

Pecuária leiteira de precisão: sistemas de ordenhas robotizadas



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Gado de Leite
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 230

Pecuária leiteira de precisão: sistemas de ordenhas robotizadas

*Rebeca Ribeiro Silvi
Cláudio Antonio Versiani Paiva
Thierry Ribeiro Tomich
Fernanda Samarini Machado
Letícia Caldas Mendonça
Mariana Magalhães Campos
Luiz Gustavo Ribeiro Pereira*

Autores

Embrapa Gado de Leite
Juiz de Fora, MG
2018

Comitê Local de Publicações da Unidade
Responsável

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Dom Bosco
CEP: 36038-330 – Juiz de Fora/MG
Telefone: (32)3311-7400
Fax: (32)3311-7424
<http://www.embrapa.br>
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Presidente
Pedro Braga Arcuri

Secretária-Executiva
Inês Maria Rodrigues

Membros
*Jackson Silva e Oliveira, Leônidas Paixão
Passos, Alexander Machado Aua, Fernando
Cesár Ferraz Lopes, Francisco José da Silva
Lédo, Pérsio Sandir D'Oliveira, Fábio Homero
Diniz, Frank Ângelo Tomita Bruneli, Nívea
Maria Vicentini, Leticia Caldas Mendonça, Rita
de Cássia Bastos de Souza, Rita de Cássia
Palmyra da Costa Pinto, Virgínia de Souza
Columbiano Barbosa*

Supervisão editorial
Mariana Magalhães Campos

Normalização bibliográfica
Inês Maria Rodrigues

Tratamento das ilustrações e editoração eletrônica
Carlos Alberto Medeiros de Moura

Arte da Capa
Adriana Barros Guimarães

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

1ª edição
On line (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Gado de Leite

Pecuária leiteira de precisão: sistemas de ordenhas robotizadas / Rebeca
Ribeiro Silvi ... [et al.]. – Juiz de Fora : Embrapa Gado de Leite, 2018.
30 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 230).

ISSN 1516-7453

1. Pecuária leiteira. 2. Precisão 3. Ordenha. 4. Robotizada. I. Silvi, Rebeca
Ribeiro. II. Paiva, Cláudio Antônio Versiani. III. Tomich, Thierry Ribeiro. IV.
Machado, Fernanda Samarini. V. Mendonça, Leticia Caldas. VI. Campos,
Mariana Magalhães. VII. Pereira, Luiz Gustavo Ribeiro. VIII. Série.

CDD 636.2142

Autores

Rebeca Ribeiro Silvi

Medica-veterinária, M.Sc., Bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, Juiz de Fora, MG

Cláudio Antônio Versiani Paiva

Médico-veterinário, D.Sc., analista – Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Thierry Ribeiro Tomich

Médico-veterinário, D.Sc., pesquisador – Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Fernanda Samarini Machado

Médica-veterinária, D.Sc., pesquisadora – Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Letícia Caldas Mendonça

Médica-veterinária, M.Sc., Analista – Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Mariana Magalhães Campos

Médica-veterinária, D.Sc., pesquisadora – Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

Médico-veterinário, D.Sc., pesquisador – Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Apresentação

A automação chegou ao processo de produção de leite. De atividade intensiva em trabalho, produzir leite está migrando para atividade intensiva em capital. Se nas atividades urbano-industriais o principal motivo para o uso de processos automatizados se deu pela necessidade de aumentar a produtividade da mão de obra, no setor lácteo os robôs surgem para suprir a carência deste fator de produção.

No setor de produção de leite boa parte das atividades cotidianas é rotineira. Portanto, o uso de robôs se aplica. Mas, não sem superar dificuldades iniciais. Afinal, nem todos os animais se adaptam aos processos e nem todas as tetas das vacas são esteticamente perfeitas. Entretanto, com o processo de envelhecimento e escassez da mão de obra rural os robôs surgem como uma solução concreta para a necessidade de crescimento da produção de lácteos.

Evidentemente, toda tecnologia tem de ser adaptada às condições socioeconômicas e ambientais às quais elas estão inseridas. Portanto, a tecnologia de automação das propriedades leiteiras precisa ser tropicalizada. Os resultados disponíveis na literatura foram gerados em países temperados, com mão de obra qualificada e cara, e com o custo do dinheiro barato. Todos estes aspectos afetam, mas não inviabilizam a consideração dos resultados disponíveis, e são inspiradores para que comecemos a focar nesta realidade que se materializa nas propriedades leiteiras brasileiras, principalmente nas regiões mais dinâmicas, como os estados do Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo e Minas Gerais. A presente publicação é, portanto, esclarecedora e inspiradora e merece ser absorvida com merecida atenção.

Paulo do Carmo Martins
Chefe-geral da Embrapa Gado de Leite

Sumário

1. Introdução.....	9
2. Evolução Histórica dos Sistemas de Ordenhas	10
3. Sistemas de Ordenha Robotizada.....	12
3.1. Princípio de funcionamento da ordenha robotizada.....	12
4. Fatores que Contribuem para o Sucesso de Adoção da Ordenha Robótica	14
4.1. Frequência de ordenha	14
4.1.1. Saúde animal	15
4.1.2. Estágio de lactação e ordem de parição.....	16
4.1.3. Taxa de lotação	16
4.2. Tipo de tráfego imposto às vacas.....	17
4.3. Estratégias de alimentação concentrada	19
4.4. Layout e manejo das instalações	21
5. Impacto Social e Econômico da Adoção do SOR	22
6. Considerações Finais.....	24
7. Referências	24

1. Introdução

Os sistemas de ordenha robotizada (SOR) são cada vez mais utilizados em fazendas produtoras de leite, otimizando a produção sem que seja necessário o aumento do rebanho e de mão de obra. Estima-se entre 40.000 a 43.000 SOR no mundo, sendo mais de 2.500 somente nos Estados Unidos (Tranel, 2017).

Nesse sistema a ordenha ocorre de forma voluntária e a vaca acessa as instalações do sistema sem interferência humana (Ferland et al., 2016; Tse et al., 2017). Como benefícios, tem-se a otimização da produção de leite (Drach et al., 2017), mais conforto e melhoria na saúde da vaca (Tse et al., 2017), estilo de vida mais flexível para os produtores e menos mão de obra relacionada à ordenha (Hansen, 2015). No entanto, um SOR apresenta investimento de capital mais alto em relação aos sistemas convencionais (Shortall et al., 2016) e, requer que os produtores se adequem à gestão baseada em dados gerados pelo sistema (Tse et al., 2017). Além disso, a rentabilidade ou a economia de trabalho com a adoção do SOR varia de acordo com a capacidade de gestão do produtor (Salfer et al., 2017).

Até agora, a maior parte das pesquisas envolvendo SOR estão focadas em layouts de galpão (Rodenburg, 2017b) e estratégias de alimentação suplementar (Bach e Cabrera, 2017; Rodenburg, 2017a). Poucos trabalhos têm como enfoque os desafios e benefícios que os produtores experimentaram ao realizar a transição de sistemas de ordenha convencional para o robotizado (Tse et al., 2017).

Nessa série Documentos são discutidos aspectos relacionados à evolução dos sistemas de ordenha e os fatores que interferem na eficiência do SOR, especificamente aqueles relacionados à saúde e desempenho produtivo da vaca, às instalações e aos impactos econômico e social da adoção desse sistema.

2. Evolução Histórica dos Sistemas de Ordenhas

Os primeiros sistemas de ordenha mecânica surgiram no século 19, onde a inserção de tubos metálicos no teto promovia a abertura do esfíncter por gravidade e pressão, permitindo a saída do leite da glândula mamária (Figura 1). Esse método ficou conhecido como “ordenha por cateter”, e embora tenha sido uma inovação, provocaram diversos problemas sanitários, como infecções e lesões no teto. Depois do método do cateter ser considerado ineficiente, diversos equipamentos de ordenha foram desenvolvidos, baseados em pressão semelhante à ordenha manual ou por meio de dispositivos com produção de vácuo (Van Vleck, 1996).

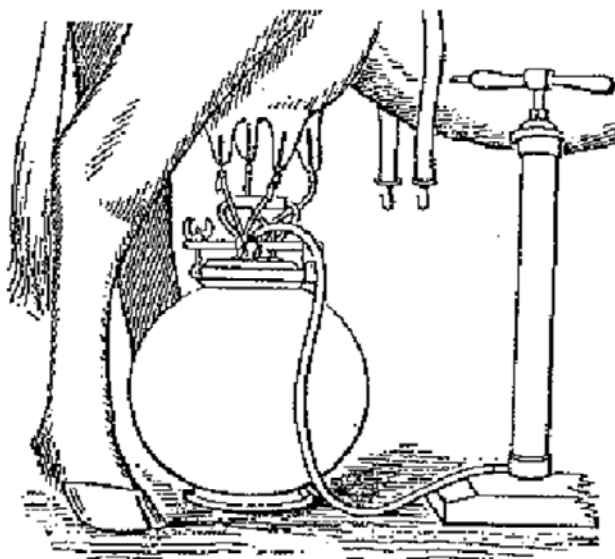


Figura 1. Dispositivo de ordenha baseado em pequenos tubos metálicos.
Fonte: Van Vleck (1996).

Na Europa, a máquina de ordenha a vácuo foi patenteada por Hodges e Brockenden, em 1851. Essa máquina era composta por um copo feito de “guta percha”, uma substância plástica semelhante à borracha, que se posicionava sobre todo o úbere e estava conectado a uma bomba manual (Goulart, 2004).

Porém, devido ao vácuo excessivo provocado pelo equipamento, frequentemente as tetas ficavam edemaciadas com fluidos corporais e sangue. Para corrigir o problema, em 1890, Alexander Shiels criou um sistema com diferentes níveis de sucção, que massageava e mantinha o fluxo de fluidos nos tetos, impedindo que estes ficassem edemaciados (Lopes, 2015).

Na América do Norte, S. W. Lowe patenteou, em 1859, equipamento que utilizava sucção por meio de manivela e retirava o leite dos quatro tetos ao mesmo tempo. Já em 1878, Anna Baldwin desenvolveu tecnologia de ordenha semelhante à de Hodges e Brockenden, porém, ao invés de uma bomba manual, utilizava uma bomba de jarro para produzir o vácuo. Mesmo com os avanços, essas máquinas ainda causavam problemas sanitários e físicos ao úbere, e desconforto às vacas (Van Vleck, 1996).

Com base nas evoluções e modificações realizadas nas primeiras máquinas de ordenha, pesquisadores definiram alguns princípios básicos com intuito de aprimorar esses equipamentos. Primeiro, ficou estabelecido que a teteira deveria fornecer uma abertura para que o leite pudesse fluir a partir da cisterna do teto. Além disso, foi reconhecido que a teteira deveria ser confeccionada de material que possibilitasse a sanitização para prevenir a propagação de doenças nas glândulas mamárias. Adicionalmente, ficou definido que deveria ser aplicada baixa pressão na extremidade do teto e haver algum tipo de sucção (vácuo), produzida pela saída do ar dos copos da teteira. Esse tipo de sucção foi descrito como próximo aos movimentos de mamada do bezerro (Goulart, 2014).

O primeiro equipamento comercial projetado com sucesso por Willian Muechland na Escócia foi introduzido no mercado em 1889. Nessa máquina, o uso da tecnologia de pressão foi substituído pelo vácuo contínuo nos tetos. Mais tarde, os inventores perceberam que a pulsação era necessária para uma ordenha eficiente e passaram a utilizar uma máquina de ordenha com bomba manual ou bomba de pé (Goulart, 2014).

Por volta de 1980, já estavam disponíveis no mercado sistemas eletrônicos de controle capazes de detectar o fim da ordenha e remover os insufladores de forma automática, e com dispositivos que recolhiam tanto a produção de leite como as coletas de amostras para análise de qualidade (Ketelaar-de Lauwere, 1998; Silva et al., 2007).

Nos últimos dez anos, os avanços foram voltados ao desenvolvimento de equipamentos robotizados, significando um dos principais avanços da indústria leiteira. Esses sistemas têm como principal objetivo aumentar a frequência de ordenha dos animais sem aumentar a carga de trabalho dos operadores (Rossing e Hogewerf, 1997). Além disso, são capazes de analisar a condição de saúde do úbere, a qualidade do leite e outros parâmetros de desempenho do sistema no momento da ordenha de forma autônoma (Ordolff, 2001).

3. Sistemas de Ordenha Robotizada

A ordenha robotizada é considerada uma tecnologia relativamente nova, que vem sendo adotada por produtores de leite a uma taxa crescente, desde que os primeiros sistemas comerciais apareceram em 1992 (Bach e Cabrera, 2017). De Koning (2011) apontou que de 1992 até 2011, mais de 10 mil ordenhas robotizadas foram instaladas em fazendas em todo o mundo, chegando em 2015 a 25 mil fazendas leiteiras com ordenhas robotizadas (Steenefeld et al., 2015).

O primeiro protótipo experimental foi desenvolvido na Alemanha pelo engenheiro agrônomo Karl Rabold, em 1980. O objetivo primário era substituir a mão de obra, que já era escassa naquela época. Porém, como se trata de um sistema autônomo, ele é dependente de diversos fatores que vão desde o comportamento das vacas, até a administração das atividades dentro da propriedade rural (Ketelaar-de Lauwere et al., 1996).

Nos sistemas automáticos de ordenha, o robô apresenta um braço mecânico que, ao detectar o posicionamento do teto da vaca, realiza a colocação e retirada das teteiras nos animais. O sistema é composto de dispositivos que detectam a entrada e saída dos animais, de limpeza do úbere e de registro da produção de leite (Rossing et al., 1997), tornando desnecessária a presença de um ordenhador dentro das instalações.

3.1. Princípios de funcionamento da ordenha robotizada

Após a identificação eletrônica do animal, a porteira de acesso à área da ordenha é automaticamente liberada e o sistema verifica se a vaca precisa

ser ordenhada naquele momento. Em caso positivo, o alimento concentrado é liberado e inicia-se o processo de ordenha. Caso contrário, o animal é encaminhado à saída pela abertura automática do portão de saída do box de contenção da ordenha (Maculan e Lopes, 2016).

No processo de ordenha, o sistema de localização do braço robótico identifica o úbere e o posicionamento dos tetos, que são lavados com jatos de água e secos com ar ou submetidos à limpeza mecânica com rolos de escova. O braço mecânico conecta os copos de ordenha nos tetos para o início da ordenha. A remoção automática das teteiras se dá quando o fluxo de leite diminui aos níveis pré-determinados por quarto mamário (Maculan e Lopes, 2016). Spray com desinfetante é aplicado em cada teto após a ordenha (Ohnstad et al., 2012).

O sistema responsável pelos movimentos do braço mecânico baseia-se em uma combinação de três eixos lineares de referência: X, Y e Z. Duas abordagens são utilizadas para localizar os tetos: a primeira determina a posição aproximada do úbere, e a segunda determina a posição precisa de cada teto. O sistema utiliza um sensor de triangulação ótica que se baseia na reflexão de feixes de luz infravermelha, e efetiva os posicionamentos, garantindo que a cor dos tetos não interfira nas avaliações (Cattaneo et al., 1996).

Os equipamentos com sensores infravermelhos não são capazes de detectar tetos cruzados, por isso animais com essa conformação de tetos não conseguem ser ordenhados. Contudo, equipamentos mais modernos que possuem câmeras de visão 3D permitem a detecção de tetos irregulares (Akhoulfi, 2014).

Em 2007, a Organização Internacional de Normas Padrão (ISO) aprovou normas para instalações e equipamentos de ordenha robotizada. Um grupo da Federação Internacional do Leite (*International Dairy Federation – IDF*) sugeriu que embora em alguns aspectos os sistemas robotizados de ordenha sejam diferentes dos convencionais, o princípio básico é o mesmo. Dessa forma, além de criar um novo modelo para as instalações, ficou decidida a revisão de padrões exclusivos para sistemas de ordenhas robotizadas, permitindo uma referência específica do sistema como um todo (Reinemann, 2008).

4. Fatores que Contribuem para o Sucesso de Adoção da Ordenha Robótica

4.1. Frequência de ordenha

O retorno máximo do investimento, em sistemas com ordenha robotizada, é alcançado quando as vacas circulam ao redor de todo o sistema, em sua própria rotina diária, com pouca ou nenhuma intervenção humana (Bach e Cabrera, 2017).

Um dos grandes desafios para melhorar a eficiência nesses sistemas é manter a frequência de ordenha das vacas ao longo do tempo, contribuindo para o bem-estar e desempenho dos animais (Bach e Cabrera, 2017). Vijayakumar et al. (2017) observaram um efeito positivo entre a frequência da ordenha e a produção de leite, com maiores rendimentos quando os animais eram ordenhados quatro vezes ao dia.

Diversas pesquisas registraram rebanhos com uma frequência média de 2,5 ordenhas/vaca/dia (Gygax et al., 2007; Bach et al., 2009). No entanto, algumas pesquisas demonstraram taxas de ordenha voluntárias superiores, variando entre 2,7 a 3,2 ordenhas/vaca/dia (Madsen et al.; 2010; Munksgaard et al., 2011; Castro et al., 2012; Deming et al., 2013).

Gygax et al. (2007) investigaram fazendas leiteiras com ordenha robotizada na Suíça e constataram que em 67% delas, o intervalo entre ordenhas é de 6 a 12 h. Porém, esses intervalos ocorrem com maior frequência nos sistemas de tráfego dirigido, onde os animais são obrigados a passar pela unidade de ordenha em intervalos regulares.

A frequência de ordenha depende de diversos fatores combinados que estão relacionados às instalações, manejo e características das vacas (Deming et al., 2013). Problemas de frequência irregular são comumente associados a perdas em produção de leite, aumento de riscos de mastite e redução nos lucros (Bach e Cabrera, 2017). A falta de hábito dos animais em relação ao novo sistema também pode provocar a redução do fluxo de visitas ao SOR (Migliorati et al., 2005).

Os fatores relacionados à vaca incluem o estado de saúde do animal (principalmente, a claudicação), produção de leite, estágio de lactação e ordem de parição (Bach e Cabrera, 2017). Aqueles fatores relacionados às instalações e manejo incluem o layout da fazenda, a taxa de lotação, o tipo de tráfego imposto às vacas, e a estratégia de alimentação concentrada (Bach e Cabrera, 2017).

4.1.1. Saúde animal

A claudicação provoca dor e desconforto ao animal (Archer et al., 2010a), e os animais afetados mostram sinais como redução da mobilidade e alterações no comportamento (Miguel-Pacheco et al., 2014). Em pesquisa recente, Westin et al. (2016) relataram prevalência de claudicação de 15% na América do Norte. Trabalhos anteriores reportaram prevalência de 36,8% no Reino Unido (Barker et al., 2010) e entre 28% e 33% no Chile (Tadich et al., 2010). Vários estudos demonstraram que, vacas com claudicação visitam a ordenha robotizada com menos frequência, resultando em menor produção de leite e maior probabilidade que necessitem de busca para serem ordenhadas (Garcia et al., 2014; King et al., 2016). Portanto, a prevalência de claudicação nos rebanhos com SOR também é importante do ponto de vista econômico (Westin et al., 2016).

Outro ponto importante para o sucesso na adoção do SOR no tocante à saúde animal é o controle da mastite. Segundo Hovinen e Pyorala (2011), a detecção da mastite clínica e subclínica e conseqüente decisão com relação ao tratamento e à segregação são um desafio para sistemas de ordenha robótica, uma vez que a presença de um responsável atento à interpretação dos dados de saúde do úbere do rebanho continua imprescindível, assim como para sistemas convencionais de ordenha.

Outro desafio a ser considerado é a dificuldade do SOR em identificar tetos sujos, mesmo após a limpeza pré-ordenha. Considerando que a prevenção da mastite depende também da adequada higiene antes da ordenha, a limpeza mais completa ou reforçada dos tetos (e de sua extremidade) pode ser necessária para algumas vacas em SOR, até que uma solução tecnológica seja desenvolvida para a diferenciação mais precisa entre úberes sujos e limpos (Jacobs e Siegford, 2012b).

4.1.2. Estágio de lactação e ordem de parição

O estágio de lactação e a parição também devem ser considerados nesse aspecto. Deming et al. (2013) e Clark et al. (2014) observaram que vacas em início de lactação frequentam a ordenha mais vezes quando comparadas àquelas no final da lactação, sendo que o número máximo de visitas ao SOR é atingido com 100 dias em lactação – DEL (Clark et al., 2014). Esse comportamento sugere que a queda na produção de leite em função do aumento do DEL das vacas reduz a necessidade do animal visitar o robô (Deming et al., 2013). Hovinen e Pyorala (2011) ainda consideram que a frequência de ordenha precisa ser adaptada também em função do estágio de lactação, visando à saúde da glândula mamária. Quatro ordenhas por dia, de acordo com os autores, seriam indicadas apenas para vacas de alta produção, em pico de lactação.

Em relação à ordem de parto, Jacobs e Siegford (2012a) constataram que vacas múltiparas acessam com mais frequência a área de ordenha, principalmente em casos onde existe uma densidade alta de animais por robô, pois são menos bloqueadas por outras vacas. Em contrapartida, os trabalhos de Bordeiras et al. (2008) e Deming et al. (2013) evidenciaram que vacas múltiparas visitam o SOR com menos frequência do que as vacas primíparas. Por sua vez, André et al. (2010) não observaram efeito da parição sobre a frequência de visitas ao robô.

4.1.3. Taxa de lotação

O número de vacas por robô também é importante quando o intuito é elevar ao máximo a frequência de ordenha. Deming et al. (2013) sugeriram uma densidade ideal de 60 vacas por unidade em sistemas de tráfego livre, para não comprometer o intervalo entre ordenhas e, conseqüentemente, a produção de leite do rebanho. Os autores concluíram que as vacas apresentam maior frequência de ordenha quando a densidade de animais por ordenha é menor. King et al. (2016) e Tremblay et al. (2016) reportaram que o menor número de vacas por SOR (em média, 49 animais por unidade de ordenha) teve efeito positivo sobre a produção de leite em sistemas de tráfego livre, onde o número de animais por ordenha é geralmente menor que em sistemas de tráfego guiado. Os resultados podem estar relacionados à estrutura hie-

rárquica dos rebanhos, visto que vacas dominantes gastam menos tempo na área de espera do que as subordinadas (Melin et al., 2005). Jacobs e Siegford (2012a) observaram que mesmo em rebanhos onde o número de robôs é ideal, o comportamento das vacas e as dinâmicas de grupo podem interferir na disponibilidade e eficiência do SOR. Para os autores, as interações sociais negativas ou a variação individual de comportamento na área de espera da ordenha podem reduzir a motivação das vacas em visitar o robô novamente.

Quando o SOR trabalha com número ideal de animais por robô, são observadas melhorias no número de ordenhas por vaca, redução no tempo de espera dos animais para entrar na sala de ordenha e melhor distribuição diária do alimento. Como resultado, têm-se efeitos positivos na produção de leite, bem-estar e saúde dos animais (Migliorati et al., 2005).

4.2. Tipo de tráfego imposto às vacas

Quatro estratégias de tráfego das vacas, são mais utilizadas nos rebanhos com SOR. Na primeira estratégia, o tráfego livre, a vaca escolhe quando visitar o robô e acessar áreas de alimentação e descanso. Na segunda estratégia, com tráfego estritamente dirigido ou guiado, as instalações contam com portões de sentido único, bloqueando a rota entre as áreas de descanso e alimentação. Quando as vacas saem da área de repouso, precisam passar obrigatoriamente pelo robô, que verifica se a vaca deve ou não ser ordenhada de acordo com o intervalo da última ordenha. Depois de passar pela ordenha, a vaca é liberada para a área de alimentação e tem acesso à sala de descanso por outro portão. Na terceira estratégia, chamada de “leite primeiro” (*milk first*), o tráfego é guiado com portão de pré-seleção, que dirige apenas as vacas aptas a sala de espera e as inelegíveis para a área de alimentação. Dessa forma, a quantidade de vacas que entram no robô é menor, reduzindo tanto o tempo de espera para ordenha, como para a alimentação. Na quarta estratégia, também chamada de “alimento primeiro” (*Feed first*), o tráfego é guiado, no entanto a vaca tem acesso aos cochos de alimentação primeiro, e só podem retornar à área de descanso por portões de pré-seleção que direcionam as vacas aptas para o robô e as inelegíveis diretamente para a área de descanso (Rodenburg, 2017b).

Escolher entre um dos tipos de tráfego pode interferir diretamente na eficiência das atividades e no conforto da vaca. Além disso, o tipo de tráfego adotado é um fator importante no projeto de instalações nesses sistemas (Rodenburg, 2017b).

Diversas pesquisas foram desenvolvidas, com intuito de avaliar qual tipo de tráfego possibilita a maior eficiência dos sistemas de ordenha robotizada. Porém, em grande parte dos trabalhos publicados, o tamanho da amostra foi um fator limitante quando o intuito foi investigar o tipo de tráfego e a produção diária de leite (Tremblay et al., 2016).

Impor um tráfego dirigido às vacas melhorou a frequência de ordenha e reduziu a variação nos intervalos de ordenha nas pesquisas desenvolvidas por Melin et al. (2007) e Bach et al. (2009). Por outro lado, o tráfego dirigido alterou o comportamento alimentar das vacas, diminuindo o número de refeições diárias (Bach et al., 2009) e comprometeu o tempo de repouso dos animais (Melin et al.; 2007). Rodenburg (2012b) sugeriu que o tráfego estritamente dirigido, ou seja, guiado por portões que não permite a seleção dos animais que podem ou não acessar a área do robô, afetam mais a hierarquia social do rebanho e o tempo de repouso comprado aos sistemas de tráfego livre. O sistema de tráfego estritamente dirigido geralmente está associado à diminuição da produção de leite em comparação ao tráfego livre. Tremblay et al. (2016), em análise multivariada de dados de campo, utilizando o tipo de tráfego como efeito principal, constataram que as vacas sob tráfego livre produziram 1,11 kg a mais de leite por dia do que as vacas em sistema de tráfego estritamente dirigido, que vem sendo cada vez menos recomendado e utilizado pelos produtores.

Já Unal et al. (2017) comparam o desempenho de uma fazenda com sistema de tráfego livre e duas fazendas utilizando o tráfego guiado em sistema de ordenha primeiro (milk first, com por portões de separação inteligentes). Os autores relataram que o tempo gasto buscando vacas para ordenha e o número de recusas do robô, foi menor nas fazendas com fluxo guiado. Sugerindo que nesses sistemas, mais vacas podem ser ordenhadas por robô, sem comprometer o desempenho do sistema.

Em outros trabalhos não houve diferença significativa na frequência de ordenha e produção de leite entre os tipos de tráfego (Gygax et al., 2007;

Munksgaard et al., 2011). No entanto, esses estudos não corrigiram fatores de confundimento e outros fatores de risco nas abordagens de modelagem aplicadas, como tamanho do rebanho e número de animais por robô.

Bach e Cabrera (2017) sugeriram que em sistemas de tráfego livre, devem ser adotadas práticas nutricionais que reduzam a variação no número de visitas ao SOR (Bach e Cabrera, 2017).

Fica claro, que não há um senso comum quanto ao tipo de tráfego ideal a ser adotado e a decisão da escolha vai depender das condições de cada fazenda. Os estudos realizados muitas vezes utilizaram tamanho limitado das amostras, contemplaram apenas ordenhas de um único fabricante e foram desenvolvidas em países cujas características únicas das explorações leiteiras podem afetar os resultados.

4.3. Estratégias de alimentação em SOR

O programa de alimentação com SOR tem como objetivo fornecer uma dieta consistente no suprimento de nutrientes e atrair a vaca para a ordenha regularmente, contribuindo tanto para maior produção de leite, como para a menor necessidade de buscas forçadas do animal para a ordenha (Rodenburg, 2017b).

A estratégia de alimentação mais comum com tráfego livre é fornecer parte do concentrado durante o processo de ordenha, de acordo com a produção individual de leite de cada animal (Bach e Cabrera, 2017). Com base na idade ou estágio da lactação, o sistema define os parâmetros de alimentação, que normalmente começa com um baixo nível de concentrados no parto, com aumento gradativo durante as primeiras semanas de lactação (Rodenburg, 2017a). A crescente oferta de concentrado acompanha o aumento da produção de leite, atingindo níveis máximos no pico de lactação (14 semanas, em média) quando a quantidade de concentrado ofertado começa a diminuir com a queda na produção de leite (André et al., 2010).

Rodenburg (2017a) preconizou que vacas introduzidas no SOR após o parto devem receber de 1 a 3 kg/dia de concentrado, com aumentos de 100 a 300 gramas/dia nas primeiras duas semanas, independentemente da quantidade de leite produzida. Segundo o autor, para cada quilograma de leite produzido, a vaca deve consumir, em média, 130 g de concentrado quando estiver sendo

ordenhada. Após esse período, os animais passam a receber o alimento de acordo com a produção de leite, porém acima de suas exigências nutricionais para estimular a produção e compensar possíveis perdas de peso ocorridas no início da lactação. Quando a vaca atinge o pico de produção e está em boas condições corporais, a alimentação passa a ser fornecida estritamente de acordo com a produção de cada animal. Nos últimos 7 a 10 dias de lactação, o concentrado fornecido no robô é reduzido gradualmente até zero, para realização do processo de secagem da vaca.

Nos sistemas que utilizam tráfego com fluxo estritamente dirigido, a quantidade de concentrado ofertada na SOR geralmente é menor, já nas fazendas com tráfego guiado com portões de separação, a quantidade de concentrados pode ser maior menor ou igual ao adotado em sistemas de tráfego livre, o que vai depender da estratégia de alimentação adotada na fazenda. Em fazendas norte-americanas, cerca de 2 kg de concentrado são disponibilizados no cocho da ordenha e a dieta total parcial é ofertada após a ordenha. Ainda assim, muitos produtores optam por fornecer o alimento com a mesma abordagem do fluxo livre (Rodenburg, 2017a).

Bach e Carneiro (2017) concluíram que não existe uma quantidade ideal de concentrado a ser ofertada no SOR. O tempo limitado que os animais permanecem na ordenha restringe a quantidade de concentrado fornecida durante o processo (Bach e Cabrera, 2017), assim, geralmente não se recomenda ofertar mais do que 2,5 kg de concentrado por visita ao SOR.

Além da composição nutricional, Salfer e Endres (2016) relataram que a palatabilidade dos ingredientes do concentrado foi um dos fatores relacionados à alimentação, determinantes para o sucesso em SOR. No entanto, Migliorati et al. (2005) e Harper et al. (2016) não observaram alterações na ingestão de alimentos e padrões de visitas ao robô quando se oferece um concentrado de alta palatabilidade e ou aromatizado.

Os sistemas de ordenha robótica trazem uma oportunidade importante de atender às exigências de nutrientes individuais de cada vaca com precisão, garantindo maior potencial de melhorar a eficiência da produção (Gehman, 2011).

Como existe variação individual e entre vacas, dependendo de fatores como produção de leite, estágio de lactação e condição corporal, algumas vacas podem receber mais nutrientes que outras (Bach e Cabrera, 2017). Uma alternativa interessante é a adoção de estratégias de alimentação combinando fonte de energia e de proteína, ou até mesmo em função da composição do leite, em alguns casos. Porém, apesar da oferta de alimento adequada, as vacas simplesmente podem optar por não consumir a quantidade fornecida a elas durante a ordenha (Bach e Cabrera, 2017).

4.4. Layout e manejo das instalações

Poucas pesquisas foram desenvolvidas para definir a estrutura e gestão das instalações do SOR para maximizar a produção. Por isso, a maior parte das recomendações relacionadas a galpões de ordenha robotizada são baseadas em observações de campo (Bach e Cabrera, 2017; Rodenburg, 2017b).

De forma diferente do que ocorre nas salas de ordenha convencionais, no SOR as vacas geralmente não deixam o confinamento para serem ordenhadas (Rodenburg, 2017b). Por isso, os detalhes das instalações, como o número de robôs e tipo de tráfego, são importantes por exercerem efeito sobre o bem-estar e a produção dos animais, principalmente em rebanhos maiores (Bach e Cabrera, 2017).

Em termos de bem-estar animal, um dos fatores mais preocupantes é se a vaca tem liberdade para expressar seu comportamento normal. Produtores de leite que utilizam SOR em suas propriedades relacionaram o conforto dos animais como fator determinante na frequência da ordenha voluntária. Atividades como limpeza do piso do galpão e a troca das camas também podem interferir no bem-estar dos animais, sendo preferível a automação desses processos (Rodenburg, 2017b).

Problemas como maior incidência de claudicação também podem ser associados ao projeto e manejo das instalações, que incluem: alta densidade de animais no galpão, instalações pequenas que restringem o movimento, camas desconfortáveis, piso escorregadio e sujo, além de pouca frequência de passagem no pedilúvio (Solano et al., 2015; King et al., 2016; Westin et al., 2016). Nos sistemas robotizados, a incidência de claudicação foi menor

quando os corredores foram raspados com mais frequência (Solano et al., 2015; King et al., 2016). Westin et al. (2016) observaram forte associação entre o espaço dos corredores (principalmente quando estava associado à área de alimentação) e o uso de camas pequenas e desconfortáveis, com aumento na prevalência de claudicação. Embora Rodenburg (2017b) tenha afirmado existir incidência grave de claudicação quando a densidade de vacas no galpão é maior, nenhum dos autores citados anteriormente encontraram associação do número de vacas por robô e a claudicação. Porém, nesses estudos a maioria dos rebanhos avaliados tinha menos de 60 vacas por robô, o que é considerado por Deming et al., 2013, como a densidade ideal de animais em sistemas que utilizam tráfego livre (Deming et al., 2013).

Os layouts de SOR devem ser projetados com vias largas, cruzamentos múltiplos que possibilitem rotas de escape, de equipamentos de limpeza do piso e troca das camas, de forma que apenas uma pessoa possa desempenhar todas as atividades de manejo e manuseio do robô, quando e se for necessário. Quanto ao número de robôs em uma instalação com SOR, manter grupos pequenos com acesso a apenas uma máquina pode facilitar a identificação de vacas que podem ser ordenhadas. Contudo, o acesso a dois robôs reduz o tempo de espera, com menos interrupções de lavagem ou de manutenção (Rodenburg, 2017b).

5. Impacto Social e Econômico da Adoção do SOR

É cada vez maior o número de produtores que adotam sistemas de ordenha robotizada ao redor do mundo. E os principais motivos para adesão à essa tecnologia são de caráter social e econômico, visando aumento da produção de leite, flexibilidade e redução da mão de obra (Hansen, 2015; Ferland et al., 2016; Drach et al., 2017).

Diversas pesquisas indicaram o potencial do SOR em aumentar a produção de leite, e do ponto de vista da eficiência econômica, esse deve ser o principal objetivo do sistema (Bach e Cabrera, 2017). Drach et al. (2017) avaliando ordenhas robóticas em fazendas leiteiras em sistema de pastejo registraram aumento de 15,7% na produção de leite. Em trabalho publicado por Ferland

et al. (2016), a produção de leite aumentou em 741,6 kg por vaca/ano após a introdução do SOR em fazendas no Canadá.

Como o investimento em ordenhas robotizadas é substancialmente maior em relação ao necessário para uma ordenha convencional, a produção de leite por unidade de robô deve ser considerada, por afetar a rentabilidade do sistema. Estratégias para aumentar a taxa média de fluxo de leite, reduzir o tempo de preparação da ordenha e aumentar o tempo que a ordenha fica ocupada podem aumentar a produção de leite por robô (Salfer et al., 2017).

Castro et al. (2012) avaliaram a eficiência de SOR em 29 fazendas leiteiras da Espanha. Em média, as fazendas produziram 549,7 mil kg de leite/robô por ano, com 52,7 vacas/robô e frequência de ordenha de 2,7 vezes/dia, a uma taxa de ocupação das vacas de 72%. Esta produção foi menor do que os 593 mil kg de leite/robô que Tremblay et al. (2016) encontraram com 50,5 vacas/robô, com frequência de ordenha de 2,9 vezes/dia. Ambos os valores estão próximos da capacidade máxima estimada de 600.000 a 750.000 kg de leite/robô por ano, estipulada por De Koning e Ouweltjes (2000). Castro et al. (2012) concluíram que, nas condições ideais, a taxa de lotação das vacas poderia chegar a 94%. Isso resultaria em 735 mil kg de leite/robô e em frequência de ordenha de 2,48 vezes por vaca/dia, devido ao aumento no tamanho do rebanho.

Mesmo que a produção de leite seja o principal fator econômico determinante do sucesso da utilização do SOR, pesquisas indicam que a flexibilidade e eficiência do trabalho consistem nas principais razões para os produtores instalarem ordenhas robotizadas (Hansen, 2015; Drach et al., 2017). Em 2014, 213 fazendas leiteiras canadenses, que trocaram os sistemas convencionais por robotizados, observaram redução na carga de trabalho de 15 horas por vaca/ano (Ferland et al., 2016). Além de contribuir para o bem-estar e saúde dos produtores, a redução da mão de obra contribuiu para o aumento da rentabilidade das fazendas.

O desejo de minimizar a necessidade de trabalho contratado também foi considerado importante por produtores de leite nos Estados Unidos (Adcock et al., 2015). Em 2010, a escassez de trabalho no campo já era considerada preocupante por produtores de leite naquele país (Susanto et al., 2010).

Além dos fatores mencionados anteriormente, tecnologias implantadas nos galpões relacionadas, principalmente, a bem-estar e conforto animal, exigência e custo da mão de obra qualificada, e custos com manutenção também têm efeito sobre a rentabilidade nos sistemas com ordenhas robotizadas (Shortall et al., 2016; Bach e Cabrera et al., 2017; Salfer et al., 2017).

Pesquisas mostraram que a maioria dos agricultores está feliz com a decisão de instalar o SOR (Hansen, 2015; Ferland et al., 2016; Tse et al., 2017). Embora a satisfação ainda seja baseada totalmente nos retornos econômicos, a melhoria no estilo de vida dos produtores é considerada um fator importante para a grande aceitação e crescimento da adoção desse sistema.

6. Considerações Finais

Fazendas bem-sucedidas com a adoção do SOR são aquelas com alta produção e produtividade, que utilizam animais com boa saúde e, apresentam pouca necessidade de buscar vacas para a ordenha. Para isso, os galpões devem ser bem projetados e gerenciados.

Ainda que a ordenha robotizada seja opção atraente para alguns produtores, deve-se considerar fatores como a disponibilidade de mão de obra qualificada, estilo de vida procurado pelo produtor, interesse em tecnologia, exigência de investimento inicial de capital e, principalmente, a rentabilidade, quando se pretende investir em tecnologia de automação do processo de ordenha.

7. Referências

ADCOCK, F.; ANDERSON, D.; ROSSON, P. **The Economic Impacts of Immigrant Labor on US Dairy Farms**: USDA Outlook Conference. Washington, DC: Center for North American Studies, 2015.

AKHLOUFI, M. A. 3D vision system for intelligent milking robot automation. In: RÖNING, J.; CASASENT, D. (Ed.). **Intelligent Robots and Computer Vision XXXI: Algorithms and Techniques**. São Francisco, CA: IS&T/SPIE Electronic Imaging, 2014. p. 90250N.

ANDRÉ, G.; BERENTSEN, P. B. M.; ENGEL, B.; DE KONING, C. J. A. M.; LANSINK, A. O. Increasing the revenues from automatic milking by using individual variation in milking characteristics. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 3, p. 942-953, 2010.

ARCHER, S. C.; BELL, N.; HUXLEY, J. Lameness in UK dairy cows: a review of the current status. In **Practice**, v. 32, n. 10, p. 492-504, 2010.

BACH, A.; DEVANT, M.; IGLEASIAS, 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**, v. 92, n. 3, p. 1272-1280, 2009.

BACH, A.; CABRERA, V. Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 9, p. 7720-7728, 2017.

BARKEMA, 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**, v. 98, n. 11, p. 7426-7445, 2015.

CASTRO, A.; PEREIRA, J. M.; AMIAMA, C.; BUENO, J. Estimating efficiency in automatic milking systems. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 2, p. 929-936, 2012.

CLARK, C. E. F.; KWINTEN, N. B. P.; VAN GASTEL, D. A. J. M.; KERRISK, K. L.; LYONS, N. A.; GARCIA, S. C. Differences in voluntary cow traffic between Holstein and llawarra breeds of dairy cattle in a pasture-based automatic milking system. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, n. 4, p. 587, 2014.

DE KONING, K. Automatic milking: Common practice on over 10,000 dairy farms worldwide. In: **Proceedings of the Dairy Research Foundation Symposium**, v. 59, p. 14-31, 2011.

DE KONING, C. J. A. M.; OUWELTJES, W. Maximizing the milking capacity of an automatic milking system. In: MEIJERING, A.; HOGVEEN, H.; de KONING, C. J. A. M. (Ed.). **Automatic Milking: A Better Understanding**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2000. 544 p.

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**, v. 96, n. 1, p. 344-351, 2013.

DRACH, U.; HALACHMI, I.; PNINI, T.; IZHAKI, I.; DEGANI, A. Automatic herding reduces labour and increases milking frequency in robotic milking. **Biosystems Engineering**, v. 155, p. 134-141, 2017.

FERLAND, J.; VASSEUR, E.; DUPLESSIS, M.; PAJOR, E. A.; PELLERIN, D. 1246 Economic impact of introducing automatic milking system on Canadian dairy farms. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. supplement 5, p. 600-601, 2016.

GARCIA, E.; KLAAS, I.; AMIGO, J. M.; BRO, R.; ENEVOLDSEN, C. Lameness detection challenges in automated milking systems addressed with partial least squares discriminant analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 12, p. 7476-7486, 2014.

GEHMAN, A. M. Enhanced nitrogen utilisation in dairy cattle with precision protein nutrition. **Rec. Adv. Anim. Nutr**, v. 18, p. 187-195, 2011.

GOULART, M. M. **A history, description, and comparison of different brands of dairy Parlor Equipment and which designs are the best fit for different sized dairy operations**. 2014. 28 f. – California Polytechnic State University, San Luis Obispo, California.

GYGAX, L.; NEUFFER, I.; KAUFMANN, C.; HAUSER, R.; WECHSLER, B. Comparison of functional aspects in two automatic milking systems and auto-tandem milking parlors. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 9, p. 4265-4274, 2007.

HANSEN, B. G. Robotic milking-farmer experiences and adoption rate in Jæren, Norway. **Journal of Rural Studies**, v. 41, p. 109-117, 2015.

HARPER, M. T.; OH, J.; GIALLONGO, F.; LOPES, J. C., WEEKS, H. L.; FAUGERON, J.; HRISTOV, A. N. Preference for flavored concentrate pre-mixes by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 8, p. 6585-6589, 2016.

HOVINEN, M.; PYORALA, S. Invited review: Udder health of dairy cows in automatic milking. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 547-562, 2011.

JACOBS, J. A.; SIEGFORD, J. M. Lactating dairy cows adapt quickly to being milked by an automatic milking system. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 3, p. 1575-1584, 2012a.

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**, v. 95, n. 3, p. 2227-2247, 2012b.

KETELAAR-DE LAUWERE C. C.; DEVIR, S.; METZ, J. H. M. The influence of social hierarchy on the time budget of cows and their visits to an automatic milking system. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 49, n. 2, p. 199-211, 1996.

KETELAAR-DE LAUWERE, C. C. **Cow behaviour and managerial aspects of fully automatic milking in loose housing systems**. 1998. 199 p. Tese de doutorado – Department of Technology Animal Husbandry. Institute of Agricultural and Environmental Engineering (IMAG-DLO), Wageningen, Netherlands.

KING, M. T. 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**, v. 99, n. 11, p. 9069-9079, 2016.

LOPES, S. C. **Avaliação do comportamento de vacas leiteiras num sistema voluntário de ordenha**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Zootécnica) – Universidade do Minho, Braga.

MACULAN, R.; LOPES, M. A. Ordenha robotizada de vacas leiteiras: uma revisão. **Boletim de Indústria Animal**, v. 73, n. 1, p. 80-87, 2016.

MADSEN, J.; WEISBJERG, M. R.; HVELPLUND, T. Concentrate composition for automatic milking systems-Effect on milking frequency. **Livestock Science**, v. 127, n. 1, p. 45-50, 2010.

MELIN, M.; WIKTORSSON, H.; NORELL, L. Analysis of feeding and drinking patterns of dairy cows in two cow traffic situations in automatic milking systems. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 1, p. 71-85, 2005.

MELIN, M.; PETTERSSON, G.; SVENNERSTEN-SJAUNJA, K.; WIKTORSSON, H. The effects of restricted feed access and social rank on feeding behavior, ruminating and intake for cows managed in automated milking systems. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 107, n. 1, p. 13-21, 2007.

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**, v. 4, sup. 2, p. 221-223, 2005.

MIGUEL-PACHECO, G. G.; KALER, J.; REMNANT, J.; CHEYNE, L.; ABBOTT, C.; FRENCH, A. P.; PRIDMORE, T. P.; HUXLEY, J. N. Behavioural changes in dairy cows with lameness in an automatic milking system. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 150, p. 1-8, 2014.

MUNKSGAARD, L.; RUSHEN, J.; DE PASSILLÉ, A. M.; KROHN, C. C. Forced versus free traffic in an automated milking system. **Livestock Science**, v. 138, n. 1, p. 244-250, 2011.

OHNSTAD, I.; RIEKERINK, R. O.; HOGWERF, P.; DE KONING, C. A. J. M.; BARKEMA, H. W. Effect of automatic postmilking teat disinfection and cluster flushing on the milking work routine. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 5, p. 2567-2570, 2012.

ORDOLFF, D. Introduction of electronics into milking technology. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 30, n. 1, p. 125-149, 2001.

REINEMANN, D. J. **Robotic milking: current situation**. Proc NMC Ann mtg., p. 75-80, 2008.

RODENBURG, J. **Feeding the Robotic Milking Herd**. e-Commons Cornell's digital repository, 2017a. Available on: <<https://ecommons.cornell.edu/handle/1813/48024>>. Access on: 18 jul 2018.

RODENBURG, J. Robotic milking: Technology, farm design, and effects on work flow. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 9, p. 7729-7738, 2017b.

RODENBURG, J.; HOUSE, H. K. **Field observations on barn layout and design for robotic milking**. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 6., 2007, Minneapolis. Proceedings... Minneapolis:

American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2007. p. 21. Eletronic only.

ROSSING, W.; HOGEWERF, P. H.; IPEMA, A. H.; KETELAAR-DE LAUWERE, C. C.; DE KONING, C. J. A. M. Robotic milking in dairy farming. **NJAS Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 45, n. 1, p. 15-31, 1997.

SALFER, J.; ENDRES, M. Feeding practices on farms with automatic milking systems. In: PENN STATE DAIRY CATTLE NUTRITION WORKSHOP, 2016, **Pennsylvania Proceedings**... State College: Pennsylvania State University, 2016. p. 99-103.

SHORTALL, J.; SHALLOO, L.; FOLEY, C.; SLEATOR, R. D.; O'BRIEN, B. Investment appraisal of automatic milking and conventional milking technologies in a pasture-based dairy system. *Journal of Dairy Science*, v. 99, n. 9, p. 7700-7713, 2016.

SILVA, S. R.; SILVESTRE, A. M.; MONTEIRO, D. O.; ALMEIDA, J. C. **Bem-Estar em Vacas Ordenhadas por Sistemas Robotizados**: Evidências Científicas. In: JORNADAS DE BOVINICULTURA, 3., 2007, Vila Real. Anais... Vila Real: UTAD, 2007 p. 35-51.

SOLANO, L.; BARKEMA, H. W.; PAJOR, E. A.; MASON, S.; LEBLANC, S. J.; ZAFFINO HEYERHOFF, J. C.; NASH, C. G. R.; HALEY, D. B.; VASSEUR, E.; PELLERIN, D.; RUSHEN, J.; DE PASSILLÉ, A. M.; ORSEL, K. Prevalence of lameness and associated risk factors in Canadian Holstein-Friesian cows housed in freestall barns. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 10, p. 6978-6991, 2015.

STEENEVELD, W. BARKEMA, H. W.; HOGEVEEN, H. Use of a cow-specific probability of having clinical mastitis to determine the predictive value postive of automatic milking systems. In: **Precision Livestock Farming '09**. Wageningen Academic Publishers, 2015. p. 323-330.

SUSANTO, D.; ROSSON, C. P.; ANDERSON, D. P.; ADCOCK, F. J. Immigration policy, foreign agricultural labor, and exit intentions in the United States dairy industry. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 4, p. 1774-1781, 2010.

TADICH, N.; FLOR, E.; GREEN, L. Associations between hoof lesions and locomotion score in 1098 unsound dairy cows. **The Veterinary Journal**, v. 184, n. 1, p. 60-65, 2010.

TRANEL, L. **Economics of Robotic Milking Systems**, 2017. Disponível em: <[http:// https://www.usda.gov/oce/forum/past_speeches/2017/2017_Speeches/Larry_Tranel.pdf](http://https://www.usda.gov/oce/forum/past_speeches/2017/2017_Speeches/Larry_Tranel.pdf)>. Acesso em: 30 abr. 2018.

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**, v. 99, n. 5, p. 3824-3837, 2016.

TSE, C.; BARKEMA, H. W.; DEVRIES, T. J.; RUSHEN, J.; PAJOR, E. A. 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, 2017.

UNAL, H.; KURALOGLU, H.; KOYUNCU, M.; ALIBAS, K. Effect of cow traffic type on automatic milking system performance in dairy farms. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 27, n. 5, p. 1454-1463, 2017

VAN VLECK, R. **Early Cow Milking Machines**, 1996. Disponível em: <<http://www.americanartifacts.com/smma/milker/milker.htm>>. Acesso em: 21 set. 2017.

VIJAYAKUMAR, M.; PARK, J. H.; KI, K. S.; LIM, D. H.; KIM, S. B.; PARK, S. M.; JEONG, H. Y.; PARK, B. Y.; KIM, T. II. The effect of lactation number, stage, length, and milking frequency on milk yield in Korean Holstein dairy cows using automatic milking system. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 30, n. 8, p. 1093, 2017.

WESTIN, R.; VAUGHAN, A.; DE PASSILLÉ, A. M.; DEVRIES, T. J.; PAJOR, E. A.; PELLERIN, D.; SIEGFORD, J. M.; WITAIFI, A.; VASSEUR, E.; RUSHEN, J. Cow-and farm-level risk factors for lameness on dairy farms with automated milking systems. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 5, p. 3732-3743, 2016.

Embrapa

Gado de Leite

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO