

Detecção de estro e desempenho reprodutivo de vacas leiteiras: Revisão

Estrus detection and reproductive performance of dairy cows: Review

Detección de celo y rendimiento reproductivo de vacas lecheras: Revisión

Recebido: 29/04/2020 | Revisado: 29/04/2020 | Aceito: 05/05/2020 | Publicado: 10/05/2020

Leticia Ribeiro Marques

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6652-6561>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde

E-mail: leticiamarqueszootec@yahoo.com

João Vítor Nogueira Almeida

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1236-9898>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde

E-mail: jvnogueir1@gmail.com

Thaís Campos Marques

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1112-6699>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde

E-mail: thaisacm@hotmail.com

Kátia Cylene Guimarães

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8821-9709>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde

E-mail: katia.guimaraes@ifgoiano.edu.br

Tiago do Prado Paim

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9486-7128>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Iporá

E-mail: tiago.paim@ifgoiano.edu.br

Karen Martins Leão

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5236-7558>

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde

E-mail: karen.leao@ifgoiano.edu.br

Resumo

Objetivou-se realizar uma revisão de literatura sobre a detecção de estro e sua interferência sobre o desempenho reprodutivo de rebanhos leiteiros. A detecção eficiente e precisa do estro e a realização da inseminação artificial em um tempo assertivo é fundamental para aumentar a taxa de detecção de estro e, conseqüentemente a taxa de prenhez das vacas. Os métodos de detecção do estro que são amplamente utilizados nas fazendas não têm apresentando bons índices. Isto porque as mudanças fisiológicas e comportamentais dos animais, assim como o período da duração do ciclo estral, estão sendo expressas em baixa intensidade e curta duração. Além disso, são muito variáveis e de difícil mensuração. Desta forma, é de suma importância a utilização de métodos eletrônicos para melhorar a detecção do estro.

Palavras-chave: Observação de cio; Eficiência reprodutiva; Sistema automatizado de monitoramento de atividade.

Abstract

The aim was to conduct a literature review on the estrus detection and its interference on the reproductive efficiency of dairy cattle. Efficient and accurate estrus detection of cattle and artificial insemination in an assertive time are essential to increase pregnancy rate, estrus detection rate, and consequently good reproductive efficiency. Methods of estrus detection that are widely used on farms do not have good rates. This is because the physiological and behavioral changes of the animals, as well as the period of the duration of the estrus cycle, are being expressed in low intensity and short duration. In addition, they are very variable and difficult to measure. Thus, it is of utmost importance to use electronic methods to improve estrus detection.

Keywords: Estrus observation; Reproductive efficiency; Automated activity monitoring system.

Resumen

El objetivo fue realizar una revisión de la literatura sobre la detección del celo y su interferencia en el rendimiento reproductivo de los rebaños lecheros. La detección eficiente y precisa del celo y la inseminación artificial en un tiempo asertivo son esenciales para aumentar la tasa de detección de celo y, en consecuencia, la tasa de preñez de las vacas. Los métodos de detección de celo que se utilizan ampliamente en las granjas no muestran buenos índices. Esto se debe a que los cambios fisiológicos y de comportamiento de los animales, así como el período de duración del ciclo estral, se expresan en baja intensidad y corta duración.

Además, son muy variables y difíciles de medir. Por lo tanto, es de suma importancia utilizar métodos electrónicos para mejorar la detección de celo.

Palabras clave: Observación de celo; Rendimiento reproductivo; Sistema automatizado de monitoreo de actividad.

1. Introdução

A detecção precisa do estro é a chave para a eficiência reprodutiva, pois afeta diretamente o intervalo entre partos e, conseqüentemente, a alta produção de leite (Caetano & Caetano Jr, 2015). Assim, aumentar sua eficiência pode elevar significativamente os lucros de uma granja leiteira (Campos & Santos, 2015).

A realização de inseminação artificial (IA) e transferência de embriões baseadas na detecção de estro é fundamental nos programas de manejo reprodutivo de rebanhos (Baruselli et al., 2012), sendo que a expressão do estro melhora a fertilidade e diminui as perdas de prenhez em vacas leiteiras (Pereira et al., 2016).

O método mais usado para detecção de estro em vacas é a observação visual efetuada por um trabalhador. No entanto, o crescimento das granjas leiteiras e o aumento dos custos de mão-de-obra levaram a uma demanda por automação na produção, criando a necessidade por sistemas automatizados para monitorar os animais (Denis-Robichaud et al., 2016).

Atualmente, ferramentas de precisão são utilizadas com o intuito de prever eventos, desempenhar diagnósticos e auxiliar na tomada de decisões (Ruiz-Garcia & Lunadei, 2011; Denis-Robichaud et al., 2016). Um método que vem sendo utilizado para a medição de diferentes parâmetros dos animais é o uso de colares que possuem sensores, os quais mensuram a movimentação do animal e suas alterações de comportamento, os quais fornecem dados para a realização de um manejo eficiente (Hockey et al., 2010a; LeRoy et al., 2018).

O aumento de atividade é reconhecidamente associado ao estro, e sistemas automatizados foram desenvolvidos para detectar este aumento de atividade ou o momento em que o animal está apto a ser montado (Michaelis et al., 2014). Os monitores de atividade, através de pedômetros ou colares, têm precisão em identificar uma grande proporção de gado leiteiro que estão em estro (Hockey et al., 2010a; Lovendahl & Chagunda, 2010) associado ao momento da ovulação (Hockey et al., 2010b).

Dessa forma, a utilização de um sistema automatizado de monitoramento de atividade que detecta aumento da atividade animal, o que indica o estro, é vantajosa para inseminar vacas, pois aumenta a taxa de serviço e diminui os dias à primeira IA (Fricke et al., 2014).

Dentre os parâmetros estimados pelos sistemas automatizados de monitoramento de atividade (SAMA) estão a ruminação, a pesagem corporal das vacas (Ambriz-vilchis et al., 2015), o consumo de alimentos e água (Chizzotii et al., 2015), a atividade para detecção de estro (Michaelis et al., 2014) e o monitoramento de estresse térmico (Stewart et al., 2017).

Uma alternativa para aumentar a taxa de serviço e prenhez quando há ineficiência da detecção do estro, é o uso de protocolos hormonais que sincronizam a manifestação do estro e ovulação, pois permitem a inseminação artificial em tempo fixo (IATF). São fármacos à base de prostaglandinas (PGF2 α), progestágenos, (Silva et al., 2011), associação de hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH) e PGF2 α (Wiltbank & Pursley 2014; Titi et al., 2010) e também a associação de GnRH, progestágenos e PGF2 α (Titi et al., 2010).

Contudo, o uso de IATF após indução hormonal pode acarretar índices menores de prenhez do que aqueles com IA após a detecção do estro (Pereira et al., 2014).

Para tanto, a associação de biotecnologias vem sendo implantada para aumentar a taxa de detecção de estro e, conseqüentemente, as taxas de prenhez (Neves et al., 2012; LeRoy et al., 2018).

Dessa forma, objetivou-se fazer um levantamento de estudos sobre a interferência da detecção de estro na eficiência reprodutiva de bovinos leiteiros. Procurou-se abordar desde a fisiologia do ciclo estral, a evolução das formas de detecção de estro e as biotecnologias utilizadas atualmente para melhorar aumentar a taxa de serviço e a taxa de concepção.

2. Metodologia

O estudo trata-se de uma revisão exploratória e descritiva (Pereira et al., 2018), uma vez que busca conhecer melhor a influência da detecção de estro na eficiência reprodutiva de bovinos leiteiros através do aprofundamento dos fatores que impactam direta e indiretamente na temática.

A pesquisa dos artigos foi realizada durante o período de abril de 2019 a abril de 2020 mediante publicações contidas nas bases de dados da Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), PubMed (US National Library of Medicine National Institutes of Health), Scielo (Scientific Electronic Library Online) e Google acadêmico, a partir dos descritores: estrus observation, reproductive efficiency, automated activity monitoring system, dairy cow.

Os critérios de inclusão foram artigos em português, inglês ou espanhol, disponíveis na íntegra, publicados no corte temporal dos últimos 10 anos. Exceção deste limite temporal

deu-se quanto às informações referentes às bases da fisiologia da reprodução, sendo que também foram utilizados livros para descrever alguns fenômenos estabelecidos. As ilustrações, quando não encontradas em artigos, foram retiradas de sites relacionados à temática. No total foram utilizadas 119 referências.

No que diz respeito aos critérios de exclusão, rejeitou-se resumos; artigos fora da temática e não embasados em dados científicos; dissertações e teses.

3. Revisão de Literatura

3.1 Fisiologia do ciclo estral

Os bovinos são animais poliéstricos que possuem o ciclo estral com duração média de 21 dias. Na grande maioria dessa espécie animal, em seu ciclo estral há a emergência de duas ou três ondas foliculares, sendo que em cada onda há um grupo de folículos que crescem até ocorrer a divergência folicular e a ovulação (Ginter, 1996).

Entretanto, alterações no número de ocorrência de ondas foliculares durante o ciclo estral estão presentes em alguns animais (Figueiredo et al., 1997). Segundo Coutinho et al. (2007), a raça Guzerá apresentou vacas com duas ondas (37,5%), três ondas (50,0%) e quatro ondas (12,5%). Já Borges et al. (2004) verificaram que 24,0% dos animais da raça Gir tiveram ocorrência de duas ondas foliculares, 68% com três e 8% com quatro.

O ciclo estral é dividido em duas fases: estrogênica ou folicular, que abrange as subfases proestro e estro; luteínica ou progesterônica, que envolve o metaestro e o diestro, encerrando na luteólise (Pansani et al., 2009). Além disso, é controlado pelo eixo hipotalâmico hipofisário através do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH), do hormônio luteinizante (LH), do hormônio folículo estimulante (FSH), do estradiol (E₂) e da progesterona (P₄) (Hafez & Hafez, 2004).

As gonadotrofinas, que são o FSH e o LH, são hormônios com diferentes funções. O primeiro tem a função de estimular o crescimento e desenvolvimento do folículo, já o segundo estimula a ovulação e a formação do corpo lúteo. O E₂ tem a função de estimular a excreção do LH e as PGF_{2α} atuam promovendo a luteólise, a indução do parto e a sincronização do estro (Pansini & Beltran, 2009; Wenzinger & Bleul, 2012).

Além destes, outros hormônios também são importantes no ciclo estral. A inibina, que é produzida pelos folículos, provoca um *feedback* negativo na hipófise, o que acarreta inibição da síntese e liberação de FSH, impedindo o crescimento folicular (Ginther et al., 2002).

Fase folicular

O período de proestro tem a duração média de três dias. É caracterizado pelo declínio nos níveis de progesterona, ocasionando o aumento dos níveis de E₂ no sangue e o desenvolvimento folicular (Adams et al., 1992).

Nesta fase, o hipotálamo aumenta a produção e realiza a liberação de GnRH, o qual estimula a secreção de FSH e LH pela hipófise anterior. Os altos níveis de FSH no sangue são responsáveis por induzir o desenvolvimento dos folículos imaturos, e o LH tem como função o crescimento e maturação destes folículos. À medida em que vão se desenvolvendo estimulam o aumento da produção de E₂, o qual estimula a produção e a secreção do LH, dando início a fase de estro (Sunderland et al., 1994).

O estro na vaca é marcado pela sua manifestação, dura aproximadamente 18 horas, sendo que a ovulação ocorre de dez a doze horas após o final deste evento (Fraser et al., 2007). Em média, após cinco horas do início desta fase, ocorre uma onda pré-ovulatória de LH, a qual ocasiona um pico de LH, que é indutor da ovulação (Senger, 2003).

No período de estro, King et al., 1982 consideram que sua manifestação é induzida por elevados níveis de E₂, que promove a dilatação da cérvix, a síntese e secreção do muco vaginal e o transporte dos espermatozoides no trato reprodutivo da fêmea. A vaca fica inquieta, monta e deixa-se montar, podendo ser por macho ou por outra fêmea, reduz apetite, diminui produção de leite e apresenta corrimento muco vaginal claro e viscoso.

Fase luteínica

A fase de metaestro perdura em média três dias. É o período que ocorre a ovulação, caracterizada pelo rompimento da membrana folicular e a expulsão do ovócito. Posteriormente, a parede do folículo ovulado é colapsada e a cavidade é ocupada por linfa e sangue, dando formação ao corpo hemorrágico, o qual se reorganiza e forma o corpo lúteo (CL) (Salles & Araújo, 2010).

Com a presença de LH, há produção de prostaglandinas pelo folículo ovulado, as quais são necessárias para a ruptura do mesmo e liberação do ovócito. Além disso, o LH estimula e prepara as células das camadas granulosa e teca para a luteinização (Filion et al., 2001). Segundo Sartori et al. (2001), a capacidade ovulatória em vacas Holandesas ocorre somente após os folículos alcançarem 10 mm de diâmetro.

O corpo lúteo é uma glândula endócrina, que após a ovulação do folículo dominante, tem a função de sintetizar e secretar progesterona, o qual é importante na regulação do funcionamento dos órgãos genitais femininos e responsável pela manutenção da gestação, caso ocorra fecundação (Smith, 1986).

Em média, o diestro estende-se por 14 dias. Para Mello et al. (2014), o processo é iniciado no momento que o corpo lúteo passa a ser funcional, sintetizando e secretando P₄. Caso ocorra fecundação do óvulo, o corpo lúteo será mantido e altos níveis de P₄ permanecerão durante a gestação.

Caso não ocorra a fecundação, o corpo lúteo irá regredir, os níveis de P₄ irão declinar, e assim um novo ciclo estral poderá ser iniciado. A destruição do corpo lúteo é denominada luteólise e ocorre perante a ação da PGF₂α.

3.2 Expressão e detecção do estro

A expressão do estro é caracterizada por intensa movimentação, imobilidade durante a monta, descarga de muco vaginal, aumento na frequência de micção, comportamento homossexual e mugidos frequentes (Baruselli et al., 2007). Adicionalmente, montar, cheirar a vulva de outra vaca, descansar com o queixo nas costas de outra vaca, lambem-se, esfregar-se, apresentar sinais de agressividade e inquietação, também são sinais exibidos pelas vacas em estro (Kerbrat & Disenhaus, 2004; Roelofs et al., 2010).

A manifestação do estro pode ser influenciada por uma série de fatores, dentre eles a idade (Cushman et al., 2014), fatores sociais como hierarquia (Landaeta-Hernández et al., 2004), nutrição (Omari et al., 2020), condições ambientais (Schuller et al., 2016), tipo de piso (Palmer et al., 2010), ordem de parto (Madureira et al., 2015) e produção de leite (Riviera et al., 2010; Gaillard et al., 2016).

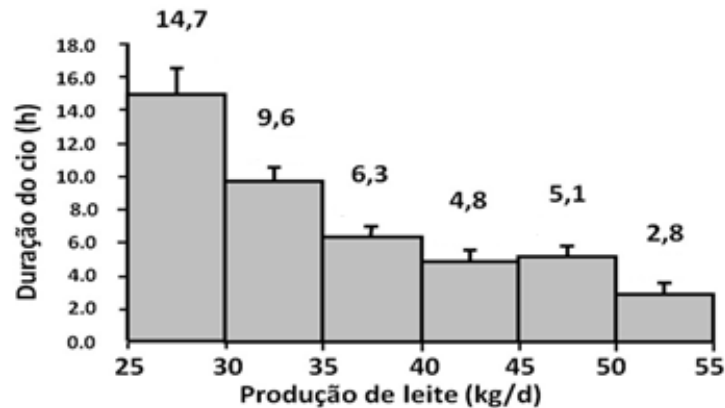
A duração do estro podem apresentar variações. Relatos indicam que fêmeas *Bos indicus* tem a duração do estro menor quando comparadas a fêmeas *Bos taurus*, embora a duração do ciclo estral seja semelhante (Sauls et al., 2017; Dobson et al., 2018; Bó et al., 2003). Além disso, bovinos apresentam um estro mais longo durante a estação seca do que na estação chuvosa devido a influência da temperatura, que pode alterar a duração e expressão do estro, sendo que em temperaturas mais elevadas a duração do ciclo é maior (Schuller et al., 2016).

O estro induzido por hormônios tem uma duração maior do que a do estro natural, pois a dinâmica folicular altera-se com a aplicação de prostaglandinas, porém de forma não muito

distinta daquela do processo normal de regressão luteal ao final do ciclo estral (Uribe-Velásquez et al., 2011; Fierro et al., 2013).

Ademais, a duração do estro em vacas leiteiras de alta produção é menor (Figura 1) (Wiltbank et al., 2006), ovulam folículos maiores, mas com menores concentrações de E₂ devido ao alto metabolismo de estrógenos (Lopez et al., 2004; Madureira et al., 2015).

Figura 1. Relação da produção de leite (Kg/d) com a duração do cio (h).



Fonte: Adaptado de Wiltbank et al. (2006).

A primeira ovulação pós-parto é mais precoce em vacas com alta contagem de folículos antrais devido a maior sensibilidade ao LH e maior androstenediona e produção de E₂ nos folículos (Furukawa et al., 2020).

Formas de detecção do estro

A detecção do estro é um grande desafio para o sucesso do desempenho reprodutivo em granjas leiteiras. Apresenta-se frequentemente em baixos índices (30 a 50%). Entretanto, é através da exata identificação do estro que a realização da IA será eficaz, obtendo altas taxas de prenhez, podendo atingir até 80% (Reith & Hoy, 2018).

A observação visual apresenta-se como o método mais difundido para detecção de estro. No entanto, é tedioso, acarreta em altos custos trabalhistas e possui falhas (Brunassi et al., 2010; Reith & Hoy, 2018). Para obter um índice de 61 a 90% de eficácia nesta observação, é necessário que o trabalhador a realize em três períodos diários com duração mínima de 30 minutos (Roelofs et al., 2005; Mayo et al., 2019). Essa detecção pode ser influenciada pela hora do dia, frequência e duração da observação, além dos comportamentos que são observados (Roelofs et al., 2010).

Assim, outros métodos são utilizados para auxiliar a detectar o estro como, por exemplo, a exposição da fêmea ao rufião ou a outras vacas, detectores de calor, medição de atividade e dispositivos ou câmeras de vídeo. O desenvolvimento de técnicas aprimoradas para identificar animais em estro promete mais sucesso e podem melhorar as taxas de detecção, especialmente se diferentes métodos forem combinados (Holman et al., 2011; Reith et al. (2017).

Roelofs & Van Erp-Van der Kooij (2015) enfatizam que existem resultados divergentes entre os estudos relacionados ao desempenho de novas ferramentas de detecção de estro, mas que esses novos métodos são melhores do que a observação visual.

Rufiões são aqueles machos incapacitados de fecundar, preparados cirurgicamente ou não, mas que efetuam saltos sobre as fêmeas, indicando qual apresenta o comportamento de estro (Hafez & Hafez, 2004). Com a utilização desses animais em meio ao rebanho, há relatos de melhoria na eficiência da identificação de vacas no estro (Vasconcelos et al., 2015).

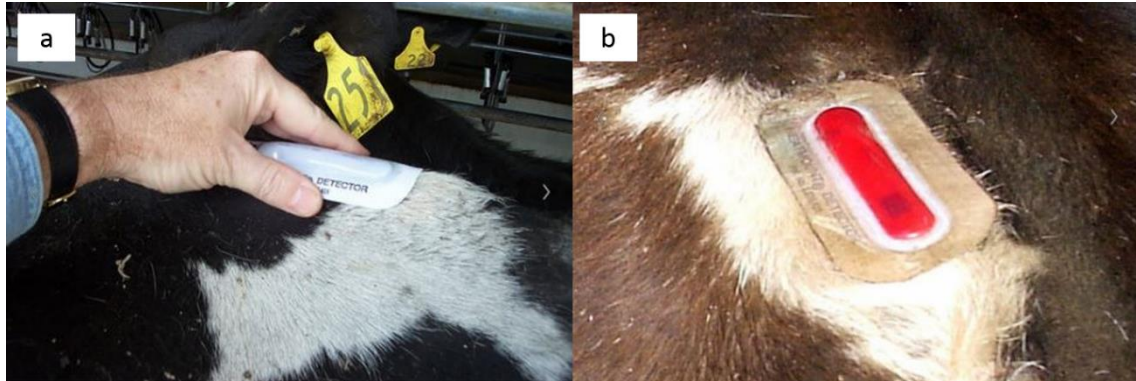
O uso de fêmeas androgenizadas, embora ultrapassado, tem a vantagem de utilizar fêmeas que pertencem ao rebanho, não necessitando adquirir outro animal (Burns et al., 1992). Doses de testosterona são administradas a uma fêmea para induzi-la a demonstrar uma atividade sexual semelhante à de um macho e, assim utilizá-las na detecção de estro. As doses de testosterona podem ser administradas em diferentes níveis e meios, como por subseqüentes aplicações de injeções, implantes intravaginais ou subcutâneos (Kesler, 1981). Em novilhas de corte, teve efeito na bioestimulação para antecipar a concepção de novilhas de corte (Menezes et al., 2011).

A P₄ tem uma alta correlação com o estro, podendo ser medida pelo plasma sanguíneo ou no leite (Marques et al., 2014; Bruinjé et al., 2017). Na fêmea bovina vazia, quando ocorre a lise do corpo lúteo há uma queda na concentração sanguínea da P₄, acarretando em uma nova ovulação. Esta queda na concentração de P₄ é observada no leite e é intimamente correlacionada à concentração existente no plasma sanguíneo (Thatcher et al., 2003; Roelofs et al., 2006). Conforme Bruinjé et al. (2017), concentrações de P₄ abaixo de 5 ng/mL no leite é indicativo de estro. Mayo et al. (2019) afirmam que 86,2% tiveram ovulação indicativa pela aferição da progesterona enquanto que apenas 47% foram montadas durante a observação visual. A aferição de P₄ no leite ou no sangue para a detecção de estro não é muito utilizada em bovinos devido aos custos relativamente altos e o trabalho que demanda, mas é atrativa em pesquisas (Sauls et al., 2017).

Outro método utilizado para a detecção do estro é o *Tailcheck*. Este é composto por sensores de monta com sensibilidade à pressão que são fixados na garupa da vaca, e que

contém tinta em seu interior. No momento da monta, esta tinta é liberada na garupa do animal (Veronese et al., 2017). Um detector de monta deste tipo é o Kamar® (Figura 2).

Figura 2. Local de aplicação do sensor de monta (a) e o dispositivo Kamar® aplicado (b).



Fonte: Adaptado de Psb Animal Health (2020).

A eficiência da detecção do estro por sistemas de monta por pressão possui precisão entre 51,3% e 89,2% (Palmer et al., 2010; Dela Rue et al., 2014; Sauls et al., 2017).

Com o mesmo intuito do *Tailcheck*, existe o *Tailpaint*. Porém, neste tipo é utilizado um bastão marcador de giz, o qual é aplicado na base da cauda do animal (Figura 3).

Figura 3. *Tailpaint* no momento da aplicação na base da cauda.



Fonte: Adaptado de Skenandore & Cardoso (2017).

Aqueles animais que foram montados, indicando comportamento de estro, resultam no desaparecimento total ou parcial da marca de giz do bastão (Horn et al., 2011; Dela Rue et al., 2014).

Horn et al. (2011) relataram que as eficiências de detecção de estro usando um método de pintura de cauda atingiu um índice de 75% das vacas das raças Hereford & Brangus-Ibagé em estro.

No entanto, o método *Tailpaint* pode induzir à detecção de estros falsos positivos. As marcas realizadas com giz na garupa das vacas podem ser apagadas, mas esses animais não se encontram em estro, principalmente em períodos chuvosos (Caetano & Caetano Junior, 2015). Entretanto, a simples substituição formulação da tinta para uma consistência diferente como uma formulação por spray, reduz este tipo de problema (Skenandore & Cardoso, 2017).

Estudos recentes relataram que o uso do adesivo Estrotec[®] (Figura 4) são benéficos para detectar o estro (Thomas et al., 2017). Este adesivo é um sistema de detecção de monta, que consiste na aplicação de um adesivo na garupa próximo à inserção da cauda da fêmea, em que à medida que vai ocorrendo atrito pela monta, este adesivo vai mudando sua coloração (Colazo et al., 2018).

Figura 4. Adesivo Estrotec[®] fixado na vaca e suas mudanças de coloração.



Fonte: Adaptado de Ruralban (2019).

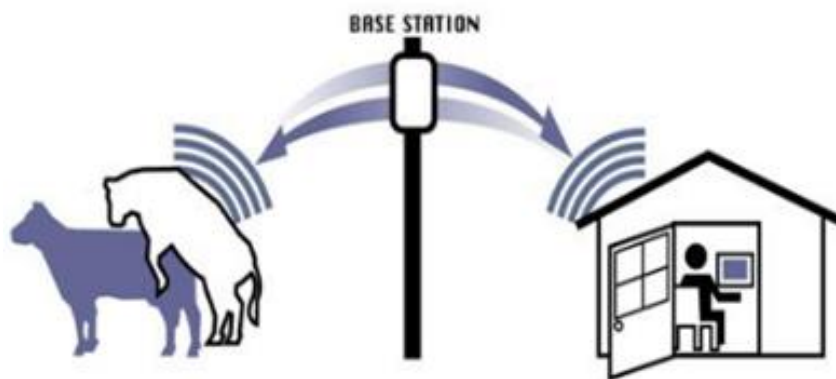
Para a correta aferição, foi estabelecido um sistema de pontuação com diferentes escores para este adesivo, possibilitando determinar a relação do estro. Estes escores variam de 0 a 4, onde animais que apresentam o Estrotec[®] com escore de 0 indica que o adesivo está inalterado, 1 que 25% da coloração teve mudança e 2 que 50% da cor foi mudada, estes escores indicam que a fêmea não se apresenta em estro. E os que apresentam escores 3 ou 4 indicam que teve uma mudança de coloração superior a 75%, indicando que estas fêmeas se encontram em atividade de estro (Pohler et al., 2016).

Estudos relataram aumento das taxas de prenhez aos 30 dias por IA em fêmeas *Bos taurus* e *Bos indicus* que exibiram maiores escores do Estrotec[®], indicando o estro, em comparação àqueles com escores menores que 2 (Franco et al., 2018; Speckhart et al., 2018).

Similarmente, a IA em bovinos de corte mostrou que, quando o Estrotec[®] foi utilizado para detecção de atividade de monta, obteve-se o índice de 64% de detecção, o qual foi considerado bom para indicativo de estro e as vacas tiveram até três vezes mais chances de resultar em gestações confirmadas do que se o estro não fosse detectado antes da inseminação (Colazo et al., 2018).

O sistema eletrônico *HeatWatch*[®] consiste na utilização de uma tecnologia de radiofrequência. Consiste em um pequeno transmissor ligado a um sensor de pressão, incorporados a um pressostato, o qual é colocado no pêlo da região sacral da vaca e é ativado pelo peso de outro animal por um mínimo de 2 segundos (Carvalho et al., 2015) (Figura 5).

Figura 5. Exemplificação do funcionamento do sistema *HeatWatch*[®]



Fonte: Heatwatch (2019).

Esses transmissores monitoram continuamente toda a atividade de monta dos animais e transmitem esses dados (identificação da vaca; data, hora e duração da monta) ao computador, onde algoritmos avançados de software examinam o perfil de monta de cada animal (Caetano & Caetano Jr, 2015).

A eficiência do sistema de radiotelemetria (*HeatWatch*[®]) foi comparada com a observação visual e detectaram 87% e 54% de estro, respectivamente. A confirmação do estro foi feita através da observação dos sinais físicos e comportamentais relacionados ao estro como, aumento de atividade, descarga de muco vaginal e monta, e sempre que possível também eram impostas a palpação retal (At-Taras & Spahr, 2001).

O aumento da atividade física é um sinal secundário de estro em bovinos, e sistemas eletrônicos automatizados que incorporam monitoramento de atividades como um meio de associar o aumento da atividade física com o comportamento e horário de IA em bovinos

foram desenvolvidos e comercializados para a indústria do leite (Holman et al., 2011; Jónsson et al., 2011; Valenza et al., 2012).

Existem comprovações que monitores de atividade são capazes de identificar com precisão a proporção de gado leiteiro que está em estro (Hockey et al., 2010a; Lovendahl & Chagunda, 2010). O aumento da atividade, como a movimentação e, a caminhada, podem aumentar em até 342% em períodos de estro (Kerbrat e Disenhaus, 2004). Vacas alojadas em sistemas *free stall* que estão em estro apresentavam 17 movimentos por hora a mais do que aquelas que não apresentavam estro (Gaillard et al., 2016).

A vaca de alta produção leiteira tende a ter menor intensidade e duração do estro, dificultando a identificação pelo método visual (Harris et al., 2010). Por isso, os produtores têm interesse em sistemas automatizados de monitoramento de atividade (SAMA), com a pretensão de auxiliar ou substituir a detecção de estro visual (Kamphuis et al., 2012).

Existem dois tipos de SAMA: pedômetros ou acelerômetros (Figura 6).

Figura 6. Vaca com pedômetro no membro anterior (a) e vacas utilizando colares com acelerômetro (b).



Fonte: Adaptado de (a) Silper & Cerri (2016); (b) SCR (2019).

Os pedômetros são sensores eletrônicos colocados em um dos membros anteriores ou posteriores do animal, que identificam e registram a sua atividade física. Existem três tipos: (1) registram apenas o número de passos, (2) registram o número de passos e o tempo de repouso e (3) registram além desses comportamentos, a temperatura corporal (Jónsson et al., 2011; Galon, 2010). Já os acelerômetros são sensores eletrônicos utilizado em colares cervicais que controlam continuamente a atividade individual de cada vaca (Valenza et al., 2012). É capaz de fornecer vários padrões de comportamento do animal além da

movimentação e tempo de repouso como alimentação, tempo de ruminção (Martiskainen et al., 2009) e estresse térmico (Abeni & Galli, 2016).

Resumidamente, para ambos os modelos de monitoramento de atividade, após ocorrer os registros, uma antena fixada em um determinado local faz a leitura dos dados acumulados e transfere para um computador com software específico para a interpretação. Este software processa os dados e identifica automaticamente o aumento da atividade física do animal, característica de estro, e indica um intervalo de tempo em que a IA deve ser realizada (Galon, 2010).

Monitorar a atividade de vacas com acelerômetros pode detectar uma alta proporção de vacas prestes a ovular e fornecer uma boa indicação de quando a ovulação ocorrerá (Hockey et al., 2010a). A taxa de detecção de estro pode variar de 72% a 90% com 17% a 32% de falsos positivos (Aungier et al., 2012; Aungier et al., 2015).

Neves et al. (2012) utilizando o SAMA e administração de protocolos hormonais para a detecção de estro em vacas Holandesas afirmou que apenas 25% de um total de 1429 fêmeas bovinas foram detectadas através da observação visual.

Valenza et al. (2012) utilizam acelerômetros e detectores de pressão do tipo Kamar® em vacas e identificaram uma taxa de detecção de estro de 71% e 66%, respectivamente. Enquanto o estudo realizado por Fricke et al. (2014), o SAMA é capaz de detectar até 70% das vacas em estro, enquanto apenas 55% é detectado pelo sistema *Tailpaint*.

O SAMA foi desenvolvido e comercializado principalmente para as granjas leiteiras com o objetivo de associar o aumento da atividade física com a expressão do estro. Consequentemente, determinar o momento mais propício para se realizar a IA, uma vez que o aumento da atividade física é um sinal secundário de estro em bovinos (Holman et al., 2011; Jónsson et al., 2011; Valenza et al., 2012). Segundo Hockey et al. (2010a), SAMA é um método prático e eficiente para selecionar vacas para IA em rebanhos leiteiros criados em piquetes.

3.3 Biotecnologias para sincronização de estro e/ou ovulação

As biotécnicas reprodutivas ligadas à IA podem contribuir significativamente para o incremento da eficiência produtiva e reprodutiva em rebanhos bovinos (Gottschall & Silva, 2012). O melhor entendimento da dinâmica folicular ovariana bovina identificou alternativas para superar limitações ligadas à detecção de estro, utilizando protocolos de sincronização do estro e/ou ovulação (Neves et al., 2012).

Esses protocolos hormonais visam sincronizar a manifestação do comportamento de estro com o uso de PGF2 α e, também da ovulação mediante protocolos com associação de GnRH, progestágenos e PGF2 α , o que permite a IATF (Bó & Baruselli, 2014; Martins et al., 2017).

De acordo com Ricci et al. (2020), programas reprodutivos mais intensivos que usam mais tratamentos hormonais e que resultam em maior desempenho reprodutivo, são mais lucrativos que os programas menos intensivos e permanecem assim, mesmo que os preços hormonais sejam extraordinariamente altos.

Sincronização de estro por meio de prostaglandina (PGF2 α)

A prostaglandina é uma substância luteolítica empregada em bovinos para induzir a regressão do CL e, conseqüentemente, um estro fértil de 3 a 5 dias após o tratamento (Sauls et al., 2017), desde que seja administrada do 5º ao 16º dia do ciclo estral (McConnell's, 2016).

A PGF2 α está envolvida principalmente no processo de luteólise, reduzindo os níveis plasmáticos de P₄, permitindo a ocorrência de uma nova ovulação. Quando se realiza um protocolo que contém PGF2 α o intuito é encurtar o período de diestro através da lise precoce do corpo lúteo, antecipando a ovulação (Pate & Townson, 1994).

Para Sauls et al., 2017 e também Veronese et al., 2019, a taxa de concepção obtida de estro sincronizado, pode variar entre 43,2 e 54,7% com uma única dose de PGF2 α ao primeiro serviço.

Sincronização de estro e ovulação

O programa de sincronização de estro e de ovulação mais difundido no Brasil consiste em implante de material intravaginal impregnado com progestágeno, associado à aplicação de benzoato de estradiol (BE) no início do processo, com a função de provocar a emergência de uma nova onda folicular. No momento da retirada do implante intravaginal, que deve ocorrer entre o sétimo e o nono dia, deve-se administrar a aplicação de PGF2 α no animal, que posteriormente irá provocar a luteólise. Por fim, deve ocorrer a administração de BE após 24 horas da indução da aplicação de PGF2 α ou de GnRH/LH após 48 a 54 horas deste mesmo evento (Vasconcelos et al., 2011; França et al., 2015).

O cipionato de estradiol (CE) usado como indutor de ovulação, tem possibilitado a realização de protocolos de IATF com somente três períodos de manejo, o que reduz

consideravelmente os gastos com mão de obra e minimiza o estresse dos animais. O mesmo também fica biodisponível por maior tempo de forma sistêmica. Ao ser administrado juntamente com a retirada do implante de progesterona, os níveis plasmáticos são mantidos e estimulam o pico de LH após o declínio dos níveis de progesterona (Palhão et al., 2014; Pereira et al., 2016).

Segundo Sobreira et al. (2017), em um protocolo de IATF com novilhas mestiças, ao utilizar o CE no dia 8, obteve-se um menor tempo para a ovulação a partir da retirada do implante. Os autores afirmam que não houve diferença na taxa de prenhez de novilhas mestiças submetidas com CE no dia 8 com novilhas tratadas com BE no dia 9 nos protocolos de IATF. A vantagem do uso do CE é a redução no número de manejos.

Nos Estados Unidos, devido a proibição do uso de estradiol em rebanhos, o protocolo hormonal mais utilizado para a IATF é a combinação de tratamentos com GnRH e PGF2 α . O protocolo é iniciado realizando-se uma injeção de GnRH em um estágio aleatório do ciclo estral. Sete dias depois, administra-se a PGF2 α e após 48 horas realiza-se uma outra dosagem de GnRH. Após de 16 a 24 horas deste procedimento, o animal já está apto para a IA (Furtado et al., 2011).

O protocolo de Ovsynch consiste na inseminação em tempo prefixado, não havendo a necessidade e observação de cio. O tratamento incide em aplicação de PGF2 α nos animais tratados de sete em sete dias associado ao GnRH que induz a liberação de LH, o que induz a ovulação ou a atresia de um possível folículo dominante. Dois a três dias seguintes à aplicação do GnRH ocorre a emergência de uma nova onda folicular. Já o Cosynch, permite que a IATF seja realizada simultaneamente com a última aplicação do GnRH (Martins et al., 2017; Borchardt et al., 2018).

Entretanto, devido à proibição do uso de hormônios em vacas leiteiras saudáveis, a utilização da IATF atrai uma crescente oposição por criadores e consumidores, especialmente na Europa. Assim, estudos são realizados para identificar ferramentas para a detecção de estro que permita um gerenciamento mais automatizado da reprodução (Saint-Dizier & Chastant-Maillard, 2012), principalmente durante o período de estresse térmico, quando vacas de leite apresentarem menor eficiência reprodutiva (Schüller et al., 2014; Sammad et al., 2019).

O desempenho reprodutivo baseado no SAMA e um programa de IATF que foi realizado por Neves et al. (2012), constatou que animais que utilizavam do SAMA emprenharam mais cedo do que aqueles que foram impostos a IATF.

Neves & LeBlanc (2015) ao comparar o desempenho reprodutivo do rebanho com ou sem a utilização do SAMA, não obtiveram diferentes desempenhos reprodutivos. Entretanto,

animais que utilizaram do sistema de monitoramento teve um aumento nas taxas de inseminação e de prenhez quando comparados aqueles que foram submetidos a IATF, e afirmaram que o SAMA pode produzir desempenho reprodutivo comparável aos programas baseados em IATF.

3.4. Associação de tecnologias

Diante dos vários métodos de detecção de estro, nenhum é totalmente eficaz e devem ser utilizados em associação (Caetano & Caetano Jr, 2015). As taxas de detecção de estro aumentaram quando a observação visual foi utilizada em conjunto com o EstroTECT® (Bonato et al., 2012). Da mesma forma, os métodos eletrônicos de detecção de estro possuem grande eficácia, principalmente quando estão associados ao método de observação visual de detecção de estro (Holman et al., 2011; Vasconcelos et al., 2015).

O uso do SAMA para realizar IA com base no aumento da atividade, diminui os dias para primeira IA, aumenta a taxa de serviço (Fricke et al., 2014), melhora as taxas de ovulação e prenhez, e reduz a perda de prenhez (Madureira et al., 2019). Assim, pode ser usado estrategicamente na tomada de decisões, combinando o aumento da atividade por meio do SAMA com o momento que a vaca deve ser inseminada, seja por cio natural ou induzido.

4. Considerações Finais

A falha da detecção de estro é um dos principais problemas para um bom desempenho produtivo das granjas leiteiras. Assim, identificar o estro é de suma importância para determinar o melhor momento para a realização da inseminação artificial. Conseqüentemente, o rebanho irá obter um incremento na eficiência reprodutiva, possibilitando o aumento do número de fêmeas em lactação e gerando maior lucratividade para o produtor.

Desta forma, métodos precisos de detecção de estro em bovinos são importantes, visto que falhas decorrentes da não identificação de estro impedem o sucesso dos programas de inseminação artificial. Neste intuito, os sistemas automatizados de monitoramento de atividade vêm demonstrando ser a melhor opção para melhorar a detecção de estro, apesar da escassez de pesquisas para elucidar melhor os seus efeitos associados a protocolos de sincronização de ovulação.

Agradecimentos

CAPES e Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

Referências

- Abeni, F, & Galli, A. (2017). Monitoring cow activity and rumination time for an early detection of heat stress in dairy cow. *International Journal of Biometeorology*, 61 (3), 417-425. doi: 10.1007/s00484-016-1222-z.
- Adams, GP, Matteri, RL, Kastelic, J. P, Ko, JCH & Ginther, O. (1992). Association between surges of follicle-stimulating hormone and the emergence of follicular waves in heifers. *Reproduction*, 94 (1), 177-188. doi: 10.1530/jrf.0.0940177.
- Ambriz-Vilchis, V, Jessop, NS, Fawcett, RH, Shaw, DJ & Macrae, AI. (2015). Comparison of rumination activity measured using rumination collars against direct visual observations and analysis of video recordings of dairy cows in commercial farm environments. *Journal of Dairy Science*, 98 (3), 1750-1758. doi: 10.3168/jds.2014-8565.
- At-Taras, EE & Spahr, SL. (2001). Detection and characterization of estrus in dairy cattle with an electronic heatmount detector and an electronic activity tag. *Journal of Dairy Science*, 84 (4), 792-798. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74535-3.
- Aungier, SPM, Roche, JF, Sheehy, M, & Crowe, MA. (2012). Effects of management and health on the use of activity monitoring for estrus detection in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95 (5), 2452-2466. doi: 10.3168/jds.2011-4653.
- Aungier, SPM, Roche, JF, Duffy, P, Scully, S & Crowe, MA. (2015). The relationship between activity clusters detected by an automatic activity monitor and endocrine changes during the peri-estrous period in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98, 1666–1684. doi: 10.3168/jds.2013-7405.

Baruselli, PS, Gimenes, LU & Sales, JNDS. (2007). Fisiologia reprodutiva de fêmeas taurinas e zebuínas. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 31 (2), 205-211. Retrieved May 04, 2020, from <http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/download/205.pdf>

Baruselli, PS, Sales, JNS, Sala, RV, Vieira, LM. & Sá Filho, MF. (2018) History, Evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. *Animal Reproduction*, 9 (3), 139-152., Retrieved May 04, 2020 from <https://www.animal-reproduction.org/article/5b5a6055f7783717068b46d7/pdf/animreprod-9-3-139.pdf> .

Bó, GA & Baruselli, PS. (2014). Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal*, 8 (s1), 144-150. doi: 10.1017/S1751731114000822.

Bó, GA, Baruselli, PS, & Martínez, MF. (2003). Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Animal Reproduction Science*, 78 (3-4), 307-26. doi: 10.1016/s0378-4320(03)00097-6.

Bonato, GL, Cunha, MO, dos SANTOS, RM, & Carneiro, LC. (2012). Eficiência do EstroTECT® na identificação de estros em vacas leiteiras mestiças. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 49 (1), 19-23. doi: 10.11606/issn.2318-3659.v49i1p19-23.

Borchardt, S, Schüller, L, Wolf, L, Wesenauer, C & Heuwieser, W. (2018). Comparison of pregnancy outcomes using either an Ovsynch or a Cosynch protocol for the first timed AI with liquid or frozen semen in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 107, 21-26. doi: 10.1016/j.theriogenology.2017.10.026

Borges, AM, Torres, CAA, Rocha Júnior, VR., Ruas, JRM, Gioso, MM., Fonseca, JFD, Carvalho, GR & Maffili, VV. (2004). Dinâmica folicular e momento da ovulação em vacas não lactantes das raças Gir e Nelore durante duas estações do ano. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 56 (3), 346-354. doi: 10.1590/S0102-09352004400300010.

Bruinjé, TC, Gobikrushanth, M, Colazo, MG & Ambrose, DJ. (2017). Dynamics of pre-and post-insemination progesterone profiles and insemination outcomes determined by an in-line

milk analysis system in primiparous and multiparous Canadian Holstein cows. *Theriogenology*, 102, 147-153. doi: 10.1016/j.theriogenology.2017.05.024.

Brunassi, LDA, Moura, DJD, Nääs, IDA., Vale, MMD, Souza, SRLD, Lima, KAOD, Carvalho, TMR & Bueno, LGDF. (2010). Improving detection of dairy cow estrus using fuzzy logic. *Scientia Agricola*, 67 (5), 503-509. doi: 10.1590/S0103-90162010000500002.

Burns, PD, & Spitzer, JC. (1992). Influence of biostimulation on reproduction in postpartum beef cows. *Journal of Animal Science*, 70 (2), 358-362. doi: 10.2527/1992.702358x.

Caetano, GADO & Caetano Júnior, MB. (2015). Métodos de detecção de estro e falhas relacionadas. *Pubvet*, 9, 348-399, Retrieved Apr 22, 2020 from <http://www.pubvet.com.br/artigo/440/meacutetodos-de-deteccedilatildeo-de-estro-e-falhas-relacionadas>.

Campos, CC & Santos, RM. (2015). Conception rate and estrous return detection after TAI in Holstein cows. *Semina: Ciências Agrárias*, 36 (1), 1945-1953. doi:10.5433/1679-0359.2015v36n3Supl1p1945.

Carvalho, BC, Pires, M, Arbex, W, & Santos, GB. (2015). Uso de tecnologias de precisão na reprodução de bovinos leiteiros. *Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia - Embrapa Gado de Leite*, 79, Retrieved May 04, 2020, from <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1037867/1/Cnpgl2015CadTecVetZootUso.pdf>.

Cavalieri, J, Eagles, VE, Ryan, M, & Macmillan, KL. (2003). Comparison of four methods for detection of oestrus in dairy cows with resynchronised oestrous cycles. *Australian Veterinary Journal*, 81 (7), 422-425. doi: 10.1111/j.1751-0813.2003.tb11553.x.

Chizzotti, ML, Machado, FS, Valente, EEL, Pereira, LGR, Campos, MM, Tomich, TR, Coelho, SG & Ribas, N. (2015). Validation of a system for monitoring individual feeding behavior and individual feed intake in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 98 (5), 3438-3442. doi: 10.3168/jds.2014-8925.

Colazo, MG, Whittaker, P, Macmillan, K, Bignell, D, Boender, G, de Carvalho Guimaraes, R & Mapletoft, RJ. (2018). Evaluation of a modified GnRH-based timed-AI protocol associated with estrus detection in beef heifers inseminated with sex-selected or conventional semen. *Theriogenology*, 118, 90-95, doi: 10.1016/j.theriogenology.2018.05.037.

Cushman, RA, McDanel, TG, Kuehn, LA., Snelling, WM, & Nonneman, D. (2014). Incorporation of genetic technologies associated with applied reproductive technologies to enhance world food production. *Current and Future Reproductive Technologies and World Food Production*, 77-96. doi: 10.1007/978-1-4614-8887-3_4.

Dela Rue, BT, Kamphuis, C, Burke, CR & Jago, JG. (2014). Using activity-based monitoring systems to detect dairy cows in oestrus: a field evaluation. *New Zealand Veterinary Journal*, 62 (2), 57-62. doi: 10.1080/00480169.2013.841535.

Denis-Robichaud, J, Cerri, RLA, Jones-Bitton, A & LeBlanc, SJ. (2016). Survey of reproduction management on Canadian dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 99 (11), 9339-9351. doi: 10.1080/00480169.2013.841535.

Erasmus, WJ, Rossing, W, Hogewerf, PH & Benders, E. (1992). Signal processing of activity data for oestrus detection in dairy cattle. *EAAP Publication (Netherlands)*, 64-71 Retrieved April 20, 2019, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1477867017455431>.

Fierro, S, Gil, J, Viñoles, C & Olivera-Muzante, J. (2013). The use of prostaglandins in controlling estrous cycle of the ewe: A review. *Theriogenology*, 79 (3), 399-408. doi: 10.1016/j.theriogenology.2012.10.022.

Figueiredo, RA, Barros, CM, Pinheiro, OL & Soler, JMP. (1997). Ovarian follicular dynamics in Nelore breed (*Bos indicus*) cattle. *Theriogenology*, 47 (8), 1489-1505. doi: 10.1016/S0093-691X(97)00156-8.

Filion, F, Bouchard, N, Goff, AK, Lussier, JG & Sirois, J. (2001). Molecular Cloning and Induction of Bovine Prostaglandin E Synthase by Gonadotropins in Ovarian Follicles Prior to Ovulation in Vivo. *Journal of Biological Chemistry*, 276 (36), 34323-34330. doi: 10.1074/jbc.m103709200.

Firk, R, Stamer, E, Junge, W & Krieter, J. (2002). Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, 75 (3), 219-232. doi: 10.1016/S0301-6226(01)00323-2.

França, LM, Rodrigues, AS, Brandão, LGN, Loiola, MVG, Chalhoub, M, Ferraz, PA, Bittencourt, RF, Jesus, EO & Ribeiro Filho, AL. (2015). Comparação de dois ésteres de estradiol como indutores da ovulação sobre o diâmetro folicular e a taxa de gestação de bovinos leiteiros submetidos a programa de Inseminação Artificial em Tempo Fixo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 16 (4), 958-965. doi: 10.1590/S1519-99402015000400019.

Franco, GA, Peres, RFG, Martins, CFG, Reese, ST, Vasconcelos, JLM, & Pohler, KG. (2018). Sire contribution to pregnancy loss and pregnancy-associated glycoprotein production in Nelore cows. *Journal of Animal Science*, 96 (2), 632-640. doi:10.1093/jas/sky015.

Fraser, C. M., Bergeron, J. A., Mays, A., & Aiello, S. E. (2007). Manual Merck de veterinária. São Paulo: Roca.

Fricke, PM, Giordano, JO, Valenza, A, Lopes Jr, G, Amundson, MC & Carvalho, PD. (2014). Reproductive performance of lactating dairy cows managed for first service using timed artificial insemination with or without detection of estrus using an activity-monitoring system. *Journal of Dairy Science*, 97 (5), 2771-2781. doi:10.3168/jds.2013.7366.

Furukawa, E, Masaki, T, Sakaguchi, K, Bo, M, Yanagawa, Y, Ueda, K & Nagano, M. (2020). Relationship between the timing of the first postpartum ovulation and antral follicle counts in Holstein cows. *Journal of Ovarian Research*, 13 (7), 1-9. doi:10.1186/s13048-020-0610-5.

Furtado, DA, Tozzetti, DS, Avanza, MFB & Dias, LGGG. (2011). Inseminação artificial em tempo fixo em bovinos de corte. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, 16, 1-25., Retrieved May 04, 2020, from: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/MLgHPH4uQfkcKCg_2013-6-26-10-58-3.pdf.

Gaillard, C, Barbu, H, Sørensen, MT, Sehested, J, Callesen, H & Vestergaard, M. (2016). Milk yield and estrous behavior during eight consecutive estruses in Holstein cows fed standardized or high energy diets and grouped according to live weight changes in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 99 (4), 3134-3143. doi:10.3168/jds.2015-10023.

Galon, N. (2010). The use of pedometry for estrus detection in dairy cows in Israel. *Journal of Reproduction and Development*, 56, 48-S52. doi: 10.1262/jrd.1056S48.

Ginther, OJ, Bergfelt, DR, Beg, MA & Kot, K. (2002). Role of low circulating FSH concentrations in controlling the interval to emergence of the subsequent follicular wave in cattle. *Reproduction*, 124 (4), 475-482. doi: 10.1530/rep.0.1240475.

Gottschall, CS & Silva, LR. (2012). Resposta reprodutiva de novilhas de corte aos dois e três anos de idade submetidas a diferentes protocolos para inseminação artificial em tempo fixo (IATF). *Revista Veterinária em Foco*, 10 (1), Retrieved May 04, 2020, from <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/veterinaria/article/view/1162/864>.

Hafez, ESE. & Hafez, B. (2004). *Reprodução animal*. 7^a ed. Barueri: Manole, 3-12.

Harris, BL, Hempstalk, K, de le Rue, BT, Jago, JG & McGowan, JE. (2010). Improving the power of activity-based heat detection using additional automatically captured data. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 70, 299-302, Retrieved May 04, 2020, from https://www.researchgate.net/profile/Kathryn_Hempstalk/publication/259042983_Improving_the_power_of_activity-based_heat_detection_using_additional_automatically_captured_data/links/00b7d529cf9c876627000000/Improving-the-power-of-activity-based-heat-detection-using-additional-automatically-captured-data.pdf.

Heatwatch. (2019). Retrieved May 3rd, 2020, from <https://www.cowchips.net/>.

Hockey, CD, Morton, JM, Norman, ST & McGowan, MR. (2010a). Evaluation of a neck mounted 2-hourly activity meter system for detecting cows about to ovulate in two paddock-

based Australian dairy herds. *Reproduction in Domestic Animals*, 45 (5), 107-117. doi:10.1111/j.1439-0531.2009.01531.x.

Hockey, CD, Morton, JM, Norman, ST & McGowan, MR. (2010b). Improved prediction of ovulation time may increase pregnancy rates to artificial insemination in lactating dairy cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 45 (6), 239-248. doi: 10.1111/j.1439-0531.2009.01548.x.

Holman, A., Thompson, J., Routly, J. E., Cameron, J., Jones, D. N., Grove-White, D., Smith, R. F. & Dobson, H. (2011). Comparison of oestrus detection methods in dairy cattle. *Veterinary Record*, 169 (2), 47-47. doi:10.1136/vr.d2344.

Horn, MM., Galina, CS & Moraes, JCF. (2001). Padrões de distribuição e métodos de identificação de cios em vacas de corte submetidas a sincronização com progestágeno/prostaglandina e monta natural. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 96 (539), 145-149, Retrieved May 04, 2020, from http://www.fmv.ulisboa.pt/spcv/PDF/pdf9_2001/Padroes.pdf.

Jónsson, R, Blanke, M, Poulsen, NK, Caponetti, F & Hojsgaard, S. (2011). Oestrus detection in dairy cows from activity and lying data using on-line individual models. *Computers and Electronics in Agriculture*, 76 (1), 6-15. doi: 10.1016/j.compag.2010.12.014.

Kamphuis, C, DelaRue, B, Burke, CR & Jago, J. (2012). Field evaluation of 2 collar-mounted activity meters for detecting cows in estrus on a large pasture-grazed dairy farm. *Journal of Dairy Science*, 95 (6), 3045-3056. doi: 10.3168/jds.2011-4934.

Kerbrat, S & Disenhaus, C. (2004). A proposition for an updated behavioural characterisation of the oestrus period in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 87 (3-4), 223-238. doi: 10.1016/j.applanim.2003.12.001.

Kesler, DJ, Troxel, TR, Vincent, DL, Scheffrahn, NS & Noble, RC. (1981). Detection of estrus with cows administered testosterone via injections and/or silastic implants. *Theriogenology*, 15 (3), 327-334. doi: 10.1016/0093-691X(81)90054-6.

King, ME, Kiracofe, GH, Stevenson, JS & Schalles, RR. (1982). Effect of stage of the estrous cycle on interval to estrus after PGF 2α in beef cattle. *Theriogenology*, 18 (2), 191-200. doi: 10.1016/0093-691X(82)90103-0.

Landaeta-Hernández, AJ, Palomares-Naveda, R, Soto-Castillo, G, Atencio, A, Chase Jr, CC, & Chenoweth, PJ. (2004). Social and breed effects on the expression of a PGF 2α induced oestrus in beef cows. *Reproduction in Domestic Animals*, 39 (5), 315-320. doi: 10.1111/j.1439-0531.2004.00515.x.

LeRoy, CNS, Walton, JS & LeBlanc, SJ. (2018). Estrous detection intensity and accuracy and optimal timing of insemination with automated activity monitors for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101 (2), 1638-1647. doi:10.3168/jds.2017-13505.

López-Gatius, F. (2003). Is fertility declining in dairy cattle?: a retrospective study in northeastern Spain. *Theriogenology*, 60 (1), 89-99. doi: 10.1016/S0093-691X(02)01359-6.

Lopez, H, Satter, LD, & Wiltbank, MC. (2004). Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 81 (3-4), 209-223. doi: 10.1016/j.anireprosci.2003.10.009.

Lovendahl, P & Chagunda, MGG. (2010). On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93 (1), 249-259. doi:10.3168/jds.2008-1721.

Machado, GV, Torres, CA, Ruas, JRM & Santos, MD. (1998). Detecção de Estro com o Auxílio de Fêmeas Androgenizadas. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 1(1), 23-28. doi: 10.25110/arqvet.v1i1.1998.612.

Madureira, AM, Polsky, LB, Burnett, TA., Silper, BF, Soriano, S, Sica, AF, Pohler, KG, Vasconcelos, JLM & Cerri, RLA. (2019). Intensity of estrus following an estradiol-progesterone-based ovulation synchronization protocol influences fertility outcomes. *Journal of Dairy Science*, 102 (4), 3598-3608. doi:10.3168/jds.2018-15129.

Madureira, AML, Silper, BF, Burnett, TA, Polsky, L, Cruppe, LH, Veira, DM, Vasconcelos, JLM & Cerri, RLA. (2015). Factors affecting expression of estrus measured by activity monitors and conception risk of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98 (10), 7003-7014. doi:10.3168/jds.2015-9672.

Martins, JPN, Acevedo, MJT, Cunha, TO, Piterini, C & Pursley, JR. (2017). The effect of presynchronization with prostaglandin F₂ α and gonadotropin-releasing hormone simultaneously, 7 d before Ovsynch, compared with Presynch-10/Ovsynch on luteal function and first-service pregnancies per artificial insemination. *Journal of Dairy Science*, 100 (6), 5107-5116. doi: 10.3168/jds.2016-11628.

Martiskainen, P, Järvinen, M, Skön, JP, Tiirikainen, J, Kolehmainen, M & Mononen, J. (2009). Cow behaviour pattern recognition using a three-dimensional accelerometer and support vector machines. *Applied Animal Behaviour Science*, 119 (1-2), 32-38. doi: 10.1016/j.applanim.2009.03.005.

Marques, TC, Leão, KM, Oliveira Viu, MA & Sartori, R. (2014). The effects of progesterone treatment following artificial insemination on the reproductive performance of dairy cows. *Tropical Animal Health and Production*, 46 (2), 405–410. doi:10.1007/s11250-013-0504-2.

Mayo, LM, Silvia, WJ, Ray, DL, Jones, BW, Stone, AE, Tsai, IC & Heersche, G. (2019). Automated estrous detection using multiple commercial precision dairy monitoring technologies in synchronized dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102 (3), 2645-2656. doi:10.3168/jds.2018-14738.

McConnell's, P. (2016). *The Agricultural Notebook*. London, England: Elsevier.

Mello, RRC, Ferreira, JE, Mello, MRB & Palhano, HB. (2015). Aspectos da dinâmica folicular em bovinos. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 10 (4), 01-06. doi: 10.30969/acsa.v10i4.570.

Menezes, LM, Brauner, CC, Pimentel, MA, Moraes, JCF & Amaral, FA. (2011). Desempenho reprodutivo de novilhas de corte expostas a diferentes métodos de

bioestimulação. *Archivos de Zootecnia*, 60 (232), 1347-1350. doi: 10.4321/S0004-05922011000400054.

Michaelis, I, Burfeind, O & Heuwieser, W. (2014). Evaluation of oestrous detection in dairy cattle comparing an automated activity monitoring system to visual observation. *Reproduction in Domestic Animals*, 49 (4), 621-628. doi: 10.1111/rda.12337.

Nebel, RL, Dransfield, MG, Jobst, SM & Bame, JH. (2000). Automated electronic systems for the detection of oestrus and timing of AI in cattle. *Animal Reproduction Science*, 60, 713-723. doi: 10.1016/S0378-4320(00)00090-7.

Neves, RC, Leslie, KE, Walton, JS & LeBlanc, SJ. (2012). Reproductive performance with an automated activity monitoring system versus a synchronized breeding program. *Journal of Dairy Science*, 95 (10), 5683-5693. doi: 10.3168/jds.2011-5264.

Omari, M, Lange, A, Plöntzke, J & Roblitz, S. (2020). Model-based exploration of the impact of glucose metabolism on the estrous cycle dynamics in dairy cows. *Biology Direct*, 15 (2), 1-22. doi: 10.1186/s13062-019-0256-7.

Palhão, MP, Piedade, CDS, Araújo, HL, Fernandes, CDC, Guimarães, CRB, Ribeiro, JR, Reis, WDSM & Viana, JHM. (2014). Sincronização folicular e vascularização do folículo dominante em novilhas mestiças tratadas com estradiol. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 21 (2), 117-121. doi: 10.4322/rbcv.2014.034.

Palmer, MA, Olmos, G, Boyle, LA & Mee, JF. (2010). Estrus detection and estrus characteristics in housed and pastured Holstein–Friesian cows. *Theriogenology*, 74 (2), 255-264. doi: 10.1016/j.theriogenology.2010.02.009.

Pansani, MA & Beltran, MP. (2009). Anatomia e fisiologia do aparelho reprodutor de fêmeas bovinas. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, ano VII (12). Retrieved April 30, 2020, from http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/MBINAo2JHuZSrRY_2013-6-19-10-50-19.pdf

Pate, JL & Townson, DH. (1994). Novel local regulators in luteal regression. *Journal of Animal Science*, 72 (3), 31-42, Retrieved April 22, 2019, from https://www.researchgate.net/profile/David_Townson/publication/267938692_Novel_Local_Regulators_in_Luteal_Regression/links/5460b9120cf27487b4525a63.pdf.

Peralta, OA, Pearson, RE & Nebel, RL. (2005). Comparison of three estrus detection systems during summer in a large commercial dairy herd. *Animal Reproduction Science*, 87 (1-2), 59-72. doi: 10.1016/j.anireprosci.2004.10.003.

Pereira, MHC, Rodrigues, ADP, De Carvalho, RJ, Wiltbank, MC & Vasconcelos, JLM. (2014). Increasing length of an estradiol and progesterone timed artificial insemination protocol decreases pregnancy losses in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97 (3), 1454-1464. doi: 10.3168/jds.2013-7287.

Pereira, AS, Shitsuka, DM, Parreira, FJ & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia do trabalho científico* [e-book]. Santa Maria, RS: UFSM, NTE. Retrieved April 2, 2020, from https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Pereira, MHC, Wiltbank, MC & Vasconcelos, JLM. (2016). Expression of estrus improves fertility and decreases pregnancy losses in lactating dairy cows that receive artificial insemination or embryo transfer. *Journal of Dairy Science*, 99 (3), 2237–2247. doi: 10.3168/jds.2015-9903.

Pires, MF, Alves, NG, Silva Filho, JM, Camargo, LSA & Verneque, RS. (2003). Comportamento de vacas da raça Gir (*Bos taurus indicus*) em estro. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 55(2),187-196. doi: 10.1590/S0102-09352003000200010.

Pohler, K. G., Peres, R. F. G., Green, J. A., Graff, H., Martins, T., Vasconcelos, J. L. M., & Smith, MF. (2016). Use of bovine pregnancy-associated glycoproteins to predict late embryonic mortality in postpartum Nelore beef cows. *Theriogenology*, 85 (9), 1652-1659. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.01.026.

Psb Animal Health. (2020). Retrieved May 2, 2020, from <https://www.pbsanimalhealth.com/products/kamar-heatmount-detectors-cattle>.

Reith, S & Hoy, S. (2018). Review: Behavioral signs of estrus and the potential of fully automated systems for detection of estrus in dairy cattle, *Animal*, 12, 398–407. doi: 10.1017/S1751731117001975.

Ricci, A, Li, M, Fricke, PM & Cabrera, VE. (2020). Short communication: Economic impact among 7 reproductive programs for lactating dairy cows, including a sensitivity analysis of the cost of hormonal treatments. *Journal of Dairy Science*, S0022-0302 (20), 30275-30277. doi: 10.3168/jds.2019-17658.

Rivera, F, Narciso, C, Oliveira, R, Cerri, RLA, Correa-Calderón, A, Chebel, RC & Santos, JEP. (2010). Effect of bovine somatotropin (500 mg) administered at ten-day intervals on ovulatory responses, expression of estrus, and fertility in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93 (4), 1500-1510. doi: 10.3168/jds.2009-2489.

Roelofs, JB, Graat, EAM, Mullaart, E, Soede, NM, Voskamp-Harkema, W & Kemp, B. (2006). Effects of insemination–ovulation interval on fertilization rates and embryo characteristics in dairy cattle. *Theriogenology*, 66 (9), 2173-2181. doi: 10.1016/j.theriogenology.2006.07.005.

Roelofs, J, López-Gatiús, F, Hunter, RHF, Van Eerdenburg, FJCM & Hanzen, C. (2010). When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology*, 74 (3), 327-344. doi: 10.1016/j.theriogenology.2012.02.016.

Roelofs, J. B., Van Eerdenburg, F. J. C. M., Soede, N. M., & Kemp, B. (2005). Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology*, 63 (5), 1366-1377. doi: 10.1016/j.theriogenology.2004.07.009.

Roelofs, JB & Van Erp-van der Kooij, E. (2015). Estrus detection tools and their applicability in cattle: recent and perspectival situation. *Animal Reproduction*, 12 (3), 498-504, Retrieved May 04, 2020, from <https://www.animal-reproduction.org/article/5b5a6033f7783717068b4614/pdf/animreprod-12-3-498.pdf>.

Ruiz-Garcia, L & Lunadei, L. (2011). The role of RFID in agriculture: Applications, limitations and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 79 (1), 42-50. doi: 10.1016/j.compag.2011.08.010.

Ruralban. (2019). Retrieved July 01, 2019, from <https://www.ruralban.com/inseminacao-artificial-e-t-e/detector-de-cio/detector-de-cio-estrotect>.

Saint-Dizier, M & Chastant-Maillard, S. (2012). Towards an automated detection of oestrus in dairy cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 47 (6), 1056-1061. doi: 10.1111/j.1439.0531.2011.01971.

Salles, MGF & Araújo, AA. (2010). Corpo lúteo cíclico e gestacional: revisão. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 34 (3), 185-194, Retrieved April 22, 2019, from https://www.researchgate.net/profile/Maria_Gorete_Flores_Salles/publication/272621785_Corpo_luteo_ciclico_e_gestacional_revisao_Cyclic_and_gestational_corpus_luteum_review/links/54ea38c10cf2f7aa4d56e71f.pdf.

Sammad, A, Umer, S, Shi, R, Zhu, H, Zhao, X & Wang, Y. (2019). Dairy cow reproduction under the influence of heat stress. *Journal of animal Physiology and Animal Nutrition*. doi: 10.1111/jpn.13257.

Sartori, R, Fricke, PM, Ferreira, JC, Ginther, OJ, & Wiltbank, MC. (2001). Follicular deviation and acquisition of ovulatory capacity in bovine follicles. *Biology of Reproduction*, 65 (5), 1403-1409. doi: 10.1095/biolreprod65.5.1403.

Sauls, JA, Voelz, BE, Hill, SL, Mendonça, LGD & Stevenson, JS. (2017). Increasing estrus expression in the lactating dairy cow 1. *Journal of Dairy Science*, 100 (1), 807–820. doi: 10.3168/jds.2016-11519.

SCR. (2019). Retrieved July 20, 2019, from <http://www.scrdairy.com/cow-intelligence/scr-heatmap-hr-system.html>.

Schüller, LK, Burfeind, O & Heuwieser, W. (2014). Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature–humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. *Theriogenology*, 81 (8), 1050-1057. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.01.029.

Schüller, LK, Burfeind, O & Heuwieser, W. (2016). Effect of short-and long-term heat stress on the conception risk of dairy cows under natural service and artificial insemination breeding programs. *Journal of Dairy Science*, 99 (4), 2996-3002. doi: 10.3168/jds.2015-10080.

Senger, P. (2003). *Pathways to pregnancy and parturition*. Washington: Current Conceptions.

Silper, BF & Cerri, RLA. (2016). Monitores de atividade como ferramenta para detecção de cio. Retrieved June 20, 2019, from <http://www.revistaleiteintegral.com.br/noticia/monitores-de-atividade-como-ferramenta-para-deteccao-de-cio>.

Silva, PRB, Souza, MA, Santos, SF & Santos, RM. (2011). Regulação farmacológica do ciclo estral de bovinos. *Pubvet*, 5 (39), 1251-1257. Retrieved May 4, 2020, from <http://www.pubvet.com.br/artigo/2168/regulaccedilatildeo-farmacoloacutegica-do-ciclo-estral-de-bovinos>.

Siqueira, LC, Oliveira, JFCD, Loguércio, RDS, Löf, HK & Gonçalves, PBD. (2008). Sistemas de inseminação artificial em dois dias com observação de estro ou em tempo fixo para vacas de corte amamentando. *Ciência Rural*, 38(2), 411-415. doi: 10.1590/S0103-84782008000200019.

Skenandore, CS & Cardoso, FC. (2017). The effect of tail paint formulation and heifer behavior on estrus detection, *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 5 (2), 113-120. doi: 10.1016/j.ijvsm.2017.08.001.

Smith, MF. (1986). Recent advances in corpus luteum physiology. *Journal of Dairy Science*, 69 (3), 911-926. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(86)80481-7.

Sobreira, RR, Almeida, IC, Oliveira, FA, Siqueira, JB, Barioni, G, Lima, DV & Siqueira, LA. (2017). Cipionato de estradiol e benzoato de estradiol em protocolos de inseminação artificial em tempo fixo em novilhas mestiças. *Veterinária e Zootecnia*, 24 (3), 581-591. doi: 10.35172/rvz.2017.v24v295.

Speckhart, S, Franco, G, Maia, T, Dantas, F, Thompson, K, Rhinehart, J & Pohler, K. (2018). Effect of reproductive tract size and position scores and estrus on reproductive performance in beef cows. *Journal of Animal Science*, 96 (3), 358-358. doi: 10.1093/jas/sky404.787.

Stewart, M, Wilson, MT, Schaefer, AL, Huddart, F & Sutherland, MA. (2017). The use of infrared thermography and accelerometers for remote monitoring of dairy cow health and welfare. *Journal of Dairy Science*, 100 (5), 3893-3901. doi:10.3168/jds.2016-12055.

Sunderland, SJ, Crowe, MA, Boland, MP, Roche, JF & Ireland, JJ. (1994). Selection, dominance and atresia of follicles during the oestrous cycle of heifers. *Reproduction*, 101 (3), 547-555. doi:10.1530/jrf.0.1010547.

Thatcher, WW, Guzeloglu, A, Meikle, A, Kamimura, S, Bilby, T, Kowalski, AA, Badinga, L, Pershing, R, Bartolome, J & Santos, JEP. (2003). Regulation of embryo survival in cattle. *Society for Reproduction and Fertility*, 253-266, Retrieved June 20, 2019 from https://cals.arizona.edu/extension/dairy/todd_pdf/Regulation_embryo_survival_cattle.pdf.

Titi, HH, Kridli, RT & Alnimer, MA. (2010). Estrus synchronization in sheep and goats using combinations of GnRH, progestagen and prostaglandin F₂α. *Reproduction in Domestic Animals*, 45 (4), 594-599. doi: 10.1111/j.1439-0531.2008.01309.x .

Uribe-Velásquez, LF, Souza, MIL & Osorio, JH. (2011). Efeito do tempo da aplicação de prostaglandina na resposta folicular em ovelhas durante o ciclo estral. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40 (5), 985-991. doi: 10.1590/S1516-35982011000500007.

Valenza, A, Giordano, JO, Lopes Jr, G, Vincenti, L, Amundson, MC & Fricke, PM. (2012). Assessment of an accelerometer system for detection of estrus and treatment with gonadotropin-releasing hormone at the time of insemination in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95 (12), 7115-7127. doi: 10.3168/jds.2012-5639.

Vasconcelos, JL, Jardina, DT, Sá Filho, OG, Aragon, FL & Veras, MB. (2011). Comparison of progesterone-based protocols with gonadotropin-releasing hormone or estradiol benzoate for timed artificial insemination or embryo transfer in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 75 (6), 1153-1160. doi: 10.1016/j.theriogenology.2010.11.027.

Vasconcelos, GL, Lopes, MA & Reis, EMB. (2015) Detecção eletrônica do estro em vacas leiteiras: uma revisão. *Ciência Animal*, 25 (2), 48-59. Retrieved May 04, 2020 from http://www.uece.br/cienciaanimal/dmdocuments/artigo04_2015_2.pdf.

Veronese, A, Marques, O, Moreira, R, Belli, AL, Bilby, TR & Chebel, RC. (2019). Estrous characteristics and reproductive outcomes of Holstein heifers treated with 2 prostaglandin formulations and detected in estrus by an automated estrous detection or mounting device. *Journal of Dairy Science*, 102 (7). doi: 6649-6659. doi:10.3168/jds.2018-15957

Wenzinger, B & Bleul, U. (2012). Effect of a prostaglandin F2 α analogue on the cyclic corpus luteum during its refractory period in cows. *BMC Veterinary Research*, 8 (1), 220. doi: 10.1186/1746-6148-8-220.

Wiltbank, M, Lopez, H, Sartori, R, Sangsritavong, S & Gümen, A. (2006). Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology*, 65 (1), 17-29. doi: 10.1016/j.theriogenology.2005.10.003.

Wiltbank, MC & Pursley, JR. (2014). The cow as an induced ovulator: Timed AI after synchronization of ovulation. *Theriogenology*, 81 (1), 170-185. doi: 10.1016/j.theriogenology.2013.09.017.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Letícia Ribeiro Marques – 45%

João Vitor Nogueira Almeida – 10%

Thaís Campos Marques – 15%

Kátia Cylene Guimarães – 5%

Tiago do Prado Paim – 5%

Karen Martins Leão – 20%