, que pode sofrer algumas variações (Upton *et al.*, 2025).

A produção média de leite por ordenha em fazendas que utilizam SOR foi de $12,3 \pm 2,2$ kg de leite/vaca/ordenha (Córdova *et al.*, 2018b, 2020; Diavão *et al.*, 2024; Lessire; Hornick; Dufrasne, 2022; Matson *et al.*, 2022; Rodriguez *et al.*, 2024; Siewert; Salfer; Endres, 2018; Szambelan *et al.*, 2025; Van Soest *et al.*, 2024). Para as primíparas, o valor médio foi de $13,4 \pm 1,5$ kg de leite/vaca/ordenha, enquanto para as múltiparas foi de $16,3 \pm 2,2$ kg de leite/vaca/ordenha (Córdova *et al.*, 2020; Davis *et al.*, 2023; Hart *et al.*, 2013; Rodriguez *et al.*, 2024; Solano *et al.*, 2022).

A produção de leite por ordenha pode ser influenciada por alguns fatores, como a ordem de parto (Johnson *et al.*, 2003). Rodriguez *et al.* (2024) observaram que vacas primíparas apresentaram menor tempo de ordenha (4,4 vs. 4,8 minutos), menor eficiência de ordenha (1,9 vs. 2,0 kg de leite/minuto) e menor produção de leite por ordenha (12,3 vs. 14,2 kg de leite/vaca/ordenha) em relação às múltiparas. Essas diferenças podem ser atribuídas ao maior desenvolvimento da glândula mamária e do tecido secretor das múltiparas, que ocorre após as sucessivas lactações, e da necessidade das primíparas em direcionar parte dos nutrientes para o seu crescimento corporal (Marumo *et al.*, 2022). Ainda, este indicador pode variar ao longo da lactação. Córdova *et al.* (2018a) relataram que as vacas produziram 13,3 kg de leite/vaca/ordenha no início da lactação (DEL = 12 dias), 15,5 kg de leite/vaca/ordenha no pico de produção (DEL = 105) e 13,3 kg de leite/vaca/ordenha no fim da lactação (DEL > 300 dias), sugerindo que a produção de leite por ordenha também pode variar conforme o estágio de lactação.

Ademais, fatores nutricionais podem interferir na produção por ordenha. Lessire, Hornick e Dufrasne (2022) avaliaram os efeitos da oferta de concentrado e intervalo entre ordenhas. O rebanho foi dividido em dois grupos de vacas, com um grupo recebendo 4,0 kg de concentrado/vaca/dia e o segundo 2,0 kg de concentrado/vaca/dia. Posteriormente, os grupos foram subdivididos em vacas com intervalo mínimo de ordenhas de 4 ou 6 horas. Apesar de a mudança no intervalo entre ordenhas não ter apresentado efeito na produção de leite, os autores observaram que a produção de leite por ordenha foi maior para o grupo que recebeu maior

quantidade de concentrado (9,7 kg de leite/vaca/ordenha) em relação ao grupo que recebeu menor oferta de concentrado (8,3 kg de leite/vaca/ordenha).

2.5. MANEJOS EM SISTEMAS DE ORDENHA ROBOTIZADA

O SOR permite a flexibilização de mão de obra, em virtude da substituição das atividades manuais rotineiras de ordenha para, principalmente, interpretação do grande volume de dados gerados pelo *software* de gerenciamento (Koning, 2010). Além da gestão de dados, a rotina operacional de fazendas com SOR envolve diversas atividades de manejo diário comuns a outros sistemas, como o revolvimento das camas, distribuição da dieta, aproximação do alimento no cocho, raspagem de dejetos nos corredores, entre outros (King *et al.*, 2016). Embora a maioria das vacas visite o SOR de forma voluntária, parte do rebanho pode exceder o intervalo entre ordenhas máximo definido pelo *software*, exigindo intervenção humana. Nesse cenário, o sistema identifica e sinaliza em uma lista as vacas que devem ser conduzidas ao robô (Siewert; Salfer; Endres, 2019).

Ao analisar dados de 54 fazendas que utilizam SOR nos Estados Unidos, Salfer, Siewert e Endres (2018) constataram que cerca de 78,0% das propriedades buscavam vacas para a unidade de ordenha duas vezes/dia, 17,0% três vezes/dia e 5,0% três ou mais vezes/dia. Além disso, o tipo de fluxo adotado influenciou o número de vacas atrasadas. Em fluxo livre, cerca de 4,7 vacas/robô/dia necessitaram de condução manual, enquanto no fluxo guiado, este número reduziu para 3,3 vacas/robô/dia. Ainda, o estágio da lactação também pode exercer influência sobre esse indicador, conforme observado no estudo de Henriksen *et al.* (2019), no qual cerca de 21,0% das ordenhas eram involuntárias no início da lactação. Esse valor reduziu para 7,0% ao final da lactação, indicando certo grau de adaptação dos animais ao sistema ao longo da lactação.

A adaptação de vacas ao sistema pode ser facilitada por meio de diferentes estratégias de treinamento. Brasier *et al.* (2025b) avaliaram métodos de adaptação por meio da oferta de concentrado dentro do robô, exposição ao ambiente do SOR, exposição ao funcionamento do robô e sem nenhum treinamento. Os resultados indicaram que vacas expostas ao funcionamento do robô previamente apresentaram maior produção (34,2 kg de leite/dia) em relação a nenhum treinamento (32,4 kg de leite/dia), exposição apenas ao ambiente do SOR (33,6 kg de leite/dia) ou apenas fornecimento de concentrado (32,8 kg de leite/dia). Além disso, Brasier, Schwanke e DeVries (2023) demonstraram que características individuais de personalidade influenciam a adaptação, visto que vacas menos tímidas e mais ativas se adaptaram melhor ao SOR após a introdução e apresentaram menor necessidade de condução manual durante o período do estudo.

O manejo alimentar também desempenha papel estratégico na dinâmica de visitas ao robô. A disponibilização de PMR (*partial mixed ration*) em vários momentos do dia pode estimular o fluxo das vacas, aumentar a frequência de ordenha, promover intervalos de ordenha mais uniformes e reduzir o número de vacas atrasadas (Deming *et al.*, 2013). Entre as práticas nutricionais rotineiras, destaca-se a aproximação do trato ao longo do dia. Van Soest *et al.* 2024 relataram frequência média de fornecimento da PMR de $2,7 \pm 2,1$ vezes/dia, e frequência média de empurrar o alimento de $12,9 \pm 8,6$ vezes/dia em 161 fazendas canadenses. Além disso, para cada aumento de cinco vezes na aproximação da PMR, houve aumento de 0,7 ordenhas/vaca/dia. A partir dos dados de 33 fazendas nos Estados Unidos com SOR, Siewert, Salfer e Endres (2018) verificaram que 31,0% utilizavam o robô empurrador de alimento, 50,0% realizavam este processo manualmente e 19,0% utilizavam um cocho que não permitia a dispersão da PMR. Neste estudo, fazendas com empurradores de trato automáticos produziram em média 352,0 kg de leite/robô/dia a mais em relação às propriedades que realizavam o manejo manualmente. Esse resultado foi atribuído à maior consistência e frequência do manejo alimentar, que melhora o acesso ao alimento, reduz a seleção e estimula maior ingestão. De forma similar, Matson *et al.* (2021) constataram que a cada aumento de cinco vezes na aproximação do trato ao longo do dia, ocorreu um acréscimo de 0,3 kg de leite/vaca/dia.

Em um levantamento nos Estados Unidos, Lage *et al.* (2024) relataram que cerca de 48,0% forneciam a PMR uma vez ao dia, 41,0% forneciam duas vezes ao dia, e 11,0% três ou mais vezes. Ainda com base nesse estudo, 74,0% das fazendas possuíam empurradores automáticos de PMR, e 15,0% possuíam raspadores de esterco automatizados, que foram mais frequentes do que o sistema de lavagem *flush*. Além disso, 48,0% relataram busca de menos de 5 vacas/robô/dia, 30,0% entre 6 e 10 vacas/robô/dia e 22,0% conduziram mais de 11 vacas/robô/dia.

Outro aspecto importante do manejo de sistemas robotizados refere-se à limpeza das instalações. A frequência de limpeza dos corredores tem uma associação positiva com a densidade de ocupação e com a saúde podal do rebanho. De modo geral, maior frequência de limpeza está associada à menor incidência de claudicação clínica e, em menor magnitude, redução do número de vacas atrasadas (King *et al.*, 2016). Siewert, Salfer e Endres (2018) constataram que 52,0% das fazendas estudadas utilizavam raspadores automáticos, 33,0% raspavam o esterco manualmente e 15,0% adotavam pisos ripados. Embora não tenha sido observada associação direta entre o sistema de remoção de esterco e produção de leite por vaca

ou por robô, os galpões com raspadores automáticos tendem a ser mais limpos, em virtude da maior frequência de limpeza em relação ao manejo manual.

A manutenção adequada das áreas de descanso é igualmente crucial para a produtividade e saúde do rebanho, visto que a permanência prolongada de vacas em estação constitui fator de risco para claudicação em rebanhos leiteiros, condição que compromete a mobilidade e, consequentemente, o acesso voluntário ao robô (King *et al.*, 2016). Nesse sentido, Rodenburg (2017) sugere que galpões que utilizam SOR devem ser projetados com corredores largos e múltiplas passagens livres, servindo como rotas de alternativas de circulação a fim de reduzir o estresse e competição entre os animais durante as atividades de manejo, como limpeza das instalações.

O SOR pode ser implementado tanto em sistemas de *Compost barn* quanto em *Freestall*. Ao contrário dos sistemas convencionais, nos quais as vacas são conduzidas à sala de espera para ordenha em momentos específicos, na ordenha robotizada os animais permanecem dispersos no galpão durante todo o processo produtivo. Apesar disso, as recomendações de cuidados com as camas são semelhantes para ambos os sistemas. Em *Compost barn*, materiais orgânicos como serragem, casca de café, sabugos de milho e palha de soja são usados como substrato para a cama, absorvem a umidade dos dejetos e passam por um processo de compostagem. Para garantir uma superfície seca, não compactada e a compostagem adequada para o controle da atividade microbiana, a cama deve ser revolvida diariamente. Esse manejo é essencial para o controle do crescimento de microrganismos patogênicos, contribuindo para a redução da incidência de mastite no rebanho. Além disso, periodicamente a cama deve ser renovada, seja de forma parcial, por meio da adição de uma nova camada de material orgânico, ou pela remoção completa da cama antiga e substituição por material limpo. Em geral, a frequência de troca varia de acordo com as condições climáticas, tamanho do galpão e densidade animal (Eberl *et al.*, 2024).

2.6. CONFORTO TÉRMICO

A pecuária de leite é uma atividade altamente sensível a fatores climáticos, principalmente no que se refere à produtividade animal. Em países de clima tropical, como o Brasil, a elevada temperatura média ao longo do ano impõe desafios adicionais ao manejo do conforto térmico das vacas. O aumento da produção de leite está associado à maior geração de calor metabólico e, quando essa condição é somada ao aumento da temperatura ambiental, intensificam-se os períodos de estresse térmico, que tendem a ser mais frequentes e prolongados (Daltro *et al.*, 2020; Hut *et al.*, 2022a).

A zona de termoneutralidade representa a faixa de temperatura ambiental em que os animais apresentam gasto mínimo de energia para manter a temperatura corporal dentro dos limites fisiológicos normais (Bernabucci *et al.*, 2010). Os limites dessa zona termoneutra são definidos pela temperatura crítica inferior e superior, que podem variar de acordo com alguns fatores, como a idade, raça, produção e condições de alojamento (Kadzere *et al.*, 2002). O ganho ou perda de calor entre o animal e o ambiente são influenciados pela temperatura ambiental, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento (Tao *et al.*, 2020). Quando estas variáveis ultrapassam o limite crítico superior da zona de termoneutralidade, os animais entram em estresse térmico. O estresse térmico ocorre quando há incremento na carga térmica de um animal que supera a sua capacidade de dissipação de calor, resultando em elevação da temperatura corporal acima da faixa normal (Bernabucci *et al.*, 2010).

As condições de estresse térmico são frequentemente representadas pelo Índice de Temperatura e Umidade (ITU), que considera os efeitos combinados da temperatura ambiental e da umidade relativa do ar (Polsky e Von Keyserlingk, 2017). O ITU é classificado em categorias que indicam níveis de estresse térmico, embora os limites variem entre estudos. Armstrong (1994) categorizou o $ITU < 71,0$ como zona de conforto térmico para vacas leiteiras, 72,0 a 79,0 como estresse térmico leve, 80,0 a 90,0 como estresse térmico moderado e $> 90,0$ como estresse térmico severo, podendo chegar à morte de animais. Entretanto, pesquisas mais recentes sugerem limiares mais baixos para o início das respostas fisiológicas ao calor. Collier *et al.* (2009) observaram que para vacas de alta produção, quando o ITU mínimo atingiu entre 65,0 e 73,0 as perdas na produção de leite foram de 2,2 kg de leite/vaca/dia. Com base nesses dados, os autores recomendam o resfriamento das vacas quando o ITU mínimo atingir 65,0 ou o ITU médio atingir 68,0.

Pramod *et al.* (2021) avaliaram 48 vacas submetidas a condições de estresse térmico, com ITU variando de 70 a 83, e encontraram correlação negativa entre ITU e produção de leite. Estimou-se que a cada incremento de uma unidade no ITU houve redução aproximada de 2,1% na produção de leite. De forma semelhante, Tao *et al.* (2020) em sua revisão de literatura, relataram que valores de ITU entre 72,0 e 83,6 podem resultar em redução de 0,3 a 0,9 kg/dia na produção de leite. Entretanto, este impacto pode ter variações de acordo com o estágio de lactação e nível de produtividade. Vacas no início da lactação podem ter redução de até 19,5% na produção de leite, enquanto vacas no meio e fim da lactação podem ter perdas de 33,0 e 11,1% na produtividade, respectivamente. As vacas de alta produção são mais afetadas em situações de estresse térmico devido ao seu maior calor metabólico.

Em situações de estresse térmico, respostas fisiológicas e comportamentais são desencadeadas para aumentar a dissipação de calor e reduzir a produção de calor metabólico, a fim de regular a temperatura corporal e mantê-la na faixa de normalidade (Bernabucci *et al.*, 2010). Ao observarem os efeitos de uma onda de calor durante 6 dias em dois rebanhos comerciais, Nordlund *et al.* (2019) relataram que o ITU aumentou de 68,5 para 79,0 durante este período. Concomitantemente, o tempo médio que as vacas permaneceram deitadas reduziu de 9,5 para 6,2 h/dia. A frequência em que os animais se deitaram permaneceu semelhante, passando de 11,1 para 12,2 vezes/dia, entretanto a duração destes episódios reduziu de no máximo 49,7 para 32,8 minutos. O maior tempo em pé é uma resposta comportamental para aumentar a superfície corporal exposta ao ambiente, favorecendo a dissipação de calor.

A transpiração e o aumento da frequência respiratória são mecanismos fisiológicos para perder calor por evaporação, o que geralmente leva à maior ingestão de água em situações de estresse térmico. Além disso, ocorre aumento do fluxo sanguíneo para a superfície da pele, redução das atividades de ruminação e aumento da frequência cardíaca, que são outras respostas fisiológicas atribuídas à falta de conforto térmico (Zhou *et al.*, 2022). Em condições climáticas desfavoráveis, ocorre redução na ingestão de matéria seca e, como consequência, reduz-se a taxa de ruminação e a concentração de componentes tamponantes no rúmen. Simultaneamente, o redirecionamento do fluxo sanguíneo para a região periférica reduz a irrigação sanguínea no trato gastrointestinal, comprometendo a absorção de ácidos graxos voláteis (AGVs). Esse processo pode aumentar a concentração de AGVs no rúmen e reduzir o pH ruminal, o que pode contribuir para maiores riscos de acidose ruminal e menor aporte de nutrientes para a produção de leite (Bernabucci *et al.*, 2010).

De forma semelhante, King *et al.* (2017) observaram que em sistemas de ordenha robotizada, sob condições ambientais mais quentes, vacas permaneceram menos tempo deitadas e apresentaram redução no tempo total de descanso. Além disso, a exposição prolongada a temperaturas acima da zona de conforto prejudica a saúde animal, fertilidade e produção de leite, não obstante, suas consequências negativas são duradouras e se estendem por várias gerações. Dado-Senn, Laporta e Dahl (2020) evidenciaram que a falta de conforto térmico durante o período seco pode afetar o desenvolvimento fetal e comprometer o desempenho produtivo da progênie, com possíveis impactos ao longo de múltiplas lactações e gerações.

Em SOR, as alterações comportamentais decorrentes do estresse térmico impactam diretamente a dinâmica de visitas ao robô. No estudo conduzido por Hut *et al.* (2022a) na Holanda, os autores avaliaram o comportamento de vacas da raça Holandês em função da temperatura média diária e ITU em 8 fazendas leiteiras, incluindo sistemas de ordenha

convencional e robotizada, durante o período de 2 anos e 10 meses, seguindo as classificações de Armstrong (1994). Os resultados mostraram que, de forma geral, o aumento das variáveis climáticas esteve relacionado à redução do tempo deitadas e de alimentação. Quando a temperatura média foi $\geq 28^{\circ}\text{C}$, ocorreu redução de 40 min/dia no tempo que as vacas permaneceram deitadas, e com ITU $\geq 72,0$ (estresse térmico leve), esse número aumentou para 48 min/dia. Maiores períodos em pé e sem descanso aumentam o risco de doenças podais, enquanto a redução do tempo de alimentação pode comprometer a ingestão de matéria seca e, consequentemente, levar à menor produção de leite.

De forma semelhante, Talukder *et al.* (2023) analisaram dados da fazenda experimental da Universidade de Melbourne, na Austrália, com sistema de produção a pasto com SOR em fluxo livre. No período do estudo, a temperatura variou de $6,5^{\circ}\text{C}$ a $45,0^{\circ}\text{C}$ e o ITU de 43,6 a 113,0. Os resultados apontaram queda na frequência de ordenhas e produção de leite quando o ITU foi superior a 90,0. A frequência média de ordenhas durante as estações de primavera e verão foi menor ($2,4 \pm 0,01$ ordenhas/vaca/dia) que a observada no período de outono e inverno ($2,5 \pm 0,07$ ordenhas/vaca/dia). Além disso, observou-se redução no tempo de ruminação quando o ITU ultrapassou 78,0.

Por outro lado, no Brasil, Szambelan *et al.* (2025) observaram que, durante as estações de primavera e verão, as vacas realizaram de 7,0 a 8,0 ordenhas/hora/robô, nos períodos da manhã e tarde, enquanto no outono e inverno este número variou entre 5,0 e 6,0 ordenhas/hora/robô. Os autores atribuíram essa diferença principalmente à variação no número de vacas em lactação ao longo do ano. De forma geral, não foi observado efeito sazonal significativo sobre a frequência de ordenhas. Ainda assim, os resultados reforçam a necessidade de considerar a interação entre clima e comportamento animal.

Considerando os efeitos negativos do estresse térmico, a adoção de medidas de mitigação do calor tornou-se essencial para garantir o conforto animal e a produtividade. Em sua revisão de literatura, Polsky e Von Keyserlingk (2017) compilaram estratégias de resfriamento para vacas leiteiras, baseadas nos princípios de troca de calor por convecção, radiação, condução e evaporação. Dentre elas, destacam-se a instalação de ventiladores, que movimentam o ar, favorecem a convecção e consequentemente reduzem as temperaturas ambientais, e o uso de aspersores, que promovem o resfriamento evaporativo por meio da aplicação de água na superfície corporal das vacas. Ambos os métodos podem ser combinados para potencializar o efeito de dissipação de calor. A orientação adequada das instalações também é um fator importante, pois pode reduzir a radiação solar e a temperatura da superfície da instalação, o que facilita a troca de calor entre a vaca e o ambiente.

Para avaliar a eficácia de um sistema de resfriamento automatizado com aspersores, Liu *et al.* (2024) dividiram 1208 vacas da raça Holandês em 6 galpões, e apenas 3 foram equipados com aspersores automáticos. Durante o período do experimento, o ITU ultrapassou 74,0 indicando que as vacas estavam suscetíveis a estresse térmico. Os resultados indicaram que as vacas que acessaram os aspersores tiveram menor temperatura corporal (38,6 °C) em comparação àquelas que não foram resfriadas (38,9 °C). O consumo de matéria seca aumentou significativamente entre os grupos, de 21,4 kg/vaca/dia para 23,3 kg/vaca/dia, respectivamente. Além disso, vacas resfriadas (31,3 kg de leite/vaca/dia) produziram 1,9 kg/vaca/dia a mais em relação às que não tinham aspersores nos galpões (29,4 kg de leite/vaca/dia). Portanto, o uso de aspersores melhorou significativamente os efeitos do estresse térmico em vacas leiteiras.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE

Este trabalho foi conduzido em uma fazenda comercial de produção leiteira, localizada na cidade de Lagoa da Prata-MG, que utiliza o sistema de ordenha robotizada *Voluntary Milking System* (VMS™, DeLaval, Tumba, Suécia).

Durante o período do estudo, a propriedade apresentou uma média de 266 ± 3 vacas em lactação com produção média de $40,8 \pm 1,3$ kg de leite/vaca/dia e DEL médio de 169 ± 4 . O rebanho era composto por animais provenientes do cruzamento entre as raças Holandês (HOL) e Gir, com predominância da composição $3/4$ e $7/8$ HOL $\times$ Gir, sendo aproximadamente 35,0% de primíparas (93 ± 4) e 65,0% multíparas (173 ± 5).

A fazenda possui dois galpões do tipo *Compost barn*, cada um equipado com duas unidades de ordenha robotizada, totalizando quatro robôs. Ambos os galpões operaram com sistemas de fluxo guiado do tipo leite primeiro *Milk First*™ (DeLaval VMS™). Um dos galpões continha dois robôs da série DeLaval VMS™ e alojava predominantemente multíparas ($62,9 \pm 1,4$ vacas/robô), enquanto o segundo galpão possuía dois robôs da série VMS™ V300 e alojava predominantemente primíparas ($70,1 \pm 1,6$ vacas/robô).

A dieta era composta pela PMR (*partial mixed ration*) e o concentrado peletizado fornecido durante as ordenhas no robô. A PMR foi fornecida duas vezes ao dia na pista de alimentação, sendo a primeira distribuição às 06:00 e a segunda às 15:00, usando vagão misturador vertical *mixer* equipado com balança eletrônica (Prohmix 13.0, Haramaq, Sertão, Brasil). Durante as ordenhas, as vacas recebiam concentrado comercial peletizado no robô. A quantidade ofertada foi determinada de acordo com o DEL e nível de produção de leite de cada

animal. A permissão de ordenha foi estabelecida por uma associação entre o DEL, produção de leite e intervalo entre ordenhas.

As vacas atrasadas eram conduzidas ao robô às 06:00 e às 16:00. Os robôs DeLaval VMSTTM passaram por duas limpezas programadas, às 03:00 e 13:00, e os robôs VMSTTM V300 às 04:00 e 12:50. Durante este período, as ordenhas eram temporariamente interrompidas para a completa higienização do sistema.

3.2. COLETA E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Os dados foram coletados durante o período de 180 dias (02 de dezembro de 2025 a 30 de maio de 2026). O *software* de gestão do sistema (DelProTM, DeLaval, Tumba, Suécia) registrou diariamente todos os parâmetros individuais e por quarto mamário de cada animal do rebanho, em cada ordenha. Esses dados permanecem armazenados em um computador, os quais foram consultados remotamente. Foram coletados os dados diários de DEL (dias em lactação), ordem de parto, produção diária de leite (kg de leite/vaca/dia), produção de leite por ordenha (kg de leite/vaca/ordenha), frequência individual de ordenhas (ordenhas/vaca/dia), data e horário de início e término de cada ordenha.

Inicialmente, os dados coletados foram categorizados por ordem de parto, sendo os animais de primeiro parto denominados como primíparas, e os animais com dois ou mais partos de múltiparas. Em virtude de as vacas em lactação serem alojadas em dois galpões independentes, foram excluídos os dados de primíparas que estavam alojadas no galpão predominante de múltiparas, bem como foram excluídos os dados de múltiparas que estavam alojadas no galpão predominante de primíparas (Tabela 1). Posteriormente, os dados foram estratificados em quatro categorias de DEL, sendo a primeira categoria abrangendo de 1 a 21 dias em lactação, a segunda de 22 a 105 dias em lactação, a terceira de 106 a 210 dias e a quarta de 211 dias até a secagem (Tabela 2). Para uma terceira análise, os dados foram divididos por quartil de produção. As vacas foram ordenadas de acordo com a média e classificadas em quatro quartis, correspondendo aos 25% inferiores (quartil 1), >25 a 50% (quartil 2), >50 a 75% (quartil 3) e >75% (quartil 4) da produção (Tabela 3). Ainda, o período de 24 horas foi dividido em quatro intervalos, sendo eles de 00:00 a 05:59, 06:00 a 11:59, 12:00 a 17:59 e 18:00 a 23:59.

Tabela 1- Dados descritivos em cada ordem de parto.

Ordem de parto	Dias em lactação	Ordenhas/vaca/dia	Kg leite/vaca/dia
1	176 ± 9	2,37 ± 0,12	37,1 ± 1,7
≥ 2	167 ± 5	2,47 ± 0,13	43,3 ± 1,7

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 2 - Dados descritivos em cada estágio de lactação.

Estágio da lactação (dias)	Dias em lactação		Ordenhas/vaca/dia		Kg leite/vaca/dia	
	Primíparas	Múltiparas	Primíparas	Múltiparas	Primíparas	Múltiparas
1 a 21	11 ± 4	11 ± 2	2,27 ± 0,28	2,94 ± 0,39	24,4 ± 4,9	40,6 ± 4,9
22 a 105	65 ± 8	63 ± 6	2,52 ± 0,14	2,84 ± 0,17	38,0 ± 2,2	49,9 ± 2,1
106 a 210	155 ± 10	153 ± 5	2,42 ± 0,18	2,48 ± 0,19	40,9 ± 2,2	47,7 ± 2,6
≥ 211	326 ± 10	311 ± 10	2,26 ± 0,18	1,97 ± 0,12	35,4 ± 2,4	34,5 ± 2,3

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3- Dados descritivos de cada quartil de produção.

Quartil	Dias em lactação		Ordenhas/vaca/dia		Kg leite/vaca/dia	
	Primíparas	Múltiparas	Primíparas	Múltiparas	Primíparas	Múltiparas
1 (≤ 25%)	188 ± 32	238 ± 24	1,82 ± 0,16	1,62 ± 0,16	22,8 ± 1,2	23,6 ± 1,1
2 (> 25 a 50%)	175 ± 23	179 ± 19	2,20 ± 0,11	2,28 ± 0,14	33,7 ± 0,5	38,8 ± 0,5
3 (> 50 a 75%)	172 ± 25	142 ± 18	2,51 ± 0,16	2,71 ± 0,17	40,7 ± 0,5	48,8 ± 0,6
4 (>75%)	172 ± 21	111 ± 13	2,96 ± 0,17	3,26 ± 0,18	51,0 ± 1,2	62,0 ± 1,3

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados foram tabulados em planilhas utilizando o *Microsoft Excel*®, e a partir deles foram calculados o número total de ordenhas (ordenhas/dia), proporção de ordenhas em cada período (ordenhas/intervalo de tempo), frequência média de ordenhas (ordenhas/vaca/dia), produção média diária (kg de leite/vaca/dia) e por ordenha (kg de leite/vaca/ordenha) para cada ordem de parto, categoria de DEL, quartil e intervalo de tempo.

3.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

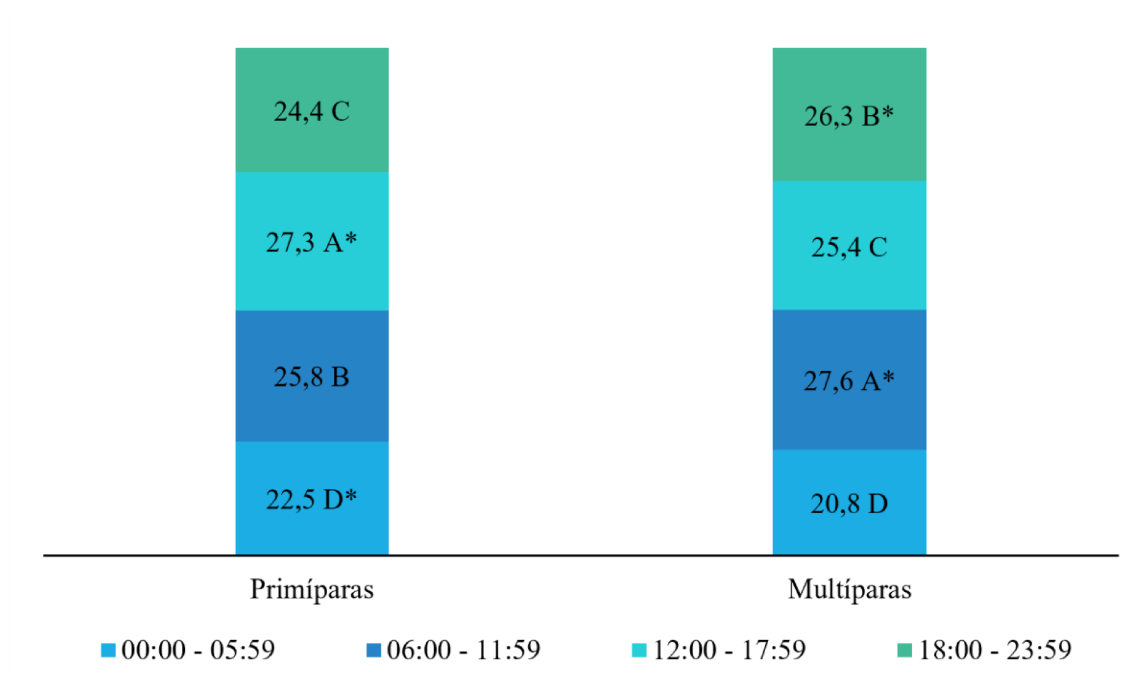
Todas as análises dos dados foram realizadas no *software* R (versão 4.6.0), adotando-se nível de significância de 5% ($P < 0,05$). A normalidade dos dados foi justificada pelo Teorema do Limite Central, que determina que médias de amostras grandes apresentam distribuição aproximadamente normal (Almeida, 2019). As proporções médias de ordenhas (%) foram calculadas para cada ordem de parto, categoria de DEL, quartil e intervalo de tempo. Para comparar os resultados utilizou-se o teste de comparações de duas proporções e o teste de comparações múltiplas. As produções de leite médias por ordenha (kg de leite/ordenha) foram calculadas para cada ordem de parto, categoria de DEL, quartil e intervalo de tempo. Para comparar os resultados utilizou-se ANOVA com Teste de Scott-Knott para análises com dois fatores, e ANOVA com Teste de Tukey para análises com três fatores. Posteriormente, os resultados foram tabulados e representados em gráficos no *Microsoft Excel*®.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. DISTRIBUIÇÃO DE ORDENHAS E PRODUÇÃO DE LEITE POR ORDENHA DE ACORDO COM A PARIDADE

A distribuição das ordenhas ao longo do dia não foi uniforme, indicando haver períodos de maior e menor atividade nos robôs (Gráfico 1). Enquanto primíparas concentraram as ordenhas no período de 12:00 – 17:59 (27,3%), múltíparas concentraram no período de 06:00 – 11:59 (27,6%). Durante o período noturno (00:00 – 05:59) houve redução na atividade de ordenha para ambos os grupos, padrão compatível com o ritmo circadiano dos bovinos leiteiros, caracterizado pelo comportamento de permanecerem deitados e ruminando durante a noite (Hut *et al.*, 2022b). Associado a isso, o manejo alimentar também pode estar relacionado a este padrão de comportamento. O fornecimento de PMR às 06:00 e às 15:00 estimula a atividade alimentar, aumentando a movimentação dos animais pelo galpão e, conseqüentemente, favorecendo o acesso ao robô. Em condições de tráfego livre, Deming *et al.* (2013) constataram que o fornecimento da PMR duas vezes ao dia fez com que as visitas ao robô ocorressem em horários próximos à oferta da dieta. Esses resultados reforçam que o oferecimento da PMR pode ser um forte estímulo para a movimentação das vacas no galpão e visitas ao robô. Adicionalmente, a busca programada de vacas atrasadas durante o período diurno, às 06:00 e 16:00, contribui para aumentar o número de ordenhas nesses horários (Szambelan *et al.*, 2025). Esses autores observaram maior concentração de ordenhas no período da manhã (05:00 às 11:00) e à tarde (14:00 às 18:00), corroborando com a predominância de ordenhas durante o período diurno observada neste estudo.

A diferença entre o período de maior e de menor atividade de ordenha foi de 4,8 e 6,8 unidades percentuais, o que representou aproximadamente 1,3 e 1,7 ordenhas/hora/robô potenciais para primíparas e múltíparas, respectivamente. A menor amplitude verificada para primíparas pode sugerir uma distribuição menos heterogênea da atividade de ordenha ao longo do dia para esses animais. Esse padrão pode estar relacionado ao comportamento alimentar dessa categoria, definido por menor taxa de ingestão de matéria seca, porém com maior número de visitas ao cocho e refeições mais frequentes ao longo do dia em relação às múltíparas (Pupo *et al.*, 2026). Conseqüentemente, a maior frequência de visitas ao cocho pode favorecer as visitas ao robô e contribuir para uma distribuição de ordenhas mais equilibrada ao longo do dia.

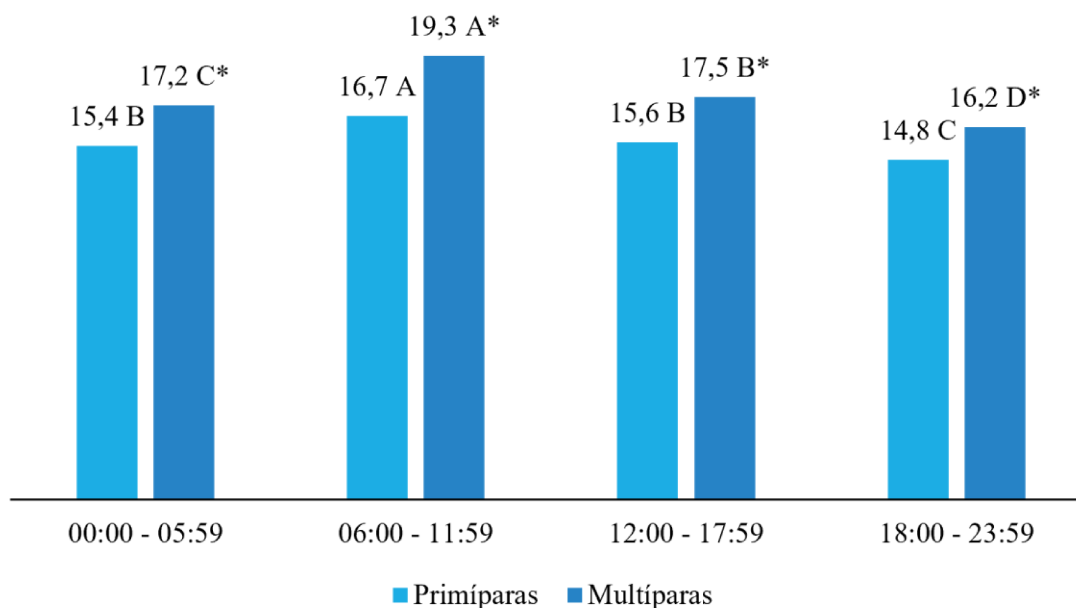
Gráfico 1- Proporção de ordenhas realizadas em função da paridade e período do dia

Fonte: Elaborado pelo autor.

1. Médias seguidas por letras maiúsculas diferem entre si pelo teste de comparação múltipla ($P < 0,05$), comparando cada horário dentro de cada ordem de parto. 2. Médias seguidas pelo símbolo * diferem entre si pelo teste de comparação de duas proporções ($P < 0,05$), comparando cada ordem de parto dentro de cada horário.

Independente da paridade, os maiores valores para produção de leite/ordenha ocorreram no período de 06:00 – 11:59, enquanto os menores foram observados no período de 18:00 – 23:59 (Gráfico 2). A amplitude dessa variação foi de 1,9 (13,0%) e 3,1 (19,0%) kg de leite/ordenha para primíparas e multíparas, respectivamente. É possível que parte dessa diferença na produção de leite/ordenha esteja associada ao padrão apresentado no Gráfico 1, uma vez que 00:00 – 05:59 foi o período de menor atividade de ordenha, o que poderia aumentar o intervalo entre ordenhas e, conseqüentemente, o leite armazenado na glândula mamária.

As primíparas apresentaram produção média de $15,6 \pm 1,3$ kg de leite/ordenha, enquanto as multíparas apresentaram $17,6 \pm 1,7$ kg de leite/ordenha. Esse resultado está de acordo com a literatura, que demonstra maior produção de leite por ordenha em multíparas. Davis *et al.* (2023) encontraram valores de $14,2 \pm 0,4$ kg de leite/ordenha para primíparas e $17,6 \pm 0,3$ kg de leite/ordenha para multíparas. Ainda, Rodriguez *et al.* 2024 observaram $12,3 \pm 3,4$ e $14,2 \pm 4,0$ kg de leite/ordenha para primíparas e multíparas, respectivamente.

Gráfico 2 - Produção de leite (kg) por ordenha em função da paridade e período do dia

Fonte: Elaborado pelo autor.

1. Médias seguidas por letras maiúsculas diferem entre si pelo teste de Teste de Scott-Knott ($P < 0,05$), comparando cada horário dentro de cada ordem de parto. 2. Médias seguidas pelo símbolo * diferem entre si pelo teste de Teste de Scott-Knott ($P < 0,05$), comparando cada ordem de parto dentro de cada horário.

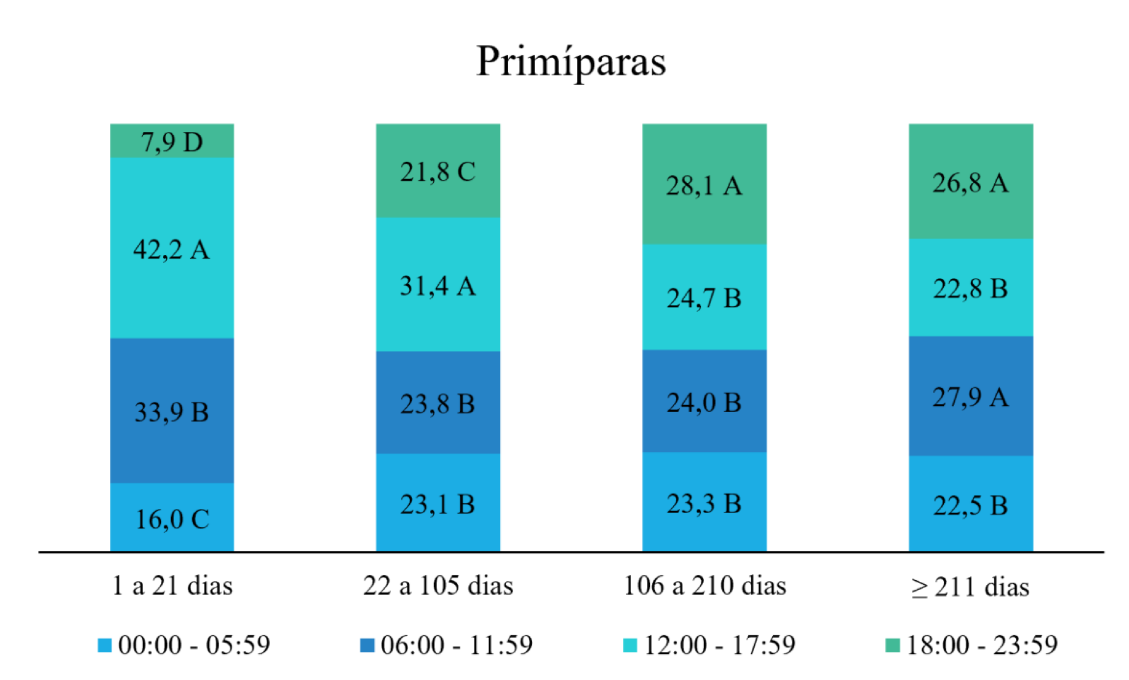
As multíparas apresentaram maior produção de leite/ordenha independente do período do dia, com incrementos variando de 1,4 a 2,6 kg de leite/ordenha (10,0 a 16,0%) em relação às primíparas. Em parte, esses resultados são consequência da maior produtividade diária de leite verificada para essa categoria, o que é consistente com a fisiologia da lactação, uma vez que vacas multíparas apresentam maior desenvolvimento de glândula mamária e maior capacidade secretora, em virtude das sucessivas lactações. Além disso, não destinam nutrientes para o crescimento corporal, ao contrário das primíparas, que ainda particionam parte dos nutrientes para o crescimento (Marumo *et al.*, 2022; Wathes *et al.*, 2007).

4.2. DISTRIBUIÇÃO DE ORDENHAS E PRODUÇÃO DE LEITE POR ORDENHA DE ACORDO COM O ESTÁGIO DA LACTAÇÃO

Embora a análise por ordem de parto tenha indicado uma distribuição temporal das ordenhas relativamente homogênea para as primíparas, a estratificação por estágio de lactação apresentou diferenças entre as proporções de ordenhas, especialmente no início do período produtivo. Ao longo dos estágios da lactação, primíparas e multíparas alteraram a distribuição das ordenhas entre os períodos do dia (Gráficos 3 e 4), apesar de que para primíparas a

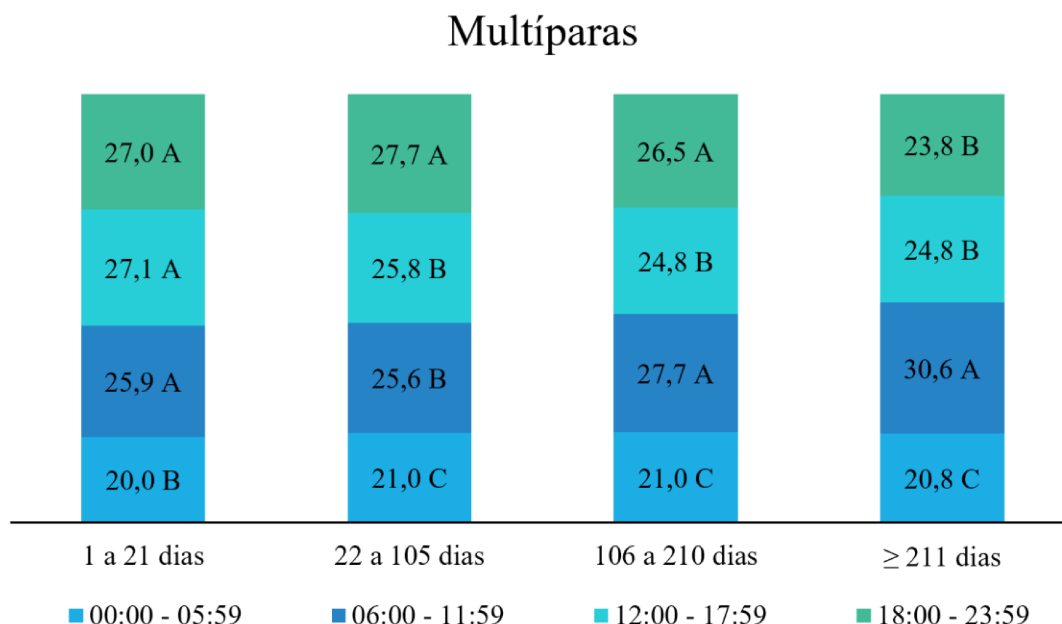
amplitude das variações foi maior. As primíparas apresentaram um padrão de distribuição de ordenhas mais heterogêneo nos primeiros 21 dias de lactação, com 76,1% das ordenhas ocorrendo nos períodos de 06:00 – 11:59 (33,9%) e 12:00 – 17:59 (42,2%). No segundo estágio da lactação (22 a 105 dias), essa heterogeneidade reduziu, mas ainda houve uma diferença de 9,6 unidades percentuais entre os períodos de maior e menor atividade de ordenha que ocorreram 12:00 – 17:59 e 18:00 – 23:59, respectivamente. Nos terceiro e quarto estágios da lactação, as primíparas apresentaram mais homogeneidade na distribuição das ordenhas entre os períodos do dia, com variações entre os períodos de maior e menor concentração de ordenhas de 4,8 e 5,4 pontos percentuais, respectivamente.

Gráfico 3 - Proporção de ordenhas realizadas em função do estágio da lactação e período do dia para primíparas



Fonte: Elaborado pelo autor.

1. Médias seguidas por letras maiúsculas diferem entre si pelo teste de comparação múltipla ($P < 0,05$), comparando cada horário dentro de cada categoria de DEL.

Gráfico 4 - Proporção de ordenhas realizadas em função do estágio da lactação e período do dia para multíparas

Fonte: Elaborado pelo autor.

1. Médias seguidas por letras maiúsculas diferem entre si pelo teste de comparação múltipla ($P < 0,05$), comparando cada horário dentro de cada categoria de DEL.

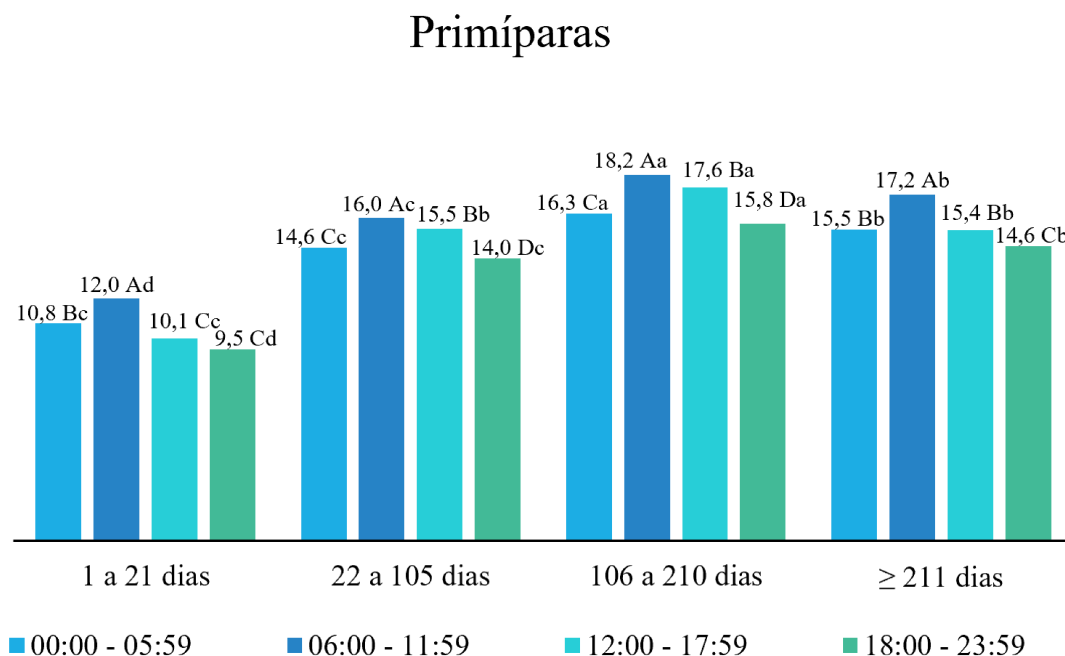
De maneira geral, multíparas apresentaram melhor distribuição das ordenhas entre os períodos do dia para os primeiros três estágios da lactação, com amplitudes da proporção de ordenhas de 7,0 e 6,7 pontos percentuais para os primeiro e segundo estágios, respectivamente. Entretanto, a partir de 211 dias de lactação, houve maior concentração das ordenhas no período de 06:00 – 11:59, com variação de 9,8 pontos percentuais em relação ao período 00:00 – 05:59. Esse padrão pode estar relacionado à curva de produção de leite e frequência de ordenhas ao longo da lactação. Souza (2025), avaliando o mesmo sistema de produção do presente estudo, observou que multíparas atingiram a maior frequência de ordenhas com DEL entre 89 e 118 (2,7 ordenhas/vaca/dia), seguida por redução progressiva a partir de 119 dias em lactação, alcançando 1,9 ordenhas/vaca/dia ao fim da lactação ($DEL > 299$). De maneira semelhante, Siewert, Salfer e Endres (2019) encontraram que no pico de produção (29 a 68 dias de lactação), as multíparas apresentaram frequência de ordenhas de 3,0 ordenhas/vaca/dia em sistemas de fluxo livre e 2,6 ordenhas/vaca/dia em fluxo guiado. Entretanto, estes valores decresceram ao longo da lactação, alcançando valores de 2,2 e 2,1 ordenhas/vaca/dia em sistemas de fluxo livre e guiado, respectivamente, no final do ciclo. As primíparas concentraram mais ordenhas no período 12:00 – 17:59 nos primeiros dois estágios da lactação, enquanto a partir de 106 dias

passaram a concentrar a atividade de ordenha no período 18:00 – 23:59. Os períodos de maior atividade de ordenha para múltíparas apresentaram mais oscilação ao longo da lactação.

A redução na amplitude das variações de proporções de ordenhas ao longo da lactação possivelmente está associada à menor adaptação das primíparas ao SOR. Munoz-Boettcher *et al.* (2025) observaram que as primíparas possuem maior frequência de coices, ordenhas incompletas, falhas na limpeza e identificação dos tetos do que múltíparas, com diferenças mais expressivas nos primeiros dias de lactação, sendo essas diferenças progressivamente reduzidas com o avanço da lactação, em função da adaptação das primíparas ao SOR. Nesse contexto, Brasier *et al.* (2025a) demonstraram que novilhas submetidas, aproximadamente 14 dias antes do parto, ao protocolo de treinamento de quatro dias com três sessões diárias de exposição ao ambiente do robô, braço mecânico, ruídos do sistema e ao concentrado, se adaptaram melhor ao SOR. Durante os primeiros 21 dias de lactação, as primíparas treinadas realizaram maior número de ordenhas voluntárias (2,6 x 2,2 ordenhas/dia), permaneceram menos tempo no curral de espera (14,6 x 18,7 min/dia) e produziram mais leite (32,8 x 30,6 kg de leite/vaca/dia) em relação às primíparas que não foram treinadas. Esses achados evidenciam a importância de estratégias que acelerem a adaptação das novilhas ao SOR. Além disso, o período de transição representa um momento de adaptações fisiológicas e comportamentais para as primíparas, com o início da lactação, e mudança nas demandas energéticas e sociais, diante de um reagrupamento e restabelecimento de hierarquia social (Proudfoot e Huzzey, 2022). Dessa forma, a maior concentração das ordenhas em determinados horários observada no presente estudo, possivelmente reflete uma combinação entre menor experiência de primíparas no SOR, maior dificuldade de adaptação e desafios de competição social, principalmente nas primeiras semanas de lactação. A ausência de protocolo de treinamento na propriedade pode intensificar esses fatores, aumentando a dependência da condução ao robô e, consequentemente, a concentração de ordenhas durante os períodos diurnos (06:00 – 11:59 e 12:00 – 17:59).

Independente da paridade e do estágio da lactação, a produção de leite/ordenha foi maior no período 06:00 – 11:59, e menor no período 18:00 – 23:59 (Gráficos 5 e 6). De maneira semelhante, a amplitude média da variação dos quatro estágios da lactação foi semelhante para primíparas (18,0%) e múltíparas (19,0%), apesar de que a maior amplitude em termos percentuais tenha sido observada para primíparas nos primeiros 21 dias de lactação (26,0%), refletindo em parte o resultado da distribuição das ordenhas.

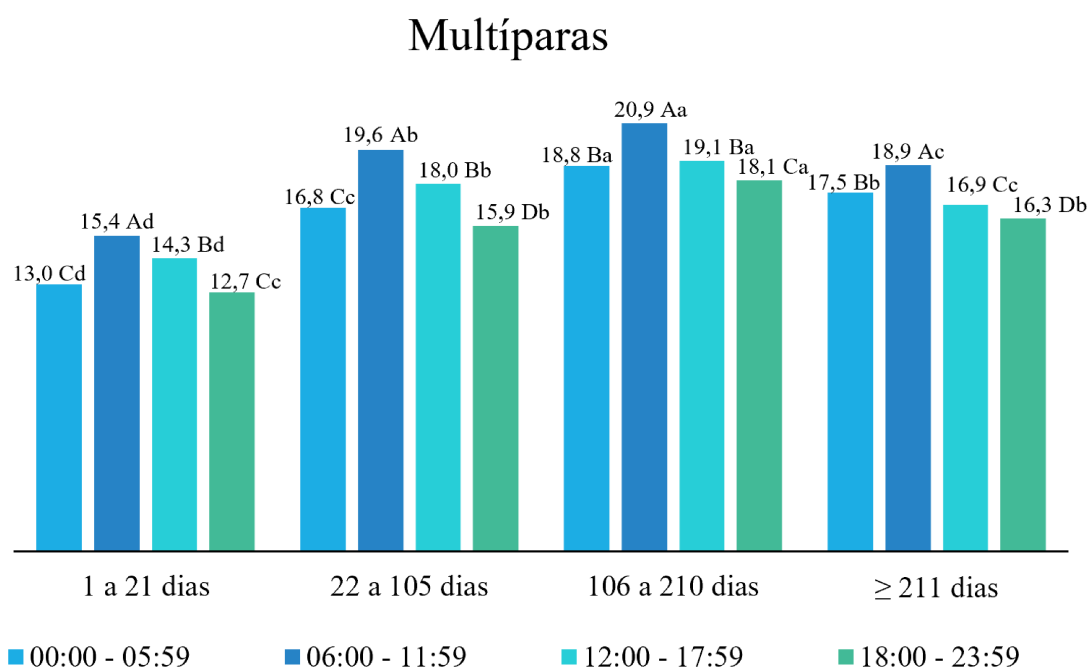
Gráfico 5 - Produção de leite (kg) por ordenha em função do estágio da lactação e período do dia para primíparas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

1. Médias seguidas por letras maiúsculas diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$), comparando cada horário dentro de cada categoria de DEL. 2. Médias seguidas por letras minúsculas diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$), comparando cada categoria de DEL dentro de cada horário.

Gráfico 6 - Produção de leite (kg) por ordenha em função do estágio da lactação e período do dia para múltíparas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

1. Médias seguidas por letras maiúsculas diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$), comparando cada horário dentro de cada categoria de DEL. 2. Médias seguidas por letras minúsculas diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$), comparando cada categoria de DEL dentro de cada horário.

As maiores produções de leite/ordenha foram observadas no estágio de 106 a 201 dias de lactação para as primíparas e multíparas. Souza (2025) observou que primíparas atingiram o pico de produção entre 89-118 dias de lactação, com produção de 40,0 kg de leite/vaca/dia e FO de 2,6 ordenhas/vaca/dia, resultando em 15,4 kg de leite/vaca/ordenha. Entretanto, o maior volume de produção de leite/ordenha para as primíparas foi registrado entre 149 e 178 dias de lactação, com produção de leite de 39,8 kg de leite/vaca/dia e FO de 2,5 ordenhas/vaca/dia, resultando em 15,9 kg de leite/vaca/ordenha. Nas multíparas, o maior volume de produção/ordenha coincidiu com o pico de produção diário, durante 89–118 dias de lactação, com produção de 47,3 kg de leite/vaca/dia, FO de 2,7 ordenhas/vaca/dia e 17,5 kg de leite/vaca/ordenha.

Em contraste, Siewert, Salfer e Endres (2019) observaram que o pico de produção de leite/ordenha coincidiu com o pico de produção diário, que ocorreu entre 29 e 58 dias de lactação, independente do sistema de tráfego. Em fluxo livre, as multíparas apresentaram produção de 43,6 kg de leite/vaca/dia, FO de 3,0 ordenhas/vaca/dia, resultando em 14,5 kg de leite/vaca/ordenha. Em fluxo guiado, a produção foi de 40,2 kg de leite/vaca/dia e FO de 2,7 ordenhas/vaca/dia resultando em 14,9 kg de leite/vaca/ordenha. De forma semelhante, primíparas em sistemas de fluxo livre obtiveram o pico de produção diária e por ordenha no mesmo estágio de lactação, aos 89 e 118 dias, com produção de 32,2 kg de leite/vaca/dia e FO de 2,7 ordenhas/vaca/dia, resultando em 11,9 kg de leite/vaca/ordenha. Entretanto, os autores relataram que primíparas em fluxo guiado apresentaram pico de produção mais tardio, aos 119 a 148 dias de lactação, com produção de 28,6 kg de leite/vaca/ordenha, FO de 2,6 ordenhas/vaca/dia e 11,0 kg de leite/vaca/ordenha. Contudo, o maior valor de produção de leite/ordenha ocorreu entre 149 e 178 dias, com produção diária de 28,1 kg de leite/vaca/dia, FO de 2,5 ordenhas/vaca/dia e produção de leite/ordenha de 11,2 kg de leite/vaca/ordenha. Com base nos dados, é possível perceber que os maiores volumes de produção de leite/ordenha não necessariamente coincidem com os momentos de picos de produção diária de leite em SOR.

As primíparas aumentaram expressivamente a produção de leite/ordenha no segundo estágio da lactação se comparado ao primeiro, com valores absolutos variando de 3,8 a 5,4 kg de leite/ordenha e relativos entre 33,0 e 53,0%. De maneira semelhante, multíparas também apresentaram esse padrão, porém de menor magnitude, com valores absolutos variando de 3,2

a 4,2 Kg de leite/ordenha e relativos entre 25,0 e 29,0%. No último estágio da lactação, primíparas apresentaram valores de produção de leite/ordenha iguais ou superiores aos observados entre 22 e 105 dias, enquanto as multíparas apresentaram valores inferiores. Esse comportamento é consistente com a curva de lactação das primíparas, caracterizada por menor pico produtivo e maior persistência de lactação (Siewert; Salfer; Endres, 2019; Masía *et al.*, 2020)

Analisando os dados descritivos da Tabela 2, pode-se perceber que no estágio da lactação de 106 a 210 dias houve redução na FO para primíparas e multíparas se comparado ao estágio anterior, o que combinado com valores elevados de produção de leite pode ter resultado nos maiores valores de kg de leite/ordenha observados, o que pode ser mais relevantes em sistemas com alta lotação de vacas/robô, como esse em questão.

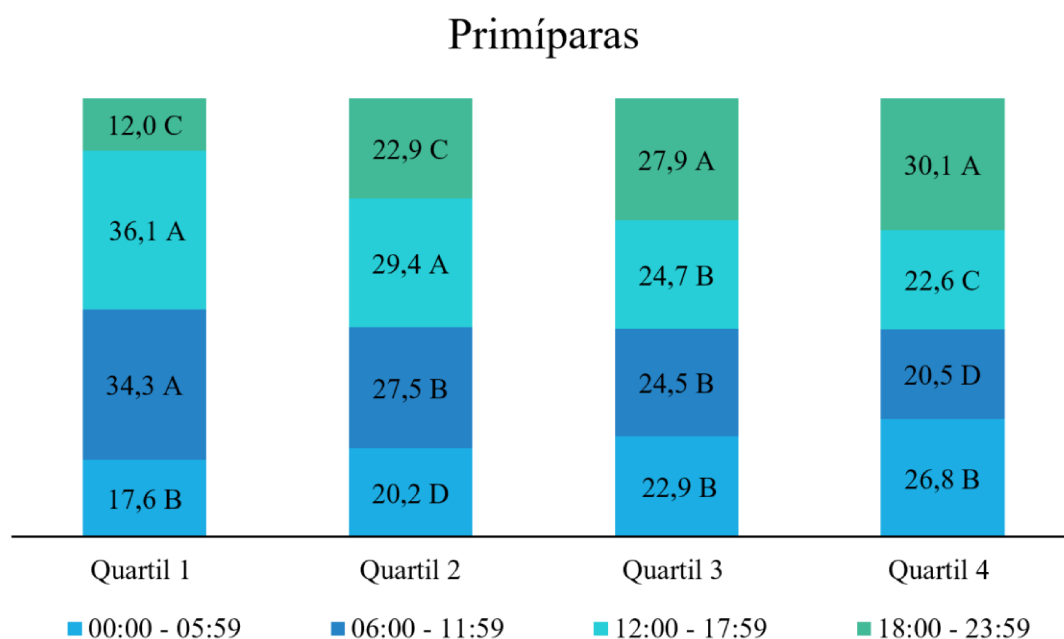
4.3. DISTRIBUIÇÃO DE ORDENHAS E PRODUÇÃO DE LEITE POR ORDENHA DE ACORDO COM O QUARTIL DE PRODUÇÃO.

Independente da ordem de parto, o quartil 1 apresentou distribuição heterogênea ao longo do dia. As primíparas concentraram suas ordenhas entre 06:00 e 17:59, representando 70,4% das ordenhas diárias (Gráfico 7). As multíparas apresentaram comportamento similar, concentrando 64,9% das suas ordenhas no período diurno (Gráfico 8). Esse padrão pode estar relacionado com a menor produtividade destes animais, uma vez que vacas menos produtivas tendem a realizar menor frequência de ordenhas e, conseqüentemente, apresentar maior intervalo entre ordenhas (Bogucki; Sawa; Kuropatwińska, 2017). Além disso, a PMR é fornecida às 06:00 e às 15:00, o que estimula o comportamento alimentar e a movimentação das vacas no galpão, favorecendo maior concentração de ordenhas nestes períodos (Deming *et al.*, 2013). Ainda, o manejo de busca de vacas atrasadas ocorreu às 06:00 e às 16:00, o que pode ter contribuído para maior proporção de ordenhas no horário diurno (Solano *et al.*, 2022; Szambelan *et al.*, 2025).

Com o aumento da produtividade, a distribuição de ordenhas tornou-se mais homogênea. No quartil 2, as primíparas concentraram suas ordenhas entre 12:00 e 17:59 (29,4%), com amplitude de 9,2 pontos percentuais em relação à menor proporção (18:00 – 23:59), enquanto as multíparas apresentaram maior proporção de ordenhas entre 06:00 e 11:59 (28,8%), com diferença de 9,0 pontos percentuais em relação ao menor valor. Embora no quartil 2, para ambas as ordens de parto, as ordenhas ainda permaneçam predominantemente distribuídas no período diurno (06:00 – 11:59 e 12:00 – 17:59), sendo 56,9% para primíparas e 55,1% para multíparas, estes valores são menores quando comparados ao quartil 1, indicando

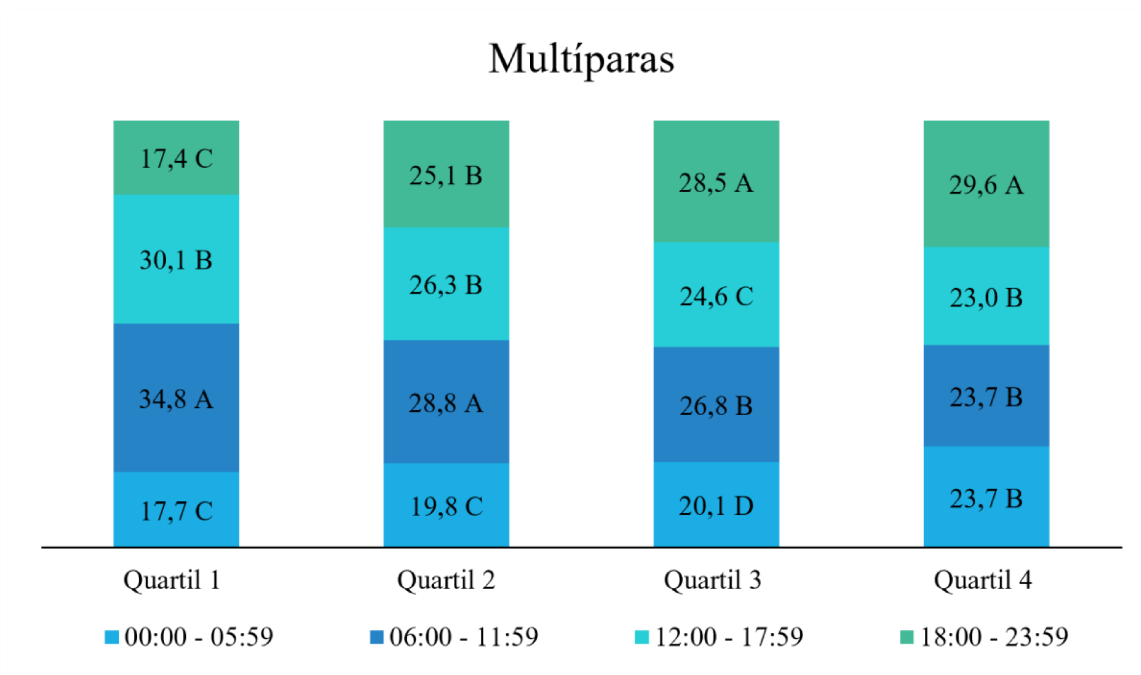
uma distribuição temporal mais uniforme das visitas ao robô. Esse comportamento pode estar relacionado ao aumento da produtividade e frequência de ordenhas observados nesses animais, reduzindo o intervalo entre ordenhas e a concentração das ordenhas exclusivamente nos horários de manejo (Córdova *et al.*, 2018a).

Gráfico 7 - Proporção de ordenhas realizadas em função do quartil de produção e período do dia para primíparas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

1. Médias seguidas por letras maiúsculas diferem entre si pelo teste de comparação múltipla ($P < 0,05$), comparando cada horário dentro de cada categoria de quartil.

Gráfico 8 - Proporção de ordenhas realizadas em função do quartil de produção e período do dia para múltíparas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

1. Médias seguidas por letras maiúsculas diferem entre si pelo teste de comparação múltipla ($P < 0,05$), comparando cada horário dentro de cada categoria de quartil.

No quartil 3, a maior concentração de ordenhas para as primíparas ocorreu no intervalo de 18:00 a 23:59 (27,9%), com amplitude de 5,0 pontos percentuais entre os períodos de maior e menor frequência. De forma semelhante, as múltíparas realizaram mais ordenhas entre 18:00 e 23:59 (28,5%) e apresentaram variação de 8,4 pontos percentuais em relação à menor proporção. Em ambas as ordens de parto, observou-se uma distribuição de ordenhas mais homogênea ao longo do dia.

No quartil 4, as primíparas apresentaram maior proporção de ordenhas durante o período de 18:00 a 23:59 (30,1%), com variação de 9,6 pontos percentuais. As múltíparas seguiram o mesmo padrão e realizaram maior número de ordenhas entre 18:00 e 23:59 (29,6%), com amplitude de 6,6 pontos percentuais. De forma geral, os períodos de maiores concentrações de ordenhas no quartil 4 corresponderam aos períodos de menor proporção de ordenhas para os quartis 1 e 2.

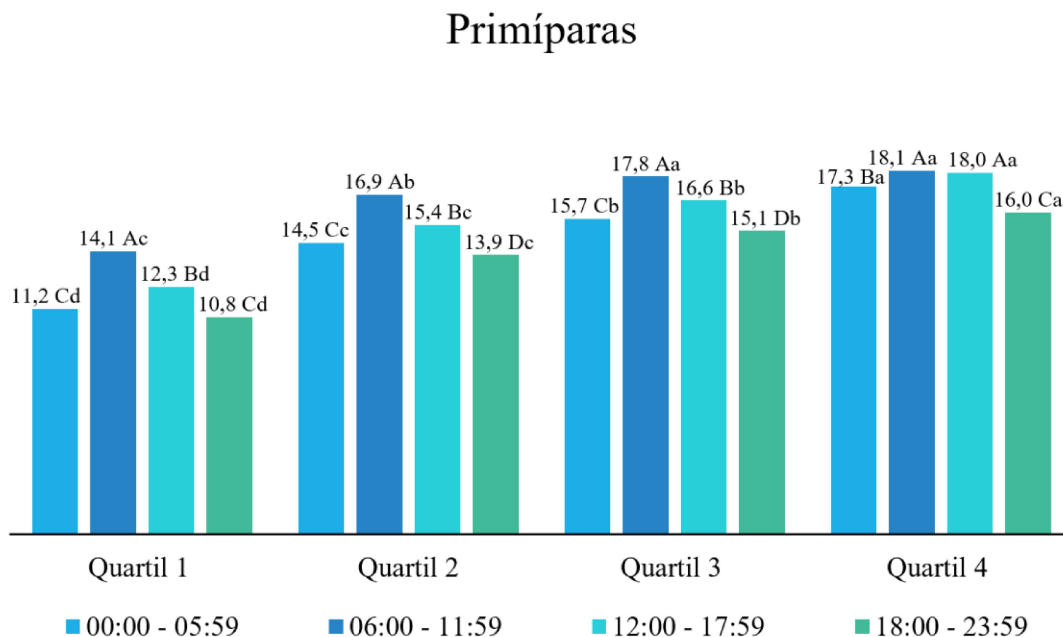
Esses resultados sugerem uma redistribuição temporal das visitas ao robô à medida que aumenta a produtividade dos animais. A taxa de lotação por robô pode, de alguma maneira, estar influenciando a preferência por horários noturnos. No período diurno, as vacas de menor produtividade (quartis 1 e 2) concentraram suas ordenhas. Somado a isso, a fazenda trabalha

com uma alta taxa de lotação de $62,9 \pm 1,4$ vacas/robô no equipamento da série DeLaval VMSTTM e $70,1 \pm 1,6$ vacas/robô no equipamento da série VMSTTM V300, o que pode causar um congestionamento durante os horários entre 06:00 e 17:59. Dessa forma, vacas mais produtivas conseguiriam ter mais facilidade de acesso ao robô no período de 18:00 a 23:59, horários em que os quartis de menor produção apresentam menor proporção de ordenhas.

Além disso, o comportamento ingestivo varia de acordo com o nível de produção. Vacas de maior produtividade apresentam maior consumo de matéria seca, principalmente por meio de refeições mais frequentes e maior período de permanência na pista de alimentação (DeVries, 2019). Portanto, as vacas de maior produtividade podem ter aumentado a frequência de visitas à pista de alimentação e, consequentemente, as visitas ao robô, favorecendo uma distribuição de ordenhas mais uniforme ao longo do dia.

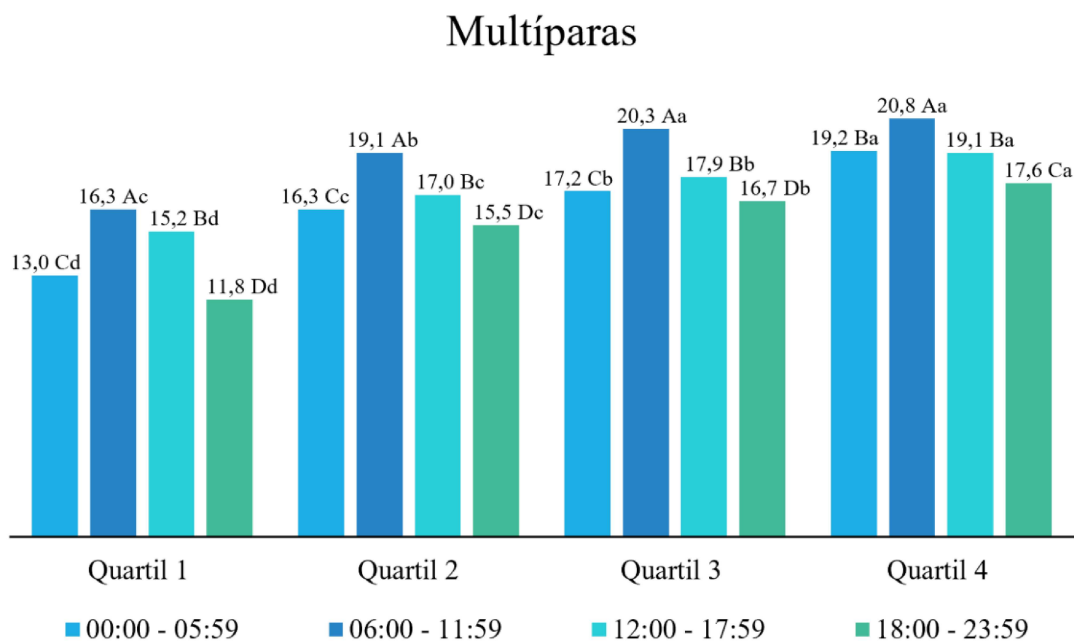
De maneira geral, as maiores produções de leite por ordenha ocorreram de 06:00 a 11:59, e as menores ocorrem entre 18:00 e 23:59 (Gráficos 9 e 10). As ordenhas do período de 18:00 a 23:59 ocorrem após o fornecimento da PMR e o manejo de condução de vacas atrasadas, que exercem grande influência na frequência de ordenha. Dessa forma, o intervalo entre ordenhas neste período pode ter sido menor, resultando em menor produção de leite por ordenha (Browne; Boloña; Upton, 2024).

Outro aspecto relevante foi a redução progressiva da amplitude de produção de leite/ordenha com o aumento de produtividade diária das vacas. O quartil 1 apresentou a maior variação na produção por ordenha, com amplitudes de 3,3 kg de leite/ordenha para as primíparas e 4,5 kg de leite/ordenha para multíparas. Em contrapartida, o quartil 4 manteve sua produção mais estável ao longo do dia, com primíparas apresentando variação de 2,1 kg de leite/ordenha e multíparas de 3,2 kg de leite/ordenha. Esse comportamento sugere que vacas de maior produção apresentam padrão de ordenha mais regular ao longo das 24 horas, resultado compatível com sua maior frequência de ordenhas e menores intervalos entre ordenhas. Consequentemente, há menor variação na quantidade de leite acumulada entre duas ordenhas consecutivas, tornando a produção por ordenha mais uniforme ao longo do dia (Penry *et al.*, 2018). Esse resultado reforça que, além da maior produção diária, vacas de elevada produtividade contribuem para uma utilização mais eficiente e constante do sistema de ordenha robotizada.

Gráfico 9 - Produção de leite (kg) por ordenha em função do quartil de produção e período do dia para primíparas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

1. Médias seguidas por letras maiúsculas diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$), comparando cada horário dentro de cada categoria de quartil. 2. Médias seguidas por letras minúsculas diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$), comparando cada categoria de quartil dentro de cada horário.

Gráfico 10 - Produção de leite (kg) por ordenha em função do quartil de produção e período do dia para múltíparas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

1. Médias seguidas por letras maiúsculas diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$), comparando cada horário dentro de cada categoria de quartil. 2. Médias seguidas por letras minúsculas diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$), comparando cada categoria de quartil dentro de cada horário.

Pelo fato de o presente estudo ter sido conduzido em apenas um sistema comercial com ordenha robotizada, a extrapolação dos resultados para outros sistemas merece cautela, sendo necessários estudos abrangendo maior número e diversidade de sistemas.

5. CONCLUSÃO

A distribuição de ordenhas não se comportou de maneira uniforme ao longo do dia, havendo períodos com maior concentração de atividade nos robôs, o que foi influenciado pela ordem de parto, dias em lactação e nível de produção dos animais. Apesar de também ter sido influenciada pelos mesmos fatores, a produção de leite por ordenha consistentemente foi maior no período da manhã (06:00 – 11:59).

6. REFERÊNCIAS

- ADRIAENS, I. *et al.* Milk losses linked to mastitis treatments at dairy farms with automatic milking systems. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 194, p. 105420, 1 jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105420>. Acesso em: 26 fev. 2026.
- AERTS, Joanna *et al.* Forecasting Milking Efficiency of Dairy Cows Milked in an Automatic Milking System Using the Decision Tree Technique. **Animals**, v. 12, n. 8, 1 abr. 2022a. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani12081040>. Acesso em 23 jul. 2026.
- AERTS, J. *et al.* Genetic parameters estimation of milking traits in polish holstein-friesians based on automatic milking system data. **Animals**, v. 11, n. 7, 1 jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11071943>. Acesso em 25 jul. 2026.
- AERTS, J. *et al.* The optimal level of factors for high daily milk yield in automatic milking system. **Livestock Science**, v. 264, p. 105035–105035, 1 out. 2022b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.105035>. Acesso em: 05 jan. 2026.
- ALMEIDA, C. O. DE. Ensaios: Da amostra ao teorema do limite central: um pouco dos fundamentos e uma aplicação prática. **Embrapa**, p. 15, maio 2019. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1109183/1/Documento233-Clovis-merged.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2026
- ARMSTRONG, D. V. Heat Stress Interaction with Shade and Cooling. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 7, p. 2044–2050, jul. 1994.
- BACH, A. *et al.* Forced traffic in automatic milking systems effectively reduces the need to get cows, but alters eating behavior and does not improve milk yield of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 3, p. 1272–1280, mar. 2009. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1443>. Acesso em: 05 jan. 2026.
- BACH, A.; BUSTO, I. Effects on milk yield of milking interval regularity and teat cup attachment failures with robotic milking systems. **Journal of Dairy Research**, v. 72, n. 1, p. 101–106, 14 jan. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022029904000585>. Acesso em: 05 jan. 2026.
- BACH, A.; CABRERA, V. Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 9, p. 7720–7728, set. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11694>. Acesso em: 05 jan. 2026.
- BARKEMA, H. W. *et al.* Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 11, p. 7426–7445, nov. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9377>. Acesso em: 05 jan. 2026.
- BERNABUCCI, U. *et al.* Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. **animal**, v. 4, n. 7, p. 1167–1183, 14 maio 2010. DOI: <https://doi.org/10.1017/S175173111000090X>. Acesso em: 03 mar. 2026.
- BOGUCKI, M.; SAWA, A.; I. KUROPATWIŃSKA. Association of automatic milking systems milking frequency in primiparous and multiparous cows with their yield and milkability. **Acta Agriculturae Scandinavica Section A – Animal Science**, v. 67, n. 1-2, p. 66–70, 3 abr. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064702.2017.1388438>. 05 jan. 2026.

BONESTROO, J. *et al.* Progression of different udder inflammation indicators and their episode length after onset of inflammation using automatic milking system sensor data. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 3, p. 3458–3473, mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-18054>. Acesso em: 03 mar. 2026.

BOTEGA, J. V. L. *et al.* Diagnóstico da automação na produção leiteira. **Ciencia E Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 635–639, 1 abr. 2008.

BRASIER, J. E. *et al.* Effect of training dairy heifers to an automated milking system before parturition on their adaptation and performance. **Journal of Dairy Science**, v. 108, n. 10, p. 11418–11431, 1 out. 2025a. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26883>. Acesso em: 16 jul. 2026

BRASIER, J. E. *et al.* Effect of training method and dairy cow personality traits on adaptation to an automated milking system. **Journal of Dairy Science**, 1 out. 2025b. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25420> . Acesso em: 15 fev. 2026.

BRASIER, J. E.; SCHWANKE, A. J.; DEVRIES, T. J. Effects of dairy cows' personality traits on their adaptation to an automated milking system following parturition. **Journal of Dairy Science**, v. 106, n. 10, p. 7191–7202, 1 out. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2022-23176>. Acesso em: 15 fev. 2026.

BROWNE, M.; BOLOÑA, P.; UPTON, J. Measurement of cow comfort during milking on different cluster removal settings through the use of leg-mounted accelerometers. **JDS Communications**, v. 5, n. 5, p. 462–467, 1 set. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0477>. Acesso em 30 jul. 2026

BUSANELLO, M. Cow traffic designs in barns with automatic milking systems: Advantages, disadvantages and differences. **Slovak Journal of Animal Science**, v. 57, n. 2, p. 32–46, 26 jun. 2024. DOI: <https://doi.org/10.36547/sjas.887>. Acesso em: 25 fev. 2026.

CANAZA-CAYO, A. W. *et al.* Genetic parameters of milk production and reproduction traits of Girolando cattle in Brazil. **Italian Journal of Animal Science**, v. 17, n. 1, p. 22–30, 2 jan. 2018. DOI: 10.1080/1828051X.2017.1335180. Acesso em: 20 jul. 2026.

CASTRO, A. *et al.* Estimating efficiency in automatic milking systems. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 2, p. 929–936, 1 fev. 2012. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3912>. Acesso em: 16 dez. 2025.

CDIC, Canadian Dairy Information Center. World production of cow milk. **Government of Canada**, 2025. Disponível em: <https://agriculture.canada.ca/en/market-information-system/rp/index-eng.cfm?action=pR&r=266&pdctc=>. Acesso em: 16 fev. 2026.

CILEITE, Centro de Inteligencia do Leite. Leite em Números: Produção de Leite no Brasil. **Centro de Inteligência do Leite**, 2024. Disponível em: https://www.cileite.com.br/leite_numeros_producao. Acesso em: 17 fev. 2026.

COLLIER, R. J. *et al.* **Western Dairy Management Conference** A Re-evaluation of the Impact of Temperature Humidity Index (THI) and Black Globe Humidity Index (BGHI) on Milk Production in High Producing Dairy Cows. **Western Dairy Management Conference**, p. 113 – 124, 2009.

CÓRDOVA, H. A. *et al.* Impact of the factors of animal production and welfare on robotic milking frequency. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 2, p. 238–246, 1 fev. 2018a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000200013>. Acesso em: 20 jan. 2026.

CÓRDOVA, H.A. *et al.* Influência da profundidade do úbere na limpeza dos tetos e na saúde da glândula mamária em ordenha robótica. **Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária E Zootecnia**, v. 70, n. 5, p. 1443–1452, 1 out. 2018b. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9427>. Acesso em: 14 fev. 2026.

CÓRDOVA, H. A. *et al.* Comportamento de vacas da raça Holandesa em ordenha robotizada (Behaviour of Holstein cows in robotic milking). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 1, p. 263–272, jan. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-10057>. Acesso em: 15 fev. 2026.

COURY, L. F. F. *et al.* Efeito do parto assistido na ocorrência de desordens uterinas puerperais e na eficiência reprodutiva de vacas leiteiras mestiças. **Ciência Animal Brasileira**, v. 24, 2023. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v24e-75064E>. Acesso em: 28 fev. 2026.

DADO-SENN, B.; LAPORTA, J.; DAHL, G. E. Carry over effects of late-gestational heat stress on dairy cattle progeny. **Theriogenology**, v. 154, p. 17–23, 15 set. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.012>. Acesso em: 15 fev. 2026.

DAIRY AUSTRALIA. Production & Sales Statistics: Milk Production Reports. **Dairy Australia Limited**, 2025. Disponível em: <https://www.dairyaustralia.com.au/industry-reports/production-and-sales-statistics>. Acesso em: 16 fev. 2026.

DALANEZI, F. M. *et al.* Influence of pathogens causing clinical mastitis on reproductive variables of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 4, p. 3648–3655, 1 abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16841>. Acesso em: 26 fev. 2026.

DALTRO, A. M. *et al.* Efeito do estresse térmico por calor na produção de vacas leiteiras. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 26, n. 1, p. 288–311, 21 out. 2020. DOI: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261288-311>. Acesso em: 25 fev. 2026.

DAVIS, L. *et al.* Impact of parity on cow stress, behavior, and production at a farm with guided traffic automatic milking system. **Frontiers in animal science**, v. 4, 11 dez. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fanim.2023.1258935>. Acesso em: 25 fev. 2026.

DAVIS, L. *et al.* The Short-Term Effects of Altering Milking Intervals on Milk Production and Behavior of Holsteins Milked in an Automated Milking System. **Dairy**, v. 5, n. 3, p. 403–418, 24 jul. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/dairy5030032>. Acesso em: 25 fev. 2025.

DEMING, J. A. *et al.* Associations of cow-level factors, frequency of feed delivery, and standing and lying behaviour of dairy cows milked in an automatic system. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 93, n. 4, p. 427–433, dez. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5985>. Acesso em: 25 fev. 2025.

DEVRIES, T. J. *et al.* Association of standing and lying behavior patterns and incidence of intramammary infection in dairy cows milked with an automatic milking system. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 8, p. 3845–3855, 1 ago. 2011. DOI: [10.3168/jds.2010-4032](https://doi.org/10.3168/jds.2010-4032). Acesso em: 09 fev. 2026.

DEVRIES, T.J. **Feeding Behavior, Feed Space, and Bunk Design and Management for Adult Dairy Cattle. Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice** W.B. Saunders, , 1 mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.10.003>. Acesso em 30 jul. 2026.

DHAKAL, K. *et al.* Inferring causal relationships between reproductive and metabolic health disorders and production traits in first-lactation US Holsteins using recursive models. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 4, p. 2713–2726, abr. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8448>. Acesso em: 14 fev. 2026.

DIAVÃO, J. *et al.* Sistemas automatizados de ordenha no Brasil: panorama e percepções. **Agricultura de Precisão**, p. 722–729, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4322/978-65-86819-38-0.1000060>. Acesso em: 16 dez. 2025.

DOVOLOU, Eleni *et al.* **Heat Stress: A Serious Disruptor of the Reproductive Physiology of Dairy Cows. Animals** MDPI, 1 jun. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13111846>. Acesso em: 23 jul. 2026

DRISLER, M. *et al.* Freestall Maintenance: Effects on Lying Behavior of Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 7, p. 2381–2387, jul. 2005.

DUBUC, J. *et al.* Effects of postpartum uterine diseases on milk production and culling in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 3, p. 1339–1346, mar. 2011. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3758>. Acesso em: 03 mar. 2026.

EBERL, D. T. *et al.* Innovative bedding materials for compost bedded pack barns: enhancing dairy cow welfare and sustainable dairy farming. **Environment Development and Sustainability**, 17 jul. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05244-7>. Acesso em: 26 fev. 2026.

FILHO, L. M. S. *et al.* Robotic milking of dairy cows: a review. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 6, p. 2833–2850, 19 set. 2020. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6p2833>. Acesso em: 23 jan. 2026.

FRANCE, A. E. *et al.* Effect of dry-off management on milking behavior, milk yield, and somatic cell count of dairy cows milked in automated milking systems. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 4, p. 3544–3558, abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21383>. Acesso em: 16 dez. 2025.

GAWORSKI, M.; BOĆKOWSKI, M. Comparison of Cattle Housing Systems Based on the Criterion of Damage to Barn Equipment and Construction Errors. **Animals**, v. 12, n. 19, p. 2530, 1 jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani12192530>. Acesso em: 26 fev. 2026.

HARE, K. *et al.* Does the location of concentrate provision affect voluntary visits, and milk and milk component yield for cows in an automated milking system? **Canadian Journal of Animal Science**, v. 98, n. 2, p. 399–404, 1 jun. 2018.

HENRIKSEN, J. C. S. *et al.* Effects of an individual cow concentrate strategy on production and behavior. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 3, p. 2155–2172, mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15477>. Acesso em: 15 fev. 2026.

HOGVEEN, H. *et al.* Sensors and Clinical Mastitis—The Quest for the Perfect Alert. **Sensors**, v. 10, n. 9, p. 7991–8009, 27 ago. 2010. DOI: <https://doi.org/10.3390/s100907991>. Acesso em: 28 fev. 2026.

HUT, P. R. *et al.* Heat stress in a temperate climate leads to adapted sensor-based behavioral patterns of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 8, p. 6909–6922, ago. 2022a. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21756>. Acesso em: 20 jan. 2026.

HUT, P. R. *et al.* Sensor based time budgets in commercial Dutch dairy herds vary over lactation cycles and within 24 hours. PLoS ONE, v. 17, n. 2 February, 1 fev. 2022b. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264392>. Acesso em: 13 jun. 2026

JACOBS, J. A.; SIEGFORD, J. M. Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. **Journal of Dairy Science**, maio 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-4943>. Acesso em: 25 jul. 2026.

JOHANSEN, F. P. *et al.* Use of a priority lane to increase voluntary visits to a milking robot in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 108, n. 7, p. 7387–7400, 1 jul. 2025. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2024-26081>. Acesso em: 20 jul. 2026.

JOHN, A. J. *et al.* Review: Milking robot utilization, a successful precision livestock farming evolution. **Animal**, v. 10, n. 9, p. 1484–1492, 7 abr. 2016. DOI:10.1017/S1751731116000495. Acesso em: 06 mar. 2026.

JOHN, A. J. *et al.* Robot utilisation of pasture-based dairy cows with varying levels of milking frequency. **Animal**, v. 13, n. 7, p. 1529–1535, 1 jul. 2019. DOI:10.1017/S1751731118003117. Acesso em 25 jul. 2026.

JOHNSON, J. A. *et al.* Comparing steam-flaked and pelleted barley grain in a feed-first guided-flow automated milking system for Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 1, p. 221–230, 30 set. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20387>. Acesso em: 15 fev. 2026

JOHNSON C. R. *et al.* (2003). Influence of milk production potential on forage dry matter intake by multiparous and primiparous Brangus females. *J. Anim. Sci.* 81, 1837–1846. doi: 10.2527/2003.8171837x

KADZERE, C. T. *et al.* Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, v. 77, n. 1, p. 59–91, out. 2002.

KAMAU, K. *et al.* Comparisons of Feed Bunk Nutrient Consistency, Milk Production and Cow Behavior Between Herds Using Automated Milking Systems With or Without Automated Feeding Robots. **Animals**, v. 15, n. 8, p. 1103–1103, 11 abr. 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani15081103>. Acesso em: 26 fev. 2026.

KERWIN, A. L. *et al.* Transition cow nutrition and management strategies of dairy herds in the northeastern United States: Part III—Associations of management and dietary factors with analytes, health, milk yield, and reproduction. **Journal of Dairy Science**, v. 106, n. 2, p. 1246–1266, 1 fev. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21876>. Acesso em: 20 jul. 2026.

KING, M. T. M. *et al.* Associations of herd-level housing, management, and lameness prevalence with productivity and cow behavior in herds with automated milking systems.

Journal of Dairy Science, v. 99, n. 11, p. 9069–9079, nov. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11329>. Acesso em: 16 jan. 2026.

KING, M. T. M. *et al.* Cow-level associations of lameness, behavior, and milk yield of cows milked in automated systems. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 6, p. 4818–4828, jun. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12281>. Acesso em: 16 jan. 2026.

KING, M. T. M. *et al.* Behavior and productivity of cows milked in automated systems before diagnosis of health disorders in early lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4343–4356, maio 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13686> . Acesso em: 16 jan. 2026.

KING, M. T. M. *et al.* Robotic Milking of Dairy Cows: Behaviour and Welfare, **CABI Books**, p. 138–154, dez. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1079/9781800625136.0007>. Acesso em: 31/07/2026.

KING, M. T. M.; DEVRIES, T. J. Graduate Student Literature Review: Detecting health disorders using data from automatic milking systems and associated technologies. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 9, p. 8605–8614, set. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14521>. Acesso em: 16 jan. 2026.

KONING, C. J. A. M. (KEES) DE. Automatic Milking – Common Practice on Dairy Farms. The First North American Conference on Precision Dairy Management. Toronto, Canada: Omnipress. Anais . p.16, 2010.

LAGE, C. F. de A. *et al.* Farmers' Perceptions on Implementing Automatic Milking Systems in Large USA Dairies: Decision-Making Process, Management Practices, Labor, and Herd Performance. **Animals**, v. 14, n. 2, 1 jan. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani14020218>. Acesso em: 31 jul. 2026

LEMMENS, L. *et al.* The Combined Use of Automated Milking System and Sensor Data to Improve Detection of Mild Lameness in Dairy Cattle. **Animals**, v. 13, n. 7, p. 1180, 1 jan. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13071180>. Acesso em: 28 fev. 2026.

LIU, E. *et al.* An Automated Sprinkler Cooling System Effectively Alleviates Heat Stress in Dairy Cows. **Animals**, v. 14, n. 17, p. 2586–2586, 5 set. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani14172586>. Acesso em: 04 mar. 2026.

LOVARELLI, D. *et al.* Effect of extended heat stress in dairy cows on productive and behavioral traits. **Animal**, v. 18, n. 3, 1 mar. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101089>. Acesso em: 20 jul. 2026.

LØVENDAHL, P.; CHAGUNDA, M. G. G. Covariance among milking frequency, milk yield, and milk composition from automatically milked cows. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 11, p. 5381–5392, nov. 2011. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3589>. Acesso em: 09 fev. 2026.

MASÍA, F. M. *et al.* Modeling variability of the lactation curves of cows in automated milking systems. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 9, p. 8189–8196, 1 set. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17962>. Acesso em: 16 jul. 2026

MARQUES, T. C. *et al.* Geographical trends for automatic milking systems research in non-pasture-based dairy farms: A scoping review. **Journal of Dairy Science**, v. 106, n. 11, p. 7725–7736, 1 nov. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23313>. Acesso em: 05 jan. 2026.

MARUMO, J. L. *et al.* Influence of environmental factors and parity on milk yield dynamics in barn-housed dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, nov. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20698>. Acesso em: 26 fev. 2026.

MATSON, R. D. *et al.* Benchmarking of farms with automated milking systems in Canada and associations with milk production and quality. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 7, p. 7971–7983, jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20065>. Acesso em: 02 fev. 2026.

MATSON, R. D. *et al.* Farm-level factors associated with lameness prevalence, productivity, and milk quality in farms with automated milking systems. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 1, p. 793–806, jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20618>. Acesso em: 21 jan. 2026.

MATTACHINI, G. *et al.* Effects of Feeding Frequency on the Lying Behavior of Dairy Cows in a Loose Housing with Automatic Feeding and Milking System. **Animals**, v. 9, n. 4, p. 121, 28 mar. 2019. DOI: [10.3390/ani9040121](https://doi.org/10.3390/ani9040121). Acesso em: 26 fev. 2026.

MCWILLIAMS, C. J.; SCHWANKE, A. J.; DEVRIES, T. J. Is greater milk production associated with dairy cows who have a greater probability of ruminating while lying down? **JDS Communications**, v. 3, n. 1, nov. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3168/jdsc.2021-0159>. Acesso em: 25 fev. 2026.

MENAJOVSKY, S. B. *et al.* The effect of the forage-to-concentrate ratio of the partial mixed ration and the quantity of concentrate in an automatic milking system for lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 11, p. 9941–9953, nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14665>. Acesso em: 26 fev. 2026.

MENDONCA, L. C. *et al.* Heat stress affects milk yield, milk quality, and gene expression profiles in mammary cells of Girolando cows. **Journal of Dairy Science**, v. 108, n. 1, p. 1039–1049, jan. 2025. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25498>. Acesso em: 03 mar. 2026.

MUNOZ-BOETTCHER, P. *et al.* Milking behavior and performance of primiparous and multiparous Holstein, Jersey, and Holstein × Jersey crossbred cows in a batch milking system with automatic milking units. **Journal of Dairy Science**, v. 108, n. 4, p. 4248–4262, 1 abr. 2025. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2024-26078>. Acesso em: 16 jul. 2026

MUNKSGAARD, L. *et al.* Forced versus free traffic in an automated milking system. **Livestock Science**, v. 138, n. 1-3, p. 244–250, jun. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.12.023>. Acesso em: 17 dez. 2025.

MURNEY, R. *et al.* The effects of milking frequency in early lactation on milk yield, mammary cell turnover, and secretory activity in grazing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 1, p. 305–311, jan. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8745>. Acesso em: 02 fev. 2026.

NETO, A. F.; LOPES, M. A. Uso da robótica na ordenha de vacas leiteiras: uma revisão. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 22, n 3, 4, p. 101-107, 2014.

NOGARA, K. F.; BUSANELLO, M.; ZOPOLLATTO, M. Relationship Between Subclinical Mastitis Occurrence and Pathogen Prevalence in Two Different Automatic Milking Systems. **Animals**, v. 15, n. 6, p. 776, 9 mar. 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani15060776>. Acesso em: 04 mar. 2026.

NORDLUND, K. V. *et al.* Thermodynamics of standing and lying behavior in lactating dairy cows in freestall and parlor holding pens during conditions of heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 7, p. 6495–6507, jul. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15891>. Acesso em: 04 mar. 2026.

OSEI-AMPONSAH, R. *et al.* Heat Stress Impacts on Lactating Cows Grazing Australian Summer Pastures on an Automatic Robotic Dairy. **Animals**, v. 10, n. 5, p. 869, 17 maio 2020. DOI: [10.3390/ani10050869](https://doi.org/10.3390/ani10050869). Acesso em: 24 fev. 2026.

PADDICK, K. S. *et al.* Effect of the amount of concentrate offered in an automated milking system on dry matter intake, milk yield, milk composition, ruminal digestion, and behavior of primiparous Holstein cows fed isocaloric diets. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 3, p. 2173–2187, mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15138>. Acesso em: 26 fev. 2026.

PENRY, J. F. *et al.* Short communication: Cow- and quarter-level milking indicators and their associations with clinical mastitis in an automatic milking system. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 11, p. 9267–9272, nov. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12839>. Acesso em: 14 fev. 2026.

PENRY, J. F. *et al.* Association of milking interval and milk production rate in an automatic milking system. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 2, p. 1616–1625, fev. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12196>. Acesso em: 05 jan. 2026.

PINTO, S. *et al.* Critical THI thresholds based on the physiological parameters of lactating dairy cows. **Journal of Thermal Biology**, v. 88, p. 102523, fev. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102523>. Acesso em: 04 mar. 2026.

POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 11, p. 8645–8657, nov. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651>. Acesso em: 03 mar. 2026.

PRAMOD, S. *et al.* Analysis of the effects of thermal stress on milk production in a humid tropical climate using linear and non-linear models. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 1, 3 jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02525-x>. Acesso em: 04 mar. 2026.

PROUDFOOT, K. L.; HUZZEY, J. M. **A first time for everything: The influence of parity on the behavior of transition dairy cows.** DOI: <https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0290>. Acesso em: 16 jul. 2026

PUPO, M. R. *et al.* Effects of entropy and parity on lactation performance, feed intake, eating time, and bunk preference of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 109, n. 1, p. 662–670, 1 jan. 2026. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2025-27469>. Acesso em 30 jul. 2026

RODENBURG, J. Robotic milking: Technology, farm design, and effects on work flow. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 9, p. 7729–7738, 1 set. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11715>. Acesso em: 05 jan. 2026.

RODRIGUEZ, F. A. N. *et al.* Comparative Analysis of Milking and Behavior Characteristics of Multiparous and Primiparous Cows in Robotic Systems. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 96, n. 3, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202320221078>. Acesso em: 26 jan. 2026.

ROUSING, T. *et al.* The association between fetching for milking and dairy cows' behaviour at milking, and avoidance of human approach - An on-farm study in herds with automatic milking systems. **Livestock Science**, v. 101, n. 1–3, p. 219–227, maio 2006. DOI : [doi:10.1016/j.livprodsci.2005.11.013](https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.11.013). Acesso em: 16 jul. 2026

SALFER, J. A.; SIEWERT, J. M.; ENDRES, M. I. Housing, management characteristics, and factors associated with lameness, hock lesion, and hygiene of lactating dairy cattle on Upper Midwest United States dairy farms using automatic milking systems. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 9, p. 8586–8594, set. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13925>. Acesso em: 15 fev. 2026.

SCHWANKE, A. J. *et al.* Effects of concentrate location on the behavior and production of dairy cows milked in a free-traffic automated milking system. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 11, p. 9827–9841, nov. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16756>. Acesso em: 26 fev. 2026.

SCHWANKE, A. J. *et al.* Effects of concentrate allowance and individual dairy cow personality traits on behavior and production of dairy cows milked in a free-traffic automated milking system. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 7, p. 6290–6306, jul. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21657>. Acesso em: 16 fev. 2026.

SCOTT, V. E. *et al.* Influence of provision of concentrate at milking on voluntary cow traffic in a pasture-based automatic milking system. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 3, p. 1481–1490, mar. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7375>. Acesso em: 25 fev. 2026.

SHARIPOV, D. *et al.* The effect of milking frequency and intervals on milk production and functional properties of the cows' udder in automatic milking systems. **BIO Web of Conferences**, v. 17, p. 00036, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700036>. Acesso em: 25 fev. 2026.

SIEWERT, J. M.; SALFER, J. A.; ENDRES, M. I. Factors associated with productivity on automatic milking system dairy farms in the Upper Midwest United States. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 9, p. 8327–8334, set. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14297>. Acesso em: 05 jan. 2026.

SIEWERT, J. M.; SALFER, J. A.; ENDRES, M. I. Milk yield and milking station visits of primiparous versus multiparous cows on automatic milking system farms in the Upper Midwest United States. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 4, p. 3523–3530, abr. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15382>. Acesso em: 15 fev. 2026.

SOBERON, F. *et al.* The effects of increased milking frequency during early lactation on milk yield and milk composition on commercial dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 9, p. 4398–4405, set. 2011. DOI: [10.3168/jds.2010-3640](https://doi.org/10.3168/jds.2010-3640). Acesso em: 16 jul. 2026

SOLANO, L. *et al.* Milking time behavior of dairy cows in a free-flow automated milking system. **JDS Communications**, jul. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0243>. Acesso em: 05 jan. 2026.

STEENEVELD, W. *et al.* Invited review: Quantifying multiple burdens of dairy cattle production diseases and reproductive inefficiency—Current knowledge and proposed metrics. **Journal of Dairy Science**, v. 107, n. 11, p. 8765–8795, nov. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24538>. Acesso em: 14 fev. 2026.

STEWART, L. M.; BRASIER, J. E.; DEVRIES, T. J. Association between time budget of primiparous cows and their adaptation to an automatic milking system following parturition. **Journal of Dairy Science**, v. 108, n. 12, p. 13783–13795, 1 dez. 2025. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2025-27348>. Acesso em: 13 jun. 2026

SUAREZ-TRUJILLO, A. *et al.* Effect of circadian system disruption on the concentration and daily oscillations of cortisol, progesterone, melatonin, serotonin, growth hormone, and core body temperature in periparturient dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 3, p. 2651–2668, 1 mar. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20691>. Acesso em: 25 fev. 2026.

SOUZA, A. V. Indicadores de desempenho de múltiparas e primíparas em sistema de ordenha robotizada. 2025. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/46668>. Acesso em: 30 jul. 2026

SZAMBELAN, V. L. *et al.* Temporal Distribution of Milking Events in a Dairy Herd with an Automatic Milking System. **Animals**, v. 15, n. 15, p. 2293, 6 ago. 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani15152293>. Acesso em: 17 dez. 2025.

TALUKDER, S. *et al.* Impact of heat stress on dairy cow rumination, milking frequency, milk yield and quality in a pasture-based automatic milking system. **Animal Production Science**, 1 jan. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN22334>. Acesso em: 17 dez. 2025.

TAO, S. *et al.* Impact of heat stress on lactational performance of dairy cows. **Theriogenology**, v. 150, p. 437–444, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.02.048>. Acesso em: 25 fev. 2026.

TENG, Z. W. *et al.* Effects of the circadian rhythm on milk composition in dairy cows: Does day milk differ from night milk? **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 7, p. 8301–8313, jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19679>. Acesso em: 25 fev. 2026.

TREMBLAY, M. *et al.* Factors associated with increased milk production for automatic milking systems. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 5, p. 3824–3837, 1 maio 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10152>. Acesso em: 21 jan. 2026.

TSE, C. *et al.* Effect of transitioning to automatic milking systems on producers' perceptions of farm management and cow health in the Canadian dairy industry. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 3, p. 2404–2414, mar. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11521>. Acesso em: 22 jan. 2026.

TSE, C. *et al.* Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers' reports of milking labour management, milk production and milk quality. **Animal**, v. 12, n. 12, p. 2649–2656, 4 abr. 2018. DOI <https://doi.org/10.1017/S1751731118000654>. Acesso em: 22 jan. 2026.

TUCKER, C. B. *et al.* Invited review: Lying time and the welfare of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 1, nov. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-18074>. Acesso em: 25 fev. 2026.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). National Agricultural Statistics Service (NASS). *2022 Census of Agriculture: Dairy Cattle and Milk Production*. Washington, DC: USDA, 2024. Disponível em: https://www.nass.usda.gov/Publications/Highlights/2024/Census22_HL_Dairy.pdf. Acesso em: 31 jul. 2026

VAN DEN BORNE, B. H. P. *et al.* Disentangling the relationships between lameness, milking frequency and milk production in Dutch dairy herds using an automatic milking system. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 208, p. 105733, nov. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2022.105733>. Acesso em: 12 fev. 2026.

VAN SOEST, B.J. *et al.* Farm-level nutritional factors associated with milk production and milking behavior on Canadian farms with automated milking systems. **Journal of Dairy Science**, 1 fev. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24355>. Acesso em: 25 fev. 2026.

VEISSIER, I.; MIALON, M. M.; SLOTH, K. H. Short communication: Early modification of the circadian organization of cow activity in relation to disease or estrus. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 5, p. 3969–3974, 1 maio 2017. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11853>. Acesso em: 16 jul. 2026

VERDE, M. T. *et al.* Comparative performance analysis between two different generations of an automatic milking system. **ACTA IMEKO**, v. 12, n. 4, p. 1–6, 8 dez. 2023.

WANG, K. *et al.* Dietary supplementation of vitamin D3 and calcium partially recover the compromised time budget and circadian rhythm of lying behavior in lactating cows under heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 107, n. 3, p. 1707–1718, mar. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23589>. Acesso em: 25 fev. 2026.

WATHES, D. C. *et al.* Differences between primiparous and multiparous dairy cows in the inter-relationships between metabolic traits, milk yield and body condition score in the periparturient period. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 33, n. 2, p. 203–225, ago. 2007. DOI:10.1016/j.domaniend.2006.05.004. Acesso em: 13 jun. 2026

ZHOU, M. *et al.* Effects of increasing air temperature on physiological and productive responses of dairy cows at different relative humidity and air velocity levels. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 2, p. 1701–1716, fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21164>. Acesso em: 03 mar. 2026.