

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

**NATHÁLIA ALBANEZE ANACHE**

**METODOLOGIAS DE IDENTIFICAÇÃO DO ESTRO COMO ALTERNATIVA  
DE OTIMIZAR OS RESULTADOS DA IATF**

**CAMPO GRANDE - MS**

**2018**

NATHÁLIA ALBANEZE ANACHE

**METODOLOGIAS DE IDENTIFICAÇÃO DO ESTRO COMO  
ALTERNATIVA DE OTIMIZAR OS RESULTADOS DA IATF**

Dissertação de tese / Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias como requisito final para obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias.

Orientador: Prof. Dr. Ériklis Nogueira

CAMPO GRANDE – MS

2018

***“Alguns homens veem as coisas  
como são e dizem “Por que?”,  
Eu sonho com as coisas que  
nunca foram e digo “Por que  
não?””***

***George Bernard Shaw,  
1930.***

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, que guia meus passos e me conduz, iluminando toda minha trajetória. Que Ele continue se fazendo presente em minha vida. A minha mãe, Silvana, pelos sacrifícios que a senhora fez em prol da minha educação. Nós sabemos que não foram poucos. Se cheguei até aqui, devo tudo isso a você, que sempre me instruiu e incentivou, tornando sonhos em realidade e fazendo das causas impossíveis, possíveis. Muito obrigada mãe, sem você nada seria.

Ao meu pai, Paulo Henrique, por todo apoio e motivação, olhando por mim, incentivando, alimentando meus sonhos e torcendo pelo meu sucesso. Obrigada pai, seu amor e seus ensinamentos me ajudaram a alcançar esse objetivo. Ao meu padrasto João Antônio e minha madrasta Cecília, que acreditaram em mim e me apoiaram. Aos meus irmãos, Paolla, que sempre foi um exemplo para mim, Guilherme, Marco Antônio (*in memoriam*), Ana Beatriz e Ana Vitória, luzes da minha vida.

Aos meus avós, alguns que já partiram, mas deixaram sábios ensinamentos, que carrego comigo em minha jornada. Um agradecimento especial aos meus avós Carlos Ronald e Marília, muito presentes em minha vida, sendo fundamentais para minha formação, me dando todo amor do mundo.

Aos meus amigos, em especial, Lúcia, Nathália e Breno, que sempre se mostraram presentes e atenciosos, compartilhando todos os momentos comigo, me dando forças para chegar até aqui. A minha amiga Karine Casanova, companheira de mestrado, trabalho e de vida. Obrigada por sempre me orientar, todas as mil vezes que estava desorientada, pelo apoio, risadas,

ajudas sem fim e pela amizade tão especial que construímos ao longo desses anos de mestrado.

Ao meu orientador Dr. Ériklis Nogueira, pela dedicação, esforço, suporte e pelo grande mestre, que tive o prazer de ter durante minha formação. Sua inteligência e humildade o fazem um brilhante profissional. Aos professores que tive oportunidade de conhecer ao longo do mestrado, os quais me agregaram muito conhecimento e compartilharam experiências valiosas, em especial, Dra. Fabiana Sterza. Aos meus supervisores e toda equipe do Mangueiro Digital e da EMBRAPA Gado de Corte, Dr. Pedro Paulo Pires, Msc. Quintino Isídio, Fernando Rech, Daniel Oliveira e Dra. Alessandra Nicacio, que se dedicaram muito ao projeto e sem os quais nada disso teria sido realizado.

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – FAMEZ, que me concedeu a bolsa de estudos, permitindo a realização deste sonho. Não poderia deixar de agradecer ao Fernando, responsável por cuidar do programa de Ciências Veterinárias, que sempre nos salvou, ajudou, sem medir esforços e boa vontade. Parabéns pelo excelente profissional.

Ao grupo de pesquisa “Vuco vuco”, Witis, Christopher, Ériklis, Jean e Karine, por todos os ensinamentos, oportunidades de aprendizado, pelas cobranças e pelas pessoas incríveis que são. É uma honra fazer parte dessa equipe. E meu muito obrigada a todos aqueles que participaram direta ou indiretamente da minha formação.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	14
<b>2.2. Objetivo Geral</b> .....	14
<b>2.3. Objetivos Específicos</b> .....	14
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	14
<b>3.1. Ciclo Estral</b> .....	14
<b>3.2. Estro e Temperatura</b> .....	17
<b>3.3. Detecção do estro</b> .....	16
<b>3.4. Sistema de Telemetria</b> .....	19
<b>4. Materiais e métodos</b> .....	21
<b>4.1. Animais e coletas de dados</b> .....	21
<b>4.2. Modelos de predição de estro</b> .....	23
<b>4.3. Análise estatística</b> .....	24
<b>6. RESULTADOS</b> .....	25
<b>7. DISCUSSÃO</b> .....	31
<b>8. CONCLUSÃO</b> .....	35
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	35

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1.</b> Número de observações de cio (% (observação de cio/total de vacas observadas)) em cada método de detecção.....	25
<b>TABELA 1.</b> Taxas de prenhez de IATF e ECC de acordo com os diferentes métodos de detecção de cio.....	26
<b>TABELA 3.</b> Correlações entre taxa de prenhez e técnicas de avaliação de cio.....	28

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Dados obtidos da leitura de temperatura do bolus intraruminal de um animal com expressão de cio no dia 16/03/2017.....30
- Figura 2.** Curva de temperatura de um animal com expressão de cio obtida a partir dos dados gerados pelo bolus intraruminal no dia 16/03/2017.....31
- Figura 3.** Curva de temperatura de um animal sem expressão de cio obtida a partir dos dados gerados pelo bolus intraruminal no dia 07/04/2017.....31
- Figura 4.** Probabilidade de prenhez com o método de observação de cio com drone, de acordo com o ECC ( $P= 0,016$ ).....28
- Figura 5.** Probabilidade de prenhez com o método de bastão marcador, de acordo com o ECC ( $P= 0,006$ ).....29

**Gado de Corte**

Comissão de Ética para o Uso de Animais (CEUA) da  
Embrapa Gado de Corte

**CERTIFICADO**

Protocolo Nº: 010/2014
Pesquisador / Orientador: Pedro Paulo Pires
Responsável pelo Projeto: Nathália Albaneze Anache
Título do Projeto: Predição do cio em bovinos através do monitoramento da temperatura com utilização de dispositivo intraruminal.

A CEUA da Embrapa Gado de Corte, após análise das adequações solicitadas, emitiu o parecer **APROVADO** referente a este Protocolo, conforme exigências do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA).

Vanessa Felipe de Souza  
Coordenador da CEUA

Campo Grande, 31 de julho de 2017.

## RESUMO

Sabe-se que a expressão de cio aumenta as taxas de prenhez em protocolos de IATF, e a busca de métodos de detecção de cio com menor utilização de mão de obra, é desejável, seja em protocolos de IATF ou mesmo para uso da IA tradicional. Assim, a pesquisa teve como objetivo comparar a eficácia de diferentes técnicas de detecção de cio em vacas Nelore submetidas a protocolos de IATF e suas relações com a fertilidade. Foram usadas as técnicas: bolus intraruminal com sensor de temperatura (Trr), bastão marcador na região sacro-caudal, em que: ESCT1: sem expressão de cio; ESCT2: baixa expressão de cio; ESCT3: alta expressão de cio; e observação visual de cio com auxílio de drone. A pesquisa foi realizada na Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande – MS, com 44 vacas pluríparas, avaliadas pelas três técnicas. Foi feita a introdução por via esofágica do bolus intraruminal e a coleta de dados foi realizada durante os dias 8, 9 e 10 do protocolo de IATF, de três manejos (D0, D8 e D10). Foi feita a marcação dos animais com o bastão na região sacro-caudal e na região dorsal, para facilitar a identificação na observação visual com o drone, que ocorreu duas vezes ao dia, por 60 minutos. O Dg foi realizado 30 dias após a IATF. A expressão de cio de acordo com o método foi avaliada pelo teste de Qui-Quadrado ( $p < 0,05$ ). Para analisar o efeito do método de detecção na probabilidade de prenhez de IATF foi utilizado o pacote PROC LOGISTIC do SAS. A quantidade de vacas identificadas em cio foi de: 61,36% (27/44) com o BOLUS; 56,81% (25/44) com DRONE, e 75% (33/44) com BASTÃO (ESCT 2 e 3), não diferindo a % de cio entre os métodos ( $P = 0,1794$ ). A taxa de prenhez de IATF foi de 56% e a detecção de cio com bastão apresentou efeito ( $P = 0,006$ ) sobre a probabilidade de prenhez de IATF, assim como com o DRONE ( $P = 0,016$ ). Já no BOLUS não houve efeito sobre a probabilidade de prenhez ( $P = 0,3586$ ). A comparação dos métodos quanto à detecção do cio mostrou que a capacidade de observação das técnicas foi semelhante, porém, quando correlacionado com a taxa de prenhez da IATF, a utilização do bastão marcador e observação visual através de imagens com drone foram mais eficientes.

Palavras-chave: bastão marcador, bolus intraruminal, drone, estro, temperatura.

## ABSTRACT

It is known that the expression of estrus increases pregnancy rates in IATF protocols, and the search for methods of detection of estrus with less use of labor is desirable, either in IATF protocols or even for use of traditional AI. The objective of the present study was to compare the efficacy of different techniques for detection of estrus in Nelore cows submitted to IATF protocols and their relationships with fertility. The following techniques were used: intraruminal bolus with temperature sensor (Trr), marker stick in the sacro-caudal region, where: ESCT1: no cio expression; ESCT2: low expression of estrus; ESCT3: high expression of estrus; and visual observation of heat with drone aid. The research was carried out at the Embrapa Gado de Corte, in Campo Grande - MS, with 44 cows pluriparas, evaluated by the three techniques. Esophageal introduction of the intraruminal bolus was performed, and data collection was performed during days 8, 9 and 10 of the IATF protocol, three treatments (D0, D8 and D10). The animals were tagged with the rod in the sacro-caudal region and in the dorsal region to facilitate visual identification with the drone, which occurred twice a day for 60 minutes. Dg was performed 30 days after IATF. The expression of estrus according to the method was evaluated by the Chi-square test ( $p < 0.05$ ). To analyze the effect of the detection method on the probability of IATF pregnancy, the SAS PROC LOGISTIC package was used. The number of cows identified in estrus was: 61.36% (27/44) with BOLUS; 56.81% (25/44) with DRONE, and 75% (33/44) with BATT (ESCT 2 and 3), without differing the% of estrus between the methods ( $P = 0.1794$ ). The IATF pregnancy rate was 56% and the detection of barium enema had an effect ( $P = 0.006$ ) on the probability of pregnancy of TAI, as well as with DRONE ( $P = 0.016$ ). In BOLUS, there was no effect on the probability of pregnancy ( $P = 0.3586$ ). Comparison of the methods for the detection of estrus showed that the ability to observe the techniques was similar, however, when correlated with the pregnancy rate of the FTAI, the use of the marker stick and visual observation through drone imaging were more efficient.

Key words: marker stick, intraruminal bolus, drone, estrus, temperature.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do planeta (IBGE, 2010), com 212 milhões de cabeças (FAOSTAT, 2013), aparecendo continuamente como um dos maiores produtores mundiais de carne bovina. Porém, o país apresenta baixos índices de produtividade comparativamente a outros países com tradição no setor (JANK et al., 2014).

A melhoria produtiva, para aumentar o destaque brasileiro no mercado da carne, é alcançada através da intensificação de práticas modernas. Para que este quadro seja mantido é importante tornar o sistema cada vez mais eficiente, aumentando a produtividade de forma sustentável (VAN REES et al., 2014). El-Osta e Morehart (2000) descrevem que propriedades com alta adoção tecnológica apresentam custos de produção 53% menor do que empresas de baixa adoção.

O alto desempenho reprodutivo é essencial para garantir a máxima produção pecuária e retorno econômico satisfatório. Neste contexto, a incorporação de programas reprodutivos ajudam a otimizar os resultados e rentabilidade do rebanho. A Inseminação artificial (IA), bem como a inseminação artificial em tempo fixo (IATF), permitem maior ganho genético e econômico através do uso de touros geneticamente superiores e sincronização da ovulação. A porcentagem de animais inseminados no rebanho brasileiro aumentou de 6% (2002) a quase 10% do rebanho em 2011 (BARUSELLI et al., 2012).

A redução de mão de obra devido aos custos ocasionou o decréscimo do tempo de monitoramento por animal, dificultando o produtor de prever a ocorrência de alguns eventos fisiológicos do animal, como por exemplo, o estro. Alguns outros desafios dificultam a detecção do estro, como, vacas em condições anovulares (WILTBANK et al., 2002), menor duração do estro que reduz o tempo para detecção visual do comportamento característico (LOPEZ et al., 2004), vários animais manifestando estro ao mesmo tempo e ovulações

silenciosas (PALMER et al., 2010).

Em protocolos de IATF, como regra, todas as vacas aptas são inseminadas, independentemente se o animal expressou o estro, embora estudos mostrem que a expressão do estro próximo a IATF está associada a maior fertilidade (PANCARCI et al., 2002; KASIMANICKAM et al., 2005; SOUZA et al., 2007). Vacas que não apresentam estro durante o protocolo tendem a ter menor taxa de ovulação e, conseqüentemente, menor probabilidade de emprenhar, e estudos indicam uma diminuição na perda de gestação em vacas que exibem estro durante protocolos de IATF (CERRI et al., 2004; GALVÃO et al., 2004; PEREIRA et al., 2014).

Assim, a falha na identificação do cio resulta em grandes perdas econômicas para o sistema de produção, reduzindo a taxa de serviço e rendimento do rebanho (RAO et al., 2013). Diante disso, novas tecnologias estão sendo criadas e implementadas em programas de IATF para melhorar o controle do estro e maior sucesso no número e qualidade de gestação (HOLMAN et al., 2011; JÓNSSON et al. 2011; RICHARDSON et al., 2015).

O monitoramento desse evento pela temperatura reticuloruminal ( $T_{rr}$ ) parece ser uma metodologia interessante em relação às outras regiões já avaliadas, visto que o aparelho fica alojado internamente no animal sem causar danos, além de diminuir o gasto do tempo e da mão de obra. O sistema também possui vigilância contínua e individual, podendo prever com maior precisão o momento da ovulação (COSTA JR., 2014) e, assim, o melhor tempo para a inseminação (VALENZA et al. 2012).

Além do modelo proposto para identificação do cio, através do bolus, constata-se a necessidade de comparar tal método com outras técnicas, como a utilização de drone para auxiliar na observação visual a campo e o uso de bastão marcador para classificar a intensidade ou ausência de expressão de cio. Bem como, avaliar a relação de cada método com a fertilidade do rebanho.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.2 Objetivo Geral**

Comparar a eficiência de três diferentes metodologias de identificação do estro, sendo eles: bolus intraruminal, bastão marcador e observação visual com drone, em vacas Nelore, submetidas a protocolos de IATF e suas relações com a fertilidade.

### **2.3. Objetivos Específicos**

- Classificar o momento do cio pela avaliação da temperatura reticuloruminal (Trr), definindo, para isso, a variação média diária da temperatura reticuloruminal durante esse período;
- Avaliar a eficiência da identificação de cio das três técnicas avaliadas;
- Avaliar a influência da detecção de cio de cada técnica sobre a probabilidade de prenhez de vacas Nelore, submetidas a protocolos de IATF.

## **3. REVISÃO DA LITERATURA**

### **3.1. Ciclo Estral**

O ciclo estral dos bovinos dura, em média, 21 dias e divide-se em uma fase folicular (proestro e estro) e outra luteínica (metaestro e diestro), apresentando, em média, duas a três ondas de crescimento folicular (GINTHER et al., 1989; KANITZ, 2003).

O período de proestro, com duração de dois a três dias, é caracterizado pelo declínio nos níveis de progesterona, pelo desenvolvimento folicular e pelo

aumento dos níveis de estradiol no sangue. Nessa fase, a liberação do GnRH pelo hipotálamo estimula a secreção de FSH e LH pela hipófise anterior. Os elevados níveis de FSH no sangue induzem o desenvolvimento dos folículos e, em sinergismo com o LH, estimulam a sua maturação.

O FSH permite que os folículos mantenham seu crescimento e proliferação celular, aumentando gradualmente sua capacidade esteroidogênica (ADAMS et al., 1992). Entretanto, somente um (ou dois) folículo dominante adquire capacidade ovulatória, com cerca de 10 mm de diâmetro, enquanto os outros (subordinados) entram em um processo de atresia (SARTORI et al., 2001; KANITZ, 2003).

Conforme o folículo dominante se desenvolve, aumenta a sua produção de estradiol, até atingir um nível limiar, que estimula a manifestação do cio e a liberação massiva do LH, dando início à segunda fase (ALRICH, 1994; GINTHER et al., 2003). No período de estro, com duração média de 12 horas, a ocorrência de elevados níveis de estradiol, além de induzirem a manifestação do cio, é também responsável pela dilatação da cérvix, síntese e secreção do muco vaginal e o transporte dos espermatozoides no trato reprodutivo feminino.

Também foi relatado que o pH uterino diminuiu sob a influência do estrógeno no estro de, aproximadamente, 7.0 a 6.7 e revertido para 7.0 antes ovulação, o que levou a uma diminuição potencial na motilidade dos espermatozoides, assim, aumentando sua vida útil até o momento da ovulação (PERRY E PERRY, 2008a).

Durante o período de manifestação do cio, a vaca ou novilha fica agitada, deixa-se montar por outras vacas, reduz o apetite, diminui a produção de leite e apresenta corrimento muco vaginal claro e viscoso ou presença de muco seco grudado no períneo ou cauda. A vulva apresenta-se edemaciada e com mucosa hiperêmica devido à elevada irrigação sanguínea. É o período que antecede a ovulação, no qual a fêmea está receptiva ao macho ou, apta para ser inseminada (HAFEZ, 1982).

### 3.2. Detecção do estro

O estro é o período durante o ciclo reprodutivo no qual a fêmea apresenta modificações fisiológicas e comportamentais que demonstram a ocorrência da ovulação, que ocorre na fase subsequente do ciclo estral, no metaestro. Portanto, sua detecção é um importante fator para o sucesso dos programas de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) ou monta controlada (DISKIN e SREENAN, 2000; RAO et al., 2013), pois sabe-se que vacas que apresentam baixa expressão de cio ou não o apresentam, possuem menor probabilidade de engravidar (SILVA et al., 2016).

Rao et al. (2013) descrevem que cada cio perdido em fêmeas bovinas resulta em perda de 21 dias de produção, prejudicando a taxa de serviço do rebanho e, com isso, gerando menor lucratividade ao produtor. A correta detecção do estro em bovinos depende de fatores como, a hora, duração e frequência de observação, tipo de piso, técnica utilizada, temperatura ambiental e o número de animais que estão em estro simultaneamente.

A observação visual da monta é o método convencional e muito utilizado (PALOMBI et al., 2013), porém, o período que a fêmea permite ser montada representa menos de 5% do total da duração do estro (RORIE et al., 2002). A taxa de detecção de cio é variável de um rebanho para o outro, com valores entre 30 a 70% das vacas sendo, geralmente, detectadas (DISKIN e SREENAN, 2000). Assim, o monitoramento do cio exige intensiva utilização de mão de obra e habilidade (RAO et al., 2013). Estas dificuldades são agravadas quando se trabalha com raças *Bos indicus*, que exibem estro de duração mais curta que *Bos taurus* (FIGUEIREDO et al., 1997; BÓ et al., 2003)

Os custos com a mão de obra na pecuária vêm se elevando nos últimos anos (MACDONALD et al., 2007), tornando o produtor mais dependente do uso de tecnologias que o auxiliem no controle do rebanho (KHANAL et al., 2010). O monitoramento por ultrassom, mudanças na temperatura retal ou vaginal (AOKI

et al., 2005; BURFEIND et al., 2011) e a combinação de fatores hormonais, mecânicos e fisiológicos (STREYL et al., 2011) estão entre estas tecnologias propostas.

Muitas destas não são adotadas pelos produtores pela dificuldade de aplicação e coleta de dados, alto custo, gastos com mão de obra, além de possíveis danos as regiões aferidas (FIRK et al., 2002; BEWLEY et al., 2008). Entretanto, outras tecnologias como, por exemplo, o monitoramento Trr, não apresenta esse entrave e poderia ser uma interessante opção para o pecuarista (COOPER-PRADO et al., 2011; COSTA JR., 2014).

A utilização de bastões marcadores na região sacro-caudal é uma técnica utilizada com frequência em rebanhos leiteiros, onde os animais encontram-se em currais, ou são manejados diariamente, porém sua utilização é mais restrita em rebanhos de corte em manejo extensivo (SMITH et al., 2013; SKENANDORE E CARDOSO, 2017). Entretanto, quando há utilização da IATF, onde os animais são manejados em curral em períodos determinados a utilização de bastões marcadores mostrou ser eficiente na detecção de animais em cio, mostrando correlação com o diâmetro folicular no momento da IATF, bem como com a taxa de prenhez (NOGUEIRA et al., 2016).

A utilização de drones poderia ser uma alternativa a observação visual na detecção do estro, uma vez que reduzem falhas, conseguindo captar mais animais em cio ao mesmo tempo, com menor demanda de mão de obra e maior comodidade e segurança. Além disso, o equipamento pode ser utilizado para outros fins dentro da propriedade, como, mapeamentos da propriedade, análise de pastos e estruturas, entre outros.

### **3.3. Estro e Temperatura**

As variações na concentração hormonal durante o estro ocasionam modificações fisiológicas na fêmea, entre elas, a alteração da temperatura corporal (TC) (COOPER-PRADO et al., 2011). Normalmente, os bovinos

possuem um ritmo circadiano da TC, com valores médios diários entre 38,3 a 38,88°C e uma variação diária de 1,3°C (BITMAN et al., 1984; PICCIONE et al., 2003), entretanto, pesquisas têm demonstrado que variações na concentração de P4 e E2 estariam envolvidas nas reações de termogênese (LIN TSAI et al., 1992), ocasionando um aumento de, em média, 0,4°C da TC e uma queda de até 1°C da TC no estro e parto, respectivamente (LAMMOGLIA et al., 1997; COOPER-PRADO et al., 2011; BURFEIND et al., 2011; SUTHAR et al., 2012).

Em ruminantes, observa-se que durante o pico de produção de LH que antecede a ovulação ocorre um aumento, seguido por uma queda da TC (RAJAMAHENDRA et al., 1989; CLAPPER et al., 1990; FISHER et al., 2008). Durante o diestro, o aumento da TC ocorre concomitante com o aumento da concentração de P4 (RAJAMAHENDRA et al., 1989; LEWIS et al., 1990; KYLE et al., 1998). Entre o 8º e o 12º dia do ciclo estral, os altos níveis de P4 (5 mg/ml de plasma) causam um efeito negativo na expressão dos receptores de estradiol.

Isso favorece um aumento dos receptores de ocitocina no endométrio, que, conseqüentemente, se ligam a ocitocina secretada no 9º dia do ciclo estral pela glândula hipofisária ou CL, induzindo a liberação de pulsos de PGF2 $\alpha$  do endométrio entre o 14º e 16º dia do ciclo estral que causa a regressão do CL resultando em queda da produção de P4 e o início de um novo ciclo (SPENCER e BAZER, 2004). Entretanto, se houver a fecundação do óvulo e o reconhecimento da presença do concepto (embrião e os anexos embrionários) a lise do CL não ocorrerá e a produção hormonal será mantida para a manutenção da gestação (SALLES e ARAUJO et al., 2010).

O aumento da TC durante a ovulação não é bem elucidado, havendo modelos que relacionam esse aumento ao pico de LH (CLAPPER et al., 1990; FISHER et al., 2008). Entretanto, este aumento pode ser resultado da sensibilidade existente das células termossensíveis na área pré-óptica ao aumento da concentração de P4, visto que sua aplicação exógena inibiu os neurônios sensíveis ao calor e ativou aqueles sensíveis ao frio, o que resultaria

na inibição dos mecanismos de perda de calor e ativação dos mecanismos de produção de calor. Entretanto, o E2 tem sido indicado como um modulador da ação termogênica da P4 (LIN TSAI et al., 1992; LIN TSAI et al., 1992).

Animais tratados com P4 tiveram temperatura mais elevada, em até 1°C, do que os tratados pela combinação P4+E2 (CZAJA e BURETA, 1986). Além disso, foi observado que o aumento na concentração de E2 inibiu células sensíveis ao frio e estimulou aquelas sensíveis ao calor, o que ativaria os mecanismos de perda de calor e assim diminuiria a TC (LIN TSAI et al., 1992; STACHENFELD et al., 2000).

Esse dado foi constatado em medidas realizadas em vacas gestantes que apresentaram TC entre 0,2 a 0,3°C mais elevada que em vacas não gestantes, ocorrendo uma queda substancial da TC em torno das 72 a 48 horas antes do processo do início do parto. Enquanto no cio, a temperatura corporal se eleva de maneira abrupta em torno de 24 a 48 horas antes do seu início (LAMMOGLIA et al., 1997; SUTHAR et al., 2012).

### **3.4. Sistema de Telemetria**

O bolus intraruminal com sensor de temperatura (Trr) funciona através do uso do sistema de telemetria por rádio frequência, que tem como princípio básico o uso de um sensor que gera um impulso elétrico proporcional à variação fisiológica e envia para um transdutor que transmite o sinal para um receptor, este envia o dado para um gravador que armazena a leitura (PATRANABIS, 1999).

O ponto crucial do funcionamento desse sistema é a metodologia de transmissão dos dados entre o transdutor e o receptor que é feita por rádio, sendo essa transmissão a principal causa de muitos dos problemas ocorridos nesse tipo de sistema de monitoramento (BLIGH e HEAL, 1974).

Os primeiros sistemas criados apresentavam algumas dificuldades pela curta duração da bateria, sensores de baixa precisão e a difícil aplicação, visto

que alguns sensores eram externos ao corpo e ligados com o leitor interno por um arame (BLIGH e HEAL, 1974; BRANDT- BROWN et al., 2003). Com os avanços das tecnologias, o uso do sistema tornou-se mais viável pela maior precisão da leitura pelos sensores, maior duração da bateria, em média dois anos, e o custo do equipamento (ALZAHAL et al., 2011), o que vem estimulando pesquisas para testar sua aplicabilidade para a bovinocultura (ALZAHAL et al., 2009).

Os sensores mais comuns podem ser implantados na vagina (PALOMBI et al., 2013), úbere (LEFCOURT et al., 1986), na cavidade abdominal e na região sacro-caudal dos bovinos (BROWN-BRANDL et al., 2003). Também há a utilização de pedômetros e colares cervicais, que monitoram o aumento da atividade física do animal durante o estro (FRICKE et al., 2014).

Os sistemas mais novos fazem a leitura da Trr e são inseridos por via esofágica, possuem um sensor com acurácia de 0,1°C, leitura frequente, formato cilíndrico, além de possuírem um sistema de transmissão de dados com leitura que permite o armazenamento dos dados da Trr em um computador da propriedade.

O sensor possui bateria duradoura e não é invasivo, não havendo necessidade de retirada do aparelho da região reticuloruminal, o que diminui os danos ao animal (COOPER- PRADO et al., 2011; COSTA JR., 2014). Sievers et al. (2004), comentam que o uso do sistema intraruminal possui maiores vantagens em relação aos outros sistemas de monitoramento automático e semiautomático, por ser independente dos distúrbios externos, não ser manipulado externamente, possuir baixa probabilidade de perda, além de permitir o contínuo monitoramento.

As avaliações feitas das variações na TC aferidas pela temperatura retal foram equivalentes às encontradas pela Trr, mostrando que a Trr pode ser utilizada no monitoramento da TC (BEWLEY et al., 2008). Cooper-Prado et al. (2011), avaliando a mudança da Trr em vacas de leite para a predição do parto, constataram que o sensor intraruminal foi eficiente em demonstrar o

queda da TC um dia antes do parto.

Esse sistema de telemetria possui alguns entraves, como, o raio de alcance das antenas (30m), que pode ser limitante em grandes propriedades e por funcionar por rádio frequência, a vegetação ou instalações próximas ao equipamento podem interferir na leitura do bolus pela antena, criando lacunas sem informações que podem ser cruciais para validação dos dados.

#### **4. Materiais e métodos**

##### **4.1. Animais e coletas de dados**

A pesquisa foi conduzida na fazenda experimental da Embrapa Gado de Corte localizada no município de Campo Grande - MS. O protocolo experimental foi aprovado pela Comissão de Ética para uso de animais da Embrapa Gado de Corte.

Foram utilizadas 45 vacas pluríparas da raça Nelore, alojadas em um piquete com aproximadamente 70ha, suplementação mineral adequada e o controle sanitário vacinal padrão.

Inicialmente, foi realizada contenção dos animais no tronco de manejo para introdução por via esofágica do dispositivo intraruminal com sensor. Uma vez colocado no animal, o bolus não precisa ser retirado, sendo recuperado no abate, sem dano ao animal. Ele possui formato cilíndrico, com peso de 150g e sensor de temperatura programado para realizar a leitura da Trr a cada hora, podendo armazenar no máximo 12 horas.

Após o limite de 12 horas armazenadas, o animal deve, necessariamente, passar no raio de alcance das antenas (30 metros), localizadas dentro do piquete, ao lado do bebedouro, para que o bolus descarregue as informações armazenadas e fique apto a captar as temperaturas novamente. A partir das antenas, as leituras foram enviadas para

um computador que possui um sistema capaz de armazenar os dados coletados do monitoramento da Trr.

Para verificar a confiabilidade da variação de temperatura com o momento do estro foram utilizados outros métodos, tais como, avaliação visual do comportamento do animal, método convencional e muito utilizado, observações com drone e uso de bastões marcadores de tinta para classificação da expressão de cio de cada animal.

O protocolo utilizado foi de três manejos, sendo no primeiro dia de tratamento (D0) realizada a colocação de implante intravaginal de progesterona e aplicação de benzoato de estradiol (BE – 2mg, I.M.). No dia 8 (D8) foi retirado o dispositivo e aplicado os hormônios prostaglandina F<sub>2</sub>α (PGF<sub>2</sub>α, 500µg, I.M.), cipionato de estradiol (ECP – 1mg, I.M.) e 300 UI de gonadotrofina coriônica equina (eCG, I.M.). Também foi feita a marcação dos animais na região sacro-caudal, com bastão marcador, bem como, foram marcadas de tinta na região dorsal, com números de 1 a 44, para facilitar a identificação dos animais na observação visual com o drone.

No dia 10 (D10) foi feita a classificação da expressão do cio através de escores de remoção da tinta na cauda (ESCT), em que: ESCT 1 - sem remoção de tinta = sem expressão de cio; ESCT2 - pouca remoção de tinta = baixa expressão de cio; ESCT3 - muita ou remoção total de tinta = alta expressão de cio. Os animais classificados no ESCT 1 e 2, receberam uma aplicação I.M. de 1ml de GnRH (hormônio liberador de gonadotrofinas), para induzir a ovulação. Por fim, foi realizada inseminação artificial (IA), após 48 horas da retirada do dispositivo (D10).

Durante três dias consecutivos, sendo eles o 8º, 9º e 10º dia do protocolo, foi realizada a observação visual do cio a campo, com auxílio de drone DJI-Phanton 3. Foram consideradas em cio as vacas com aceitação da monta feita por uma companheira de rebanho, com presença de muco na região da vulva ou muco seco grudado no períneo ou cauda, mucosa vulvar hiperêmica e edemaciada e alguns outros como, agitação, falta de apetite e

remoção da tinta na região sacro-caudal.

Foram consideradas em cio pelo bolus intraruminal (Trr) os animais que apresentaram, dentro de 12 horas, variação térmica abrupta (com intervalo de 1-2h), subindo a temperatura corporal, em média, 1°C. Diferente do que ocorre em situações de ausência de cio, onde as alterações de temperatura ocorrem de maneira lenta e gradual, ao longo do dia.

Após 30 dias da primeira IATF foi realizado diagnóstico de gestação, por ultrassonografia transretal. Foram feitas observações visuais a campo e leitura dos dados fornecidos pelos bolus intraruminais após 17 dias da IATF, por 5 dias consecutivos, para identificar os animais que retornaram ao cio. As observações visuais foram feitas por técnico experiente por 60 minutos de manhã e a tarde, com auxílio de drone.

#### **4.2. Modelos de predição de estro**

A análise dos dados obtidos com o bolus intraruminal foi feita pela técnica do Aprendizado de Máquinas. Os dados gerados foram submetidos ao aluno Fernando Rech, mestrando em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, que fez a análise das curvas de temperatura, de acordo com os protocolos veterinários. Dessa maneira, os projetos compartilham seus dados e resultados, para o enriquecimento da pesquisa.

O aprendizado de máquina tem como objetivo o desenvolvimento de técnicas computacionais que permitam simular o processo de aprendizado e que sejam capazes de adquirir o conhecimento automaticamente. Os algoritmos de aprendizado utilizam dados coletados no passado, chamados de conjunto de treinamento, para auxiliar o processo de tomada de decisão. De acordo com as características do problema a ser enfrentado, existem dois modelos de aprendizado: supervisionado e não supervisionado (CHAPELLE et al., 2006).

Nessa pesquisa utilizamos o modelo supervisionado. Neste modelo existe o tutor, ele é o responsável em demonstrar o conhecimento do conjunto de dados em exemplos de entrada e saída desejadas (HAYKIN, 1999), os dados estão dispostos em classes que informam ao algoritmo sua resposta correta. O objetivo é que o aprendizado prévio seja capaz de produzir respostas corretas a partir de novos dados coletados. No aprendizado não-supervisionado, os valores não possuem classes que os agregam, nesse modelo o objetivo é encontrar padrões e tendências que auxiliem no entendimento dos dados.

No projeto foram propostos dois modelos de detecção: k-nearest neighbors algorithm - kNN, popularmente conhecido como vizinhos próximos, e support vector machines - SVM. O princípio por trás dos métodos de vizinhos mais próximos é encontrar um número predefinido de amostras de treinamento mais próximas na distância ao novo ponto e prever a classe desses. O número de amostras pode ser uma constante definida pelo usuário (aprendizagem do vizinho mais próximo), ou variar com base na densidade local dos pontos (aprendizado baseado no raio).

O algoritmo de treinamento SVM constrói um modelo que atribui novos exemplos a uma categoria ou a outra, tornando-o um classificador linear binário não probabilístico. O modelo SVM é uma representação dos exemplos como pontos no espaço, mapeados para que os exemplos das categorias separadas sejam divididos por uma lacuna nítida que seja a mais ampla possível. Novos exemplos são, então, mapeados no mesmo espaço e previstos para pertencer a uma categoria com base em qual lado da lacuna eles caem.

### **4.3. Análise estatística**

A expressão de cio de acordo com o método foi avaliada pelo teste de Qui-Quadrado ( $p < 0,05$ ). Para analisar o efeito do método de detecção de cio na prenhez de IATF foi utilizado o pacote PROC LOGISTIC do SAS (SAS Inst.,

Inc., Cary, NC).

Para a taxa de prenhez, os modelos de regressão logística, todas as interações foram testadas. Quando um efeito significativo de uma covariante  $x$  em uma variável dependente  $y$  foi detectado, as curvas de regressão logística foram criadas usando os coeficientes fornecidos pelo software e a fórmula  $y = \text{EXP}(a \times x + b) / [1 + \text{EXP}(a \times x + b)]$ .

As variáveis incluídas no modelo foram ECC, métodos de detecção de cio (bastão marcador, bolus e drone). O efeito animal e tratamento foram testados, com o nível de significância de 0,05. Também foi realizada uma análise de correlação entre as variáveis de detecção de cio e a taxa de prenhez a IATF ( $P < 0,05$ ).

## 5. RESULTADOS

Para identificação de cio utilizando bolus intraruminal foram utilizados inicialmente 45 animais, porém os dados de 01 (um) animal foram excluídos, pois veio a óbito durante o experimento. Para análise das curvas de temperatura obtidas pelo bolus foi utilizado o tamanho completo da série temporal que corresponde a 20 horas de temperaturas.

Neste cenário o algoritmo Knn atingiu 95 % de acerto, enquanto o SVM atingiu 93%. A sequência de testes foi prosseguindo e a proposta foi diminuir o tamanho da janela de temperaturas para compreender qual seria o mínimo de horas necessárias para atingir uma probabilidade de acerto de 90%. Concluiu-se que o animal deve ser avaliado por, no mínimo, 8 horas para que se tenha uma classificação eficiente do cio.

Temperature Data		Medical Data	Milk Data	Lab Data	Reproduction Data	Notes
Read Time	Reading					
16/03/2017 23:51	39,4					
16/03/2017 22:50	39,7					
16/03/2017 21:49	39,9					
16/03/2017 20:48	40,2					
16/03/2017 19:46	40,6					
16/03/2017 18:45	41,2					
16/03/2017 17:44	41,2					
16/03/2017 16:43	41,3					
16/03/2017 15:41	41,2					
16/03/2017 14:40	41,4					
16/03/2017 13:39	40,9					
16/03/2017 12:37	40,6					
16/03/2017 11:36	40,4					
16/03/2017 10:35	40,1					
16/03/2017 09:34	40,4					
16/03/2017 08:32	39,5					
16/03/2017 07:31	39,3					
16/03/2017 06:30	39,4					
16/03/2017 05:29	39,6					

Figura 1. Dados obtidos da leitura de temperatura do bolus intraruminal de um animal com expressão de cio no dia 16/03/2017.

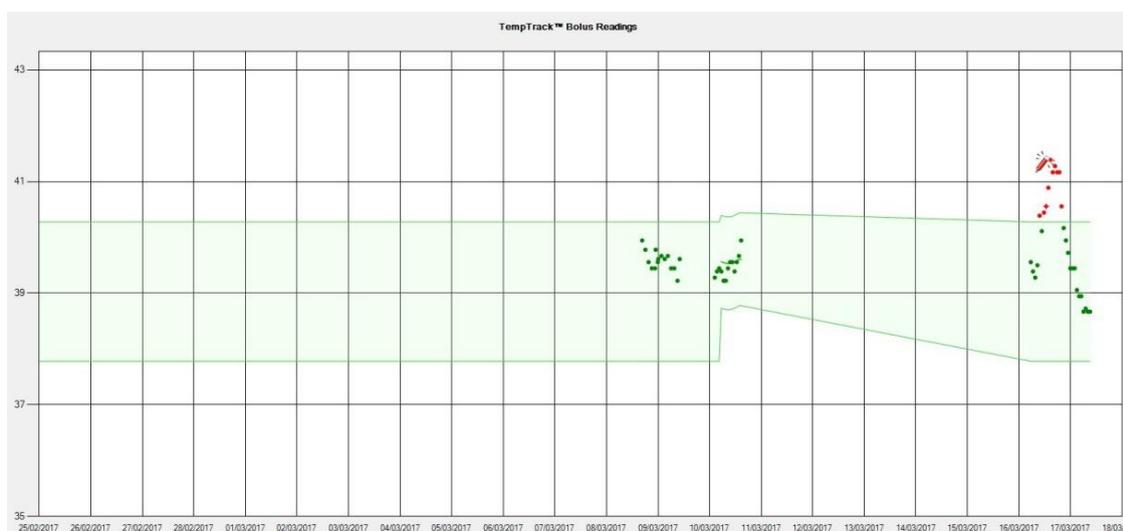


Figura 2. Curva de temperatura de um animal com expressão de cio gerada a partir dos dados gerados pelo bolus intraruminal no dia 16/03/2017.

As figuras 1 e 2 mostram o funcionamento do bolus, quando no dia 16/03/17, que corresponde ao 9º dia do protocolo de IATF (D9), o animal apresentou mudança súbita de temperatura, maior que 0,4º, em um intervalo de uma a duas horas, muito diferente do que ocorre com o ritmo circadiano

normal, quando o animal não está em cio, onde essas mudanças são graduais (Figura 3).

Na Figura 2, os picos de temperatura que ilustram as variações características do cio estão representados pelos pontos em vermelho, onde o próprio sistema alerta quando o animal está fora do seu ritmo de variação térmica normal, o qual é representado pelo intervalo entre as duas linhas verdes paralelas. Esse mesmo animal foi observado visualmente em cio, com auxílio do drone, e classificado como ESCT 3.

Também tivemos dados de animais que não foram detectados em cio visualmente e foram classificados como ESCT 1 ou seja, sem expressão de cio, mas que apresentaram curvas de mudanças subidas de temperatura no D9 e tiveram prenhez confirmada, podendo ser um caso de cio silencioso, onde apenas uma técnica mais acurada, como o bolus, poderia captar.

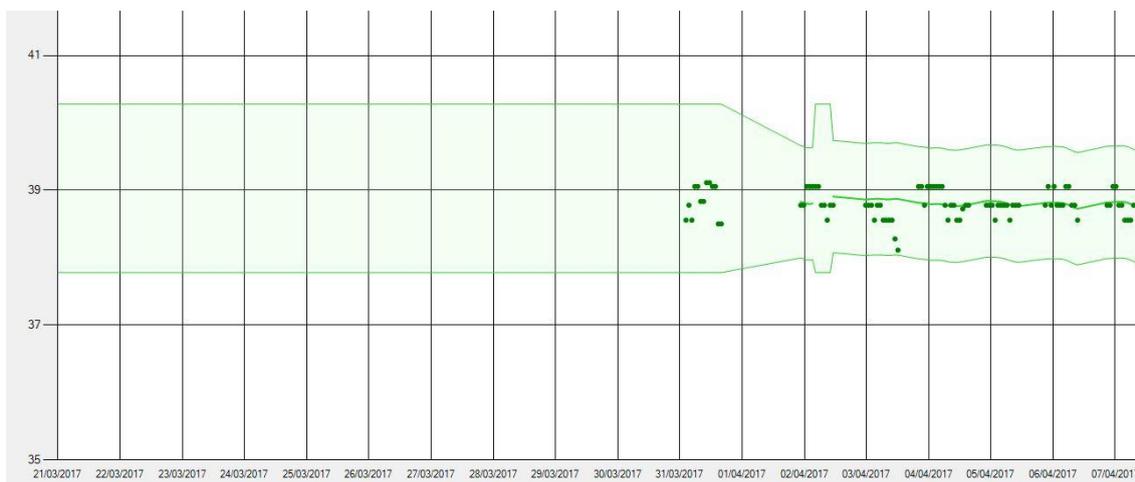


Figura 3. Curva de temperatura de um animal sem expressão de cio obtida a partir dos dados gerados pelo bolus intraruminal no dia 07/04/2017.

No método do bolus ruminal foram identificados 61,36% de vacas em cio (27/44), durante as 48 horas após a retirada do dispositivo de progesterona. Os mesmos animais passaram pela observação visual do cio com a utilização de drone, obtendo 56,81% (25/44). O cio foi classificado e observado também

através de escore de remoção de tinta na cauda (ESCT) utilizando bastão marcador, com 75% (33/44) de animais observados em cio (ESCT 2 e 3), não diferindo a % de cio entre os métodos de detecção (P= 0.1794, Tab 1).

**TABELA 1.** Número de observações de cio (% (observação de cio/total de vacas observadas)) em cada método de detecção.

<b>Método de detecção do cio</b>	<b>Bastão marcador</b>	<b>Bolus</b>	<b>Drone</b>
<b>Nº de observações</b>	75% (33/44)	61.36% (27/44)	56.81%(25/44)

Teste Qui-quadrado (P= 0.1794).

No método do bastão marcador, das 33 vacas que foram observadas em cio, 17 foram classificadas com o ESCT 2 (51,51%), ou baixa expressão de cio, e 16 como ESCT 3 (48,49%), ou alta expressão de cio.

O peso médio das vacas foi de  $372 \pm 40,97$  e o escore de condição corporal (ECC) de  $3,04 \pm 0,60$  (1-5). O diagnóstico de gestação, realizado 30 dias após a inseminação (IATF), apresentou taxa de prenhez de 56%.

Na tabela 2, estão descritas as taxas de prenhez e o ECC de acordo com o método de observação de cio e a identificação de cio nos animais (0 = sem cio e 1 = com cio).

**TABELA 2.** Taxas de prenhez de IATF e ECC de acordo com os diferentes métodos de detecção de cio.

	BOLUS			DRONE			BASTAO MARCADOR			
	0	1	P	0	1	P	1	2	3	P
<b>ECC (1-5)</b>	3,00	3,00	0,522	2,50	3,00	0,151	2,50	3,00	3,50	0,379
<b>DG (%)</b>	41,17	51,85	0,3586	26,31	64,00	0,016	18,18	35,29	81,25	0,006

Tabela 2 - 0 = sem cio; 1 = cio; bastão marcador = ESCT 1, 2 e 3.

Os gráficos apresentados nas Figuras 4 e 5 são de regressão logística, entre o Ecc e o cio observado pelo bolus, pelo drone e pelo bastão marcador, respectivamente. Eles demonstram a probabilidade de prenhez de acordo com o método utilizado para observação, em que: 0 = sem cio e 1 = com cio.

O escore corporal e a identificação do cio através da utilização do bastão marcador apresentaram efeito significativo ( $P = 0,006$ ) na probabilidade de prenhez de IATF, assim como a observação visual através de imagens com drone ( $P = 0,016$ ). Já o novo método a ser testado, o uso de bolus intraruminal com sensor de temperatura, não apresentou efeito na probabilidade de prenhez ( $P = 0,3586$ ).

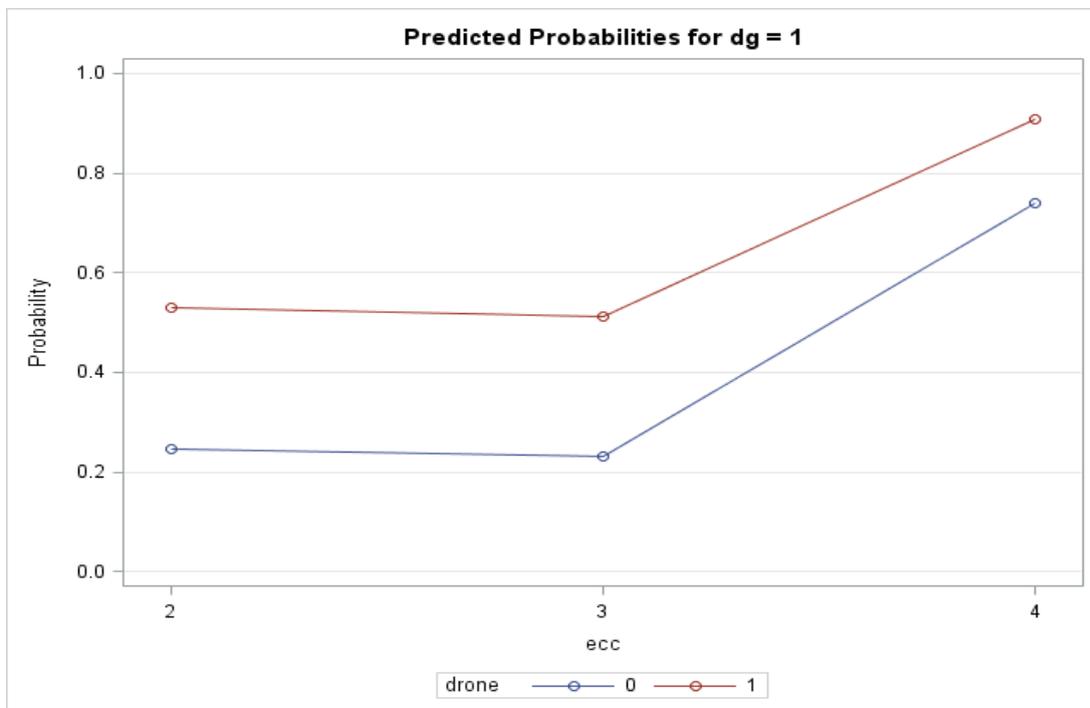


Figura 4. Probabilidade de prenhez com o método de observação de cio com drone, de acordo com o ECC ( $P=0,016$ ).

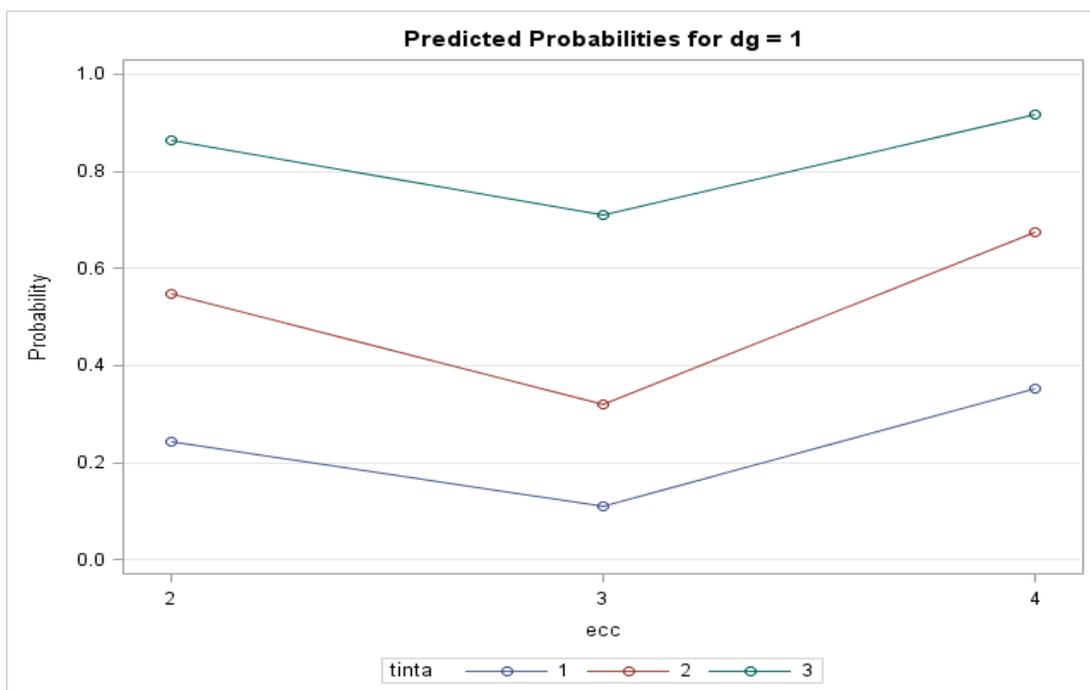


Figura 5. Probabilidade de prenhez com o método de bastão marcador, de acordo com o ECC ( $P=0,006$ ).

As correlações entre as técnicas de avaliação de cio e as taxas de prenhez são apresentadas na tabela 3.

Para a detecção de cio, os métodos do bolus e drone apresentaram correlação de baixa magnitude e não significativa ( $P=0,60$ ), já os métodos do bolus e bastão marcador apresentaram correlação negativa de média magnitude e significativa ( $P=0,04$ ). Já os métodos de bastão marcador e drone apresentaram correlação de média magnitude e significativa ( $P=0,001$ ), demonstrando que identificam o cio de forma similar (Tab. 3).

Também as correlações com o método de identificação e prenhez de IATF, foram de média magnitude e significativos para drone e bastão marcador ( $P=0,002$  e  $0,0005$ , respectivamente), e não significativo para o método do bolus ( $P=0,18$ ).

**TABELA 3.** Correlações entre taxa de prenhez e técnicas de avaliação de cio.

MÉTODO	BOLUS	DRONE	BASTAO	PRENHEZ
<b>BOLUS</b>	-	0,08 ( $P=0,60$ )	-0,30 ( $P=0,04$ )	-0,20 ( $P=0,18$ )
<b>DRONE</b>	0,08 ( $P=0,60$ )	-	0,54 ( $P=0,001$ )	0,33 ( $P=0,02$ )
<b>BASTAO</b>	-0,30 ( $P=0,04$ )	0,54 ( $P=0,001$ )	-	0,50 ( $P=0,0005$ )
<b>PRENHEZ</b>	-0,20 ( $P=0,18$ )	0,33 ( $P=0,02$ )	0,50 ( $P=0,0005$ )	-

## 6. DISCUSSÃO

A análise dos dados comparando os métodos quanto à detecção do cio, mostrou que a capacidade de observação das técnicas foi semelhante, mesmo apresentando porcentagens distintas. O uso de bastão marcador (75%) e o

bolus intraruminal (61,36%) apresentaram maior número de observações, ressaltando o fato que o uso de Bastão ainda nos permite classificar quanto à intensidade da expressão de cio, de acordo com seu escore de remoção.

Quando correlacionados com a taxa de prenhez da IATF, os resultados mostraram que o método de utilização do bolus intraruminal com sensor de temperatura não teve efeito significativo. Como classificador do momento do cio, observamos que o bolus consegue captar as alterações de temperatura características do estro. Em uma pesquisa realizada por Costa Jr. (2014), a Trr apresentou resultados significativos para a predição de parto em novilhas e vacas da raça Holandesa, o que mostrou a Trr como uma ferramenta aplicável para a classificação do estro em bovinos.

Em um experimento de Fricke et al. (2014), o sistema de monitoramento utilizou colares cervicais, que detectavam o aumento da atividade física dos animais, para determinar o momento do estro. Foi possível identificar o cio em 71% das vacas testadas, encontrando limitações para detectar vacas que não apresentaram alterações comportamentais, diferente do bolus, que não possui essa limitação, pois depende apenas de alterações fisiológicas do animal.

O emprego desse novo método para constatar o momento do cio reduziria falhas no manejo, como a não identificação de um animal que apresentou cio silencioso, por exemplo. E, até mesmo, animais que tiveram perda gestacional e voltaram ao estro, poderiam ser detectados de maneira mais rápida e precisa. Isso possibilitaria aumentar taxa de detecção de cio e, assim, aumentar a taxa de serviço do rebanho, reduzindo o intervalo entre partos, aumentando a eficiência do manejo.

Animais que foram protocolados e não emprenharam, tendem a permanecer sincronizados e retornarem ao cio juntos, podendo o “cio de retorno” ser aproveitado para uma nova inseminação, sem custos com novo protocolo hormonal, reduzindo, também, o número de manejos e o estresse dos animais. Além de possibilitar uma melhor tomada de decisão, como o uso de indutores da ovulação apenas em animais que realmente necessitem.

Cada bolus possui seu código individual, que pode ser usado para a identificação dos animais na propriedade e durante o manejo. Seu uso, porém, ainda apresentam entraves, como o alto custo do equipamento e a difícil aquisição e manutenção no país. O raio de alcance de sinal das antenas também pode ser um limitante em grandes propriedades, fator minimizado quando o equipamento é instalado próximo a áreas de constante acesso, como bebedouros e cochos.

Apesar de não ter sido uma limitação nesse experimento, a vegetação ou instalações próximas ao equipamento podem interferir na leitura do bolus pelo sistema, criando lacunas sem informações que podem ser cruciais para validação dos dados. Uma das coisas que encarecem a utilização desse método é a baixa durabilidade da bateria presente em cada bolus, que duram em média dois anos e não são reaproveitadas após o abate dos animais. Porém, esse cenário está se modificando cada vez mais, com as intensificações de práticas modernas e investimentos na área da tecnologia (HOLMAN et al., 2011; JÓNSSON et al. 2011)

Já foi comprovado que animais que não expressam cio possuem menor probabilidade de emprenhar (PANCARCI et al., 2002; KASIMANICKAM et al., 2005; SILVA et al., 2016; SOUZA et al., 2007). Isso pode ocorrer porque a expressão do estro é estimulada pelo aumento das concentrações de estradiol em um momento em que a progesterona é baixa. A secreção de estradiol é maior em fêmeas que mostram o estro em comparação com aquelas que não são detectadas em cio.

A secreção pré-ovulatória de estradiol por um folículo dominante coordena uma série de processos fisiológicos que são necessários para o estabelecimento da gestação. Alguns destes efeitos ocorrem durante o período pré-ovulatório, por exemplo, expressão de estro, indução do pico de gonadotrofina que induz a ovulação e transporte dos espermatozóides (SMITH et al., 2013).

A observação visual do cio com o auxílio do drone (DJI-Phanton 3),

técnica até então não utilizada em pesquisa, mostrou-se eficaz, uma vez que, feita por um técnico capacitado, possui ótima acurácia. Sua utilização, ao contrário da simples observação visual a campo, elimina alguns empecilhos, tais como, menor demanda de mão de obra, identificação de maior número de animais que aceitaram a monta ao mesmo tempo, maior comodidade, praticidade e menos riscos para o observador.

O drone, apesar de, para muitos, ter custo limitante, é uma ferramenta que traz inúmeras facilidades e informações práticas para os criadores, não só para observação do cio, como para mapeamentos da propriedade, análise de pastos, estruturas, até mesmo para observação mais ampla e com mais detalhes do rebanho, podendo chegar a locais inacessíveis ou até mesmo arriscados.

Além disso, há a possibilidade de salvar o vídeo e imagens feitas e revê-los quantas vezes for necessário, reduzindo as chances de erros e tornando o processo mais eficiente. Uma desvantagem da técnica é o período gasto com a observação, que é o mesmo recomendado para observação visual (1 a 2 horas no período de manhã e a tarde).

O método do bastão marcador e sua avaliação de acordo com os escores de remoção de tinta na cauda se mostrou eficiente para identificação do cio, permitindo que o animal seja analisado individualmente no momento da inseminação. A utilização de escores de avaliação de cio com bastões marcadores no momento da IATF, é uma estratégia simples, de baixo custo e útil para identificar vacas com maior expressão de estro, otimizando os protocolos reprodutivos e já vem sendo aplicada em muitas propriedades (SILVA et al., 2016; NOGUEIRA et al., 2016).

Alguns experimentos que utilizaram a técnica do bastão marcador mostraram limitações, como, animais falsos positivos, vacas que apresentam cio silencioso e, assim, não são montadas e dias chuvosos que comprometem a leitura correta (SKENANDORE e CARDOSO, 2017).

Uma das grandes vantagens em se monitorar o cio está em poder

identificar o melhor momento para a IA (inseminação artificial), em relação à ovulação, uma vez que a vida útil do oócito bovino é curta e esse intervalo é crucial para melhorar a fertilidade do rebanho. Conforme Roelofs et al. (2006), o intervalo de tempo no qual as vacas que foram inseminadas está diretamente ligado as taxas de fertilização e qualidade embrionária.

Além disso, a expressão de cio também está relacionada ao tamanho do folículo, que geralmente é menor em vacas que não expressam o cio e, conseqüentemente, tendem a ter maior perda gestacional. Em vacas submetidas a protocolo de IATF, a expressão do estro foi associada com redução da perda de gestação, sugerindo que o ambiente hormonal que produz a falta de expressão de estro também produz alterações uterinas que diminuem a probabilidade de manutenção da gestação durante o período crítico entre o primeiro e o segundo mês (CERRI et al., 2004; GALVÃO et al., 2004; PEREIRA et al., 2014; RICHARDSON et al., 2016).

## **7. CONCLUSÃO**

Com base nos resultados, as três metodologias testadas se mostraram igualmente eficientes para identificação do estro. A utilização do bolus intraruminal com sensor de temperatura, apesar de detectar vacas em cio através da variação de temperatura, não mostrou efeito significativo sobre a prenhez de vacas submetidas à IATF, quando comparado a outras técnicas de avaliação, bastão marcador e drone. O desenvolvimento de sistema que facilite e torne o manejo reprodutivo mais eficiente terá impacto direto sobre a produtividade e rentabilidade das propriedades de gado de corte.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ADAMS G.P., et al. Association between surges of follicular stimulating hormone and the emergence of follicular waves in heifers. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.94, p.177-188, 1992.

ALRICH, R.D. Endocrine and neural control of estrus in dairy cows. **Journal of Dairy Science** 77, 2738–2744, 1994.

ALZAHAL, O. et al. The use of a radiotelemetric ruminal bolus to detect body temperature changes in lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 94, n. 7, p. 3568–3574, 2011.

ALZAHAL, O. et al. The use of a telemetric system to continuously monitor ruminal temperature and to predict ruminal pH in cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 92, n. 11, p. 5697– 5701, 2009.

AOKI, M.; KIMURA, K.; SUZUKI, O. Predicting time of parturition from changing vaginal temperature measured by data-logging apparatus in beef cows with twin fetuses. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 86, n. 1-2, p. 1-12, 2005.

ATKINS, J. A. et al. Pregnancy establishment and maintenance in cattle. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 91, n. 2, p. 722-733, 2013.

BARUSELLI, P.S., SALES, J.N.S., SALA, R.V., VIEIRA, L.M., SÁ FILHO, M.F. History, evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. **Animal Reproduction**, v.9, n.3, p.139-152, Jul./Sept. 2012

BELLOWS, R. A. et al. Occurrence of neonatal and postnatal mortality in range beef cattle.II. Factors contributing to calf death. **Theriogenology**, Los Altos, v. 87, n. 5, p. 573–586, 1987.

BEWLEY, J. M. et al. Comparison of Reticular and Rectal Core Body Temperatures in Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 91, n. 12, p. 4661– 4672, 2008.

BITMAN, J. et al. Circadian and Ultradian Temperature Rhythms of Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, n. 5, p.1014-1023, 1984.

BÓ, G.A., BARUSELLI, P.S., MARTINEZ ,M.F. Pattern and manipulation of

follicular development in *Bos indicus* cattle. **Animal Reproduction Science**, 78:307-326, 2003.

BLIGH J.; HEAL J. W. The use of radio-telemetry in the study of animal physiology. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 33, n. 2, p. 173-181, 1974.

BROWN-BRANDT, T. M. et al. **A New Telemetry System for Measuring Core Body Temperature in Livestock and Poultry**. [http://lib.dr.iastate.edu/abe\\_eng\\_pubs/144](http://lib.dr.iastate.edu/abe_eng_pubs/144). Acesso em Maio de 2017.

BURFEIND, O. et al. Validity of prepartum changes in vaginal and rectal temperature to predict calving in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 94, n. 10, p. 5053–5061, 2011.

CERRI, R. L., et al. Timed artificial insemination with estradiol cypionate or insemination at estrus in high-producing dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 87:3704–3715, 2004.

CHALLIS, J. R. G. et al. Endocrine and paracrine regulation of birth at term and preterm. **Endocrine Reviews**, Baltimore, v. 21, n. 5, p. 514–550, 2000.

CHAPELLE, O., SCHOLKOPF, B. ZIEN, A. Semi-supervised learning. **Transactions on Neural Networks**, IEEE, v. 20, n. 3, p. 542-542, 2006.

CLAPPER J. A. et al. Estrual rise in body temperature in the bovine I. Temporal relationships with serum patterns of reproductive hormones. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 23, n. 2, p. 89-98, 1990.

COOPER-PRADO, M. J. et al. Relationship of ruminal temperature with parturition and estrus of beef cows. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 4, p. 1020- 1027, 2011.

COSTA JR., J. B. G. **Predição e comportamento do parto em bovinos da raça Holandesa**. 2014. 158 p. Tese (Doutorado em Zootecnia – Produção Animal) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

CZAJA, J. A.; BUTERA, P. C. Body temperature and temperature gradients: changes during the estrous cycle and in response to ovarian steroids.

**Physiology & Behavior**, San Antonio, v. 36, n. 4, p. 591-596, 1986.

DEMATAWEWA, C. M. B.; BERGER, P. J. Effect of dystocia on yield, fertility, and cow losses and an economic evaluation of dystocia scores for Holsteins. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, n. 4, p. 754–761, 1997.

IN, M. G.; J. M. SREENAN. Expression and detection of oestrus in cattle. **Reproduction Nutrition Development**, Les Ulis Cedex, v. 40, p. 481–491, 2000.

EL-OSTA, H. S.; MOREHART, M. J. Technology adoption and its impact on production performance of dairy operations. **Review of Agricultural Economics**, San Diego, v. 22, n. 2, p. 477–498, 2000.

FAOSTAT. 2013. Disponível em: Acesso em: 15 out. 2017.

FIGUEIREDO R.A., et al. Ovarian follicular dynamics in nelore breed (*Bos indicus*) cattle., **Theriogenology** 47:1489-1505, 1997.

FIRK, R. et al. Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, Foulum, v. 75, n. 3, p. 219–232, 2002.

FISHER, A. D. et al. Evaluation of a new approach for the estimation of the time of the LH surge in dairy cows using vaginal temperature and electrodeless conductivity measurements. **Theriogenology**, Los Altos, v. 70, n. 7, p. 1065–1074, 2008.

FRICKE, P.M. et al. Expression and detection of estrus in dairy cows: the role of new technologies. *Animal* (2014), 8:s1, pp 134–143 © **The Animal Consortium** 2014.

Galvão, K. N. et al. Effect of addition of a progesterone intravaginal insert to a timed insemination protocol using estradiol cypionate on ovulation rate, pregnancy rate, and late embryonic loss in lactating dairy cows. **Journal Animal Science**. 82:3508–3517, 2004.

GINTHER, O. J.; KNOPF, L.; KASTELIC, J. P. Temporal associations among ovarian events in cattle during oestrous cycles with two and three follicular waves. **Journal of Reproduction and Fertility**, Cambridge, v. 87, n. 1, p. 223-230, 1989.

Ginther OJ, Beg MA, Donadeu FX, Bergfelt DR. Mechanism of follicle deviation in monovular farm species. **Animal Reproduction Science**. v.78, p.239-257, 2003.

GONÇALVES, P. B. D. et al. Control of ovulation in mammals. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 9, n. 3, p. 354-361, 2012.

HAFEZ, E.S.E. Reprodução animal. 4.ed. São Paulo : Manole, 1982. 720p. Effects of stage of the estrus cycle on interval to estrus after PGF2a in beef cattle. **Theriogenology**, v.18, n.2, P.191-200, 1982.

HAYKIN, S. **Neural Networks** - A Comprehensive Foundation. Prentice-Hall, New Jersey, 2nd edition, 1999.

HERSOM, M., T. THRIFT AND J. YELICH. **The impact of production technologies used in the beef cattle industry**. 2011. Acesso em Maio de 2016.

HOLMAN, A. et al. Comparison of oestrus detection methods in dairy cattle. **The Veterinary Record** 169, 47, 2011.

IBGE. Pesquisa Pecuária Municipal (1974–2010). 2010. Disponível em: Acesso em: 12 mar. 2018.

JAINUDEEN, M. R.; HAFEZ, E. S. E. Gestation, prenatal physiology and parturition. In: HAFEZ, B.; HAFEZ, E. S. E (Ed.). **Reproduction in Farm Animals**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, p. 140-155, 2000.

JANK, L.. et al. The value of improved pastures to Brazilian beef production. **Crop and Pasture Science**, v. 65, n. 11, p. 1132-1137, 2014. DOI: 10.1071/CP13319.

JÓNSSON R., et al. Estrus detection in dairy cows from activity and lying data using on-line individual models. **Computers and Electronics in Agriculture** 76, 6–15, 2011.

KANITZ, W. Follicular dynamic and ovulation in cattle – a review. **Archives Animal Breeding**, Dummerstorf, v. 46, n. 2, p. 187-198, 2003.

KASIMANICKAM, R., J. M. CORNWELL, R. L. NEBEL. Fertility following fixed-time AI or insemination at observed estrus in Ovsynch and Heatsynch programs in lactating dairy cows. **Theriogenology** 63:2550–2559, 2005.

KHANAL, A. R.; GILLESPIE, J.; MACDONALD, J. Adoption of technology, management practices, and production systems in US milk production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 93, n. 12, p. 6012–6022, 2010.

KYLE, B. L.; KENNEDY, A. D.; SMALL, J. A. Measurement of vaginal temperature by radiotelemetry for the prediction of estrus in beef cows. **Theriogenology**, Los Altos, v. 49, n. 8, p. 1437-1449, 1998.

LAMMOGLIA, M. A. et al. Body temperature and endocrine interactions before and after calving in beef cow. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 9, p. 2526– 2534, 1997.

LAWRENCE, J. D., AND M. A. IBARBURU. 2008. **Economic Analysis of Pharmaceutical Technologies in Modern Beef Production.** <http://www2.econ.iastate.edu/faculty/lawrence/pharmaeconomics2006.pdf>. Acessado em Maio de 2016.

LEFCOURT, A. M. et al. Radiotelemetry System for Continuously Monitoring Temperature in Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 69, n. 1, p. 237-242, 1986.

LEWIS, G. S., NEWMAN, S. K. Changes throughout estrous cycles of variables that might indicate estrus in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, n. 1, p. 146—152, 1990.

LIN TSAI, C.; KANOSUE, K.; MATSUMURA, K. Effects of estradiol treatment on responses of rat preoptic warm sensitive neurons to progesterone in vitro. **Neuroscience Letters**, Amsterdam, v. 136, n. 1, p. 23-26, 1992.

LIN TSAI, C.; MATSUMURA, K.; NAKAYAMA, T. Effects of progesterone on thermosensitive neurons in preoptic slice preparations. **Neuroscience Letters**, Amsterdam, v. 86, n. 1, p. 56-60, 1988.

LOMBARD, J. E. et al. Impacts of dystocia on health and survival of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 4, p. 1751–1760, 2006.

MACDONALD, J. M. et al. 2007. Profits, costs, and the changing structure of dairy farming. **Economic research report**. United States. Dept. of Agriculture. Economic Research Service. No. 47.

MATSAS, D. J.; R.L. NEBEL, K. D. PELZER. Evaluation of an on-farm blood progesterone test for predicting the day of parturition in cattle. **Theriogenology**, Los Altos, v. 37, n. 4, p. 859–868, 1992.

MCGUIRK, B. J.; FORSYTH, R; DOBSON, H. Economic cost of difficult calvings in the United Kingdom dairy herd. **Veterinary Record**, London, v. 161, n. 20, p. 685-687, 2007.

MEE, J. F. Managing the dairy cow at calving time. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, Maryland Heights, v. 20, n. 3, p. 521–546, 2004.

PALOMBI, C. et al. Evaluation of remote monitoring of parturition in dairy cattle as a new tool for calving management. **BMC Veterinary Research**, London, v. 9, p. 191-200, 2013.

PANCARCI, S. M. et al. Use of estradiol cypionate in a presynchronized timed artificial insemination program for lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 85:122–131, 2002.

PATRANABIS, D. **Introduction to telemetry principles**. In: PATRANABIS, D. (Ed.) *Telemetry Principles*, 1st ed. New Delhi: Tata McGraw-Hill Education, 1999. p. 1- 31.

PEREIRA, M. H., et al. Increasing length of an estradiol and progesterone timed artificial insemination protocol decreases pregnancy losses in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 97:1454–1464, 2014.

PERRY, G.A., PERRY, B.L. Effect of preovulatory concentrations of estradiol and initiation of standing estrus on uterine pH in beef cows. **Domest. Anim. Endocrinol**. 34, 333–338, 2008a.

PICCIONE, G.; G. CAOLA, R. REFINETTI. **Daily and estrous rhythmicity of body temperature in domestic cattle**, London, v. 3, p. 3-8, 2003.

RAE, D. O. et al. Assessment of estrus detection by visual observation and electronic detection methods and characterization of factors associated with estrus and pregnancy in beef heifers. **Theriogenology**, Los Altos, v. 51, p.

1121-1132, 1999.

RAJAMAHENDRAN, R. et al. Temporal relationships among estrus, body temperature, milk yield, progesterone and luteinizing hormone levels, and ovulation in dairy cows. **Theriogenology**, Los Altos, v. 31, n. 6, p. 1172–1182, 1989.

RAO, T. K. S., et al. Heat detection techniques in cattle and buffalo. **Veterinary World**, Gujarat, v.6, p. 363-369, 2013.

RICHARDSON, B.N., et al. Expression of estrus before fixed-time AI affects conception rates and factors that impact expression of estrus and the repeatability of expression of estrus in sequential breeding seasons. **Animal Reproduction Science** 166 (2016) 133–140.

ROELOFS J.B., et al. Effects of insemination-ovulation interval on fertilization rates and embryo characteristics in dairy cattle. **Theriogenology** 66, 2173–2181, 2006.

RORIE, R. W.; T. R. BILBY, T.D. LESTER. Application of electronic estrus detection technologies to reproductive management of cattle. **Theriogenology**, Los Altos, v. 57, p.137-148, 2002.

SALLES, M. G. F.; ARAÚJO, A. A. Corpo lúteo cíclico e gestacional: revisão. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 34, n. 3, p. 185-194, 2010.

SARTORI, R. et al. Follicular deviation and acquisition of ovulatory capacity in bovine follicles. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 65, n. 5, p. 1403–1409, 2001.

SENGER, P. L. The Estrus Detection Problem: New Concepts, Technologies, and Possibilities. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, p. 2745-2753, 1994.

SKENANDORE C.S., CARDOSO F.C. The effect of tail paint formulation and heifer behavior on estrus detection. **Int Journal of Vet Science Med** (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijvsm.2017.08.001>

SILVA, K.C.; RODRIGUES, W. B.; SILVA, A.S.; BORGES-SILVA, J.C.; ABREU,

U.B.G.; BATISTA, D.S.N; ANACHE, N.A.; BEZERRA, A.O.; JARA, J.; NOGUEIRA, E. **Escore de cio avaliado com bastões marcadores influencia as taxas de gestação de vacas Nelore submetidas a protocolos de inseminação artificial em tempo Fixo**. *Animal Reproduction*, 2016 (no prelo).

SOUZA, A. H., et al. Supplementation with estradiol-17beta before the last gonadotropin-releasing hormone injection of the Ovsynch protocol in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 90:4623–4634, 2007.

SMITH, M.F., et al. Physiological factors that affect pregnancy rate to artificial insemination in beef cattle. **Proceedings, Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle**. October 15-16, 2013 • Staunton, VA.

SPENCER, E. T.; BAZER, F. W. Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy. **Reproductive Biology and Endocrinology**, London, v. 2, p. 49, 2004.

STACHENFELD, N. S.; SILVA, C.; KEEFE, D. L. Estrogen modifies the temperature effects of progesterone. **Journal Applied of Physiology**, Bethesda, v. 88, n. 5, p. 1643–1649, 2000.

STREYL, D. et al. Establishment of a standard operating procedure for predicting the time of calving in cattle. **Journal of Veterinary Science**, Suwon, v. 12, n. 2, p. 177-185, 2011.

SUTHAR, V. S. et al. Endogenous and exogenous progesterone influence body temperature in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 95, n. 5, p. 2381–2389, 2012.

VALENZA A., et al. Assessment of an accelerometer system for detection of estrus and for treatment with GnRH at the time of insemination in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 95, 7115–7127, 2012.

VAN REES, H., et al. Leading farmers in South East Australia have closed the exploitable wheat yield gap: prospects for further improvement. **Field Crops Research**, v. 164, p. 1-11, Aug. 2014. DOI: 10.1016/j.fcr.2014.04.018.

WILTBANK, M.C., GÜMEN, A., SARTORI, R. Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. **Theriogenology**. 57, 21–52, 2002.