

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ANA FLÁVIA DE PAULA PEREIRA

ÍNDICES PRODUTIVOS DE VACAS LEITEIRAS EM SISTEMAS DE ORDENHA  
ROBOTIZADA

UBERLÂNDIA, MG

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ANA FLÁVIA DE PAULA PEREIRA

ÍNDICES PRODUTIVOS DE VACAS LEITEIRAS EM SISTEMAS DE ORDENHA  
ROBOTIZADA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para a obtenção do grau de Bacharelado em Medicina Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Prof. Dr. Alex de Matos Teixeira

UBERLÂNDIA, MG

2022

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais por todo o apoio e base para que eu tivesse a capacidade de alcançar meus objetivos acadêmicos e compreenderam minhas ausências enquanto eu me dedicava para realização deste trabalho.

Aos meus amigos que ficaram ao meu lado durante a execução do trabalho e faculdade, me oferecendo apoio e ajuda quando necessário.

Ao meu professor orientador, por todos os ensinamentos, paciência e conselhos que permitiram meu desenvolvimento ao longo do curso.

Aos integrantes da banca, pelas correções e ensinamentos.

À Universidade Federal de Uberlândia, por tudo que aprendi ao longo dos anos e as oportunidades que foram concebidas nesse período.

Aos proprietários da fazenda avaliada no presente estudo, Gustavo, Otávio e Tarcísio, pela disponibilização de dados e permissão para visitas, que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	8
2. Revisão de Literatura.....	9
2.1. Automação na pecuária de leite.....	9
2.2. Ordenha robotizada.....	10
2.2.1. Histórico e informações gerais.....	10
2.2.2. <i>Design</i> das instalações para sistemas com MAS.....	12
2.2.3. Modelos de sistemas de MAS.....	13
2.3. Indicadores de eficiência nos sistemas de ordenha robotizada.....	14
2.3.1. Frequência de ordenhas e número de vacas por robô.....	14
2.3.2. Produção de leite por vaca e por robô.....	15
2.3.3. Consumo de concentrado no robô e porcentagem de vacas atrasadas.....	16
3. Material e métodos.....	18
4. Resultados e Discussão.....	20
5. Considerações finais.....	23
6. Referências.....	24

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 01: Dimensões dos barracões.....	19
Tabela 02: Valores médios e desvio padrão do número de vacas em lactação e dias em lactação.....	20
Tabela 03: Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão da frequência de ordenhas e números de vaca por robô.....	21
Tabela 04: Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão da produção individual de leite e produção de leite por robô.....	22
Tabela 05: Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão o consumo diário de concentrado no robô.....	23

## RESUMO

Ordenha robotizada é uma nova tecnologia que tem ganhado espaço dentro do setor da bovinocultura de leite no mundo e no país por sua proposta de solucionar problemas de mão de obra e oferecer bons resultados produtivos. O objetivo desse trabalho foi avaliar os índices produtivos de vacas leiteiras em um sistema de ordenha robotizada. A fazenda que disponibilizou os dados se localiza no município de Lagoa da Prata-MG e possuía aproximadamente 230 vacas em lactação, alojadas em dois barracões de *Compost barn*, cada um com duas estações de ordenhas robotizadas DeLaval, com fluxo guiado do tipo “leite primeiro”. Os animais receberam PMR (*partial mixed ration*) duas vezes ao dia, associada ao concentrado fornecido no robô. Foram coletados dados diários de número de vacas em lactação, DEL (dias em lactação), frequência individual de ordenhas (ordenhas/vaca/dia), produção de leite individual (Kg de leite/vaca/dia) e consumo individual de concentrado (Kg de concentrado no robô/vaca/dia). A partir destes indicadores, foram calculadas a produção média diária de leite por robô (Kg de leite/robô) e o número médio diário de vacas por robô (vacas/robô). No período de 12 meses, a fazenda apresentou média de 233 vacas em lactação, sendo 58,3 animais/robô, com DEL médio de 193 dias. Esses animais apresentaram produção média de 30,9 Kg/vaca/dia, frequência de ordenhas de 2,34, e consumo médio de concentrado de 2,5 Kg de matéria natural/vaca/dia. Com base nos dados analisados, o sistema de produção apresentou resultados satisfatórios para os principais índices produtivos em sistemas robotizados, porém em relação à frequência de ordenhas e produção de leite por vaca, verificou-se que o sistema tem oportunidades de alcançar melhorias. A comparação dos índices produtivos com outros sistemas de produção é uma estratégia importante para a análise da situação atual e para o apontamento das necessidades de melhorias.

Palavras-chave: confinamento; consumo de concentrado; frequência de ordenhas; número de ordenhas; produção de leite; robô.

## ABSTRACT

Robotic milking is a new technology that has been gaining space within the dairy cattle sector in the world and in the country due to its proposal of solving labor problems and offering good productive results. The objective of this study was to evaluate the production rates of dairy cows in a robotic milking system. The farm that provided the data is located in Lagoa da Prata-MG and had approximately 230 lactating cows housed in two Compost barns, each with two DeLaval robotic milking stations, with guided flow traffic and "milk first system". The animals received PMR (partial mixed ration) twice a day, associated with the concentrate supplied in the robot. Daily data were collected on number of lactating cows, days in milk (DIM), individual milking frequency (milkings/cow/day), individual milk production (kg milk/cow/day) and individual concentrate consumption (kg concentrate in the robot/cow/day). From these indicators, the average daily milk production per robot (Kg milk/robot) and the average daily number of cows per robot (cows/robot) were calculated. In the 12 month period, the farm had an average of 233 lactating cows, being 58.3 animals/robot, with an average DIM of 193 days. These animals presented average production of 30.9 kg/cow/day, milking frequency of 2.34, and average consumption of concentrate of 2.5 kg of natural matter/cow/day. Based on the analyzed data, the production system presented satisfactory results for the main productive indicators in robotic systems, but in relation to milking frequency and milk production per cow it was verified that the system has opportunities to achieve improvements. The comparison of production indicators with other production systems is an important strategy for the analysis of the current situation and for pointing out the needs for improvements.

Keywords: housing; concentrate consumption; milking frequency; number of milkings; milk yield; robot.

## 1. Introdução

De acordo com os dados do IBGE (2020), Minas Gerais é o estado brasileiro com a maior produção leiteira do país, sendo responsável por 27% da produção nacional. A pecuária leiteira é uma das principais atividades do setor agropecuário, além de possuir importante papel na geração de empregos e oferecer aos consumidores o leite, que é um alimento essencial para a nutrição humana (Nogueira, 2018; Júnior e Jung, 2017). Atualmente, a produção nacional caminha para um cenário de redução do número de propriedades e aumento da produção, sendo necessário para isso, produção e mão de obra qualificadas e eficientes, o que é facilitado pelos constantes avanços tecnológicos (Maculan e Lopes, 2016).

As alterações climáticas, decisões políticas, demanda e oferta, custos de produção, equipamentos e variação socioeconômica regional impactam diretamente a produção leiteira. Em virtude disso, é crescente a necessidade de uma nova forma de administração e gestão de recursos, com maior inclusão tecnológica possível, buscando redução dos custos e aumento da eficiência dos sistemas produtivos, desde que viável economicamente (Pacassa *et al.*, 2020, Azevedo, 2014). Para alcançar esse objetivo, as propriedades agrícolas necessitam adequar o sistema produtivo ao desenvolvimento do setor e do país, por meio de soluções para os níveis de gestão dos projetos, atuando em cada etapa dos processos para maior precisão no desenvolvimento das tarefas, o que requer algum grau de investimento em automação (Nogueira, 2018; Botega *et al.*, 2008).

Apesar de que, em geral, poucos produtores possuem automação em suas fazendas, aquelas que apresentam algum grau de automação possuem maior eficiência, uma vez que o processo de coleta e análise de dados é facilitado. Um dos principais motivos para a falta de investimento em automação tem sido o alto custo, associado à falta de conhecimento dos benefícios e seus resultados a médio e longo prazo. Apesar de os produtores não adotarem um padrão para a automação, sendo esta feita de acordo com as necessidades e capacidade de investimento em determinadas fases, o interesse por ela está associado à possibilidade de redução de gastos com a mão de obra e monitoramento regular e padronizado das atividades (Botega *et al.*, 2008).

A ordenha robotizada vem recebendo a atenção de muitos produtores, visto que atualmente tem havido considerável escassez de pessoas para trabalharem nas propriedades rurais. A implementação de ordenha robotizada promove uma redução de gastos com mão de obra e realiza importantes processos relacionados à produção leiteira (Rotz *et al.*, 2003). A adoção crescente desse sistema em vários países indica certo grau de aceitação e bons resultados relacionados à economia de mão de obra nas fazendas (Rodenburg, 2017). Os robôs alteraram o trabalho nas fazendas, dispensando a necessidade de pessoas para o processo de ordenha, uma vez que todo o processo é realizado de forma monitorada por sensores e um sistema computadorizado que libera animais para a ordenha e alimentação, permitindo maiores frequências de ordenha, favorecendo o aumento da produção de leite e reduzindo o trabalho humano necessário para manejar os animais (Bloss, 2014).

O sucesso do sistema depende da alimentação correta dos animais e condições adequadas de locomoção, para que consigam atingir maiores frequências de ordenha, garantindo maiores produções. Além disso, é preciso utilizar todas as ferramentas de informação que o sistema oferece, em virtude de haver monitoramento de todos os processos que envolvem a ordenha dos animais. Dessa forma, os produtores devem estar



avaliando seus dados constantemente e usar essas informações para tomar decisões e reconhecer problemas de maneira mais rápida e eficiente (Córdova et al., 2018).

Após a instalação das primeiras unidades de robôs na década de 1990, a adoção dessa tecnologia cresceu e se expandiu pelo mundo, principalmente na Dinamarca, Islândia, Suécia e Países Baixos. O crescimento desse sistema na América do Norte se deu principalmente pela implementação no Canadá. Acredita-se que a capacidade de utilização dessa tecnologia em sistemas de produção de leite a pasto possa aumentar a implementação em países como Austrália, Nova Zelândia e Irlanda (Barkema *et al.*, 2015). Cerca de 40.000 unidades estão em funcionamento no mundo, enquanto no Brasil, cerca de 50 estão em operação, com maior concentração na região Sul (Toloi, 2017). No Canadá, mais de 900 fazendas possuem o sistema de ordenha robotizado (*Canadian Dairy Information Centre*, 2021).

Considerando que a atividade diária de vacas leiteiras pode ser influenciada pelos diferentes sistemas de ordenha, seu monitoramento pode possibilitar uma melhor compreensão do comportamento dos animais, contribuindo assim para a definição da rotina de trabalho e planejamento das instalações, o que pode significar maior eficiência no sistema (Wagner-Storch e Palmer, 2003). Segundo Jensen et al. (2018), a avaliação dos índices fornecidos pelos sistemas robotizados é importante para auxiliar os produtores, uma vez que ainda existem variações nos dados gerados pelos robôs e o controle delicado dessas informações pode facilitar relações de causa e efeito, favorecendo a tomada de decisão.

O objetivo desse trabalho foi avaliar os índices produtivos de vacas leiteiras em um sistema de ordenha robotizada.

## 2. Revisão de literatura

### 2.1. Automação na pecuária de leite

Até a década de 1950, a evolução da pecuária nacional transcorreu lentamente. Entretanto, a partir da industrialização, as evoluções tecnológicas permitiram o avanço do setor, ainda que de forma heterogênea no país. Na década de 1990 foi possível perceber avanços significativos na produção leiteira, pois vários produtos e derivados do leite passaram a ser industrializados, o que associado a uma abertura de mercado e menor interferência do governo, permitiram que o setor se tornasse mais competitivo. Em seguida, houve um período de seleção e especialização da atividade, quando os produtores passaram a receber pagamentos diferenciados pelo volume individual de leite, assim como qualidade e regularidade de entrega (Moresco, 2016).

A heterogeneidade do setor faz com que o produtor precise de diversas qualificações para ser eficiente. A qualidade do leite, controle sanitário e assistência técnica são essenciais para o desenvolvimento das propriedades, gerando competitividade no mercado nacional e internacional. Para alcançar esses resultados, inovações tecnológicas precisam ser incorporadas nos sistemas, mas isso exige uma formação educacional mais qualificada dos produtores por meio de investimento em gestão e aperfeiçoamento técnico na área (Vilela e Resende, 2014).

Apesar de ter apresentado aumentos constantes de produtividade, o Brasil apresenta índices produtivos ainda pouco evoluídos se comparados a outros países importantes no cenário mundial de lácteos. Todavia, é importante ressaltar que a bacia leiteira brasileira,

que abrange quatorze municípios, sendo o mais produtivo o de Castro, apresenta índices semelhantes aos internacionais, evidenciando, mais uma vez, que a pecuária leiteira nacional é bastante heterogênea (IBGE, 2020). Os bons resultados alcançados nas bacias de leite têm sido possíveis, dentre outros fatores, pelo investimento em genética do rebanho, tecnologias, produção de forrageiras de qualidade, boa nutrição animal e mão de obra qualificada (Moresco, 2016).

Segundo Neto e Lopes (2014), a utilização de tecnologia nos sistemas de produção tem aumentado nos últimos anos, estando presente em todo o processo de produção, como controle eletrônico, identificação de cio, automação da sala de ordenha, limpeza automática de equipamentos, robôs ordenhadores, resfriadores automatizados de leite, monitoramento de ambiente e comportamento animal (Botega *et al.*, 2008).

A sala de ordenha tem sido alvo de automação na maioria das propriedades, para garantir a padronização das atividades e minimizar erros. O objetivo do produtor é aumentar a eficiência da ordenha, otimizando a atividade de ordenha (vacas ordenhadas/hora), reduzindo o tempo de ordenha e aumentando a produção, sem acarretar prejuízos à saúde do animal. A determinação do grau de automação na ordenha depende do nível de produção, capital disponível e disponibilidade de assistência técnica na região. Ainda em relação à ordenha, o processo de limpeza dos equipamentos usados nessa atividade também tem sido alvo de automação, para aumentar a eficiência da limpeza e garantir a qualidade do leite, bem como proporcionar economia em produtos, energia e mão de obra (Botega *et al.*, 2008).

Um dos primeiros passos para a modernização dos sistemas de produção de leite foi a introdução da ordenha mecânica, substituindo o processo manual. Atualmente, o sistema robotizado passou a ser o novo passo na modernização e avanço do setor (Neto e Lopes, 2014). No país, a primeira ordenha robotizada foi instalada em uma propriedade localizada em Castro/PR, e entrou em atividade em 2012 (EMBRAPA, 2015). De acordo com Vilela e Resende (2014), a tendência de produção para as próximas décadas será de migração para atividades mais complexas, contando com inovações sofisticadas e intensivas.

## 2.2. Ordenha robotizada

### 2.2.1. Histórico e informações gerais

O professor e engenheiro agrônomo Karl Rabold desenvolveu o primeiro sistema robótico de ordenha em 1980, na Universidade de Hohenheim na Alemanha, com o objetivo de substituir a escassez de mão de obra (Neto e Lopes, 2014). Segundo Rodenburg (2017), o aumento da implantação de sistemas robotizados inicialmente em países escandinavos e Holanda, tem relação com bons resultados em redução na mão de obra e aumento de produtividade. Atualmente, diferentes empresas como *DeLaval*, *SAC*, *Lely*, *GEA Farm Technologies*, *Fulwood*, *Isentec* e *Boumatic* passaram a oferecer os robôs comercialmente (EMBRAPA, 2015). A introdução dos sistemas de ordenha robotizada em 1992 foi uma grande mudança para o setor, alterando a dinâmica das atividades nas fazendas. Apesar do elevado investimento inicial, sua implementação está associada a redução de custos fixos em virtude do aumento de produção e redução dos gastos com mão de obra (Koning, 2010). Os países de maior adesão são Dinamarca, Suécia, Islândia e Países Baixos (Barkema *et al.*, 2015).

O sistema de ordenha robotizado, ou automático, conhecido como AMS, do inglês *Automatic Milking System*, e SOR, em português, para Sistema de Ordenha Robotizada possui uma atividade robótica integrada com as funções de ordenha e pode ser de baía única ou múltipla que permite transporte dos aparelhos e ordenha de até 60 ou 150 animais, respectivamente (Koning, 2010). AMS é um sistema inteligente que realiza todas as atividades relacionadas ao procedimento de ordenha do animal, sem necessidade de intervenção humana. Esse sistema identifica qual animal está na ordenha, higieniza os tetos por meio de um braço robótico, lava o piso, fornece concentrado e realiza a ordenha propriamente dita, além de realizar também o diagnóstico de mastite e desinfecção pós-ordenha. Nesse caso, os animais acessam a ordenha de forma voluntária e podem ser ordenhados de maneira mais ou menos frequente de acordo com o controle computadorizado do sistema. Relatórios informacionais são emitidos para gestão do rebanho, fornecendo dados sobre volume de leite produzido por animal e por quarto mamário, além de qualidade do leite, saúde animal e problemas técnicos operacionais da máquina (Botega *et al.* 2008; Córdova *et al.*, 2018). A quantidade de informações geradas e ações tomadas a partir delas faz com que o potencial genético dos animais possa ser explorado em nível máximo (Moresco, 2016).

Os sistemas funcionam por meio de uma combinação de eixos lineares X, Y e Z para a movimentação. A baixa velocidade de entrada do animal no robô permite que seus movimentos sejam traçados em tempo real. Para localizar os tetos, o sistema adota uma abordagem bruta, que determina a localização do úbere, e uma segunda abordagem fina, que determina a localização dos quatro tetos, gerando referências para guiar o braço mecânico. Essas abordagens são possíveis a partir de um sensor de triangulação ótica, infravermelho, que determina a localização baseada no reflexo dos feixes de luz e impede que a cor do teto interfira na aferição. O braço robótico se posiciona abaixo do úbere do animal para realizar as medições e faz uma aproximação com escaneamento para encontrar os tetos anteriores. Depois disso, ocorre uma movimentação para a localização dos tetos posteriores. Posteriormente, o robô é direcionado para colocar os copos das teteiras imediatamente abaixo dos tetos, realizando um movimento vertical para o acoplamento, inicialmente pelos tetos posteriores e, em seguida, os anteriores (Neto e Lopes, 2014). O conceito básico do sistema é que os animais tenham a escolha de serem ordenhados, comerem ou descansarem no momento em que desejarem (Sporndly e Wredle, 2004).

A condutividade elétrica é comumente usada para a detecção de mastite, associada a mensurações de coloração (Steenefeld *et al.*, 2010) Existem diferentes mecanismos nos sistemas automáticos que permitem o diagnóstico de mastite, sendo que a assertividade depende de uma alta incidência de verdadeiros positivos e baixa incidência de alertas falsos. Somente a condutividade elétrica não é capaz de detectar todos os casos de mastite, especialmente por quartos individualizados, sendo necessário adicionar outros indicadores para observação.

Apesar dessa tecnologia ser uma alternativa para a escassez de mão de obra, sua utilização demanda maior habilidade de administração e gerenciamento (Moresco, 2016). Segundo Castro *et al.* (2015), bons resultados em relação à economia em mão de obra e melhoria na qualidade de vida e satisfação dos proprietários são obtidos desde que haja adequado nível de capacitação das pessoas envolvidas.

### 2.2.2. *Design* das instalações para sistemas com MAS

Segundo Rodenburg (2017), apesar de não requerer *designs* específicos para galpões que trabalharão com AMS, é importante que os animais fiquem distribuídos de forma estratégica para evitar a movimentação no espaço de outros grupos. Há sugestões para que sejam criadas estruturas de alojamento com corredores largos e rotas de desvio para que sejam usadas quando equipamentos estiverem sendo utilizados para limpar os corredores ou revirar as camas, por exemplo. Ainda segundo o mesmo autor, a criação de espaços abertos perto dos robôs aumenta o fluxo na ordenha, pois não tem nenhum entrave na saída ou entrada de vacas no robô por falta de espaço e acúmulo de animais. Colocar escovões e cochos computadorizados longe da ordenha também é interessante, pois faz com que os animais que não irão para ordenha sejam direcionados para outros locais dentro do galpão, facilitando o acesso daqueles que desejam ser ordenhados. Seria ideal o planejamento de galpões que permitissem flexibilidade para alteração dos lotes dos sistemas de ordenha robotizada, porém o ponto mais relevante sobre o agrupamento nesses sistemas é que os lotes tenham uniformidade e boa dinâmica, para que os animais permaneçam estimulados a irem para a ordenha e pista de alimentação.

Em galpões do tipo *Freestall* é preciso definir o número de baias existentes, para que as áreas de descanso e alimentação possam ser calculadas. O design dos galpões e distribuição interna deve preconizar o conforto animal (Fernández *et al.*, 2009). Espaços de cocho podem ser trabalhados já que os animais não estão na pista de alimentação de forma sincronizada, mas ainda é preconizado respeitar o espaçamento de 60 cm/animal. Entretanto, animais que têm mais espaço de cocho apresentaram maiores produções e frequências de ordenha. Sugere-se que 60 animais/robô é a quantidade ideal nos sistemas robotizados. Apesar das recomendações, grande parte das fazendas trabalha com valores inferiores (Deming *et al.*, 2013).

De acordo com Halachmi (2004), é difícil determinar locais de resfriamento nos galpões com AMS, como é feito em ordenha convencional, porque não existe uma sala de espera eficiente e os animais não ficam na pista de alimentação simultaneamente. Uma alternativa traçada foi colocar um segundo portão de seleção após a saída da ordenha, que permite que os animais sejam desviados ou retidos por mais tempo. Dessa forma, se o sistema de resfriamento for instalado nesse local, as vacas serão retidas por tempo adequado. Essa alternativa é importante, principalmente em galpões abertos. O local de apartação dos animais, depois que saem da ordenha, também pode ser utilizado para isso. Este mesmo autor ainda ressalta a importância do planejamento de galpões para possíveis expansões futuras, deixando espaço para que mais animais possam esperar para serem ordenhados, principalmente quando os produtores determinam utilizações altas para os robôs. Nesse mesmo sentido, é preciso pensar na harmonia das ordenhas com diversos robôs e as possíveis formas de dimensionamento. Com várias unidades de AMS, as fazendas podem colocar os robôs no centro dos galpões ou nas laterais, oferecendo pequenas ou grandes áreas para manejo e, em geral, os produtores preferem as unidades no centro com uma grande área para manejo dos animais. É preciso planejar o galpão da melhor maneira possível, para que adaptações futuras possam ser realizadas de forma adequada e eficiente.

Existem muitas fazendas que utilizam o sistema de pastejo e o AMS pode ser utilizado da mesma forma nessas condições. Entretanto, em épocas de chuva, em que o pasto oferece maior quantidade de alimento para os animais, pode ser difícil ter a entrada

voluntária nos robôs para a ordenha, porque implicaria no deslocamento das vacas do pasto, que tem alimento à vontade, para chegar até o galpão de ordenha, principalmente se a distância for elevada, o que pode ter efeitos negativos na produção de leite. Vários fatores interferem no deslocamento voluntário dos animais em sistemas a pasto, como clima, suplementação de concentrado no cocho, distância do pasto ao galpão de ordenha, local do bebedouro, portões de seleção, tipo de tráfico do sistema e localização dos outros animais. É importante que o produtor se preocupe em observar o comportamento dos animais, que pode variar ao longo do período de pastejo refletindo na produção e planejar os galpões de maneira estratégica em relação ao pasto, para que não seja muito distante (Sporndly e Wredle, 2004). Nos sistemas a pasto, a alternativa criada para atrair os animais novamente para os galpões, após a ordenha, é colocar os bebedouros nesse local. Entretanto, foi observado que vacas múltíparas tendem a ficar mais tempo no pasto, enquanto as primíparas visitam mais os galpões e têm maior frequência de ordenha. Por isso, é interessante fornecer água para os animais no pasto também, visando garantir o conforto animal e não limitar a oferta (Sporndly e Wredle, 2005).

Ainda não é bem definido qual seria a melhor estratégia para o agrupamento dos animais em sistemas robotizados. A utilização de grupos com pequeno número de animais (apenas um robô) pode trazer benefícios por facilitar a identificação e a busca das vacas atrasadas. Por outro lado, o uso de 2 robôs por grupo pode reduzir o tempo de espera e interrupções por limpeza dos equipamentos, enquanto 3 robôs para um grupo de aproximadamente 180 animais, pode facilitar a logística do galpão (Rodenburg, 2017).

### 2.2.3. Modelos de sistema de AMS

Para os sistemas de ordenha robotizada existem dois modelos de fluxos, e que determinam os efeitos na mão de obra, conforto dos animais e *designs* do galpão. O primeiro, denominado fluxo livre (do inglês *free flow*), consiste em um sistema em que os animais não têm nenhuma restrição de movimentação para a área de descanso (cama), ordenha e pista de alimentação. Em contrapartida, o segundo, denominado de fluxo guiado (do inglês *guided flow*), consiste em um sistema de portões de mão única que direcionam o animal e restringem o caminho de volta dos mesmos, forçando-os a seguir um determinado trajeto desejado. Existem algumas variações do fluxo guiado, sendo elas o “leite primeiro” (do inglês *milk first*), organizado de maneira para que os animais saiam da área de cama e passem pela ordenha primeiro, para então poderem acessar a pista de alimentação, com retorno livre para as camas. Nesse caso, as vacas com permissão para ordenha serão reconhecidas e autorizadas a entrar na ordenha, enquanto as que não têm permissão serão liberadas e seguirão diretamente para a área de alimentação. A segunda variação desse sistema é “alimentação primeiro” (do inglês *feed first*, ou *forage first*), no qual os animais têm acesso livre para a pista de alimentação, porém o retorno para a área de cama direciona os animais para passarem pelos portões que determinarão se serão ordenhados ou se seguirão para as camas (Rodenburg, 2017).

Segundo Rodenburg (2017), nos sistemas robotizados a mão de obra passa a ser utilizada para o auxílio do fluxo de animais, buscando aqueles que por algum motivo estão apresentando longo intervalo entre as ordenhas. É possível criar uma logística adequada para buscar os animais quando são poucos, combinando com a limpeza dos corredores e bebedouros, por exemplo. Entretanto, quando o número de animais que precisa ser manejado começa a aumentar, o propósito da ordenha voluntária passa a ser perdido. O sucesso da ordenha robótica depende de conforto animal, saúde, produtividade e minimizar a quantidade de vacas a serem buscadas para ordenha. Nesses sistemas, as

atividades que demandam mais tempo de mão de obra passam a ser buscar as vacas atrasadas para ordenha e a análise dos relatórios gerados pelo sistema (Castro et al 2015).

Siewert et al. (2019) avaliaram 40 fazendas nos Estados Unidos que faziam uso do AMS por pelo menos 2 anos, sendo 31 com modelo de fluxo livre e 9 com modelo de fluxo guiado. De acordo com o estudo, sistemas de fluxo livre apresentaram melhores resultados de produção, porém o fluxo guiado apresentou menor necessidade de buscar animais atrasados para a ordenha. Ainda segundo estes autores, vacas primíparas alcançaram o pico de frequência de visitas à ordenha mais rápido no sistema de fluxo guiado, enquanto múltíparas apresentaram maiores frequências no sistema de fluxo livre, além de mais visitas bem-sucedidas (quando o animal visita o robô e pode ser ordenhado), indicando que os animais podem receber um treinamento melhor na primeira lactação, para aumentar a eficiência do uso do AMS.

Já no trabalho de Deming *et al.*, (2013), executado no Canadá, foi observado que nos sistemas de fluxo livre as primíparas tiveram maior frequência de ordenha, principalmente se tiverem valores menores de DEL (dias em lactação) e quantidade de animais reduzida no robô. Por outro lado, Bach *et al.*, (2009) encontraram maiores frequências de ordenha nos sistemas guiados com bons resultados para as primíparas, além de quantidade reduzida de animais que precisaram ser ordenhados de forma involuntária, mas a capacidade de utilização do robô estava abaixo das indicações, pois eram ordenhadas 50 vacas/máquina.

Na pesquisa mais recente de Tremblay et al. (2016), dados de 635 fazendas na América do Norte foram compilados por 4 anos, para avaliar fatores que influenciam indicadores como produção/vaca/dia, produção/dia, produção/robô/dia. Foram verificados melhores resultados em todos os índices de produção em sistemas de fluxo livre. Além disso, sistemas que usam 2 robôs para 120 animais foram os que tiveram maiores produções. Acredita-se que esses resultados foram encontrados porque em fluxo livre os animais passam mais tempo se alimentando e podem consumir mais, o que corrobora com os achados de Hermans *et al.* (2003).

### 2.3. Indicadores de eficiência nos sistemas de ordenha robotizada

#### 2.3.1. Frequência de ordenhas e número de vacas por robô

A frequência de ordenhas dos animais representa a quantidade de vezes que uma vaca foi ordenhada no dia, e depende do sistema adotado e nível de produção dos animais (Scott *et al.*, 2014). De acordo com recomendações dos fabricantes, cada robô deveria trabalhar com 60 vacas, considerando uma média de 33 kg de leite/vaca/dia e 2.000Kg/dia/robô, em sistemas de confinamento. A frequência de ordenha por vaca, que deve estar entre 2,2 a 3,2, é um importante indicador a ser monitorado (Rodenburg, 2017), uma vez que o aumento da frequência de ordenhas aumenta a produção, enquanto longos intervalos entre as ordenhas têm efeito contrário (Bach e Busto, 2015). Vacas de alta velocidade de ordenha garantem que mais animais possam ser ordenhados, assim como maior produção por robô (Rodenburg, 2017).

Em revisão da literatura sobre ordenha robotizada, Neto e Lopes (2014) determinaram que cada robô pode realizar 144 ordenhas diárias, o que seria alcançado com 48 vacas por equipamento, levando em consideração que o tempo médio de ordenha seja de 10 minutos. Isso não corrobora com as recomendações que receberam dos fabricantes, que afirmam ser possível trabalhar com até 70 animais por robô. Por isso,

esse trabalho ressalta a necessidade de maiores informações sobre o produto vendido, pois dados de tempo de ordenha, limpeza do robô, gastos com manutenção, práticas de pré e pós-dipping e vida útil do robô ainda não são transmitidas com clareza para os produtores.

No estudo de Matson *et al.*, (2022), a média de animais por robô nas fazendas do Canadá foi de 43,6, sendo o mínimo 24,3 e o máximo 63,6 animais, com frequência média de 3,01, sendo o mínimo 2,22 e o máximo 3,90 ordenhas/vaca/dia. Nesse estudo, o acréscimo de 10 vacas/robô resultou em uma redução de 4,9% no número de visitas bem-sucedidas (-0,15 visitas bem-sucedidas/robô/vaca/dia). Ainda segundo os autores, sistemas de fluxo livre apresentaram maior sucesso na porcentagem de ordenhas bem-sucedidas, quando comparado com fluxo guiado, sendo 97,5% contra 89,7%, respectivamente. Houve relação de frequência de ordenha e produção, sendo que para cada aumento de 1 ordenha houve aumento de 5,7 Kg/vaca/dia na produção de leite.

Spolders *et al.* (2004) realizaram 4 experimentos com mais de 50 vacas em cada (I, II, III e IV) com animais de DEL inicial de 70, 70, 10 e 160 dias, respectivamente. Em média, a frequência de ordenha das primíparas (2,9) foi maior que das multíparas (2,5). A produção das primíparas nesses experimentos foi, em média, 26,0 Kg/dia, enquanto das multíparas foi de 29,9 Kg/dia. Durante a lactação a frequência de visitas das multíparas foi constante, enquanto as primíparas apresentaram um aumento no decorrer da lactação. Como resultado, houve um aumento de 6% na produção de leite para as primíparas e de 4% para as multíparas com o aumento da frequência de ordenha, sendo que as primíparas apresentaram maior produção no terceiro mês de lactação, e as multíparas tiveram pico com 2 meses.

De maneira semelhante, Hart *et al.*, (2013) também observaram maiores produções para multíparas quando a frequência de ordenhas aumentava nos sistemas de AMS, o que estaria associado à maior atividade de alimentação. Pesquisas brasileiras indicam que os valores de frequência de ordenha médios encontrados em uma propriedade no município de Castro-PR foi de 2,47. Esse valor foi influenciado positivamente pelo consumo de concentrado (Córdova *et al.*, 2020). Outro fator que pode influenciar na frequência de ordenha é o espaço que os animais possuem para entrar nos robôs, pois quando é reduzido pode gerar aglomeração de vacas e atrapalhar a entrada dos animais na ordenha, alterando a frequência de ordenha dos animais e, como consequência, a produção (Siewert *et al.*, 2018).

A distribuição das visitas ao longo o dia é outro indicador importante, uma vez que em virtude de os robôs conseguirem ordenhar apenas um animal por vez, intervalos regulares entre visitas seria o mais adequado. Segundo Oostra *et al.*, (2005), aumentar a frequência de alimentação (2 x 6 tratos/dia) reduziu de 755 para 355 segundos o tempo de espera em pé na sala de espera, refletindo no uso mais regular dos robôs. Por outro lado, Devries *et al.*, (2011) demonstraram que os animais que ficam mais tempo em pé são aqueles que têm maiores frequências de ordenha, porque precisam esperar para serem ordenhados mais vezes ao dia. Além disso, os de maiores produções ficam mais tempo em pé, pois comem mais.

### 2.3.2. Produção de leite por vaca e por robô

Frequência e intervalos de ordenha (Bach e Busto, 2015; Jensen *et al.*, 2018), modelo de fluxo adotado (Matson *et al.*, 2020; Siewert *et al.*, 2019; Hermans *et al.*, 2003), saúde e conformação de úbere (Córdova *et al.*, 2018), ordenhabilidade (Córdova *et al.*, 2020;

Boguki et al., 2017) e saúde animal são fatores associados à produção diária das vacas em sistemas robotizados. A média geral de produção de leite/vaca/dia encontrada em pesquisas foi de 35,3 Kg/dia (28,5 a 36,4) (Matson et al., 2022; Córdova et al., 2020; Johnston e Devries, 2018; King et al., 2016; Deming et al., 2013; Castro et al., 2012), enquanto que para multíparas foi de 37,7 Kg/dia (31,1 a 43,6) e para primíparas foi de 31,1 Kg/dia (28,9 a 33,4) (Siewert et al., 2019; Boguki et al., 2017; Hart et al., 2013; Speroni et al., 2006). Em relação à produção de leite/robô, os valores têm variado entre 1.645 e 1.861 litros de leite/robô/dia (Siewert et al., 2018; Castro et al., 2012), ou ainda 549.734 Kg de leite/robô/ano (King et al., 2016).

Segundo Siewert *et al.*, (2018), a produção de leite/robô e a produção de leite/vaca são os fatores mais importantes para determinar a produtividade nesse sistema. Nesse estudo os valores médios observados em 33 fazendas nos EUA foram  $33,2 \pm 5,3$  Kg de leite/vaca/dia,  $1.861,1 \pm 380,4$  Kg de leite/robô/dia, e  $55,8 \pm 6,1$  vacas/robô. Visitas produtivas na ordenha estão relacionadas a maiores produções/vaca/robô, enquanto em fazendas que trabalham com menores densidades de lotes, a produção/vaca/dia tende a ser maior.

Além disso, Córdova *et al.* (2020) evidenciaram que a ordem de parto, ordenhabilidade e consumo de concentrado influenciam diretamente e de forma positiva na produção dos animais. De maneira semelhante, Matson *et al.* (2022) relataram que quando os animais receberam mais estímulos de dieta no cocho (quando era empurrada mais vezes), houveram resultados positivos na produção, sendo que aumentos de 5 vezes na frequência de empurrar as dietas na pista de alimentação resultaram em aumentos de 0,5 Kg de leite/vaca/dia. Neste mesmo sentido, Oostrad *et al.*, (2005) observaram redução no tempo de espera dos animais quando dietas frescas eram oferecidas mais vezes ao dia, passando de 2x por dia para 6x.

Segundo Wagner-Storch e Palmer (2003), quando a frequência de ordenhas aumentou de 1 para 2 vezes/dia houve incremento de 10 Kg de leite/vaca/dia. No estudo de Matson *et al.*, (2022), para cada aumento de 0,1 ordenha/vaca/dia houve incremento de 0,57 Kg de leite/vaca/dia. Na revisão de Jacobs e Siegfors (2012) foram relatados aumentos de até 12% na produção de vacas ordenhadas 2 vezes por dia nos sistemas robotizados em comparação a ordenhas convencionais, além de aumentos de 9% quando a frequência de ordenhas subiu de 2,1 para 3,2. Deming *et al.*, (2013) e King *et al.*, (2016) relataram que menores densidades (vacas/robô) e maiores espaços na linha de cocho/animal resultaram em aumentos na produção dos animais. Portanto, aumentos na densidade de animais do rebanho pode resultar em menores produções, já que as visitas na ordenha poderão ser reduzidas.

### 2.3.3. Consumo de concentrado no robô e porcentagem de vacas atrasadas.

Os animais no sistema AMS precisam receber uma alimentação que consiste no concentrado no robô e *partial mixed ration* (PMR) no cocho. O concentrado pode ser distribuído de forma individual ou com uma estratégia de grupo. A estratégia individual é interessante para fornecer maiores quantidades de concentrado para animais de alta produção, garantindo produção adequada dos animais e mais conforto (Henriksen *et al.*, 2019). É importante motivar as vacas de forma adequada para frequentarem a ordenha, entrando e saindo das baias/camas adequadamente, já que não dependem mais do manejo humano para isso e são ordenhados individualmente. O fornecimento de concentrado palatável durante as ordenhas com sucesso é uma motivação importante para que o



sistema funcione de forma voluntária, já que a motivação dos animais é maior para a alimentação do que para a ordenha (Jacobs e Siegford, 2012).

Apesar da teoria do concentrado no robô servir como estímulo para a visita dos animais, alguns trabalhos não encontraram alterações na frequência de ordenha quando o fornecimento de concentrado aumentou, independente do modelo de fluxo (Henriksen *et al.*, 2019; Paddick *et al.*, 2019; Menajovsky *et al.*, 2018; Bach *et al.*, 2007). Por outro lado, no trabalho de Schwanke *et al.*, (2019) houve aumento da frequência de ordenha (0,5 ordenhas/dia), quando a inclusão passou de 3 para 6Kg de concentrado, além de uma pequena redução na necessidade de buscar vacas atrasadas. Ainda, Migliorati *et al.*, (2005) encontraram aumentos de passagem de animais pelos portões de seleção quando concentrados com palatabilizantes foram oferecidos no robô.

Os trabalhos que avaliaram a relação entre o consumo de concentrado no robô e o consumo de PMR demonstraram que para cada aumento de 1 Kg de matéria seca (MS) de concentrado houve redução no consumo da PMR variando entre de 0,63 e 1,00 Kg de MS, independente do modelo de fluxo (Henriksen *et al.*, 2019; Paddick *et al.*, 2019; Schwanke *et al.*, 2019; Menajovsky *et al.*, 2018). Menajovsky *et al.*, (2018) observaram uma tendência de aumento de 1,25Kg de leite/vaca/dia com maiores inclusões de concentrado, saindo de 2Kg para 6Kg no robô em um sistema de fluxo guiado do tipo “alimentação primeiro”. Em sistemas de fluxo livre, também foi possível encontrar resultados positivos na produção de leite/robô e produção de leite/vaca/dia. Quando os animais apresentaram consumos médios de 1,83Kg no começo, 2,71Kg no meio e 2,63Kg no final da lactação, obtiveram um aumento total de 195Kg na produção de 305 dias de lactação. Em contrapartida, outros trabalhos não encontraram influência na produção ou composição do leite, independente do fluxo (Schwanke *et al.*, 2019; Paddick *et al.*, 2019; Bach *et al.*, 2007; Migliorati *et al.*, 2005).

Bach e Cabrera (2017) observaram maior variação no consumo dos animais ao longo do dia, quando altas inclusões de concentrado no robô eram utilizadas, dificultando a manutenção do consumo constante de PMR e concentrado no robô, o que pode afetar nos resultados de produção. Segundo estes autores, em sistemas de fluxo livre, o fornecimento de 3 a 4 Kg de concentrado no robô parece ser uma estratégia eficiente. Para o fluxo guiado, Menajovsky *et al.*, (2018) concluíram que fornecer diferentes tipos de concentrados peletizados pode auxiliar na formulação das dietas, sem precisar aumentar a inclusão. Além disso, Shwanke *et al.*, (2019) concluíram que o concentrado no robô funciona mais como estímulo para visitas quando aplicado em fluxo livre. Paddick *et al.*, (2019) constataram que no sistema de fluxo guiado com "alimentação primeiro" fornecer altas inclusões de concentrado no robô é possível (5 Kg de concentrado/vaca/dia), uma vez que mesmo com a queda de consumo de PMR, pode ser feito um ajuste da composição da dieta no robô, garantindo maior equilíbrio nutricional e sem afetar a produção dos animais. Haisan e Oba (2020) encontraram resultados semelhantes, e sugeriram que uma inclusão de 6 Kg/vaca/dia de concentrado peletizado associada a uma PMR com maior teor de fibra é uma boa estratégia para que os animais tenham bom desempenho e saúde ruminal, independente do sistema. De acordo com esses pesquisadores a produção dos animais é mais influenciada pela formulação da PMR, então o concentrado deve ser um complementar. Por isso, Tremblay *et al.*, (2016) acreditam que reduções na produção com maiores inclusões de concentrado aconteçam porque as fazendas apresentam baixa capacidade de produzirem alimentos de boa qualidade para a nutrição dos animais e formulação da PMR, independente do fluxo.

Ainda que haja estímulos para atrair os animais ao robô, o produtor precisará buscar certa quantidade de animais. No estudo de Bach et al., (2007), 27% do rebanho precisou ser buscado para ordenha. Já King *et al.*, (2016) indicaram que os valores de animais atrasados foram de 10% do rebanho. Salfer *et al.* (2018) relataram que em sistemas com fluxo livre (66% de um total de 41 fazendas) foi necessário buscar 8% do rebanho por dia, cerca de 2,3 a 4,7 vacas/robô. Já no fluxo guiado, esse valor reduziu para 5% do rebanho, cerca de 1,8 a 3,3 vacas/robô. No geral, em 78% das fazendas havia rotina de buscar os animais 2 vezes/dia, em 17% 3 vezes/dia e em 5% mais de 3 vezes/dia.

Fatores como a densidade de animais no lote, espaço de cama (King et al., 2016), conformação do úbere (Salfer et al., 2018), tipo de fluxo, treinamento dos animais (Jacobs e Siegford, 2012) e conforto na ordenha (Córdova, 2020) influenciam a adaptação ao sistema robotizado e são fatores determinantes para o comportamento dos animais e necessidade de buscar vacas atrasadas. Segundo Henriksen *et al.*, (2019), existe influência do estágio de lactação sobre a porcentagem de vacas atrasadas, sendo que houve 21% de ordenhas forçadas (de animais que tiveram que ser buscados) no início da lactação, enquanto esse valor caiu para 7% em vacas no final da lactação.

Bach *et al.*, (2009) citam que cerca de 8,9% das ordenhas apresentam algum tipo de falha, afetando a ordenha subsequente dos animais. No trabalho de Bach e Busto (2015) foram observados erros de acoplamento das teteiras, por falha do sistema em identificar os tetos dos quartos dos animais para a ordenha. Esse erro resulta em aumento do intervalo entre ordenhas do quarto determinado, podendo chegar em até 21 horas, o que resultaria em queda de aproximadamente 26% da produção de leite na ordenha subsequente. Acredita-se que valores superiores a 27% do coeficiente de variação do intervalo entre ordenhas, devem ser usados como indicadores de potenciais problemas no AMS. O intervalo entre as ordenhas é essencial para determinar a produção de leite dos animais (Jensen *et al.*, 2018).

### 3. Material e métodos

Para este estudo foram compilados e analisados os dados de um sistema de produção de leite comercial que utilizava sistema de ordenha robotizado, o *Voluntary Milking System* (VMS<sup>TM</sup>, DeLaval, Tumba, Suécia). Os dados analisados foram coletados no período de agosto de 2021 a julho de 2022.

A propriedade leiteira que disponibilizou os dados se localiza no município de Lagoa da Prata-MG. O sistema possuía rebanho com aproximadamente 230 vacas em lactação, que em sua maioria eram oriundas de cruzamento entre animais da raça Holandês (HOL) e Gir, porém predominantemente com grau de sangue 3/4 e 7/8 HOL x Gir. Os animais foram alojados em dois barracões do tipo *Compost barn*, sendo cada um equipado duas estações de ordenha robotizada (robôs), submetidas ao sistema de tráfego *Milk First*<sup>TM</sup> (DeLaval VMS<sup>TM</sup>) ou leite primeiro. Um dos galpões possuía sistemas robotizados da série DeLaval VMS<sup>TM</sup> (barracão VMS) e o outro da série VMS<sup>TM</sup> V300 (barracão V300).

Os barracões do tipo *Compost barn* apresentaram dimensões conforme descrito na Tabela 01. O acesso entre as áreas do barracão era feito através de portões automáticos e portões de não retorno. Os portões automáticos direcionavam os animais para dois possíveis destinos, sendo o portão antes do robô para sala de espera ou pista de alimentação, e o portão na saída do robô para área de separação ou pista de alimentação. O retorno para área de cama era direcionado por portões de não retorno, permitindo fluxo

livre no sentido pista de alimentação para área de cama, porém impedindo o fluxo no sentido contrário. A identificação dos animais pelos portões automáticos ocorreu via colar com *transponder*.

Tabela 01. Dimensões dos barracões

Parâmetro	Barracão VMS	Barracão V300
Largura total do barracão, m	20,4	22,3
Largura da área de cama, m	16,0	18,0
Largura do corredor de circulação e alimentação, m	4,4	4,3
Comprimento total do barracão, m	150	150
Comprimento da área de cama, m	125	140
Área total, m <sup>2</sup>	3.060	3.345
Área de cama, m <sup>2</sup>	2.000	2.520

O acesso à sala de espera era permitido com base no DEL, quantidade de leite no úbere e/ou intervalo desde a última ordenha. Animais com 1 a 100 dias em lactação podiam entrar na sala de espera com 5 horas de intervalo entre ordenhas ou quando a produção esperada excedia 8Kg de leite. Para vacas com DEL a partir de 101 dias, o intervalo de ordenha passava a ser 8 horas e a produção mínima se matinha em 8Kg de leite. Animais com 80 dias ou menos para data prevista do parto, tinham permissão quando o intervalo de ordenhas era de 11 horas ou a produção esperada ultrapassava 11 Kg de leite.

O piso da pista de alimentação era de concreto sólido, com limpeza manual com trator e lâmina, uma vez por dia. No barracão VMS estavam instalados doze ventiladores distribuídos em seis fileiras na área de cama, e quatorze ventiladores distribuídos em quatorze fileiras no corredor da pista de alimentação. No barracão V300 estavam instalados quatorze ventiladores distribuídos em sete fileiras na área de cama, e sete ventiladores distribuídos em sete fileiras no corredor da pista de alimentação. Na sala de espera de ambos os barracões havia um ventilador. Tanto na pista de alimentação quanto na sala de espera haviam aspersores, que funcionavam por 30 segundos e permaneciam desligados por 4 minutos e 30 segundos.

A dieta base, PMR (*partial mixed ration*), era fornecida na pista de alimentação, duas vezes por dia (06:00 e 15:00) com vagão misturador modelo vertical *mixer* (modelo Prohmix 13.0, Haramaq, Sertão, Brasil), equipado com balança eletrônica. Parte do concentrado era fornecida durante as ordenhas no sistema robotizado, utilizando concentrado comercial peletizado. A quantidade de concentrado oferecida no robô variou de 2,0 a 8,3 Kg/vaca/dia, sendo determinada pelo DEL e nível de produção. Por visita, a quantidade era limitada em 1,5 Kg de concentrado/vaca.

Os dados foram registrados e processados pelo programa de gerenciamento do sistema (DelPro<sup>TM</sup>, DeLaval, Tumba, Suécia), e ficaram armazenados em computador. O acesso aos dados foi realizado de forma remota através do programa de gerenciamento. Foram coletados os dados diários de número de vacas em lactação, DEL (dias em lactação), frequência individual de ordenhas (ordenhas/vaca/dia), produção de leite individual (Kg de leite/vaca/dia) e consumo individual de concentrado (Kg de concentrado no robô/vaca/dia). A partir destes indicadores, foram calculadas a produção média diária de leite por robô (Kg de leite/robô) e o número médio diário de vacas por

robô (vacas/robô). Os dados foram compilados entre 01 de agosto de 2021 e 31 de julho de 2022, sendo que para o indicador frequência de ordenhas, o sistema apenas armazenou os dados entre 01 de fevereiro e 31 de julho de 2022.

Os dados foram tabulados em planilhas de *Excel* (Microsoft, Redmond, WA) e, a partir dos dados diários, foram calculados o valor médio, valor mínimo, valor máximo e desvio padrão para cada indicador em cada mês.

#### 4. Resultados e Discussão

A Tabela 02 apresenta a média de vacas em lactação no período de agosto de 2021 a julho de 2022, assim como o DEL dos animais. A média anual foi de 233 vacas em lactação, com DEL de 193 dias. Com exceção do mês de agosto, o DEL médio se manteve elevado ao longo do período avaliado, o que pode interferir no desempenho dos animais e, conseqüentemente, na frequência de ordenhas e consumo de concentrado, uma vez que estes indicadores são definidos com base no estágio de lactação e produtividade dos animais (Henriksen *et al.*, 2019; Deming *et al.*, 2013; Spolders *et al.*, 2004).

Tabela 02 – Valores médios e desvio padrão do número de vacas em lactação e dias em lactação

Mês/ano	Vacas em lactação	Dias em lactação
agosto-21	234 ± 3	177 ± 4
setembro-21	229 ± 2	190 ± 3
outubro-21	226 ± 6	201 ± 2
novembro-21	221 ± 2	203 ± 1
dezembro-21	224 ± 2	206 ± 1
janeiro-22	225 ± 4	201 ± 2
fevereiro-22	226 ± 5	192 ± 3
março-22	233 ± 4	190 ± 4
abril-22	243 ± 3	187 ± 3
maio-22	247 ± 2	190 ± 2
junho-22	247 ± 2	192 ± 1
julho-22	242 ± 5	191 ± 3
Geral	233 ± 10	193 ± 8

A média geral encontrada para a frequência de ordenhas foi de 2,34 ordenhas/vaca/dia (Tabela 03), sendo inferior ao observado em estudos conduzidos em outros países (Spolders *et al.*, 2004; Matson *et al.*, 2022). Analisando dados de um sistema de produção localizado na cidade de Castro-PR, Córdova *et al.*, (2020) relataram frequência média de ordenha de 2,47, sendo também superior ao do presente estudo. É importante ressaltar que nesse estudo anterior, o DEL médio foi de 123 dias, valor esse 36% inferior ao encontrado para este levantamento. Segundo Scott *et al.*, (2014), a frequência de ordenhas depende do sistema adotado e nível de produção dos animais, sendo este influenciado, dentre outros fatores, pelo estágio de lactação dos animais. Nesse mesmo sentido, Córdova *et al.* (2018) demonstraram que à medida em que avança o estágio de lactação há redução na frequência de ordenha dos animais, o que contribui para a menor frequência de ordenhas observada no presente estudo. Apesar de a frequência de ordenhas observada estar abaixo dos valores relatados em outros estudos, ela se enquadra

no intervalo recomendado por Rodenburg (2017) que seria de 2,2 a 3,2, ordenhas/vaca/dia.

Tabela 03 – Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão da frequência de ordenhas e número de vacas por robô

Mês/ano	Frequência de ordenhas			Vacas/robô		
	Média ± DP	Mínimo	Máximo	Média ± DP	Mínimo	Máximo
agosto-21				58,6 ± 0,8	57	60
setembro-21				57,3 ± 0,4	56	59
outubro-21				56,6 ± 1,4	54	58
novembro-21				55,3 ± 0,5	54	56
dezembro-21				56,0 ± 0,6	55	57
janeiro-22				56,4 ± 0,9	55	58
fevereiro-22	2,40 ± 0,07	2,23	2,52	56,4 ± 1,3	54	58
março-22	2,39 ± 0,08	2,22	2,53	58,2 ± 1,0	57	60
abril-22	2,35 ± 0,07	2,23	2,49	60,7 ± 0,7	60	62
maio-22	2,28 ± 0,07	2,14	2,40	61,8 ± 0,5	61	62
junho-22	2,23 ± 0,06	2,07	2,33	61,7 ± 0,5	61	63
julho-22	2,37 ± 0,08	2,25	2,56	60,6 ± 1,4	59	62
Geral	2,34 ± 0,09	2,07	2,56	58,3 ± 2,4	54	63

DP = desvio padrão.

Ao longo do período de 12 meses, o sistema de produção obteve na média 58,3 ± 2,4 vacas/robô (Tabela 03), valor que se enquadra na recomendação de Rodenburg (2017), que estabelece como valor máximo 60 vacas/robô. Em levantamento recente em fazendas leiteiras no Canadá, Matson *et al.* (2022) observaram valor médio de 43,6 vacas/robô, enquanto nas fazendas americanas, Siewert *et al.* (2018) relataram 55,8 vacas/robô. De maneira geral, esse indicador tem variado entre os estudos, sugerindo ser possível obter bons resultados com diferentes lotações, dependendo do nível de produção dos animais, sistema adotado, padrão dos animais, entre outros fatores. Considerando a referência de Neto e Lopes (2014) de que cada robô pode realizar até 144 ordenhas diárias, e levando em consideração a frequência média de ordenhas do presente estudo, seria possível trabalhar com até 61,7 vacas/robô nesse sistema de produção. O número máximo obtido no período avaliado foi de 63 vacas/robô.

No período analisado, o sistema apresentou uma média anual de 30,9 ± 2,1Kg de leite/vaca/dia (Tabela 04). Assim como observado para a frequência de ordenhas, a produção individual de leite também se apresentou abaixo dos valores descritos na literatura. A média obtida a partir de estudos recentes com sistemas robotizados conduzidos em outros países foi de 36,3Kg de leite vaca/dia (31,9 a 43) (Matson *et al.*, 2022; Paddick *et al.*, 2019; Johnston e Devries, 2018; King *et al.*, 2016; Tremblay *et al.*, 2016; Deming *et al.*, 2013). Esse valor está próximo ao citado por Córdova *et al.* (2020), que foi de 35,27Kg de leite/vaca/dia para um sistema robotizado na cidade de Castro-PR. Um ponto importante a ser considerado nesta comparação é que em todos os trabalhos citados, a maioria dos rebanhos eram da raça Holandês, raça mais especializada para produção de leite, enquanto no sistema de produção do presente estudo, o rebanho apresentava animais oriundos de cruzamento entre Holandês e Gir, ainda que predominantemente 3/4 e 7/8 HOL x Gir. Ainda em relação ao trabalho conduzido no

país, o DEL médio foi de 123 dias, enquanto que no sistema deste estudo, o DEL médio foi de 193 dias.

Tabela 04 – Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão da produção individual de leite e produção de leite por robô

Mês/ano	Kg de leite/vaca/dia			Kg de leite/robô/dia		
	Média ± DP	Mínimo	Máximo	Média ± DP	Mínimo	Máximo
agosto-21	31,2 ± 1,4	28,3	33,3	1.829 ± 84	1.636	1.959
setembro-21	32,0 ± 1,9	28,4	35,4	1.832 ± 111	1.633	2.047
outubro-21	30,7 ± 1,7	27,6	34,0	1.735 ± 83	1.582	1.863
novembro-21	30,8 ± 1,7	27,5	33,9	1.702 ± 92	1.507	1.871
dezembro-21	30,6 ± 1,9	26,7	33,8	1.714 ± 104	1.491	1.884
janeiro-22	29,2 ± 1,5	26,0	31,8	1.648 ± 84	1.466	1.790
fevereiro-22	29,6 ± 1,3	26,9	31,5	1.672 ± 77	1.487	1.794
março-22	29,6 ± 1,5	27,2	32,0	1.726 ± 94	1.553	1.898
abril-22	29,6 ± 1,6	26,5	32,1	1.797 ± 99	1.595	1.960
maio-22	31,3 ± 1,8	28,0	34,3	1.932 ± 113	1.733	2.127
junho-22	31,5 ± 1,6	28,6	33,7	1.940 ± 103	1.761	2.097
julho-22	34,1 ± 1,7	30,8	37,1	2.062 ± 94	1.861	2.199
Geral	30,9 ± 2,1	26,0	37,1	1.800 ± 153	1.466	2.199

DP = desvio padrão.

A produção média anual por robô foi de 1.800Kg de leite/dia (Tabela 05), estando de acordo com valores descritos na literatura, que variaram de 1.627 a 1.861 Kg de leite/robô/dia (Castro *et al.*, 2012; Tremblay *et al.*, 2016; Siewert *et al.*, 2018). Nesse último estudo, foram compilados dados de 33 sistemas robotizados nos EUA. De acordo com estes autores, o uso de sistemas automáticos para empurrar o trato proporcionou aumento de 352Kg de leite/robô/dia (1.726 vs 2.078) e 4,9 Kg de leite/vaca/dia (31,5 vs 36,4). No presente estudo, o sistema de produção não possuía frequência adequada de empurrar o trato, indicando que ainda há oportunidades para melhoria dos indicadores apresentados.

Ao longo do período avaliado, o consumo de concentrado no robô oscilou entre 0,6 e 3,1 Kg/vaca/dia, enquanto o valor médio obtido foi de 2,46Kg de concentrado/vaca/dia (Tabela 05). Durante o mês de outubro de 2021, houve um período em que a presença de abelhas interferiu negativamente no consumo de concentrado no robô, justificando assim o valor mínimo obtido de 0,6Kg de concentrado/vaca/dia.

O consumo de concentrado tem apresentado variação entre os estudos, sendo dependente de fatores como palatabilidade, tipo de concentrado, estratégia de alimentação (Henriksen *et al.*, 2019; Menajovsky *et al.*, 2018; Bach e Cabrera, 2017) e sistema adotado. Aparentemente, o concentrado no robô funciona mais como estímulo para visitas quando aplicado em sistemas de fluxo livre (Schwanke *et al.*, 2019). Menajovsky *et al.*, (2018) demonstraram que a modificação do tipo de concentrado pode eliminar a necessidade de aumentar a inclusão para além de 2Kg em sistemas de fluxo guiado do tipo alimentação primeiro. Para Bach e Cabrera (2017), o fornecimento de 3 a 4 Kg de concentrado no robô parece ser uma estratégia eficiente. Como a frequência de ordenhas

e a produção de leite por vaca obtidas no presente estudo foram inferiores aos valores descritos na literatura, faz sentido que o consumo de concentrado no robô também esteja mais baixo, uma vez que a oferta de concentrado no robô é determinada, via de regra, principalmente em função de parâmetros como produção e DEL.

Tabela 05 – Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão do consumo diário de concentrado no robô

Mês/ano	Kg de matéria natural de concentrado/vaca/dia		
	Média ± Desvio padrão	Mínimo	Máximo
agosto-21	2,1 ± 0,1	1,9	2,4
setembro-21	2,0 ± 0,2	1,5	2,2
outubro-21	1,8 ± 0,5	0,6	2,6
novembro-21	2,6 ± 0,3	2,1	3,1
dezembro-21	2,7 ± 0,2	2,3	3,0
janeiro-22	2,8 ± 0,1	2,7	3,0
fevereiro-22	2,7 ± 0,1	2,5	2,9
março-22	2,7 ± 0,1	2,5	2,9
abril-22	2,6 ± 0,1	2,2	2,9
maio-22	2,7 ± 0,1	2,4	2,8
junho-22	2,4 ± 0,2	2,1	2,7
julho-22	2,2 ± 0,1	2,1	2,4
Geral	2,5 ± 0,4	0,6	3,1

## 5. Considerações finais

Com base nos dados analisados, o sistema de produção apresentou resultados satisfatórios para os principais índices produtivos em sistemas robotizados.

Principalmente em relação à frequência de ordenhas e produção de leite por vaca, verificou-se que o sistema tem oportunidades de alcançar melhorias. A partir dos dados obtidos, os esforços poderiam se concentrar no sentido de obter maior padronização racial e animais em estágio de lactação menos avançado, além de implementar estratégias nutricionais para estimular mais as visitas dos animais à pista de alimentação, como aumentar a frequência de empurrar a dieta.

A comparação dos índices produtivos com outros sistemas de produção é uma estratégia importante para a análise da situação atual e para o apontamento das necessidades de melhorias.

## 6. Referências

AZEVEDO, Joaquim Vitorino Torres Carvalho de. Análise Retrospectiva da Introdução de Sistemas Automáticos de Ordenha em Explorações Leiteiras do Concelho de Vila do Conde. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Porto, Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

BACH, A., & BUSTO, I. (2015). Effects on milk yield of milking interval regularity and teat cup attachment failures with robotic milking systems. *The Journal of dairy research*, 72(1), 101–106. <https://doi.org/10.1017/s0022029904000585>

BACH, A., & CABRERA, V. Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. *Journal of dairy science*, 100(9), 2017, 7720–7728. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11694>

BACH, A., DEVANT, M., IGLESIAS, C., & FERRER, A. 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*, 92(3), 2009, 1272–1280. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1443>

BACH, A., DINARÉS, M., DEVANT, M., & CARRÉ, X. Associations between lameness and production, feeding and milking attendance of Holstein cows milked with an automatic milking system. *The Journal of dairy research*, 74(1), 2007, 40–46. <https://doi.org/10.1017/S0022029906002184>

BARHEMA H.W., VON KEYSERLINGK M.A.G., KASTELIC J.P., LAM T.J.G.M., LUBY C., ROY J.-P., LEBLANC S.J., KEEFE G.P., KELTON D.F., Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare, *Journal of Dairy Science*, Volume 98, Issue 11, 2015, Pages 7426-7445, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9377>

BEWLEY, J.M., & RUSSELL, R.A. 2010. Reasons for slow adoption rates of precision dairy farming technologies: evidence from a producer survey.

BLOSS, R. Robot innovation brings to agriculture efficiency, safety, labor savings and accuracy by plowing, milking, harvesting, crop tending/picking and monitoring. *Industrial Robot: An International Journal*, v.41 (6), p.493 – 499, 2014.

BOGUCKI, M.; SAWA, A.; KUROPATWIŃSKA, I. Association of automatic milking systems milking frequency in primiparous and multiparous cows with their yield and milkability, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 2017. DOI: 10.1080/09064702.2017.1388438.

BOTEGA, J., V., L., et al. Diagnóstico da automação na produção leiteira. *Ciência e Agrotecnologia* [online]. 2008, v. 32, n. 2 [Acessado 4 Janeiro 2022], pp. 635-639. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000200045>>. Epub 15 Maio 2008. ISSN 1981-1829. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000200045>

C.J.A.M. (Kees) de Koning (2010). Automatic Milking – Common Practice on Dairy Farms



Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia. (Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG), N°79, *Zootecnia de precisão em Bovinocultura de Leite*, EMBRAPA Gado de Leite, FEPMVZ Editora, ISSN 1676-6024, 2015.

Canadian Dairy Information Centre (CDIC), 2021. Dairy barns and type. Disponível em: <https://agriculture.canada.ca/en/canadas-agriculture-sectors/animal-industry/canadian-dairy-information-centre/dairy-statistics-and-market-information/farm-statistics/dairy-barns-type>. Acesso em: 07, Abril, 2022.

CASTRO, A., PEREIRA J. M., AMIAMA, C., BUENO, J., (2015). Typologies of Dairy Farms with Automatic Milking System in Northwest Spain and Farmers' Satisfaction, *Italian Journal of Animal Science*, 14:2, 3559, DOI: 10.4081/ijas.2015.3559

CASTRO, A., PEREIRA, J.M., AMIAMA, C., BUENO, J. Estimating efficiency in automatic milking systems, *Journal of Dairy Science*, Volume 95, Issue 2, 2012, Pages 929-936, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3912>

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* [online]. 2020, v. 72, n. 01. Epub 03 Abr 2020. ISSN 1678-4162. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10057>

CÓRDOVA, Helder de Arruda; ALESSIO, Dileta Regina Moro; CARDOZO, Leonardo Leite; THALER NETO, André. Impact of the factors of animal production and welfare on robotic milking frequency. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, [S.L.], v. 53, n. 2, p. 238-246, fev. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2018000200013>

DEMING, J. A., BERGERON, R., LESLIE, K. E., & DEVRIES, T. J. Associations of housing, management, milking activity, and standing and lying behavior of dairy cows milked in automatic systems. *Journal of dairy science*, 96(1), 2013, 344–351. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5985>

DEVRIES, T.J. DEMING, J.A. RODENBURG, J. SEGUIN, G. LESLIE, K.E. BARKEMA, H.W. 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*, 94(8), 2011, Pages 3845-3855, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4032>

HAISAN, J., E OBA, M. The effects of feeding a high-fiber or high-starch pellet at two daily allocations on feed intake patterns, rumen fermentation, and milk production of mid-lactation dairy cows. *Journal of dairy science*, 103(7), 2020, 6135–6144. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17698>

HALACHMI, I. Designing the Automatic Milking Farm in a Hot Climate, *Journal of Dairy Science*, Volume 87, Issue 3, 2004, Pages 764-775, ISSN 0022-0302, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73220-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73220-8)

HART, K. D., MCBRIDE, B. W., DUFFIELD, T. F., & DEVRIES, T. J. Effect of milking frequency on the behavior and productivity of lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 96(11), 2013, 6973–6985. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6764>

HENRIKSEN, J.C.S.; WEISBJERG, M.R.; LØVENDAHL, P.; KRISTENSEN, T.; MUNKSGAARD, L. Effects of an individual cow concentrate strategy on production and behavior, *Journal of Dairy Science*, 102(3), 2019, Pages 2155-2172, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15477>

HERMANS, G. G., IPEMA, A. H., STEFANOWSKA, J., & METZ, J. H. The effect of two traffic situations on the behavior and performance of cows in an automatic milking system. *Journal of dairy science*, 86(6), 2003, 1997–2004. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73788-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73788-6)

IBGE, Produção da Pecuária Municipal 2020; Rio de Janeiro: IBGE, 2021  
ICAR (*International Committee for Animal Recording*). 2017. ICAR Guidelines Sect. 2. Cattle Milk Recording

JACOBS, J.A., SIEGFORD J.M., Lactating dairy cows adapt quickly to being milked by an automatic milking system, *Journal of Dairy Science*, Volume 95, Issue 3, 2012, Pages 1575-1584, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4710>

JENSEN, D. B.; VOORT, M. V. D.; HOGVEEN, H. Dynamic forecasting of individual cow milk yield in automatic milking systems, *Journal of Dairy Science*, 101 (11), 2018, Pages 10428-10439, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14134>

JOHNSTON, C.; & DEVRIES, T. J. Short communication: Associations of feeding behavior and milk production in dairy cows. *Journal of dairy science*, 101(4), 2018, 3367–3373. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13743>

JÚNIOR, A. A. M., JUNG, C. F. . Produção leiteira no Brasil e características da bovinocultura leiteira no Rio Grande do Sul. *Ágora*, v. 19, n.1, p. 34-47, 2017.

KING, M., PAJOR, E. A., LEBLANC, S. J., & DEVRIES, T. J. Associations of herd-level housing, management, and lameness prevalence with productivity and cow behavior in herds with automated milking systems. *Journal of dairy science*, 99(11), 2016, 9069–9079. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11329>

FERNÁNDEZ, M.E. MARIÑO, R.A. CARREIRA, X.C. Algorithms for dairy barn design: Maternity and milking areas, *Journal of Dairy Science*, Volume 92, Issue 5, 2009, Pages 2276-2296, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1568>

MACULAN, R. e LOPES, M.A. B. Ordenha robotizada de vacas leiteiras: uma revisão. *Indústr. Anim., Nova Odessa*, v.73, n.1, p.80-87, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.17523/bia.v73n1p80>

MATSON, R. D., KING, M., DUFFIELD, T. F., SANTSCHE, D. E., ORSEL, K., PAJOR, E. A., PENNER, G. B., MUTSVANGWA, T., & DEVRIES, T. J. Farm-level factors associated with lameness prevalence, productivity, and milk quality in farms with automated milking systems. *Journal of dairy science*, 105(1), 2022, 793–806. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20618>

MENAJOVSKY, S. B.; WALPOLE, C. E.; DEVRIES, T. J.; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; WALPOLE, M. E.; PENNER, G. B. (2018). 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*, Volume 101, Issue 11, 2108, pages 9941–9953. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14665>

MIGLIORATI, L.; SPERONI, M.; LOLLI, S.; CALZA, F. Effect of concentrate feeding on milking frequency and milk yield in an automatic milking system, *Italian Journal of Animal Science*, 4:sup2, 2005, 221-223, DOI: 10.4081/ijas.2005.2s.221. <https://doi.org/10.4081/ijas.2005.2s.221>

MORESCO, Gabriel. Direcionadores de custos: Estudo comparativo entre propriedades com o sistema de ordenha automática e convencional no Brasil, 2016. 85f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócio, Programa de Pós-Graduação em Agronegócio, Porto Alegre, 2016.

NETO A. F., LOPES, E M. A. 2014. Uso da robótica na ordenha de vacas leiteiras: uma revisão. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. Vol 22, número 3, 4: 101-107 ISSN 1022-1301

NOGUEIRA, Amanda Denise Maier. Mapeamento de processos da ordenha e análise econômico-financeira de robotização da ordenha. 2018. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Cruz Alta/UNICRUZ, Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural, Cruz Alta, 2018.

OOSTRA, H. H.; STEFANOWSKA, J; SÄLLVIK, K. The effects of feeding frequency on waiting time, milking frequency, cubicle and feeding fence utilization for cows in an automatic milking system, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 55:4, 2005, 158-165, DOI: [10.1080/09064700500488985](https://doi.org/10.1080/09064700500488985)

PACASSA, F.; ZANIN, A.; VILANI, L.; DE LIMA, J. D. Análise de viabilidade econômica da implantação da robotização da ordenha em uma propriedade rural familiar. **Anais do Congresso Brasileiro de Custos - ABC**, [S. l.], Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/4808>. Acesso em: 8 Dez. 2021.

PADDICK, K.S.; DEVRIES, T.J.; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K.; STEELE, M.A.; WALPOLE, M.E.; PENNER, G.B., 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*, 102(3), 2019, Pages 2173-2187, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15138>

RODENBURG J. Robotic milking: Technology, farm design, and effects on work flow. *Journal of dairy science*, 100(9), 2017, 7729–7738. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11715>

ROTZ, C. A., COINER, C. U., & SODER, K. J. Automatic milking systems, farm size, and milk production. *Journal of dairy science*, 86(12), 2003, 4167–4177. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74032-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74032-6)

SALFER, J A.; SIEWERT, J. M.; MARCIA I. Endres, 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*, 101(9), 2018, Pages 8586-8594, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13925>

SCHWANKE, A. J.; DANCY, K. M.; DIDRY, T.; PENNER, G. B.; DEVRIES, T. J. Effects of concentrate location on the behavior and production of dairy cows milked in a free-traffic automated milking system. *Journal of dairy science*, 102(11), 2019, 9827–9841. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16756>

SCOTT, V.E. THOMSON, P.C. KERRISK, K.L. GARCIA, S.C. Influence of provision of concentrate at milking on voluntary cow traffic in a pasture-based automatic milking system, *Journal of Dairy Science*, 97(3), 2014, Pages 1481-1490, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7375>

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*, 101(9), 2018, 8327–8334. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14297>

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*, 102(4), 2019, 3523–3530. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15382>

SPERONI, M., PIRLO, G., & LOLLI, S. Effect of automatic milking systems on milk yield in a hot environment. *Journal of dairy science*, 89(12), 2006, 4687–4693. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72519-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72519-X)

SPOLDERS, MARKUS & MEYER, U. & FLACHOWSKY, G. & COENEN, MANFRED. Differences between primiparous and multiparous cows in voluntary milking frequency in an automatic milking system. *Italian Journal of Animal Science*. 3, 2004, 167-175.

SPÖRNDLY, E., & WREDLE, E. Automatic milking and grazing--effects of distance to pasture and level of supplements on milk yield and cow behavior. *Journal of dairy science*, 87(6), 2004, 1702–1712. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73323-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73323-8)

SPÖRNDLY, E., & WREDLE, E. Automatic milking and grazing--effects of location of drinking water on water intake, milk yield, and cow behavior. *Journal of dairy science*, 88(5), 2005, 1711–1722. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72844-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72844-7)

STEENEVELD, W., VAN DER GAAG, L. C., OUWELTJES, W., MOLLENHORST, H., & HOGEVEEN, H. Discriminating between true-positive and false-positive clinical mastitis alerts from automatic milking systems. *Journal of dairy science*, 93(6), 2010, 2559–2568. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-3020>

TOLOI, A. G., Sistema de ordenha robotizada como opção para a região sul do Brasil. *In: Simpósio Brasil Sul de Bovinocultura de Leite*, VII, 2017, Chapecó, **Anais** [...], Chapecó: Associação Catarinense de Medicina Veterinária – Núcleo Oeste, 2017, p. 13-189.

TREMBLAY M., HESS J. P., CHRISTENSON B. M., MCINTYRE K. K, SMINK B., VAN DER KAMP A. J., DE JONG L. G., DÖPFER D., Factors associated with increased milk production for automatic milking systems, *Journal of Dairy Science*, Volume 99, Issue 5, 2016, Pages 3824-3837, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10152>

VILELA, D.; RESENDE, J. C. de. Cenário para a produção de leite no Brasil na próxima década. In: Simpósio Sobre Sustentabilidade Da Pecuária Leiteira Na Região Sul Do Brasil, 6.; Seminário Dos Centros Mesorregionais De Excelência Em Tecnologia Do Leite, 2., Maringá. Perspectivas para a produção de leite no Brasil: anais. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2014. VI SUL LEITE.

WAGNER-STORCH, A. M., & PALMER, R. W. Feeding behavior, milking behavior, and milk yields of cows milked in a parlor versus an automatic milking system. *Journal of dairy science*, 86(4), 2003 1494–1502. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73735-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73735-7)