

UNIVERSIDADE BRASIL
Campus Descalvado

RAPHAEL AUGUSTO DE LUCENA OLIVEIRA

DESENVOLVIMENTO DE SENSOR ELETRÔNICO DE DETECÇÃO DE
ESTRO E FREQUÊNCIA DE MONTA EM BOVINOS

DEVELOPMENT OF ELECTRONIC SENSOR FOR DETECTION OF ESTRO AND
FREQUENCY OF ASSEMBLY IN CATTLE

Descalvado, SP

2020

Raphael Augusto de Lucena Oliveira

DESENVOLVIMENTO DE SENSOR ELETRÔNICO DE DETECÇÃO DE ESTRO E
FREQUÊNCIA DE MONTA EM BOVINOS

Orientador: Prof. Dr. Luiz Arthur Malta Pereira

Co-orientador: Profa. Dra. Cássia Maria Barroso Orlandi

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Produção
Animal da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários
para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Descalvado, SP

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Oliveira, Raphael Augusto de Lucena
O51d Desenvolvimento de sensor eletrônico de detecção de estro e frequência de monta em bovinos / Raphael Augusto de Lucena Oliveira. – Descalvado: Universidade Brasil, 2020.

87f. : il. ; 29,5cm.

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Produção Animal da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Arthur Malta Pereira

Coorientadora: Profa. Dra. Cássia Maria Barroso Orlandi

1. Cio. 2. ESP8266. 3. Reprodução. 4. Vacas. I. Título.

CDD 636.20824

FOLHA DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DO TEXTO NA PÁGINA UNIVERSIDADE BRASIL E BANCO DE TESES DA CAPES E REPRODUÇÃO DO TRABALHO



Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: "DESENVOLVIMENTO DE SENSOR ELETRÔNICO DE DETECÇÃO DE ESTRO E FREQUÊNCIA DE MONTA EM BOVINOS"

Houve alteração do Título: sim () não (X):

Autor(es):

Discente: Raphael Augusto de Lucena Oliveira

Assinatura: Raphael Oliveira

Orientador: Luiz Arthur Malta Pereira

Assinatura: [Assinatura]

Data: 09/dezembro/2020

TERMO DE APROVAÇÃO



TERMO DE APROVAÇÃO

RAPHAEL AUGUSTO LUCENA DE OLIVEIRA

**"DESENVOLVIMENTO DE SENSOR ELETRÔNICO DE DETECÇÃO DE ESTRO E
FREQUÊNCIA DE MONTA EM BOVINOS"**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre
no Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Brasil,
pela seguinte banca examinadora:


Prof(a). Dr(a) Luiz Arthur Malta Pereira (presidente-orientador)


Prof(a). Dr(a) Liandra Maria Abdoer Bertipaglia (Universidade Brasil)


Prof(a). Dr(a) Adriano Rogério Bruno Tech (FZEA-USP)

Desse modo, em 09 de dezembro de 2020
Presidente da Banca Prof(a) Dr(a) Luiz Arthur Malta Pereira

Houve alteração do Título: sim () não (X)

Dedico este trabalho a minha esposa, que sempre esteve ao meu lado e não mediu esforços para me ajudar a concluir esta etapa tão importante da minha vida. Dedico aos meus filhos, Júlia e Matheus, que me ensinaram o real significado da vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa, Roberta, por todo o apoio e incentivo em todos os momentos que precisei, por me motivar nos momentos mais difíceis, permitindo que eu concluísse meu objetivo.

Agradeço meus pais, Manoel e Conceição Regina, por sempre acreditar que eu seria capaz, por me incentivarem e ajudarem em tudo que eu precisei e por compreenderem toda dificuldade deste momento, nunca faltando o apoio para me impulsionarem adiante.

Agradeço minha co-orientadora Dra. Cássia Maria Barroso Orlandi, por desde o início me acolher e acreditar que seria possível desenvolver este trabalho. Por sempre exigir de mim o melhor para que eu pudesse crescer e aprender tanto neste período.

Agradeço ao meu orientador Dr. Luiz Arthur Malta Pereira, que através da sua disciplina abriu meus horizontes e me fez enxergar novas possibilidades. Agradeço por toda a dedicação no desenvolvimento deste equipamento, por sempre estar disponível para me auxiliar e pelas mensagens de motivação quando mais precisei.

Enfim, agradeço a todos que participaram desta jornada, me auxiliando, motivando e ensinando, pois sem vocês não seria possível a conclusão deste equipamento.

DESENVOLVIMENTO DE SENSOR ELETRÔNICO DE DETECÇÃO DE ESTRO E FREQUÊNCIA DE MONTA EM BOVINOS

RESUMO

A eficiência na pecuária leiteira e de corte é fundamental para que se tenha rentabilidade. Para tanto o manejo reprodutivo é importante para a obtenção de desempenho e produtividade. A eficiência na detecção de estro em programas de IA (inseminação artificial) ou mesmo na IATF (IA em tempo fixo) é necessária para alcançar resultados satisfatórios, tanto nas vacas de corte quanto de leite. Nestas últimas, as manifestações de estro são mais discretas ou imperceptíveis em vacas de alta produção de leite sujeitas a condições de estresse térmico. Enquanto vacas de raças *Bos indicus* apresentam normalmente cios de menor duração e maior frequência no período noturno, dificultando sua identificação. Como consequência, a baixa eficiência na detecção de estro causa redução na taxa de concepção e aumento do período de serviço. A maioria das técnicas e dispositivos disponíveis para detecção de estro necessitam do emprego de mão de obra para a obtenção de resultados positivos ou apresentam alto custo de implantação, além da ocorrência de falsos positivos ou mesmo falhas na detecção. Diante da importância da detecção de estro para a produção na pecuária e das dificuldades apresentadas, o presente estudo traz o desenvolvimento de um dispositivo eletrônico, com custo inferior às técnicas disponíveis no mercado, capaz de detectar o estro de forma precisa, com registro de data, hora e frequência das montas. Foram utilizadas plataformas microcontroladas de baixo custo, com sistema *sleep* que permite colocar o microcontrolador em estado de hibernação, reduzindo o consumo de energia. A plataforma microcontrolada escolhida foi a ESP8266 d1 mini, incorpora além do processamento de alto desempenho, memória de 4Mb, wireless e bluetooth, com dimensões extremamente reduzidas. Para detectar a monta no animal, escolheu-se o sensor piezoelétrico, que ao sofrer pressão mecânica de no mínimo 2 segundos, gera um sinal elétrico, sua saída foi ligada à entrada analógica do ESP8266, capaz de medir a intensidade do sinal gerado pelo sensor. Inicialmente para verificar eficiência do equipamento, um LED foi ligado à saída digital do ESP8266 e um programa em linguagem C foi escrito para acender o LED quando o ESP8266 detectar a variação de energia em sua entrada. Posteriormente, um novo programa foi escrito para gravar no cartão de memória *SD Card* as montas realizadas, bem como sua duração e o horário que ocorreu. Testes realizados em laboratório foram satisfatórios, comprovando que os componentes poderão viabilizar a comercialização de um equipamento de baixo custo, extremamente preciso e capaz de detectar o estro nas fêmeas domésticas.

Palavras-chave: cio, ESP8266, reprodução, vacas

DEVELOPMENT OF ELETRONIC SENSOR FOR ESTROUS AND MOUNT FREQUENCY IN CATTLE

ABSTRACT

The dairy and beef cattle livestock efficiency are fundamental for profitability. Thus, reproductive management is important to obtain productivity and performance. The efficiency in estrous detection in AI (artificial insemination) programs or even in TAI (timed artificial insemination) is necessary to achieve satisfactory results as in beef or in dairy cattle, which has a more discreet estrous manifestation or imperceptible estrous specially in high production dairy cattle, under heat stress. While cattle from *Bos indicus* breed are normally characterized by short duration estrous and high frequency occurring at night period, indeed presenting more difficulty to identify estrous. Consequently, low estrous detection efficiency leads to conception rates reduction and prolonged service period. The majority of techniques and devices for estrous detection need human labor to show positive results and present a high implantation cost. In addition, it has to be considered possible false positive or fail detection. Upon estrous detection importance for livestock production, and considering the present difficulties, the study propose the development of an electronic device, with a lower cost compared to what it is available, able to detects estrous precisely, registering date, hour and frequency of cattle mounting. Thus, it was used a low cost microcontrolled platform, using a sleep system, leading to hibernation and reduced consumption. The microcontrolled platform ESP8266 d1 mini, incorporates high performance processor, 4 Mb memory, wireless and bluetooth systems, with extremely reduced dimensions. A piezoelectric sensor was selected for animal mount detection, which under 2 seconds mechanic pressure at least generates an electric signal, thus its output was connected to an analog input from ESP8266, which was capable to measure intensity of sensor sign. To verify the equipment efficiency, the LED was connected to a digital output from ESP8266 and a language C program was written to light up the LED when the ESP8266 was capable to detect energy variation at its input. Laboratory tests were satisfactory, proving the compounds viability to commercialization of low cost equipment, extremely precise and capable to detect estrous in cattle.

Key words: heat, ESP8266, cattle and reproduction

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A e B – Ilustrações de Buçal Marcador – Chin Ball.

Figura 2. A e B – Uso dos bastões de tinta no auxílio da identificação de fêmeas em estro.

Figura 3. Representação dos escores de remoção de tinta em fêmeas da raça Nelore.

Figura 4. A - Kamar® colado na região da inserção da cauda. B – Imagem comparativa do Kamar® repleto de tinta antes da monta e com a cápsula vazia após a monta.

Figura 5. Representação das variações na remoção da camada prateada do adesivo. A - Estrotect® em situações em que a monta não ocorreu. B - Representação das variações na remoção da camada prateada do adesivo Estrotect® em situações em que houve a ocorrência da monta

Figura 6. Pedômetro fixado na região distal do membro anterior de fêmeas bovinas.

Figura 7. Medidor de atividade ALPRO®, fixado no pescoço das fêmeas leiteiras.

Figura 8. Componentes utilizados no sistema de radiotelemetria (HeatWatch®): A – Transmissor de radiofrequência, B - Bolso adesivo, C - dispositivo detector de monta, D – Receptor para o software e E – Repetidor.

Figura 9. Dispositivo colado na região da inserção da cauda

Figura 10. Esquema de recepção do sinal de radiofrequência do dispositivo e emissão ao computador.

Figura 11. Dispositivo detector de estro - Draminki®

Figura 12. Momento em que a fêmea em estro aceita a monta.

Figura 13. Ilustração de testes realizados em sensores.

Figura 14. Ilustração de testes realizados em sensores.

Figura 15. Ilustração do Arduino Uno

Figura 16. ESP8266 d1 mini

Figura 17. Shield Data Logger Shield RTC e MicroSD

Figura 18. Sensor Piezoelétrico.

Figura 19. Ligação do circuito Eletrônico

Figura 20. Entradas analógicas do Arduino

Figura 21. Ligação do circuito Eletrônico

Figura 22. Projeto do Sensor Eletrônico

Figura 23. Posição de fixação do dispositivo eletrônico na região das vértebras sacrais (base da cauda) na garupa e local dos sensores assinalados.

Figura 24. Visão superior do sensor eletrônico

Figura 25. Visão inferior do sensor eletrônico

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparação de desempenho entre diferentes dispositivos de detecção de estro, através de resultados de taxas de detecção de estro publicados por diversos autores.

Tabela 2. Testes Realizados em Laboratório – Descrição dos testes realizados.

Tabela 3. Representação da sensibilidade do equipamento aos testes de pressão intercalada e tempo de pressão para reconhecimento da pressão exercida pelo punho humano.

Tabela 4. Custo de implantação de dispositivos mecânicos.

Tabela 5. Custo dos principais componentes eletrônicos utilizados na produção do dispositivo.

LISTA DE ABREVIações

ADC – Conversor Analógico Digital
A/D – Conversor Analógico / Digital
AES – Advanced Encrypton Standard
ALT – Activity, Lying Time and Temperature
CA – Cluster de Atividade
EUA – Estados Unidos da América
GND – Graduated Neutral Density Filter
GPIO – General Purpose Input / Output
HPB – Holandês Preto e Branco
IA – Inseminação Artificial
IATF – Inseminação Artificial em Tempo Fixo
IDE - Integrated Development Environment
IEEE – Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial
Kpa – Quilopascal
LED- Light Emitting Diode
Mbps – Megabits por segundo
mA – miliAmpere
PIVE – Produção In Vitro de Embriões
Psi – Pound force per Square Inch
RTC – Real Time Clock
SD – Secure Digital Card
TE – Transferência de Embriões
TETF – Transferência de Embriões em Tempo Fixo
TKIP – Temporal Key Integrity Protocol
UART – Universal Asynchronous Receiver / Transmitter
V – Volt
VDC – Voltage Direct Current

WEP – Wired Equivalent Privacy

WPA – Wi-Fi Protected Access

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 Relevância do Tema	19
1.2 FUNDAMENTAÇÃO	21
1.2.1 Ciclo estral e manifestação do cio natural	21
1.2.2 Fatores que interferem na detecção e manifestação do estro	21
1.2.3 Perdas por baixa eficiência reprodutiva	24
1.2.4 Tecnologias disponíveis em detecção de estro em bovinos	27
1.2.4.1 Dispositivos Mecânicos	28
1.2.4.2 Dispositivos Eletrônicos	31
1.2.4.3 Dispositivos de Resistência Elétrica	36
1.2.4.4 Aplicação das tecnologias disponíveis em detecção de estro em bovinos	36
1.3 OBJETIVO	40
1.3.1 Objetivo Geral	40
1.3.2 Objetivos Específicos	40
2 MATERIAIS E MÉTODOS	41
2.1 Idealização do equipamento	41
2.2 Seleção do sensor de detecção da monta	42
2.3 Plataforma microcontrolada	43
2.4 Adicionando data, hora e gravação ao dispositivo	46
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
3.1 Teste inicial	47
3.2 Montagem dos dispositivos	50
3.3 Testes em laboratório	53
4 CONCLUSÃO	59

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXO 1.....	75
ANEXO 2.....	78

1 INTRODUÇÃO

A demanda por recursos naturais e por terra acompanha o crescimento da economia. Dada a limitação de recursos naturais e áreas reduzidas em detrimento da agricultura, a pecuária de leite e corte tem enfrentado novos desafios para manter o crescimento da produção [1]. O aumento da produtividade é o ponto central para minimizar a pressão do consumo de recursos naturais e para preservar de forma sustentável o meio ambiente, extremamente necessário ao fomento do agronegócio brasileiro [2].

O Brasil possui atualmente o maior rebanho bovino comercial do mundo, composto por cerca de 213,5 milhões de animais [3], ocupando o posto de segundo maior produtor de carne bovina, produzindo 9,7 milhões de toneladas por ano, e de maior exportador [4]. Na produção leiteira o Brasil é o 6º maior produtor mundial, com produção de 33,8 bilhões de litros por ano [5], sua cadeia produtiva é composta por mais de 1 milhão de produtores distribuídos em todo o território nacional. Estima-se que a cadeia gere cerca de 4 milhões de empregos, estando entre as maiores atividades econômicas do país [6, 7, 8].

Nesse contexto, a pecuária leiteira e de corte se destacam como uma importante atividade do agronegócio brasileiro, gerando renda e empregos para o país.

O manejo reprodutivo exerce um papel fundamental para a pecuária, proporcionando o aumento da produção com as atividades de cria. Neste contexto, a detecção da manifestação do estro fisiológico ou induzido por protocolos, encontra-se inserido nas biotecnologias utilizadas nesse sistema de produção, como: inseminação artificial (IA), desenvolvimento de protocolos de inseminação artificial em tempo fixo (IATF), ressincronização dos protocolos para IA e protocolos de inovulações de embriões produzidos *in vivo* (TE) e *in vitro* (PIVE). No entanto, existe a necessidade de viabilizar o acesso dessas biotecnologias ao pequeno e médio produtor, uma vez que a inseminação artificial ainda é utilizada em apenas 15% das matrizes no Brasil [9].

O mercado de inseminação artificial projeta para o final do ano de 2020 um crescimento de aproximadamente 30% nas vendas de doses de sêmen, esta estimativa deve-se aos 2 milhões de doses vendidas a mais, até o final do primeiro semestre em comparação ao primeiro semestre de 2019 [10]. Desta forma, pode-se

estimar um incremento de 4 a 5% do número total de matrizes inseminadas para 2020. Neste sentido, a criação de dispositivos razoavelmente acessíveis ao produtor relacionados à identificação de cio em fêmeas bovinas vem somar ao desenvolvimento da pecuária no país.

1.1 Relevância do Tema

O sucesso na atividade leiteira, ou de corte, está relacionado a uma somatória de boas práticas em diversas áreas de atuação, como a nutrição, genética, sanidade, bem-estar animal e reprodução. Nos últimos anos as tecnologias aplicadas à reprodução animal têm contribuído de maneira importante para o melhoramento genético e o incremento da produtividade na pecuária leiteira e de corte.

A inseminação artificial (IA), atualmente, é a tecnologia de maior impacto econômico, pois possibilita a disseminação de características desejáveis pelo uso em larga escala de indivíduos melhoradores. O aumento do número de bezerros oriundos de IA eleva a produtividade dos rebanhos bem como viabiliza a utilização de touros de raças taurinas nas regiões tropicais. Apesar de todas as vantagens obtidas após o uso da IA em rebanhos, a tecnologia ainda não é utilizada pela maioria dos criadores. Em 2019, 18,5 milhões de doses foram comercializadas, indicando que apenas 15% do total de matrizes do rebanho brasileiro foram inseminadas ao longo deste período [9].

Para que haja a viabilidade na implantação da tecnologia da IA, é de extrema importância, a eficiência na detecção de estro [11, 12], mesmo em programas de IATF [13, 14]. Em rebanhos que utilizam a IA, a taxa de prenhez reflete diretamente a taxa de detecção de cio [15]. Os métodos de detecção de estro proporcionam o incremento de detecção de fêmeas em cio, reduzindo o intervalo entre partos, melhorando a eficiência reprodutiva do rebanho e conseqüentemente sua produtividade [16, 17, 18, 19, 20, 21].

Rebanhos com alta eficiência reprodutiva minimizam seus custos com animais improdutivos, aumentam a oferta de bezerros para venda ou reposição, permitindo um descarte anual em número adequado, reduzem custos na compra de sêmen e incrementam a produção de leite da fêmea ao longo de sua vida reprodutiva [22].

A eficiência na detecção de estro no manejo reprodutivo em programas de IA ou mesmo IATF ou Transferência de Embrião em Tempo Fixo (TETF) tem se mostrado necessária para obtenção de resultados satisfatórios tanto nas vacas de corte quanto de leite. Portanto, para alcançar maior produtividade na produção de leite ou carne é necessária, a eficiência no manejo reprodutivo do rebanho e, conseqüentemente, a detecção de estro representa um papel de suma importância para alcançar tal objetivo.

Em alguns rebanhos, a observação visual ainda é utilizada como única técnica para a detecção de estro; porém este método apresenta falhas, reduzindo a eficiência dos programas reprodutivos [24]. Por outro lado, se o número e o tempo de observação forem maiores ao longo do dia, pode-se alcançar maior eficiência na detecção. No entanto, implicando em maiores gastos com mão de obra e aumentando custos de produção. Uma vez que o gasto com mão de obra é o segundo maior custo de produção da atividade leiteira, menor apenas que da alimentação [25].

Visando a melhoria da eficiência na detecção de estro, várias técnicas foram desenvolvidas ao longo do tempo, tais como: rufião, fêmeas androgenizadas, buçais marcadores, bastões de tinta, adesivos colados na base da cauda ou garupa que liberam tinta quando pressionados ou apresentam cores quando raspados, mensuração da resistência elétrica do muco vaginal, monitores de atividade (pedômetros e colares) e detectores eletrônicos de monta [26, 27, 28, 29].

Técnicas que envolvem detectores de atividade ou monta apresentam gastos menores com mão de obra quando comparados com as técnicas descritas anteriormente, porém investimentos maiores para implantação.

Buscando aumentar a eficiência do manejo reprodutivo por meio da eficiência na detecção de estro, o objetivo do presente trabalho foi desenvolver um equipamento eletrônico capaz de detectar automaticamente o cio, informar de forma mais precisa os dados, incluindo data, hora, frequência e número de montas detectadas, a um custo baixo de investimento por unidade e que permita sua utilização na rotina de trabalho e pesquisa de forma simples e prática.

1.2 FUNDAMENTAÇÃO

1.2.1 Ciclo estral e manifestação do cio natural

O ciclo estral das fêmeas bovinas tem duração média de 21 dias (entre 18 e 24 dias), tendo as novilhas ciclo estral mais curto em relação às vacas com maior idade [30]. Nos bovinos o ciclo estral é composto por 4 fases: proestro, estro, diestro e metaestro [22].

O proestro é caracterizado por manifestação de comportamentos da fêmea que são perceptíveis, na maior parte dos casos, somente ao touro ou rufião. A fêmea no proestro monta em outras fêmeas, porém não permite a monta, começa a apresentar inquietação, cauda erguida, micção e mugidos constantes, tendência de agrupamento, vulva edemaciada, diminuição do apetite e redução da produção de leite, tais sinais vão se acentuando à medida que se aproxima o estro [22].

No estro, também conhecido como cio, a fêmea aceita a monta. Esta fase compreende aproximadamente 10 a 30 horas, variando de acordo com a idade, raça, produção de leite, condições ambientais e tipo de manejo. Nas raças zebuínas o cio apresenta menor duração, entre 3 e 5 horas [30, 31]. Nas raças europeias, por outro lado, o cio se manifesta entre 6 e 18 horas de duração. Todos os sinais descritos no proestro se apresentam mais acentuados, e à medida que o final do estro se aproxima, a intensidade dos sinais vai diminuindo [22].

A ovulação em bovinos ocorre entre 6 e 12 horas após o final do estro, momento no qual a IA é realizada. Tal evento ocorre no metaestro, quando a fêmea já não apresenta mais sinais de aceitação de monta ou qualquer sinal de estro [30].

O diestro é a fase do ciclo estral que compreende a inatividade sexual, apresenta duração média de 14 dias. Ao final desta fase, se não houver gestação, um novo ciclo estral se inicia [22].

1.2.2 Fatores que interferem na detecção e manifestação do estro

A detecção de estro nos rebanhos em que a IA é empregada, é essencial para obtenção de bons resultados. Falhas na detecção do estro comprometem o bom desempenho reprodutivo do plantel, conseqüentemente, acarretando prejuízos

econômicos à atividade. O comprometimento é ainda maior nos rebanhos *Bos indicus*, por apresentarem cio de curta duração com elevado percentual de manifestação durante o período da noite. Portanto, as falhas na detecção de cio podem ser consideradas como a principal limitação para a implantação da IA, nos rebanhos bovinos [32, 33, 34].

Inicialmente a detecção de estro era restrita apenas a observação visual, porém este método apresenta muitas falhas, dificultando a detecção de vários animais por longos períodos [24]. As taxas de detecção de estro podem variar entre 30 e 70%, de acordo com cada rebanho. Observando o rebanho por 20 minutos, 5 vezes ao dia, as taxas de detecção de estro podem alcançar de 90 a 95% [26].

Portanto a eficiência está diretamente relacionada ao número de períodos, tempo de observação e a necessidade de mão de obra treinada, que impacta diretamente no custo de produção [25].

A correta identificação do estro é uma tarefa complexa que exige mão de obra experiente e treinada na identificação dos sinais característicos. Tal complexidade promove a alta incidência de falhas na detecção, seja a não identificação dos animais ou a detecção equivocada. Nebel et al [35] relataram que cerca de 25% das vacas diagnosticadas em cio por meio da observação visual, apenas apresentavam alta nos níveis de progesterona. Appleyard e Cook [36] afirmam com base em análise dos níveis de progesterona, que mais de 22% das vacas falham em conceber porque são inseminadas no momento inapropriado e Barr [37], afirma que de 5 a 30% das vacas são inseminadas na ausência de estro.

A raça é um fator que interfere diretamente na manifestação do estro, desde a variação de temperatura de conforto tolerada até o tempo, intensidade e duração do estro. Fêmeas zebuínas apresentam período de estro mais curto, entre 10 e 11 horas [23, 38, 39, 40], maior incidência noturna, de 30 a 50% [23, 38, 41, 42], cerca de 30% iniciam e encerram o estro durante a noite [23], apresentam menor intensidade de manifestação [43, 41] e não permitem receber a monta repetidamente, aceitando em média uma monta por hora de cio [43]. Tais fatores tornam a detecção de estro em fêmeas zebuínas uma tarefa mais difícil, sendo muitas vezes um fator limitante ao bom desempenho em programas de IA [44, 45, 46].

Na pecuária leiteira, em rebanhos de alta produção, em sua grande maioria compostos por fêmeas taurinas, menos de 50 % dos cios, em média, são

detectados. Isso se deve ao fato de as vacas de alta produção apresentarem maior metabolismo hepático, aumentando a degradação de hormônios esteróides e reduzindo a expressão de estro [15, 47, 48, 49, 50]. Vacas de alta produção apresentam estro mais curto (6,2 versus 10,9 horas) em relação às vacas de baixa produção, além da menor duração do episódio de monta (21,7 versus 28,2 segundos) [48]. Tal diferença na expressão do estro também ocorre comparativamente em novilhas de raças leiteiras e vacas de baixa produção, que apresentam cios mais intensos e longos quando comparadas as vacas de alta produção [15].

Comparativamente na mesma categoria, vacas holandesas multíparas apresentam cio 50% mais longo ($13,6 \pm 2,0h$) em relação à primíparas da mesma raça ($7,4 \pm 1,4h$) [51, 52].

O tipo de superfície também interfere diretamente na manifestação de estro, animais em superfície de terra apresentaram quase três vezes mais atividades de monta em relação aos que estavam no piso de concreto ($2,4 \pm 0,5$ versus $1,0 \pm 0,3$ montas) [53].

Outro fator que interfere na expressão do estro é a temperatura do ambiente. O estresse térmico é considerado um dos principais fatores que afetam o desempenho reprodutivo no gado leiteiro, impactando negativamente na taxa de concepção das vacas leiteiras [54]. A redução no desempenho reprodutivo nos períodos quentes deve-se a combinação do efeito da temperatura do ambiente interferindo na síntese de hormônios reprodutivos [55]. O estresse térmico altera o microambiente folicular das vacas leiteiras de alta produção, interferindo em processos fisiológicos diretamente relacionados ao estro, estabelecimento e manutenção da gestação após a fertilização [56].

Vacas em condições de estresse térmico tem a manifestação do estro comprometida, Helmer e Britt [57] relataram que do total de fêmeas em estro, 100% aceitaram monta pela manhã e apenas 77,77% à tarde, sugerindo que a menor temperatura no período da manhã favoreceu a ocorrência de montas, visto que apenas 44,44% das fêmeas em estro foram montadas em observações realizadas às 12h. Tal informação confirma resultados obtidos por Hurnik et al [58], que ao observar rebanhos leiteiros continuamente por 80 dias através de câmeras de vídeo, constatou que 70% das montas ocorreram no período noturno. Nebel et al [51] relataram que vacas holandesas apresentaram 4,5 montas por estro no verão contra

8,6 montas no inverno. Thatcher et al [59] relataram que apenas 19% dos períodos de estro foram detectados por trabalhadores no verão em um estudo realizado na Flórida. Em uma pesquisa realizada em rebanhos leiteiros de Israel, menos de 20% das inseminações realizadas no verão resultaram em gestações, chegando a apenas 3% em rebanhos com baixa produção de leite e resfriamento moderado do rebanho [60]. Portanto, a temperatura do ambiente pode interferir diretamente na manifestação de estro.

O comportamento de estro também pode ser exibido por fêmeas ovariectomizadas quando acompanhadas por outras que apresentam atividade de monta e fêmeas em anestro que permanecem junto ao grupo de fêmeas sincronizadas, aparentemente são induzidas a exibir uma conduta estral de modo concomitante com as tratadas [61]. Desta forma, a apresentação de estro e sua correta identificação tornam-se mais complexas e com maior possibilidade de equívocos.

O cio silencioso é caracterizado pela falta de sinais de estro, considerado um problema crescente em muitas propriedades, referido fenômeno afeta de 10 a 40% das fazendas leiteiras [62], enquanto, há 25 anos a prevalência era inferior a 5% [63]. O motivo para a ocorrência de cio silencioso está associado à falta de eficiência na detecção de estro, menor duração e intensidade de estro de vacas leiteiras de alta produção [64] e outros fatores que interferem tanto diretamente como indiretamente já descritos anteriormente.

1.2.3 Perdas por baixa eficiência reprodutiva

Um bom manejo reprodutivo é essencial para tornar a pecuária leiteira e de corte atividades rentáveis e com alta produtividade [65]. A reprodução do plantel é fundamental para a produção de bezerras, que no caso das fêmeas servem para reposição do plantel e vendas de futuras matrizes e machos para reprodutores e futura engorda. Além da reposição e venda, nos rebanhos leiteiros, o parto é necessário para que a vaca possa iniciar uma lactação e assim produzir leite, gerando renda à atividade.

Diante da crescente demanda por aumento da produtividade e menores áreas disponíveis para a pecuária, é de suma importância possuir um rebanho altamente produtivo [1]. Tal produtividade é alcançada através de animais com alto

potencial genético, que por sua vez são obtidos através de melhoramento genético [2].

A forma de menor custo de investimento e de maior facilidade de implantação para melhorar geneticamente um rebanho é a IA. Porém, para implantar tal tecnologia e obter resultados satisfatórios é fundamental a prática de um bom manejo reprodutivo, principalmente no tocante à observação de estro, etapa extremamente importante para a execução da IA [66].

A obtenção da eficiência em qualquer programa de gestão do manejo reprodutivo se inicia com a adequada observação de estro, garantindo que a concepção ocorra no menor intervalo possível após o parto (reduzido período de espera voluntário), reduzindo o período de serviço, conseqüentemente o intervalo entre partos e aumentando assim o número de fêmeas produtivas no plantel, número de bezerros produzidos por ano e aumentando a produtividade de bezerros e leite de uma fêmea ao longo de sua vida reprodutiva [67 e 68]. Tais benefícios somente são alcançados quando há a adequada detecção de estro, ressaltando sua importância em todo o processo produtivo da pecuária [16, 17, 18, 19, 20, 21].

As falhas na detecção de estro são um problema frequente, que ocasionam queda nas taxas de concepção, prolongando assim o intervalo entre partos [17].

O desenvolvimento de técnicas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) e Transferência de Embrião em Tempo Fixo (TETF), que através de um protocolo hormonal sincronizam o momento da ovulação, foram desenvolvidos buscando aumentar a praticidade no manejo reprodutivo do rebanho, com o objetivo de remover a necessidade da detecção de estro para IA ou TE [69]. Porém, sabe-se que fêmeas que não apresentam estro ou apresentam baixa expressão, possuem menor probabilidade de prenhez, reduzindo o desempenho dos protocolos [70].

De acordo com o trabalho realizado por Navarro [13], fêmeas que apresentaram sinais de estro durante o protocolo de IATF e foram inseminadas de acordo com o momento de aceitação de monta, apresentaram melhores taxas de concepção, 65,65%, quando comparadas a resultados obtidos de 799.903 fêmeas submetidas a protocolos de IATF, sem observação de estro, em 6 anos (2007 a 2012), não obtendo nenhum resultado acima de 50% [71]. Tal fato reforça a importância da detecção de estro mesmo nas técnicas em tempo fixo, visando aumentar a eficiência reprodutiva dos protocolos.

Colazo e Ambrose, [14] relataram que a expressão de estro em novilhas

submetidas ao protocolo de IATF afetou a taxa de prenhez. Novilhas observadas em estro antes da IATF com sêmen sexado apresentaram duas vezes mais probabilidade de gestação em comparação às que não foram observadas no estro.

Alnimer et al [72] afirmaram a necessidade do uso de dispositivos eletrônicos em associação aos protocolos de IATF, além de encontrar perdas significativas nas taxas de prenhez de vacas que apresentaram falta de sincronia no estro (estro prematuro ou tardio). A IA é recomendada, quando tais vacas apresentam o estro, buscando assim incrementar a taxa de prenhez dos animais que não responderam de maneira satisfatória a sincronização.

Colazo e Mapletoft [73] obtiveram em IATF de novilhas com sêmen sexado e observação de estro, 86,6% da taxa de prenhez em relação ao uso de sêmen convencional.

Jarnette et al [74], compararam taxas de prenhez em novilhas Holandesas de 51 rebanhos leiteiros nos EUA (Estados Unidos da América). Neste estudo, novilhas inseminadas com sêmen sexado após detecção de estro em protocolos de IATF apresentaram de 63 a 90% da taxa de prenhez obtida com sêmen convencional sem observação de estro. Tais resultados indicam que a eficiência na detecção do estro é fundamental para a execução da IA, IATF e TETF, além de garantir bons índices reprodutivos ao rebanho, aumentando a produtividade e rentabilidade da pecuária de leite e corte.

A ressincronização foi desenvolvida com o objetivo de realizar uma IA consecutiva ao diagnóstico de gestação caso a fêmea inseminada não esteja prenhe (entre 30 - 32 dias após a primeira IA) [75]. A ressincronização deve ser realizada em todas as fêmeas inseminadas (7 dias antes do diagnóstico de gestação) [76], quando a vaca está inseminada há aproximadamente 22 a 25 dias. Este manejo permite que as fêmeas com diagnóstico de gestação negativo possam seguir no protocolo de IATF, recebendo a segunda IA dois dias após o diagnóstico [77]. Desta forma, a re-inseminação ocorre em menor intervalo de dias, sendo possível realizar até três inseminações no intervalo de 64 dias [78].

A ressincronização associada à detecção de estro tem sido relatada por apresentar vantagens econômicas, especialmente para programas reprodutivos com taxas de concepção mais baixas, possibilitando a obtenção de melhores resultados nas taxas de concepção na primeira inseminação, conseqüentemente menor número de animais para a ressincronização, que por sua vez através da detecção de

estro, também permite a obtenção de um melhor resultado, maximizando assim o resultado final do protocolo de ressincronização [79, 80, 81].

1.2.4 Tecnologias disponíveis em detecção de estro em bovinos

Entre as técnicas desenvolvidas para detecção de estro em fêmeas bovinas, a principal é a observação visual, entretanto para alcançar bons resultados é necessário que haja por parte do observador conhecimento do comportamento animal, visto que o cio é identificado por alterações comportamentais descritas anteriormente [26].

Além de conhecer e identificar os sinais de estro é necessário que haja uma determinada frequência de observação, para que se possa diagnosticar o maior número possível de fêmeas em cio [11, 82]. A observação contínua do rebanho reduz significativamente a possibilidade de não identificação de estro [83], porém mesmo observadores experientes, observando o rebanho 3 vezes ao dia em períodos de 30 minutos não conseguem identificar mais de 80% das ocorrências de estro [84, 85, 86, 87, 88, 89]. Quando somente a observação de estro é utilizada, de 20 a 40% dos estros não são identificados e de 15 a 20% são falsos positivos [90].

A eficiência na detecção de estro pode ser atribuída tanto ao manejo da fazenda quanto aos fatores relacionados à fêmea. Especificamente, cerca de 10% das falhas na detecção podem ser atribuídas às fêmeas, como falhas na ovulação ou baixa expressão do estro. Os 90% restantes são atribuídos ao manejo, como gestão ou outros fatores externos além do controle do produtor [91]. Isso inclui o tipo de alojamento dos animais, precisão na observação, tempo investido para esta atividade e condições climáticas da região [26, 92, 93].

A necessidade do emprego de mão de obra por longos períodos de tempo ao longo do dia e o sucesso da técnica pode ser atribuído ao tempo destinado à observação e experiência do observador, fatores que tornam a observação de estro uma técnica que se apresenta em diversos momentos ineficiente e de alto custo [24, 25]. Diante da necessidade de incremento das taxas de observação de estro e desempenho reprodutivo do rebanho, diversas técnicas foram desenvolvidas com o objetivo de aumentar a identificação de fêmeas em estro [26, 27, 28, 29].

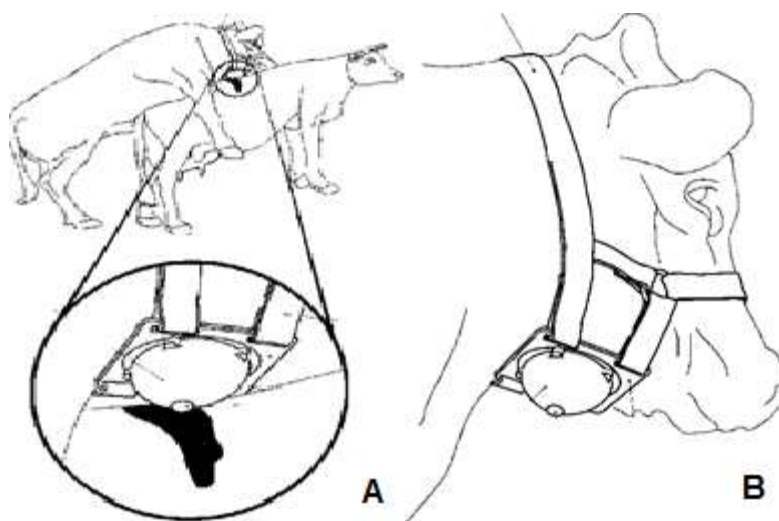
1.2.4.1 Dispositivos Mecânicos

Dispositivos de detecção de estro mecânicos foram desenvolvidos de maneira simplificada em relação aos demais dispositivos. Estes têm por objetivo identificar a fêmea em estro a partir de um método que utilize o evento mecânico da aceitação de monta e seu impacto ou fricção da garupa da fêmea em questão. Desta forma, torna-se possível visualizar na fêmea em estro algum sinal que indique a ocorrência da monta.

O uso de rufiões (touro submetido a processos cirúrgicos que evitam a fertilização e/ou penetração) e fêmeas androgenizadas (tratadas com hormônios masculinos) auxiliam na detecção visual do estro. Porém, somente a utilização de rufiões e fêmeas androgenizadas ainda mantem a observação visual como a principal técnica de identificação, visto que a observação do momento em que a monta ocorreu é necessária para identificar o estro [90, 94].

Desta forma, a associação do uso de rufiões e fêmeas androgenizadas aos buçais marcadores (Chin-ball), ilustrados nas figuras 1-A.B, permite que seja possível a identificação da fêmea em estro sem a necessidade de que seja observada a ocorrência da monta.

Buçal marcador é um dispositivo que armazena tinta em seu interior, permitindo sua liberação quando pressionado no momento em que a monta ocorre. Desta maneira, a fêmea que recebeu a monta tem sua garupa manchada com a tinta, facilitando a identificação do estro [94].



Figuras 1: A e B: Ilustrações de Buçal Marcador – Chin-ball.
Fonte: <https://www.escavador.com/patentes/381119/bucal-marcador>

O uso de bastões de tinta no auxílio da identificação de fêmeas em estro é uma ferramenta muito utilizada nos rebanhos de corte e leite. A tinta é aplicada na região da inserção da cauda (Figuras 2- A.B) e quando ocorre pressão no processo de monta, o animal pode apresentar marcas de borrão, remoção parcial ou total da tinta, como descrito na figura 3. Entretanto, a eficiência do método está diretamente relacionada à dedicação da mão de obra na observação e identificação dos animais marcados com o bastão [127].



Figuras 2- A e B: Uso de bastões de tinta no auxílio da identificação de fêmeas em estro.
Fonte: <https://www.ruralban.com/inseminacao-artificial-e-t-e/detector-de-cio/bastao-marcador-paintstik-embalagem-com-3-bastoes>



Figura 3- Representação dos escores de remoção de tinta em fêmeas da raça Nelore.

Fonte: NOGUEIRA et al [95]

Além dos métodos descritos anteriormente, existe a disposição dos produtores adesivos que são colados na inserção da cauda, com o mesmo objetivo dos bastões marcadores, identificar através de tinta ou presença de cores a ocorrência da monta.

O Kamar[®] é um dispositivo que possui uma cápsula contendo tinta, que é colada na região da inserção da cauda. Quando recebe a pressão da monta de outro animal ocorre o rompimento da cápsula, liberando a tinta na garupa e sinalizando a ocorrência da monta (Figuras 4 - A.B). Este dispositivo é utilizado em vacas leiteiras e segundo Diskin & Sreenan [26] pode-se alcançar de 56 a 94% de eficiência de detecção de estro com este dispositivo e acurácia entre 36 e 80%.



Figura 4- A: Kamar[®] colado na região da inserção da cauda. B: Imagem comparativa do Kamar[®] repleto de tinta antes da monta e com a cápsula vazia após a monta.

Fonte: <http://www.albaitaritz.com/docs/KAMAR.pdf>
Kamar Products Inc[®], Zionsville, Indiana, EUA

O Estrotect[®] também é um dispositivo adesivo colado à garupa das fêmeas, porém não há liberação de tinta. Este apresenta uma camada na cor prata que é removida quando recebe a fricção dos pelos no momento da monta, revelando outra cor, o que identifica a ocorrência da monta. As figuras 5 A e B representam a interpretação da remoção da camada prateada, determinando qual a região e tamanho da área do adesivo deve ser removido para que se possa afirmar que o animal recebeu a monta [126].

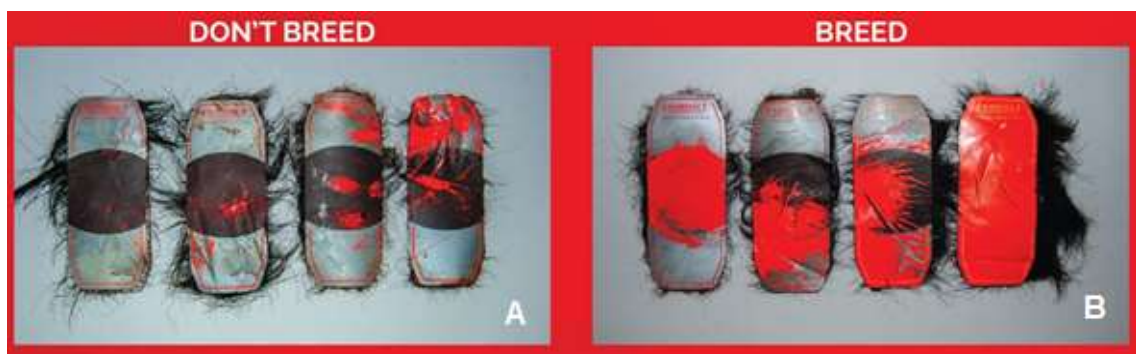


Figura 5 - A: Representação das variações na remoção da camada prateada do adesivo Estrotec® em situações em que a monta não ocorreu. B: Representação das variações na remoção da camada prateada do adesivo Estrotec®, situações em que houve a ocorrência da monta. **Fonte:** <http://www.selectsires.com/products/heatdetect/Estrotec.html?version=20180803>
Estrotec®, Rockway Inc., Spring Valley, Wisconsin, EUA

1.2.4.2 Dispositivos Eletrônicos

Dados os desafios associados à detecção de estro e o impacto no desempenho reprodutivo do rebanho, diversos dispositivos eletrônicos foram desenvolvidos nos últimos anos com o objetivo de identificar o estro sem a necessidade de observação da monta [96], de maneira automática, apresentando potencial de incremento na eficiência reprodutiva dos rebanhos [97, 98, 99, 100].

Tais dispositivos são capazes de monitorar de maneira contínua o animal, além da observação visual do estro [82, 89, 28]. A maior parte destas tecnologias funciona através de algoritmos específicos de softwares (conjunto de regras a seguir) comparando o comportamento atual de uma vaca com a atividade média do rebanho ou da mesma, criando assim um alerta quando determinado limite de atividade é excedido [92, 101, 99, 102].

Entre eles estão os medidores de atividade, saúde e ciclo estral, que são fixados nos membros ou pescoço das fêmeas (pedômetros, colares e acelerômetros) e o detector eletrônico de monta sensível à pressão, *Heat Watch* (Radiotelemetria).

Os pedômetros (Figura 6) são equipamentos fixados a uma das patas da fêmea, dianteira ou traseira, (por exemplo, o *SAE Afikim*, Kibutz, Israel) com o objetivo de mensurar a atividade do animal ao longo do dia. Seu princípio de funcionamento está na captação da oscilação dos passos gerados e conversão em número de passos [103].

É possível identificar fêmeas em estro através do registro de sua movimentação, pois animais em estro apresentam de duas a quatro vezes mais atividade diária em relação a fêmeas que se apresentam em outras fases do ciclo estral [90, 104, 105]. Kiddy [106] verificou que vacas em estro nos sistemas *free stall* e *comfort stall*, com pedômetros fixados nos membros posteriores apresentaram respectivamente 4 e 2,75 vezes mais atividade diária em relação as vacas que não apresentaram estro e demonstrou que as vacas em estro apresentam atividade física 218% maior em relação a fêmeas que estão em outras fases do ciclo estral.

O recebimento dos dados acontece por meio de uma antena fixada na sala

de ordenha. O software atualiza as informações de atividade dos animais a cada ordenha (momento em que há o recebimento das informações) e indica quais animais apresentaram alteração em sua atividade [107].

Além do sistema descrito em que há a atualização dos dados a cada ordenha, existe o sistema de pedômetro radiotelemétrico. Este sistema tem a capacidade de monitorar as montas e a atividade dos animais em tempo real [108].

Os colares (ALPRO®; DeLaval International AB, Tumba, Suécia; Heatime®; SRC, Netanya, Israel; MooMonitor®; Dairy Master, Irlanda) são fixados no pescoço das fêmeas, identificam o aumento de atividade física (caminhar, montar, levantar e deitar) através da expressão de um cluster de atividade (CA) que alerta o produtor no momento em que este se inicia [109].

O pedômetro do tipo ALT da sigla em inglês, *activity, lying time and temperature* possui três parâmetros de avaliação: atividade, tempo de repouso e temperatura corporal. Os passos são identificados através do impulso elétrico e o dispositivo é capaz de demonstrar atividades relativas à saúde do animal e do ciclo estral. Em comparação com o medidor de atividade situado no pescoço (ALPRO®), ilustrado na Figura 7, e a detecção visual do estro em 11 vacas leiteiras no período de sete meses, o pedômetro ALT registrou 40, enquanto o ALPRO registrou 23 e a detecção visual 17 ciclos estrais [110].

O efeito da alta temperatura ambiental pôde ser avaliado por meio de pedômetros radiotelemétricos por Sakatani et al [111]. No verão a atividade das fêmeas avaliadas diminuiu consideravelmente (175 +-10, P<0,001) em comparação ao inverno (410+-30, P<0,001). Yoshioka & Tanimoto, [108] constataram uma significativa diferença na taxa de concepção quando se comparou o uso de pedômetro radiotelemétrico (90,0%) ao uso de observação visual por 30 minutos 3 vezes ao dia (58,4%).

Sakaguchi *et al* [112] avaliaram a atividade física de 15 novilhas HPB (Holandês Preto e Branco) em regime a pasto e confinamento com pedômetros fixados tanto no pescoço como aos membros (posteriores ou anteriores). Os autores relataram que independente do local de fixação, o dispositivo mostrou-se bastante eficaz, pois fica aderido ao animal sem haver um desprendimento. O dispositivo apresenta maior precisão quando fixado nos membros do animal, permitindo o estro ser detectado com segurança. O pedômetro situado no pescoço só pode ser capaz de detectar o estro em manejo de confinamento.



Figura 6- Pedômetro fixado na região distal do membro anterior de fêmeas bovinas. **Fonte:** <http://www.revistaleiteintegral.com.br/noticia/monitores-de-atividade-como-ferramenta-para-deteccao-de-cio>.



Figura 7- Medidor de atividade ALPRO®, fixado no pescoço das fêmeas leiteiras. **Fonte:** <https://www.delaval.com/globalassets/inriver-resources/document/brochure/delaval-activity-meter-system.pdf/>
ALPRO®, DeLaval International AB, Tumba, Suécia

Os acelerômetros são dispositivos que possuem a capacidade de medir a aceleração em três dimensões. “O princípio de operação comum dos acelerômetros é baseado em um elemento de detecção mecânico que consiste em uma massa de prova (ou massa sísmica) fixada a um sistema de suspensão mecânica com relação a um referencial. A força inercial devido a aceleração ou gravidade fará com que a massa de prova desvie de acordo com a Segunda Lei de Newton. A aceleração pode ser medida eletricamente com as mudanças físicas no deslocamento da massa

de prova em relação ao referencial” [113]. O dispositivo tem a capacidade de medir o gasto de energia do animal [114, 115], velocidade de deslocamento [116], atividade e comportamento alimentar [117, 118].

Os dispositivos são fixados nas pernas, pescoço ou orelha das fêmeas monitoradas [101, 119, 120]. Os dados coletados pelo acelerômetro são lidos por um transceptor e transferidos automaticamente para o software. Assim como nos pedômetros, os dados são analisados por algoritmos, que determinam com base na atividade diária dos animais, as condições associadas ao comportamento de estro [120, 85, 121].

O HeatWatch® (Figura 8) é um dispositivo eletrônico para detecção de monta que é colado na região da inserção da cauda do animal (Figura 9), ativado quando ocorre a pressão realizada através da monta do rufião ou outras fêmeas na fêmea que apresenta o estro. Quando o dispositivo é acionado, emite um sinal de frequência de rádio, radiotelemetria, para um receptor (antena), que o envia para um computador, que registra num banco de dados o momento em que ocorreu a monta [107], como ilustrado na Figura 10. Este sistema se mostra eficiente, pois ele funciona 24 horas por dia, evitando perdas por não detecção do estro no período noturno [122].



Figura 8- Componentes utilizados no sistema de radiotelemetria (HeatWatch®). A: Transmissor de radiofrequência, B: Bolso adesivo, C: dispositivo detector de monta, D: Receptor para o software e E: Repetidor.

Fonte: <https://jmsales.com/system.htm>



Figura 9- Dispositivo colado na região da inserção da cauda
Fonte: <https://www.slideshare.net/vascoabs/ai-manual-chapter-03-heat-detection>

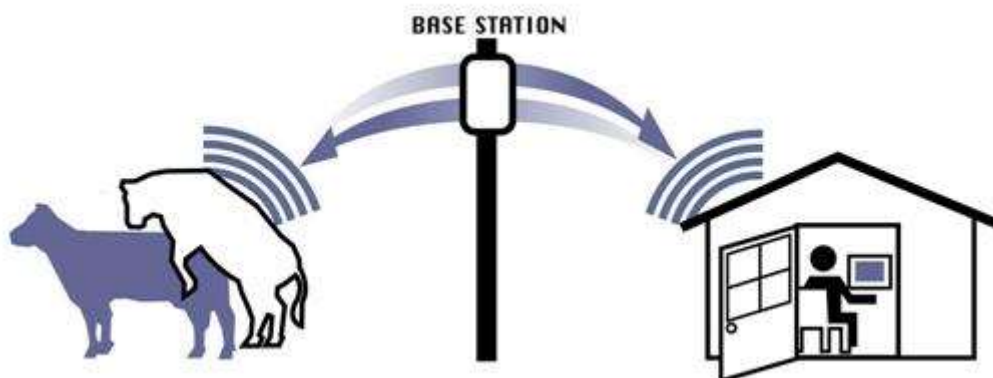


Figura 10- Esquema de recepção do sinal de radiofrequência do dispositivo e emissão ao computador. **Fonte:** [https://www.cowchips.net/Heat Watch®. CowChips, Manalapan, New Jersey, EUA](https://www.cowchips.net/Heat-Watch%20CowChips)

Para o funcionamento é necessário que o computador esteja no máximo a 400 metros dos animais, o que dificulta sua implantação em condições onde os animais se apresentam em locais mais distantes, além de ter um custo elevado. A radiotelemetria é amplamente utilizada na pesquisa, como ferramenta para coleta de dados em estudos relacionados à manifestação do estro em bovinos, porém não há utilização frequente em rebanhos com objetivo comercial [122].

4

1.2.4.3 Dispositivos de Resistência Elétrica

Dispositivos que tem a capacidade de medir a resistência elétrica do fluido vaginal podem ser ferramentas auxiliares na identificação do estro (Figura 11). O fluido vaginal apresenta alterações na condutibilidade elétrica durante o estro, desta forma sua mensuração pode auxiliar na identificação da fase estral do ciclo [21]. Este dispositivo pode ser utilizado como auxiliar no processo de identificação do estro, quando há por parte do tratador alguma incerteza em relação à manifestação.

O fluido vaginal apresenta redução da resistência elétrica, próximo à ovulação (pico de LH) e posterior aumento gradativo [123]. Contudo, existem ressalvas em relação aos resultados obtidos por estes dispositivos, visto que resultados semelhantes podem ser obtidos em fêmeas com infecções vaginais, uterinas e doenças ovarianas, sinalizando a necessidade do emprego de outras técnicas associadas para que haja eficiência na detecção de estro. Além de demandar demasiado tempo e mão de obra para seu emprego [124, 90].



Figura 11- Dispositivo detector de estro - Draminski®

Fonte: <https://www.dairy.com.br/produto/detector-de-estro-draminski/>
Draminski Estrous Detector, Draminski®, Olsztyn, Polônia.

1.2.4.4 Aplicação das tecnologias disponíveis em detecção de estro em bovinos

Como descrito anteriormente, existem diversos métodos desenvolvidos para auxiliar na detecção do estro de fêmeas bovinas. A observação visual do estro como

única ferramenta mostra-se ineficiente, tornando-se necessária a associação de métodos para que haja um resultado complementar, incrementando assim a taxa de detecção de estro.

Rufiões com desvio peniano utilizando buçais marcadores foram mais eficientes na detecção de estro (87%) do que somente a observação visual (72%) [125], comprovando que a associação de métodos (rufião, buçal marcador e observação visual) promovem melhores resultados na detecção.

Bonato [126] comparou a eficiência do uso do Estrotect® com bastões de tinta em 112 novilhas leiteiras mestiças. Os dois grupos foram submetidos a um protocolo de IATF e o grupo Estrotect® obteve taxa de detecção de estro de 92,86% contra 85,71% do grupo bastão de tinta. Estes dados apresentaram-se superiores aos resultados alcançados por Horn, Galina e Moraes [127], que detectaram 75% das vacas em estro utilizando o Tail Paint®. Portanto, os dois métodos mostraram-se eficientes para detecção do estro. Da mesma forma, Jimenez [128] encontraram valores semelhantes na eficiência de detecção de estro para o Estrotect®, 94%, contra 96% da observação visual.

Williamson [129] compararam o dispositivo Kamar® à observação visual para detecção do estro em 107 vacas leiteiras. O dispositivo Kamar® permitiu a identificação de 98% dos estros, em contrapartida, a observação visual identificou 56%.

Os pedômetros são dispositivos muito utilizados em fazendas leiteiras em Israel. Muitas delas usam este sistema como única ferramenta para detecção de estro. Galon, [130] realizou uma revisão comparando dados históricos de fazendas leiteiras em Israel com os resultados proporcionados pela utilização de pedômetros. A taxa média de detecção de estro em primíparas aumentou de 30,3 para 38,9% e de 33,9 para 43,9% para multíparas. A duração média do período de espera caiu de 106,2 para 93,4 dias e de 99,9 para 87,3 dias em primíparas e multíparas respectivamente. Desta forma, os resultados indicaram melhor desempenho reprodutivo dos rebanhos após a implantação de pedômetros, porém por ter sido utilizado como única técnica para detecção de estro, nesta ocasião, as taxas médias de detecção de estro se mostraram aquém do que se espera como bom resultado. Em contrapartida, Roelofs [11] encontraram 83% de precisão na detecção de estro na utilização de pedômetros e 95% quando há mais de um animal em cio, por estimular mais sinais comportamentais.

O dispositivo de radiotelemetria, Heat Watch®, desenvolvido por Dinsmore e Cattel [131] teve sua eficiência na detecção do estro comparada à observação visual. Nesta ocasião Rorie et al [123] obtiveram 87% de taxa de detecção de estro pelo Heat Watch e 54% por meio da observação visual.

Cavalieri et al., [132] calcularam a sensibilidade e o valor preditivo positivo (valor dos realmente positivos, sem falso positivos) de quatro métodos de detecção de estro, pedômetros nos membros posteriores, Heat Watch®, pintura da base da cauda (tail-paint®) e Kamar® em vacas leiteiras. Houve a sincronização de animais pertencentes a três rebanhos para a primeira IA e posteriormente ressincronização para a segunda IA. O valor preditivo positivo e a sensibilidade para a detecção de estros ressincronizados foi maior que 80%. A pintura da base da cauda foi significativamente mais sensível quando comparada ao Kamar® ($P=0,002$), mas não significativamente mais sensível que o pedômetro ($P=0,07$) ou Heat Watch® ($P=0,55$) (91,3; 85,7; 81,4 e 88,4 %, respectivamente) na detecção do estro. O valor preditivo positivo do Heat Watch® para a detecção de estro apresentou-se melhor em relação à pintura da base da cauda ($P=0,014$) e Kamar® ($P=0,024$), mas não mais do que os pedômetros ($P=0,25$; 100,0; 91,7; 92,9 e 87,5%, respectivamente). Portanto, a pintura da base da cauda, Kamar®, pedômetros e Heat Watch® forneceram alta sensibilidade (maior que 80%) e valor preditivo positivo (maior que 85%) de detecção de estro em vacas leiteiras na ressincronização do estro.

Um estudo realizou a comparação de três métodos de detecção de estro e combinações em vacas em lactação ao longo do verão. Entre 37 e 45 dias de lactação, 255 vacas receberam o dispositivo Heat Watch® (HW), um sensor de atividade (ALPRO®) e foram observadas visualmente (VO) três vezes ao dia. Comparando 570 períodos de detecção de estro foram determinados os ganhos de eficiência. Obtiveram os seguintes valores: 49,3% (VO), 37,2% (ALPRO®), 48,0% (HW) e 80,2% para os três métodos simultaneamente. As taxas de concepção foram as seguintes: $6,2\pm 3,9$ para VO; $19,8\pm 5,6$ para ALPRO; $17,3\pm 5,0$ para HW; $22,8\pm 7,0$ para VO + ALPRO; $26,9\pm 4,6$ para VO + HW; $23,2\pm 5,2$ para ALPRO + HW e $18,4\pm 4,7$ para VO + ALPRO + HW.

O melhor resultado de taxa de concepção ocorreu quando houve a combinação de VO + HW, confirmando a necessidade de combinação de métodos quando se busca aumentar a eficiência e a precisão na detecção de estro [133].

Comparando o desempenho dos dispositivos para detecção de estro por

meio de taxas de detecção apresentadas pelos autores citados anteriormente e descritos na Tabela 1, pode-se afirmar que todos os dispositivos citados apresentam-se eficientes no incremento da taxa de detecção de estro quando comparados à observação visual, além de promover um efeito complementar quando utilizados simultaneamente.

Tabela 1: Comparação de desempenho entre diferentes dispositivos de detecção de estro, por meio de resultados de taxas de detecção de estro

Autor	Dispositivo utilizado	Taxa de detecção de estro
Foote, 1975 [125]	Rufião com buçal marcador	87,00%
	Observação visual	72,00%
Bonato, 2012 [126]	Estrotect®	92,86%
	Bastão de tinta	85,71%
Horn, Galina e Moraes, 2011 [127]	Tail Paint®	75,00%
Jimenez, et al. 2009 [128]	Estrotect®	94,00%
	Observação visual	96,00%
Williamson, et al. 1972 [129]	Kamar®	98,00%
	Observação visual	56,00%
Roelofs, et al. 2005 [11]	Pedômetro	83,00%
Rorie et al., 2002 [123]	Heat Watch®	87,00%
	Observação visual	54,00%
Cavalieri, et al., 2003 [132]	Pedômetro	91,30%
	Heat Watch®	85,70%
	Tail Paint®	81,40%
	Kamar®	88,40%

Apesar de todas as vantagens apresentadas da utilização dos dispositivos eletrônicos, o nível de adoção dessas tecnologias nas fazendas permanece baixo [134], como indica o resultado de uma pesquisa realizada na Holanda, em que apenas 20% das fazendas leiteiras fazem uso das tecnologias [89]. Resultados semelhantes foram encontrados na Itália, 29 a 35% dos produtores [135]. Fatores técnicos como falta de conhecimento técnico e falta de confiança nos resultados podem ser listadas como causas para o baixo emprego das tecnologias [136]. A falta de conhecimento sobre o retorno econômico do investimento na tecnologia também pode ser considerado um fator limitante [137, 134, 138].

Em sua revisão, Adenuga et al., [91] relatam que a maioria dos estudos indica um período de retorno do investimento de 3,5 a 8 anos. Giordano [139]

afirmou que dado o custo de \$120 do dispositivo, este deve permanecer funcionando por pelo menos 5 anos para atingir o ponto de equilíbrio e poder gerar até \$13 por vaca por ano em lucros extras, a expectativa de durabilidade do equipamento é de 7 anos. Em uma simulação econômica realizada em rebanhos da raça Simental, obteve-se retorno líquido positivo em todos os cenários na faixa de + € 7 a + € 40 por vaca por ano para vacas da raça Simental e + € 19 a + € 46 por vaca por ano para a raça Holandesa [102]. No entanto, alguns estudos reconhecem que para atingir o desempenho reprodutivo máximo essas tecnologias devem ser combinadas com programas de IATF [139]

Adenuga et al [91] relatam que o investimento em dispositivos eletrônicos para detecção de estro é economicamente viável para a maioria das fazendas leiteiras, no entanto o nível de conscientização da importância da adoção das tecnologias ainda é relativamente baixo. Além da detecção de estro os dispositivos monitoram condições de saúde e conforto, trazendo benefícios adicionais à atividade e conseqüentemente maior rentabilidade.

1.3 OBJETIVO

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um dispositivo a ser fixado na fêmea bovina apta à reprodução, que possa permanecer por um período superior a um ciclo estral (entre 18 e 25 dias) e ao longo deste período seja capaz de captar e armazenar informações da data, hora e frequência de montas recebidas ao longo deste período, visando incrementar o número de fêmeas inseminadas e conseqüentemente melhorar os índices reprodutivos e produtivos da fazenda.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Selecionar um sensor eletrônico capaz de detectar a pressão mecânica mimetizando a monta de um animal em uma fêmea bovina apta à reprodução.
- Projetar um dispositivo eletrônico que monitore o sensor e que armazene os dados obtidos a partir da pressão detectada.

- Adicionar ao dispositivo, capacidade de armazenamento dos dados colhidos.
- Encapsular o dispositivo.
- Verificar o custo do dispositivo desenvolvido em comparação aos existentes no mercado.
- Testar o equipamento desenvolvido nas condições de laboratório.
- Submeter o pedido de patente ao INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial) do protótipo desenvolvido.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Idealização do equipamento

O principal sinal de manifestação de estro é a aceitação da monta, momento em que outra vaca ou rufião monta na fêmea no cio e sua aceitação caracteriza o estro, confirmando o momento adequado para inseminação. Como ilustrado na Figura 12, o animal que pratica a monta realiza pressão e fricção na região da garupa, composta pelos ângulos anteriores e externos dos íleos, tuberosidades isquiáticas e vértebras sacrais, recobertas principalmente pelos músculos glúteos, psoas e isquio-tibiais.

Idealizou-se inicialmente um equipamento eletrônico, o qual pudesse monitorar movimento de monta, a ser fixado na região das vértebras sacrais estando próximo à base da cauda. Desta forma, propiciando o contato dos membros ou tronco do animal o qual realiza a monta nos sensores do equipamento.



Figura 12- Momento em que a fêmea em estro aceita a monta.

Fonte: <https://www.cpt.com.br/cursos-bovinos-gadodecorte/artigos/inseminacao-artificial-em-gado-de-leite-identificacao-da-vaca-em-cio>

2.2 Seleção do sensor de detecção da monta

Para detectar a monta no animal, alguns sensores encontrados no mercado foram adquiridos e testados em laboratório, são eles:

- Sensor De Pressão Xgzp040db1r Dip6 40kpa (Quilopascal) 5,8 Psi (Pound force per Square Inch)
- Chave Micro Switch Fim de curso
- Sensor piezoelétrico

Para o sensor de pressão e a chave micro switch, os testes foram realizados com a utilização de uma fonte geradora de tensão, que foi configurada para 5 Volts, que alimentou a entrada dos sensores. Na saída destes, foi conectada um multímetro, e seu GND (Graduated Neutral Density Filter) foi ligado a fonte de alimentação. Desta forma, quando se pressiona o sensor, a corrente elétrica é liberada e medida pelo multímetro, conforme circuito apresentado na figura 13:

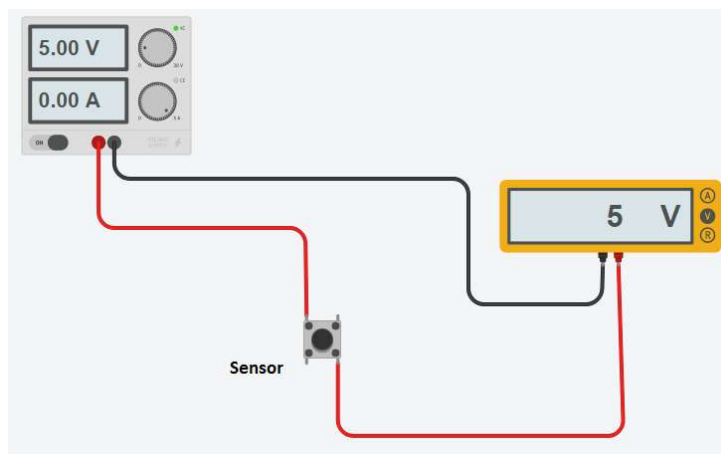


Figura 13: Ilustração de testes realizados em sensores.

No caso do sensor piezoelétrico, seu funcionamento é diferente, pois inserida uma tensão elétrica em suas entradas, ele produzirá som. Desta forma, conectou-se o multímetro em sua entrada/saída e o sensor foi submetido a pressões mecânicas. Constatou-se que esse sensor ao ser pressionado produz uma corrente elétrica, o que o torna bem atrativo para este projeto, principalmente por suas dimensões e espessura. A Figura 14 apresenta a configuração testada.

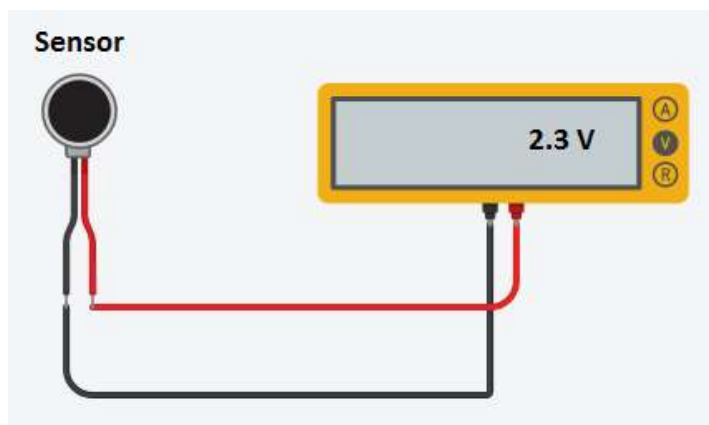


Figura 14: Ilustração de testes realizados em sensores.

2.3 Plataforma microcontrolada

Diante da necessidade de desenvolver um equipamento compacto e de baixo custo, a ideia foi utilizar uma plataforma microcontrolada, principalmente por seu tamanho reduzido e seu baixo custo. Porém, alguns fatores foram levados em

conta para a escolha, pois sabendo que o equipamento seria alimentado por baterias, seu consumo deveria ser o menor possível, para que o equipamento ficasse ativo por tempo necessário para o monitoramento do animal durante seu ciclo estral.

O Arduino é uma plataforma de prototipação microcontrolada (Figura 15) que possui diversas vantagens, como o baixo custo, hardware e software livres de licenças de uso e ambiente de desenvolvimento multiplataforma. Possui um ambiente de desenvolvimento integrado (*Integrated Development Environment*, ou IDE), gratuito, livre de licenças de uso e de código aberto. Desta forma é possível editar, compilar e descarregar o programa para a memória do microcontrolador, utilizando a Linguagem C de programação.

O Arduino possui várias versões de kits específicos, como o Arduino UNO, Arduino Leonardo, Arduino Due, Arduino Mini, Arduino Micro, Arduino Nano entre outros. Além das placas de expansão (Shields) que podem ser conectadas aos kits visando a expansão de funcionalidades [140].

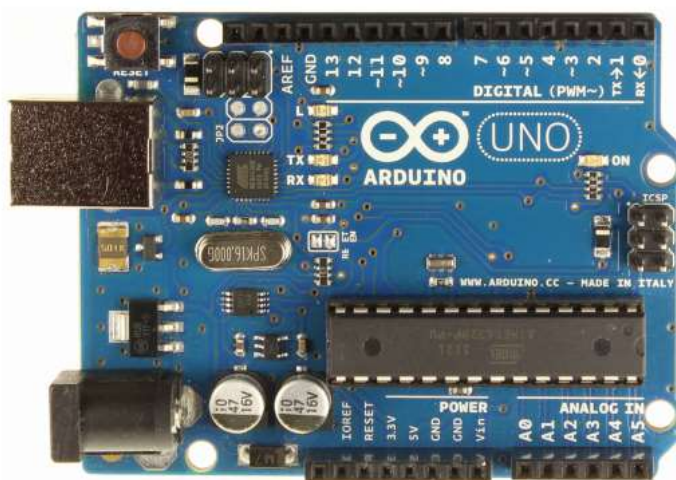


Figura 15: Ilustração do Arduino Uno

Fonte: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/5/Artigos/129235.pdf>.

Na busca pela plataforma de desenvolvimento que atendesse às necessidades, chegou-se ao Arduino nano, que principalmente possui baixo consumo e tamanho reduzido. Porém, durante as pesquisas e seguindo o mesmo viés foi escolhido o ESP8266 d1 mini, uma plataforma de desenvolvimento compacta e que possui sistema *sleep*, que coloca o microcontrolador em estado de hibernação, reduzindo seu consumo enquanto este não está em uso, além de possuir alto processamento em comparação ao Arduino, memória de 4Mb,

transmissão de dados via *wireless* e *bluetooth*, também possui dimensões extremamente reduzidas, conforme especificações apresentadas na figura 16.

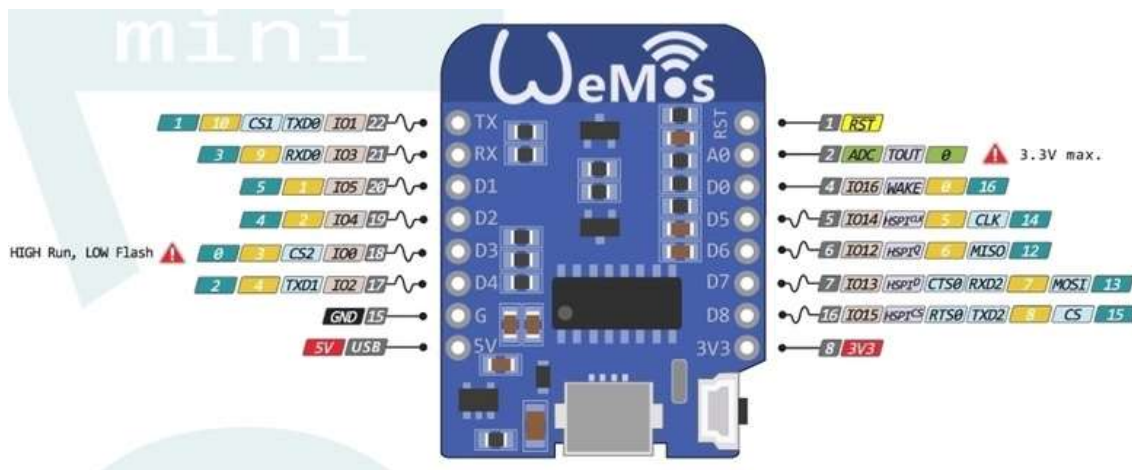


Figura 16: ESP8266 d1 mini

Fonte: <https://br-arduino.org/2016/03/wemos-d1-mini.html>

Principais características do esp8266 d1 mini:

- Padrões wireless: IEEE (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos) 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n;
- Faixa de frequência: 2.4GHz;
- Taxa de transmissão: 110 à 460 Mbps;
- Antena Embutida;
- Interface: Serial UART – Universal Asynchronous Receiver / Transmitter (Tx / Rx);
- Segurança: WEP (Wired Equivalent Privacy) / WPA (Wi-Fi Protected Access) / TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) / AES (Advanced Encryption Standard);
- Alimentação: 4,0 à 9,0 VDC – Voltage Direct Current (conector Micro USB);
- Tensão Lógica: 3,3 VDC;
- Consumo: Min 70 mA (Standby) e Máx 220 mA (802.11b, CCK 1Mbps, Pout=+19.5dBm);
- Conversor A/D (Analogico / Digital): 10 bits ADC (Conversor Analógico Digital) e Vin 0 à 1 VDC;
- GPIO (General Purpose Input / Output): 11 portas;

2.4 Adicionando data, hora e gravação ao dispositivo

Para que fosse possível atribuir data, hora e armazenar dos dados colhidos, foi escolhido um *Data Logger Shield* RTC e *MicroSD* (Figura 17). Um *Data Logger* é um “registrator de dados”, portanto tem a capacidade de armazenar dados gerados pelos sensores ou dados de parâmetros de configuração. RTC significa “*Real Time Clock*”, indicando que as informações coletadas e registradas possuem registro de horário. O *MicroSD* (*Secure Digital Card*) é o local onde as informações são armazenadas, através de um cartão de memória.



Figura 17: Shield Data Logger Shield RTC e MicroSD

2.5 Viabilidade Econômica

Para avaliar a viabilidade econômica do dispositivo em desenvolvimento foi realizada pesquisa em sites de lojas do setor agropecuário para obtenção dos preços atualizados dos dispositivos, visando comparar estes custos ao custo do dispositivo em questão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Finalizados os testes dos sensores, optou-se pelo sensor piezoelétrico (Figura 18), que ao sofrer uma pressão mecânica gera um sinal elétrico. Sensores piezoelétricos possuem um cristal piezoelétrico em seu interior, que quando sofrem estresse mecânico produzem carga elétrica.

A carga gerada pode ser convertida em um sinal de 0 a 10 Volts e a tensão de saída do sensor será proporcional à tensão mecânica aplicada ao sensor. Portanto, quanto maior o estresse mecânico recebido pelo sensor maior a carga produzida.

Os sensores possuem a capacidade de cobrir faixas de medição muito amplas, garantindo a capacidade de mensuração de tensões mecânicas pequenas e grandes com o mesmo sensor. Desta forma, torna-se possível mensurar não somente o acionamento do sensor, mas também a intensidade da pressão mecânica que este sofreu, tornando possível diferenciar, no projeto em questão, um simples toque no sensor de uma monta efetiva.



Figura 18: Sensor Piezoelétrico

Fonte: <https://www.arduinoportugal.pt/usando-buzzer-arduino-sensor-piezo-eletrico/>

3.1 Teste inicial

Para verificar a eficiência do equipamento escolhido, o primeiro teste foi ligar um LED (Light Emitting Diode) à saída digital do ESP8266 e um programa em linguagem C foi escrito para acender o LED quando o ESP8266 detectasse a variação de energia em sua entrada. O esquema da ligação utilizada está apresentado na Figura 19.

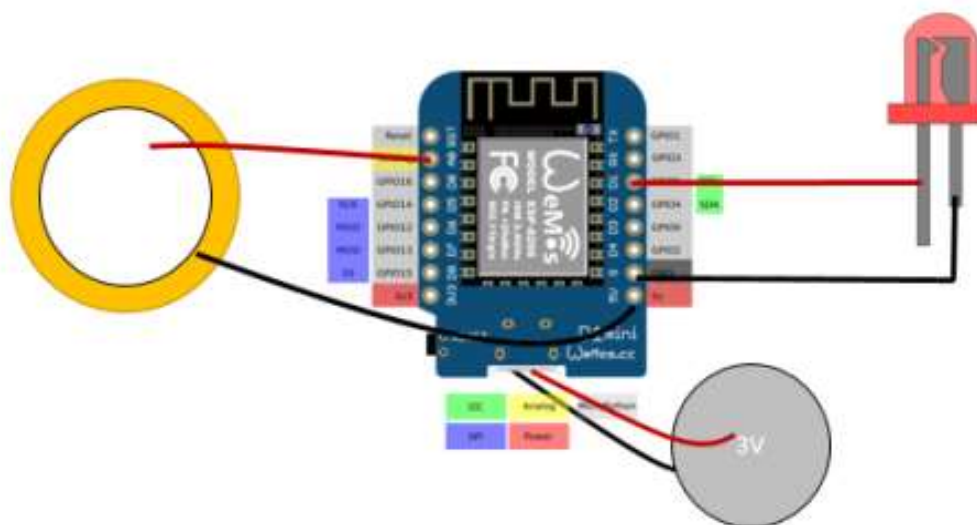


Figura 19: Ligação do circuito Eletrônico

Conforme a Figura 19, o catodo (negativo) do LED foi ligado à porta GND da placa ESP8266 mini e o anodo (positivo) foi ligado à porta digital do ESP. O sensor piezoelétrico teve sua saída negativa conectada ao GND da placa ESP e a saída positiva a entrada analógica da placa ESP.

Para que seja possível entender a ideia de funcionamento deste dispositivo é importante deixar claro a diferença das entradas digitais e analógicas.

As entradas digitais do ESP8266 podem somente assumir dois estados, *HIGH* e *LOW*, ou seja, 0V ou 5V. Portanto só é possível ler dois estados, como por exemplo, ler se um botão está pressionado ou solto.

Já a entrada analógica (Figura 20) pode ler variações de 0 a 5V, tendo em vista que seu microcontrolador trabalha digitalmente, os valores lidos pela porta analógica são convertidos através de um conversor analógico digital de 10 bits, que lê o valor do pino configurado como entrada analógica retornando o valor na faixa de 0 a 1023. O tempo para leitura leva cerca de 100 microsegundos, sendo a frequência máxima de leitura 1000 vezes por segundo [141].

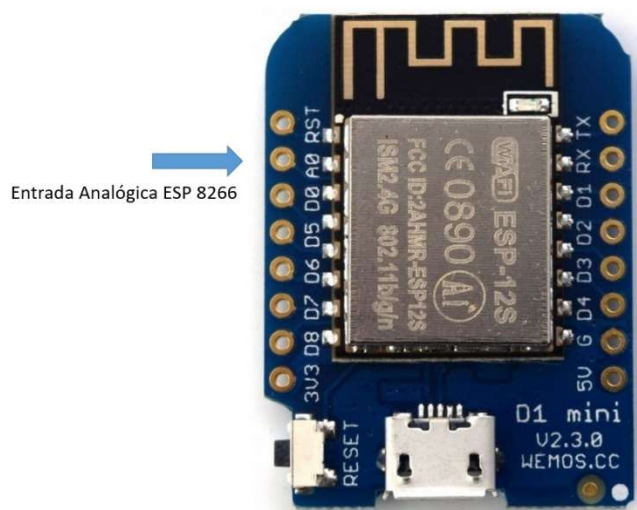


Figura 20: Entrada analógica do ESP8266

Fonte: <https://satkit.com/pt-pt/wemos-d1-mini-nodemcu-wifi-esp8266-placa-de-desenvolvimento-iot-arduino-esp8266.html>

O teste para verificação do funcionamento do dispositivo nesta configuração foi realizado por meio de pressão mecânica sob o sensor que ao ser acionado ou pressionado acendeu o LED.

A programação desenvolvida para o funcionamento deste teste está ilustrada na Figura 21, contudo é importante ressaltar que a programação verifica se a tensão gerada pelo sensor é maior que 1 V. Para isso, uma condição é estabelecida, a qual verifica se o valor é maior que 1V após uma conversão binária da leitura. Assim, caso a condição seja atendida, o LED é acionado.

```

#include <Wire.h>

void setup () {

  Serial.begin(115200);
  delay(3000);
  Serial.println ("-----");
  Serial.println ("Sensor de Monta      14/06/2019      PMPPA");
  Serial.println ("-----");
  pinMode(D2, OUTPUT);
}

void loop () {
  int sensorValue = analogRead(A0);
  float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0);
  Serial.println(voltage);
  if (voltage>1)
    { digitalWrite(D2, HIGH);
      delay (1000);
      digitalWrite(D2, LOW);
    }
  delay(100);
}

```

Figura 21: Ligação do circuito Eletrônico

3.2 Montagem dos dispositivos

Todos os componentes escolhidos anteriormente foram fixados a uma placa de borracha (Figura 22), conferindo flexibilidade ao dispositivo para se ajustar ao ângulo anatômico da região da garupa de cada animal, ilustrado na Figura 23. O equipamento possui dimensões reduzidas, largura de 80mm, comprimento de 150mm e 10mm de altura, permitindo assim, que os sensores ocupem as duas faces da garupa.

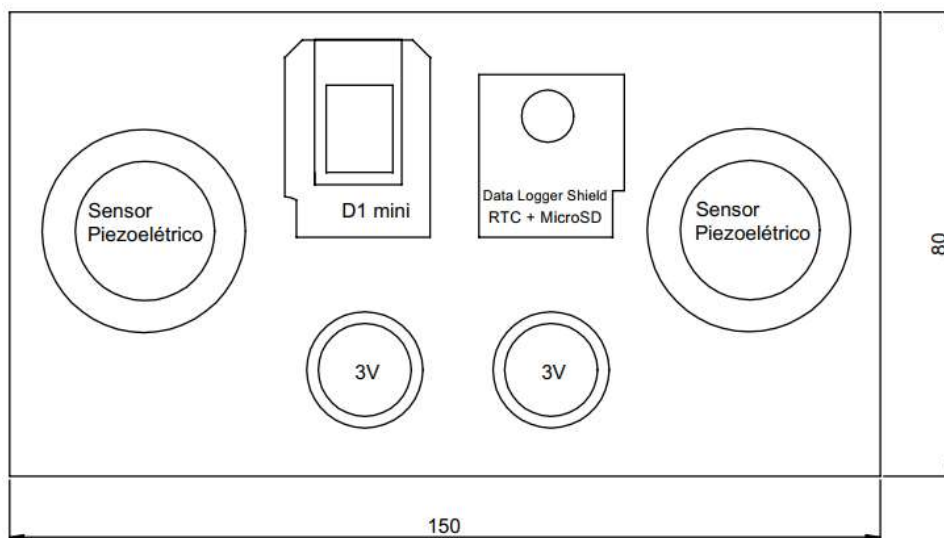


Figura 22: Projeto do Sensor Eletrônico

A Figura 23 ilustra em vermelho o local de fixação do dispositivo eletrônico na região das vértebras sacrais, base da cauda, garupa. Os sensores piezoelétricos foram fixados nas extremidades laterais do dispositivo (descrito na Figura 22) e assinalado nas flechas azuis, numa disposição que permite o acionamento por meio da pressão exercida na monta nas porções laterais da garupa.

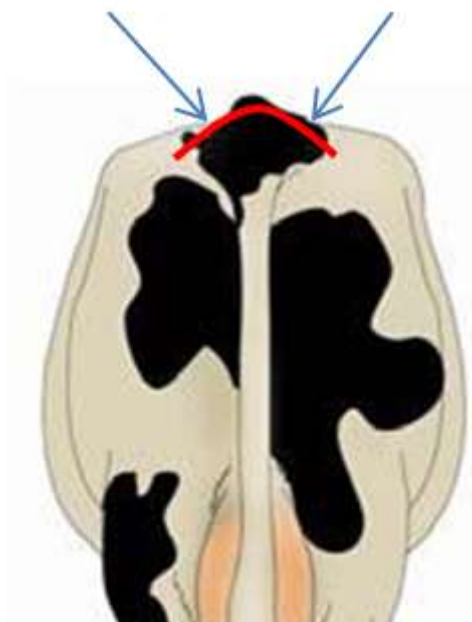


Figura 23: Posição de fixação do dispositivo eletrônico na região das vértebras sacrais (base da cauda) garupa. Setas indicam localização dos sensores no dispositivo

Após a pressão nos sensores, estes geram uma corrente elétrica que é medida pela entrada analógica da placa eletrônica desenvolvida, que por sua vez

verifica o sinal colhido e armazena a monta, seguida por data e hora em um cartão de memória SD.

Para que houvesse o devido funcionamento do sensor, associado à atribuição de data, hora e armazenamento dos dados, foi necessário programar o microcontrolador ESP8266 d1 Mini através de Programação IDE (*Integrated Development Environment*) usando a linguagem C/C++ para que este fosse capaz de processar e armazenar as informações captadas pelos sensores piezoelétricos (Anexo 1). As Figuras 24 e 25 apresentam o sensor eletrônico em visão superior e inferior.

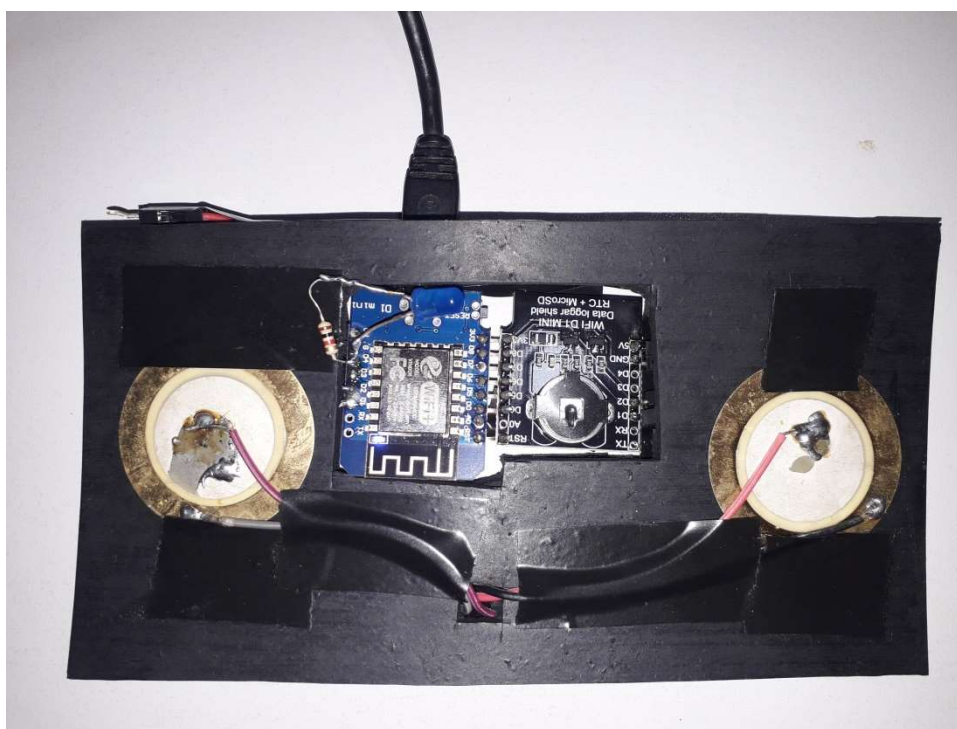


Figura 24: Visão superior do sensor eletrônico.

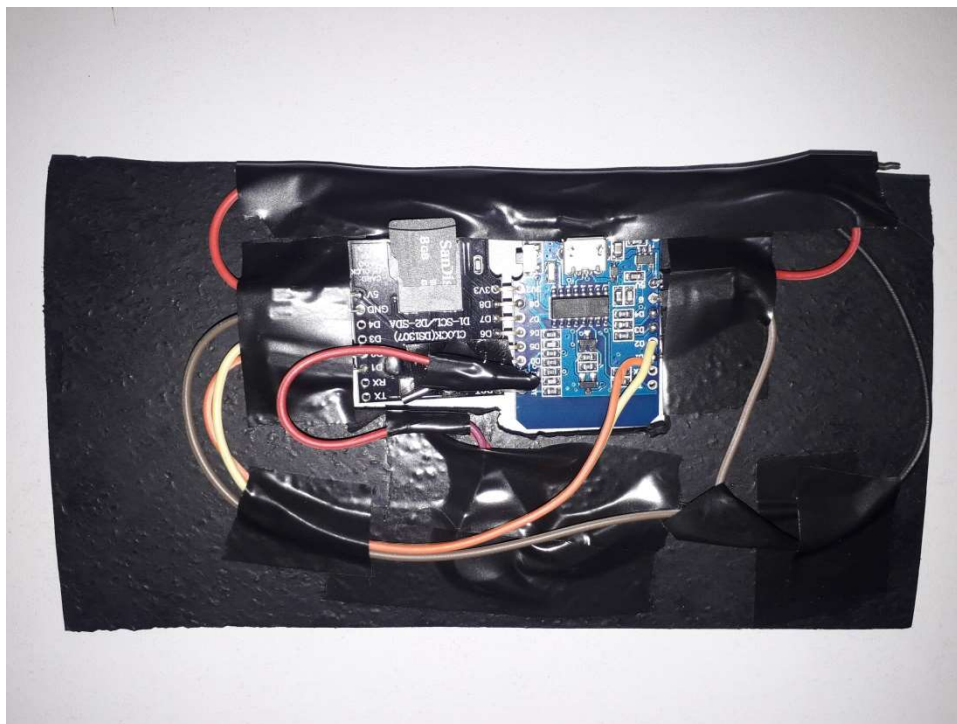


Figura 25: Visão inferior do sensor eletrônico.

Para fixação do dispositivo no animal será utilizada a cola a base de hidrogel, que possui alta aderência, durabilidade e flexibilidade, garantindo a fixação deste por um tempo de aproximadamente 30 dias.

Para a proteção dos componentes eletrônicos do equipamento contra intempéries e impactos diversos, foi desenvolvida uma película de Resina Epoxi para encapsulamento de componentes eletrônicos, que além de proteger de possíveis impactos também evita a entrada de água no dispositivo.

3.3 Testes em laboratório

Vencida a etapa de criação, desenvolvimento e programação do equipamento, foram realizados testes em laboratório para avaliar a sensibilidade dos sensores e sua capacidade de captação de dados, assim como a atribuição de data, hora e capacidade de armazenamento do dispositivo.

Para simular a pressão realizada através da monta, o sensor recebeu pressão através do punho humano, equivalente a 20 quilogramas de peso sobre o sensor, calculado através de balança eletrônica. Inicialmente as pressões realizadas foram intercaladas em períodos de 20/20 segundos, visto que o tempo de monta em

vacas leiteiras está entre 21,7 e 28,2 segundos [48]. Desta forma, o sensor deve ter a capacidade de identificar períodos de pressão de no mínimo 20 segundos para que esteja apto a identificar uma monta completa. Porém, em alguns momentos o equipamento não identificava corretamente o acionamento do sensor. Para corrigir a falha, foram realizadas alterações na programação do microcontrolador.

Após a realização das devidas correções o equipamento foi submetido aos testes de pressão intercalada de 20/20 segundos por 40 vezes e tempo necessário de pressão para reconhecimento da monta nos tempos de 20, 15, 10, 5, 4, 3, 2 e 1 segundo, com 10 repetições e intervalo de 10 segundos entre cada repetição para cada um dos intervalos como descrito na Tabela 2.

Tabela 2: Testes realizados *em laboratório*

Testes Realizados em Laboratório
Pressão Intercalada
40 Repetições - Intervalo de 20/20 segundos
Tempo Necessário de Pressão para Reconhecimento da Monta
10 Repetições - Intervalo de 10 segundos cada
20 segundos
15 segundos
10 segundos
5 segundos
4 segundos
3 segundos
2 segundos
1 segundo

Os testes realizados, conforme a Tabela 2 apresentaram resultados extremamente positivos, visto que em todos os casos o equipamento respondeu positivamente, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Representação da sensibilidade do equipamento aos testes de pressão intercalada e tempo de pressão para reconhecimento da pressão exercida pelo punho humano.

Testes em Laboratório	
Testes	Sensibilidade
Pressão Intercalada	Nº Acertos / Nº Repetições - % Sensibilidade
40 Repetições - Intervalo de 20/20 segundos	40 / 40 - 100%
Tempo Necessário de Pressão para Reconhecimento da Monta	Sensibilidade
10 Repetições - Intervalo de 10 segundos entre repetições	Nº Acertos / Nº Repetições - % Sensibilidade
20 segundos	10 / 10 - 100%
15 segundos	10 / 10 - 100%
10 segundos	10 / 10 - 100%
5 segundos	10 / 10 - 100%
4 segundos	10 / 10 - 100%
3 segundos	10 / 10 - 100%
2 segundos	10 / 10 - 100%
1 segundo	0 / 10 - 0%

Diante dos resultados apresentados na Tabela 3, o dispositivo mostrou, nos testes *em laboratório*, ter a capacidade de coletar as informações de monta, quando o sensor foi pressionado por no mínimo 2 segundos de forma contínua, mesmo se acionado repetidas vezes. Além de armazenar tais informações no cartão SD, registrando a frequência, intensidade e data dos eventos, permitindo avaliar com precisão o período de aceitação de monta da fêmea em questão.

O dispositivo possui o potencial de incrementar a taxa de detecção de estro do rebanho, pois através da capacidade de diferenciação entre uma monta aleatória e uma aceitação frequente, pode-se detectar um número maior de estros, além de descartar montas aleatórias ao cio, visto que uma monta em vacas leiteiras apresenta duração entre 21,7 e 28,2 segundos [48].

O diagnóstico preciso do momento de aceitação da monta pode determinar o melhor momento para IA, reduzindo a incidência de erros na detecção de estro e no momento ideal para a inseminação. Tais benefícios podem incrementar os índices reprodutivos do plantel, através da redução do intervalo entre o parto e o primeiro

serviço, reduzindo assim o intervalo entre o parto e a concepção e consequentemente o intervalo entre partos, que também pode ser melhorado quando reduzimos o intervalo entre serviços, através da maior taxa de detecção de estro.

Tais benefícios tornam-se mais evidentes em vacas leiteiras de alta produção, que apresentam duração de estro reduzido em relação às demais categorias do rebanho [15], como novilhas, primíparas e vacas secas. Além de fêmeas de corte de raças *Bos indicus*, por apresentar manifestação de estro mais curto e com maior incidência no período noturno [23]. Nestas condições, um dispositivo capaz de identificar a monta em momentos em que a observação visual não é possível ou viável, tem o potencial de incrementar a taxa de detecção de estro e consequentemente aumentar o desempenho reprodutivo do rebanho.

O dispositivo também pode ser utilizado para aumentar o desempenho de protocolos de IATF e TETF, auxiliando na detecção do estro durante o protocolo hormonal, visto que as fêmeas que não apresentam estro ou apresentam baixa manifestação, possuem menor possibilidade de prenhez [70]. Navarro, [13] relatou que fêmeas que apresentaram estro em protocolos de IATF e foram inseminadas de acordo com o momento de aceitação de monta apresentaram melhores taxas de concepção (65,65%) em comparação aos resultados obtidos por Dutra, [71] (inferior a 50%) em 799.903 fêmeas submetidas a protocolos de IATF sem observação de estro ao longo de 6 anos.

Colazo e Ambrose, [14], Alnimer, et al [72], Colazo e Mapletoft [73] e Jarnette, et al [74] relatam a importância da detecção de estro em protocolos de IATF e TETF (Transferência de embriões em tempo fixo) para incremento das taxas de concepção com sêmen convencional e sexado. Desta forma, a detecção de estro em protocolos hormonais de IATF e TETF torna-se fundamental para possibilitar alterações no momento da IA, da escolha do touro, ou decisão pelo descarte do procedimento, permitindo otimizar custos com sêmen, incrementar resultados e avaliar a resposta dos animais ao protocolo utilizado, possibilitando ajustes que visam incrementar as taxas de concepção.

A avaliação da frequência de monta e do período de apresentação do estro através do sensor eletrônico pode se tornar uma ferramenta útil na utilização em estudos que visam avaliar condições de resposta reprodutiva dos animais em diversas áreas de pesquisa na pecuária de corte ou leite.

A idealização de protocolos de IATF pode ser favorecida pelas informações obtidas no sensor para determinadas raças, considerando as variações comportamentais e longevidade de período de cio. O sensor de detecção da monta também pode fornecer informações relevantes para a elaboração de novos protocolos indicando o intervalo ideal entre a indução da ovulação, com variações nos agentes indutores, raças e categorias de fêmeas da espécie bovina.

Embora os custos de implantação dos dispositivos mecânicos sejam mais acessíveis ao produtor, o incremento na taxa de detecção de estro fica atrelado à necessidade do emprego de mão de obra para observação diária a fim de identificar os animais que apresentam manchas de tinta, ou mudança de cores em seus dispositivos. Desta forma, o custo da mão de obra para a observação diária deve ser contabilizado.

Em pesquisa realizada em sites de lojas do setor agropecuário buscou-se os preços atualizados dos dispositivos mecânicos, dentre os cotados está o dispositivo Estrotect®, com custo aproximado de R\$ 25,00 por animal, enquanto o bastão marcador custa R\$ 20,00 a unidade, sendo possível pintar dezenas de vacas com uma unidade, sendo avaliado em um custo inferior a R\$ 2,00 por vaca e o Kamar® tem custo de R\$ 24,00 por vaca. Calculou-se o custo de mão de obra para observação de estro através do valor da hora trabalhada de um funcionário rural, acrescido de encargos, o período estipulado para observação de estro, foi de 3 vezes ao dia e pelo menos 30 minutos por vez, custando R\$20,00 por funcionário por dia para observação de estro. Os dados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Custo de implantação de dispositivos mecânicos

Dispositivo Mecânico	Custo de implantação R\$ / unidade
Estrotect®	R\$ 25,00 / vaca
Kamar®	R\$ 24,00 / vaca
Bastão de tinta	Inferior a R\$ 2,00 / vaca
Observação visual	R\$ 20,00 / funcionário / dia

Os dispositivos eletrônicos apresentam a vantagem de não haver a necessidade do emprego de mão de obra para identificação do estro, entretanto o custo de implantação pode ser considerado alto, Adenuga et al., [91] relata que na

maioria dos estudos o retorno sobre o capital investido acontece após 3,5 a 8 anos. Giordano [139] relatou o custo de \$120 por dispositivo, necessitando de 5 anos de funcionamento para atingir o ponto de equilíbrio e expectativa de durabilidade de 7 anos.

Diante destas informações e do custo com os componentes eletrônicos estar em torno de US\$ 15,90 (tabela 5), aproximadamente R\$ 77,26 por unidade, havendo a possibilidade de redução quando produzido em larga escala. Desta forma, o sensor desenvolvido apresenta um potencial de promover resultados semelhantes aos dispositivos eletrônicos apresentados, porém com o custo próximo aos dispositivos mecânicos, que apresentam a necessidade de emprego de mão de obra, incrementando assim o custo final de implantação. Nesse contexto pode-se afirmar que o sensor em desenvolvimento poderá apresentar melhor custo benefício em relação aos dispositivos presentes no mercado atualmente.

Tabela 5: Custo dos principais componentes eletrônicos utilizados na produção do dispositivo

Item	Unidade	Valor
ESP8266 D1 Mini	1	US\$ 5,50
Data Logger Shield RTC	1	US\$ 5,50
Micro SD	1	US\$ 2,70
Sensor Piezoelétrico	2	US\$ 0,60
Conectores	1	US\$ 0,20
Encapsulamento	1	US\$ 0,80
Total		US\$ 15,90

O estudo resultou em um pedido de patente, depositado junto ao INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial), protocolo: BR 10 2020 020082 8 e encontra-se em avaliação (ANEXO 2).

4 CONCLUSÃO

Nos testes em laboratório o sensor piezoelétrico escolhido mostrou-se capaz de detectar a pressão mecânica com no mínimo 2 segundos de forma contínua. O equipamento foi capaz de armazenar as pressões recebidas nos sensores em cartão SD, atribuindo data, hora e frequência.

As dimensões e disposição dos componentes são satisfatórias para fixação na região sacral e o encapsulamento do dispositivo confere a proteção contra impactos e água.

Os custos de produção estão dentro das expectativas iniciais e se mostram viáveis quando comparados a outros dispositivos.

O estudo resultou em pedido de patente, qual foi depositado junto ao INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial), protocolo: BR 10 2020 020082 8.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo desenvolveu um sensor eletrônico capaz de detectar a monta, armazenar informações de data, hora e frequência, com a possibilidade de emprego em atividades leiteiras e de corte, sistemas de IA com observação de estro ou protocolos de IATF e TETF. Além dessas aplicações o sensor poderá ser utilizado como ferramenta em pesquisas que visam estudar a incidência e caracterização da monta (momento exato dentro de determinado intervalo de tempo, número de repetições e longevidade de ocorrência das repetições) com custo reduzido de implantação. Tais informações poderão contribuir para o desenvolvimento de novos protocolos hormonais de IATF e TETF, voltados às categorias e raças bovinas específicas, as quais normalmente apresentam particularidades.

Para a próxima etapa do desenvolvimento do sensor serão necessários testes *in vivo*, buscando o aprimoramento no formato, na fixação ao animal e capacidade de detecção de monta, sucedidos por testes, em outra etapa, comparando o sensor a outros dispositivos existentes.

Além disso, outros estudos podem ser realizados para o desenvolvimento de um equipamento receptor que poderá captar automaticamente as montas recebidas e informar o produtor de forma rápida, como por exemplo, por meio de mensagens no celular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FILHO, J. E. R. V. Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade. Capítulo 3 – A fronteira agropecuária brasileira: Redistribuição produtiva, efeito poupa terra, e desafios estruturais logísticos. 2016. p-105.
2. FILHO, J. E. R. V. Expansão da fronteira agrícola no Brasil: Desafios e Perspectivas. 2016. p-7.
3. SIDRA – Sistema de Recuperação Automática. Produção Agrícola Municipal (PAM). 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM). 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2017>.
4. USDA – Foreign Agricultural Service – Brazil – Dairy and Products Annual – Annual Dairy Report. 2018.
5. Censo Agropecuário 2017. Resultados definitivos. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>.
6. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2006. Brasília, DF, 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>>.
7. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Valor Bruto da Produção Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuariavbp>>.
8. ASBIA. Números do Setor – Faturamento. Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação, 2017. Disponível em: <<http://www.abia.org.br/vsn/anexos/faturamento2016.pdf>>.
9. ASBIA – Associação Brasileira de Inseminação Artificial. Index 2019. Disponível em: <http://www.asbia.com.br>
10. ASBIA – Associação Brasileira de Inseminação Artificial. Index 1º Semestre 2020. Disponível em: <http://www.asbia.com.br>
11. Roelofs, J.B.; van Eerdenburg, F.J.C.M.; Soede, N.M.; Kemp, B. Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* 2005, *64*, 1690 – 1703.
12. LIU, X.; SPAHR, S. L. Automated electronic activity measurement for detection of estrus in dairy cattle¹. *Journal of dairy science*, v. 76, n. 10, p. 2906-2912, 1993.

13. NAVARRO, Rafael Escobar Bretos. Eficácia da observação de estro aliada a programas de IATF. 2013.
14. Colazo MG, Ambrose DJ. Neither duration of progesterone insert nor initial GnRH treatment affect pregnancy per timed-insemination in dairy heifers subjected to a Co-synch protocol. *Theriogenology* 2011; 76:578 – 588.
15. LOPEZ, H., SATTER, L. D., WILTBANK, M. C. Relationship between milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Savoy, v. 81, p. 239, 2003.
16. HOMER, E.M.; GAO, Y.; MENG, X.; DODSON, A.; WEBB, R.; GARNSWORTHY, P.C. Technical note: A novel approach to the detection of estrus in dairy cows using ultra-wide band technology. *Journal Dairy Science*, v.96, n.10, p.6529 – 6534, 2013.
17. LUCY, M.C.. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *J Dairy Sci*, v.84, p.1277-1293, 2001.
18. Schefers, J.M.; Weigel, K.A.; Rawson, C.L.; Zwald, N.R.; Cook, N.B. Management practices associated with conception rate and service rate of lactating Holstein cows in large, commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.* 2010, 93, 1459 – 1467.
19. Reith, S.; Hoy, S. Behavioral signs of estrus and the potential of fully automated systems for detection of estrus in dairy cattle. *Animal* 2017, 12, 398–407.
20. Galvão, K.N.; Federico, P.; De Vries, A.; Schuenemann, G.M. Economic comparison of reproductive programs for dairy herds using estrus detection, timed artificial insemination, or a combination. *J. Dairy Sci.* 2013, 96, 2681–2693.
21. FIRK, R.; STAMER, E.; JUNGE, W.; KRIETER, J. Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, v.75, n.3 , p.219–232, 2002.
22. AZEVÊDO, D.M.M.R.; AZEVÊDO, A.R.; ALVES, A.A.; Eficiência reprodutiva em bovinos de leite. *Rev. Cient. Prod. Anim.*, v.3, n.2, p.48-61, 2001.
23. BARUSELLI, P.S., SÁ FILHO, M.F., MARTINS & C.M., NASSER, L. F. Superovulation and embryo transfer in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology*, 65, 77-88, 2006.

24. BRUNASSI, L.A.; MOURA, D.J.; NÄÄS, I.A.; VALE, M.M.; SOUZA, S.R.L.; LIMA, K.A.O.; CARVALHO, T.M.R.; BUENO, L.G.F. Improving detection of dairy cow estrus using fuzzy logic. *Scientia Agricola*, v.67, n.5, p.503-509, 2010.
25. LOPES, M. A.; SANTOS, G.; REZENDE, M.A.; CARVALHO, F. M.; CARDOZO, M.G. Estudo da rentabilidade de sistemas de produção de leite na região de Nazareno (MG). *Ciência Animal Brasileira*, v.12, n.1, p. 58-69, 2011.
26. Diskin MG, Sreenan JM. Expression and detection of oestrus in cattle. *Reprod Nutr Dev*. 2000;40:481–91.
27. Vliet JHV, Van Eerdenburg FJCM. Sexual activities and oestrus detection in lactating Holstein cows. *Appl Anim Behav Sci*. 1996;50:57–69.
28. Holman A, Thompson J, Routly JE, Cameron J, Grove-White D, Smith RF, Dobson H. Comparison of oestrus detection methods in dairy cattle. *Vet Rec*. 2011;169:47–53.
29. Peralta OA, Pearson RE, Nebel RL. Comparison of three estrus detection systems during summer in a large commercial dairy herd. *Anim. Reprod. Sci.*2005;87:59–72.
30. RANDEL, R. D. Unique reproductive traits of Brahman based cows. In: FIELDS, M. J., SAND, R. S. Factors affecting calf crop. CRC Press: Florida, 1994. P. 23-43.
31. GALINA, C. S.; ORIHUELA, A.; RUBIO, I. Reproductive physiology in Zebu cattle, characteristics related to estrous expression and performance of bulls utilized in natural mating. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL. 11., 1995, Belo Horizonte. Anais CBRA, 1995. P.46-61.
32. GALINA, C.S.; ORIHUELA, A.; BUBIO, I. Behavioural trends affecting oestrus detection in Zebu cattle. *Anim. Repr. Sci.*, V. 42, P. 465-470, 1996.
33. PINHEIRO, O.L., BARROS, C.M., FIGUEREDO, R.A., VALLE, E.R. DO, ENCARNAÇÃO, R.O., PADOVANI, C.R. Estrous behavior and the estrus-to-ovulation interval in Nelore cattle (*Bos indicus*) with natural estrus or estrus induced with prostaglandin F₂alpha or norgestomet and estradiol valerate. *Theriogenology*, v.49, p.667-81, 1998.
34. MIZUTA, K. *Estudo comparativo dos aspectos comportamentais do estro e dos teores plasmáticos de LH, FSH, progesterona e estradiol que precedem a ovulação em fêmeas bovinas Nelore (Bos taurus indicus), Angus (Bos taurus taurus) e Nelore ´ Angus (Bos taurus indicus ´ Bos taurus taurus)*. 2003. 98 f. Tese (Doutorado em Reprodução Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade

de São Paulo, São Paulo, 2003.

35. NEBEL, R. L.; WHITTIER, W. D.; CASSELL, B. G.; BRITT, J.H. Comparison on-farm and laboratory milk progesterone assays for identifying errors in detection of estrus and diagnosis of pregnancy. *Journal Dairy Science*, v.70, n.7, p.1471 - 1476,1987.
36. APPLEYARD, W. T.; COOK, B. The detection of oestrus in dairy cattle. *The Veterinary Record*, v. 99, n. 13, p. 253-256, 1976.
37. BARR, H. L. Influence of estrous detection on open in dairy herds. *Journal of Dairy Science*, v. 58, n. 2, p. 246-247, 1975.
38. BARROS, C. M.; FERNANDES, P.; NOGUEIRA, M. F. G. Controle Farmacológico do ciclo estral e superovulação em zebuínos de corte. In: MADUREIRA E. H.; BARUSELLI, P. S. Controle farmacológico do ciclo estral em ruminantes. São Paulo, FUNVET, 2000. p. 158-189.
39. PLASSE, D., WARNICK, A. C., KOGER, M. Reproductive behavior of *Bos indicus* females in a subtropical environment. IV. Length of estrus cycle, duration of estrus, time of ovulation fertilization and embryo survival in grade Brahman heifers. *J. Anim. Sci.*, v. 30, p. 63-72, 1970.
40. ALBERRO, M. Comparative performance of F1 Friesian x Zebu heifers in Ethiopia. *Anim. Prod.*, v. 37, p. 247-252, 1983.
41. ORIHUELA, A., GALINA, C. S., ESCOBAR, F. J., RIQUELME, E. Estrous behaviour following prostaglandin f2 α injection in Zebu cattle under continuous observation. *Theriogenology*, v. 19, p. 795-809, 1983.
42. VOH, A., ODEYIPE, E. O., BUVANENDRAN, V. KUMI-DIAKA, J. Estrus response of indigenous Nigerian Zebu cows after prostaglandin F2 alpha analogue treatment under continuous observation for two seasons. *Theriogenology*, v. 28, p. 77-99, 1987.
43. GALINA, C. S., CALDERÓN, A., MCCLOSKEY, M. Detection of signs of estrus in the Charolais cows and its Brahman cross under continuous observation. *Theriogenology*, v. 17, p. 485-498, 1982.
44. LLEWELYN, C. A., MUNRO, C. D., LUCKINS, A. G., JORDT, T., MURRAY, M., LORENZINI, E. Behavioural and ovarian changes during the oestrous cycle in the Boran (*Bos indicus*). *Br. Vet. J.*, v.143, p. 75-82, 1987.
45. MATTONI, M., MUKASA-MUGERWA, E., CECCHINI, G., SOVANI, S. The reproductive performance of East African Zebu (*Bos indicus*) cattle in Ethiopia. 1.

- Estrous cycle length duration, behaviour and ovulation. *Theriogenology*, v. 30, p. 961-970, 1988.
46. GALINA, C. S., ARTHUR, G. H., Review of cattle reproduction in the tropic . Part 4. Oestrus cycles. *Anim. Breed Abstr.*, v. 58, p. 697-707, 1990.
 47. SANGSRITAVONG, S. et al. High feed intake increases liver blood flow and metabolism of progesterone and 17 B – estradiol in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.85, n.11, p. 2831 – 2842, 2002.
 48. LOPEZ, H., SATTER, L. D., WILTBANK, M. C., Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*, Amsterdam, v.81, n. 3-4, p. 209-223, 2004.
 49. Roelofs JB, Van Eerdenburg FJCM, Soede NM, Kemp B. Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology*. 2005;63:1366–77.
 50. WILTBANK, M., et al., Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology*, Stoneham, v. 65, n. 1, p. 17-29, 2006.
 51. NEBEL, R. L., et al., Use of radio frequency data communication system, HeatWatch, to describe behavioral estrus in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 80 (Suppl. 1), p. 179, 1997.
 52. NEBEL, R.L.; BAME, J.H.; PEARSON, R.E. Factors affecting the intensity and duration of estrus of Holstein and Jersey cattle. *Journal of Dairy Science*, Savoy, 85, suppl. 1, p. 266, 2002.
 53. VAILES, L. D.; BRITT, J. H. Influence of footing surface on mounting and other sexual behaviors of estrual Holsten cows. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 68, p. 2333-2339, 1990.
 54. DASH, Soumya et al. Effect of heat stress on reproductive performances of dairy cattle and buffaloes: A review. *Veterinary world*, v. 9, n. 3, p. 235, 2016.
 55. Hahn, G.L., Mader, T.L. and Eigenberg, R.A. (2003) Perspectives on development of thermal indices for animal studies and management. In: *Proceeding Symposium. Interactions between Climate and Animal Production. EAAP Technical Series No. 7; p31-44.*
 56. Wolfenson, D., Roth, Z. and Meidan, R. (2000) Impaired reproduction in heat-stressed cattle: Basic and applied aspects. *Anim. Reprod. Sci.*, 60-61: 535-547.

57. HELMER, S. D.; BRITT, J. H., Mounting behavior as affected by stage of estrous cycle in Holsten heifers. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 68, n. 5, p. 1290-1296, 1985.
58. HURNIK, J. F.; KING, G. J.; ROBERTSON, H. A. Estrous and related behaviour in postpartum Holstein cows. *Applied Animal Ethology*, v. 2, p. 55-68, 1975.
59. Thatcher W. W., Collier R. J. 1986. Effects of climate on bovine reproduction. In: *Current Therapy in Theriogenology 2*. (D. A. Morrow, ed.), W. B. Saunders, Philadelphia pp. 301-309.
60. Flamenbaum I, Galon N. 2010. Management of heat stress to improve fertility in dairy cows in Israel. *J Reprod Dev*, 56 (Suppl):S36-41.
61. GUTIERREZ C., GALINA C. S., RUBIO I. The influence of the social structure of a Zebu herdo on the manifestation of signs of oestrus. *Wrld. Rev. Ann. Prod.*, v. 44:,p. 10-20, 1993.
62. Zduńczyk S., Janowski T., Raś M.: Current views on the phenomenon of silent heat in cows. *Med Weter* 2005, 61, 726–729.
63. Yrjö T.G., Hollis N.E., McCulloch C.E., Saloniemi H.S.: Epidemiology of reproductive disorders in dairy cattle: associations among host characteristics, disease and production. *Prev Vet Med* 1990, 8, 25–39.
64. Walsh S.W., Williams E.J., Evans A.C.O.: A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Anim Reprod Sci* 2011, 123, 127–138.
65. TRIANA, Eryl Luisana Carrascal; JIMENEZ, Carolina Rodriguez; TORRES, Ciro Alexandre Alves. Eficiência reprodutiva em bovinos de leite. *Anais da Semana do Fazendeiro*, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, v. 1, 2012.
66. MALUF, D.Z., Avaliação da reutilização de implantes contendo progestágenos para controle farmacológico do ciclo estral e da ovulação em vacas de corte. Piracicaba, São Paulo – Brasil, 2002. 60p. Dissertação de Mestrado.
67. AT-TARAS, E. E.; SPAHR, S. L. Detection and characterization of estrus in dairy cattle with an electronic heatmount detector and an electronic activity tag. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 84, n. 4, p. 792-798, 2001.

68. SARTORI, Roberto. Manejo reprodutivo da fêmea leiteira. In: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Artigo em anais de congresso (ALICE). Reprodução Animal, Belo Horizonte, v. 31, n. 2, p. 153-159, 2007., 2007.
69. BARUSELLI, P. S. et al. Efeito de diferentes protocolos de inseminação artificial em tempo fixo na eficiência reprodutiva de vacas de corte lactantes. Revista Brasileira de Reprodução Animal, Belo Horizonte, v. 26, p. 218-221, 2002.
70. 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, v.13, n.3, p.451, Jul./Sept. 2016
71. DUTRA, P. C. F., Eficiência produtiva em rebanhos bovinos. In: SEMANA ACADÊMICA DE MEDICINA VETERINÁRIA, 13, 2013. Porto Alegre. Ciclo de Palestras. Porto Alegre: UFRGS Faculdade de Veterinária, 2013. Palestra proferida em 21 de maio de 2013.
72. ALNIMER, Mufeed A.; ABEDAL-MAJED, Mohamed A.; SHAMOUN, Ahmad I. Effect of two prostaglandin injections on days 5 and 6 in a timed AI protocol after estrus expression on pregnancy outcomes in dairy cows during cold or hot seasons of the year. Archives Animal Breeding, v. 62, n. 1, p. 161, 2019.
73. COLAZO, Marcos G.; MAPLETOFT, Reuben J. Pregnancy per AI in Holstein heifers inseminated with sex-selected or conventional semen after estrus detection or timed-AI. The Canadian Veterinary Journal, v. 58, n. 4, p. 365, 2017.
74. De Jarnette JM, Leach MA, Nebel RL, Marshall CE, McCleary CR, Moreno JF. Effects of sex-sorting and sperm dosage on conception rates of Holstein heifers: Is comparable fertility of sex-sorted and conventional semen plausible? J Dairy Sci 2011;94:3477–3483.
75. Bartolome J.A., Sozzi A., McHale J., Melendez P., Arteche A.C.M., Silvestre F.T., Kelbert D., Swift K., Archbald L.F., Thatcher W.W.: Resynchronization of ovulation and timed insemination in lactating dairy cows, II: assigning protocols according to stages of the estrous cycle, or presence of ovarian cysts or anestrus. Theriogenology 2005, 63, 1628–1642.
76. Dewey S.T., Mendonca L.G., Lopes G. Jr., Rivera F.A.,

- Guagnini F., Chebel R.C., Bilby T.R.: Resynchronization strategies to improve fertility in lactating dairy cows utilizing a presynchronization injection of GnRH or supplemental progesterone: I. Pregnancy rates and ovarian responses. *J Dairy Sci* 2010, 93, 4086–4095
77. Sá Filho MF, Marques MO, Girotto R, Santos FA, Sala RV, Barbuio JP, Baruselli PS. 2014. Resynchronization with unknown pregnancy status using progestin-based timed artificial insemination protocol in beef cattle. *Theriogenology*, 81:284-290.
78. BARUSELLI, Pietro Sampaio et al. Challenges to increase the AI and ET markets in Brazil. *Animal Reproduction*, v. 16, n. 3, p. 364-375, 2019.
79. Tenhagen BA, Drillich M, Surholt R, Heuwieser W. Comparison of timed AI after synchronized ovulation to AI at estrus: Reproductive and economic considerations. *J Dairy Sci*. 2004; 87:85–94.
80. Giordano JO, Fricke PM, Wiltbank MC, Cabrera VE. An economic decision-making support system for selection of reproductive management programs on dairy farms. *J Dairy Sci*. 2011; 94:6216–6232.
81. Galvão KN, Federico P, De Vries A, Schuenemann GM. Economic comparison of reproductive programs for dairy herds using estrus detection, timed artificial insemination, or a combination. *J Dairy Sci*. 2013; 96:2681–2693.
82. Mayo, L.M.; Silvia, W.J.; Ray, D.L.; Jones, B.W.; Stone, A.E.; Tsai, I.C.; Clark, J.D.; Bewley, J.M.; Heersche, G. Automated estrous detection using multiple commercial precision dairy monitoring technologies in synchronized dairy cows. *J. Dairy Sci*. 2019, 102, 2645–2656.
83. Ávila Pires, M.F. et al. Comportamento de vacas da raça Gir (*Bos taurus indicus*) em estro.

- Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 55, 187-196, 2003.
84. Hansen, P.J. Embryonic mortality in cattle from the embryo's perspective. *Journal Animal Science*. 80: 33-44, 2003.
 85. Reith, S.; Brandt, H.; Hoy, S. Simultaneous analysis of activity and rumination time, based on collar-mounted sensor technology, of dairy cows over the peri-estrus period. *Livest. Sci.* 2014, 170, 219–227.
 86. Firk, R.; Stamer, E.; Junge, W.; Krieter, J. Automation of oestrus detection in dairy cows: A review. *Livest. Prod. Sci.* 2002, 75, 219–232.
 87. Dijkhuizen, A.A.; Stelwagen, J.; Renkema, J.A. Economic aspects of reproductive failure in dairy cattle. I. Financial loss at farm level. *Prev. Vet. Med.* 1985, 3, 251–263
 88. Chanvallon, A.; Coyral-Castel, S.; Gatién, J.; Lamy, J.-M.; Ribaud, D.; Allain, C.; Clément, P.; Salvetti, P. Comparison of three devices for the automated detection of estrus in dairy cows. *Theriogenology* 2014, 82, 734–741.
 89. Steeneveld, W.; Hogeveen, H. Characterization of Dutch dairy farms using sensor systems for cow management. *J. Dairy Sci.* 2015, 98, 709–717.
 90. DE OLIVEIRA CAETANO, Graciele Araújo; JÚNIOR, Messias Batista Caetano. Métodos de detecção de estro e falhas relacionadas. *Pubvet*, v. 9, p. 348-399, 2015.
 91. ADENUGA, Adewale Henry et al. Economic viability of adoption of automated oestrus detection technologies on dairy farms: A review. *Animals*, v. 10, n. 7, p. 1241, 2020.
 92. Roelofs, J.; López-Gatiús, F.; Hunter, R.H.F.; van Eerdenburg, F.J.C.M.; Hanzen, C. When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology* 2010, 74, 327–344. (C)
 93. Valenza, A.; Giordano, J.O.; Lopes, G.; Vincenti, L.; Amundson, M.C.; Fricke, P.M. Assessment of

- an accelerometer system for detection of estrus and treatment with gonadotropin-releasing hormone at the time of insemination in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2012, 95, 7115–7127
94. DE VASCONCELOS, Gisvani Lopes; LOPES, Marcos Aurélio; REIS, Eduardo Mitke Brandão. Detecção eletrônica do estro em vacas leiteiras: uma revisão. 2015.
95. NOGUEIRA, E.; SILVA, J. C. B.; SILVA, M. R.; SILVA, A. S.; RODRIGUES, W. B.; BEZERRA, A. O. JARA, J.; SILVA, K. C.; ANACHE, N. A. IATF + CIO: estratégia prática de avaliação de cio e aumento de prenhez. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2016. 8 p. (Embrapa Pantanal. Circular Técnica, 113).
96. Shahriar, M.S.; Smith, D.; Rahman, A.; Freeman, M.; Hills, J.; Rawnsley, R.; Henry, D.; Bishop-Hurley, G. Detecting heat events in dairy cows using accelerometers and unsupervised learning. *Comput. Electron. Agric.* 2016, 128, 20–26.
97. RUTTEN, C. J. et al. An ex ante analysis on the use of activity meters for automated estrus detection: To invest or not to invest?. *Journal of Dairy Science*, v. 97, n. 11, p. 6869-6887, 2014.
98. Olynk, N.J.; Wolf, C.A. Economic Analysis of Reproductive Management Strategies on US Commercial Dairy Farms. *J. Dairy Sci.* 2008, 91, 4082–4091
99. Senger, P.L. The Estrus Detection Problem: New Concepts, Technologies, and Possibilities. *J. Dairy Sci.* 1994, 77, 2745–2753.
100. Mbehoma, P.M.; Mutasa, F. Determinants of Technical Efficiency of Smallholders Dairy Farmers in Njombe District, Tanzania. *Afr. J. Econ. Rev.* 2013, 1, 15–29
101. Saint-Dizier, M.; Chastant-Maillard, S. Towards an Automated Detection of Oestrus in Dairy Cattle. *Reprod. Domest. Anim.* 2012, 47, 1056–1061.
102. Pfeiffer, J.; Gandorfer, M.; Ettema, J.F. Evaluation of activity meters for estrus detection: A stochastic bioeconomic modeling approach. *J. Dairy Sci.* 2020, 103, 492–506
103. JÓNSSON, R.M.; BLANKE, M.; POULSEN, N.K.; CAPONETTI, F.; HØJSGAARD, S.

- Oestrus detection in dairy cows from activity and lying data using on-line individual models. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.76, n.1, p.6–13, 2011.
104. Gaillard, C.; Barbu, H.; Sørensen, M.T.; Sehested, J.; Callesen, H.; Vestergaard, M. 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. *J. Dairy Sci.* 2016, 99, 3134–3143.
 105. Mazrier, H.; Tal, S.; Aizinbud, E.; Bargai, U. A field investigation of the use of the pedometer for the early detection of lameness in cattle. *Can. Vet. J.* 2006, 47, 883–886.
 106. KIDDY, C.A. Variation in physical activity as an indication of oestrus in dairy cows. *Journal Dairy Science*, v.60, n. 2, p. 235– 243, 1977.
 107. LOPES M. A. Informática aplicada à bovinocultura. 1 ed., Jaboticabal: FUNEP, 1977, 82p.
 108. YOSHIOKA, H.; TANIMOTO, Y. Effectiveness of a Real-time Radiotelemetric Pedometer for estrus detection and Insemination in Japanese Black Cows. *Journal of Reproduction and Development*, v. 56, n.3, p. 351-355, 2010.
 109. CROWE, Mark A.; HOSTENS, Miel; OPSOMER, Geert. Reproductive management in dairy cows-the future. *Irish veterinary journal*, v. 71, n. 1, p. 1-13, 2018.
 110. BREHME, U.; BREHME, A. U.; STOLLBERGA, U.; HOLZB, R.; SCHLEUSENER, T. Alt pedometer—new sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. *Computers and electronics in agriculture*, v.62, n.1, p.73–80, 2008.
 111. SAKATANI, M.; BALBOULA, A.Z.; YAMANAKA, K.; TAKAHASHI, M. Effect of summer heat environment on body temperature, estrous cycles and blood antioxidant levels in Japanese Black cow. *Animal Science Journal*, v.83, n.5, p.394- 402, 2012.
 112. SAKAGUCHI, M.; FUJIKI, R.; YABUUCHI, K.; TAKAHASHI, Y.; AOKI, M. Reliability of estrous detection in Holstein heifers using a radiotelemetric pedometer located on the neck or legs under different rearing conditions. *Journal of reproduction and development*, v.53, n.4, p.819-828, 2007
 113. Yang, C.-C.; Hsu, Y.-L. A review of accelerometry-based wearable motion detectors for physical activity monitoring. *Sensors* 2010, 10, 7772–7788.

114. Halsey, L.G.; Shepard, E.L.C.; Hulston, C.J.; Venables, M.C.; White, C.R.; Jeukendrup, A.E.; Wilson, R.P. Acceleration versus heart rate for estimating energy expenditure and speed during locomotion in animals: Tests with an easy model species, *Homo sapiens*. *Zoology* 2008, *111*, 231–241.
115. Miwa, M.; Oishi, K.; Nakagawa, Y.; Maeno, H.; Anzai, H.; Kumagai, H.; Okano, K.; Tobioka, H.; Hirooka, H. Application of overall dynamic body acceleration as a proxy for estimating the energy expenditure of grazing farm animals: Relationship with heart rate. *PLoS ONE* 2015, *10*, e0128042.
116. Bidder, O.R.; Soresina, M.; Shepard, E.L.C.; Halsey, L.G.; Quintana, F.; Gómez-Laich, A.; Wilson, R.P. The need for speed: Testing acceleration for estimating animal travel rates in terrestrial dead-reckoning systems. *Zoology* 2012, *115*, 58–64.
117. Robert, B.; White, B.J.; Renter, D.G.; Larson, R.L. Evaluation of three-dimensional accelerometers to monitor and classify behavior patterns in cattle. *Comput. Electron. Agric.* 2009, *67*, 80–84.
118. Watanabe, N.; Sakanoue, S.; Kawamura, K.; Kozakai, T. Development of an automatic classification system for eating, ruminating and resting behavior of cattle using an accelerometer. *Grassl. Sci.* 2008, *54*, 231–237.
119. Fricke, P.M.; Giordano, J.O.; Valenza, A.; Lopes, G.; Amundson, M.C.; Carvalho, P.D. 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. *J. Dairy Sci.* 2014, *97*, 2771–2781.
120. Madureira, A.M.L.; Silper, B.F.; Burnett, T.A.; Polsky, L.; Cruppe, L.H.; Veira, D.M.; Vasconcelos, J.L.M.; Cerri, R.L.A. Factors affecting expression of estrus measured by activity monitors and conception risk of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2015, *98*, 7003–7014.
121. Bar, D. Optimal timing of insemination using activity collars. In Proceedings of the 1st

- | | | |
|--|------------|----------------------------------|
| North | Am. | Conf. |
| Precision Dairy Management, Toronto, ON, Canada, 2–5 March 2010; Progressive Dairy | Operators: | Elora, ON, Canada, 2010; p. 100. |
122. PORTO-FILHO, R.M.; BARUSELLI, P.S.; MADUREIRA, E.H. Uso da radiotelemetria para detecção do estro em fêmeas búfalas: luteólise durante duas fases do ciclo estral, ultra-sonografia da ovulação e perfis hormonais. *Boletim de Medicina Veterinária*, v. 1, n.1, p.13-32, 2005.
 123. RORIE, R.W.; BILBY, T.R.; LESTER, T.D. Application of electronic estrus detection technologies to reproductive management of cattle. *Theriogenology*, v.57, n.1, p.137-148, 2002.
 124. BREHME, U.; AHLERS, D.; LAUFELD, P.; SCHEIBL, P.; SCHERPING, E.; WERNER, D. Brunsterkennung und Gesundheitsüberwachung mittels sensorgestutzter Funkdatenlogger. In: *Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Beiträge zur 5. Internationalen Tagung in Hohenheim, 6-7. März, 2001*. Hrsg.: Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Germany; 2001. p. 44-49.
 125. FOOTE, R. H., Estrus detection and estrus detection aids. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 58, n. 2, p. 248-256, 1975.
 126. BONATO, Gabriela Lucia et al. Comparação de métodos auxiliares na identificação de estros em vacas e novilhas mestiças leiteiras. 2012
 127. HORN, M. M.; GALINA, C. S.; MORAES, J.C.F.; 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*, Lisboa, v. 96, p. 145-148, 2011.
 128. JIMENEZ, F. et al.; Evaluation of four methods for heat detection in dual purpose heifers. *Revista Científica (Maracaibo)*, Maracaibo, v. 19, n. 4, p. 366-370, 2009.
 129. WILLIAMSON, N. B. et al.; A study of oestrus behaviour and oestrus detection methods in a large commercial dairy herd. I. The relative efficiency of methods of oestrus detection. *Veterinary Record*, London, v. 91, n. 17, p. 50-58, 1972.
 130. GALON, Nadav. The use of pedometry for estrus detection in dairy cows in Israel. *Journal of Reproduction and Development*, v. 56, n. S, p. S48-S52, 2010.
 131. DINSMORE, R. P., CATTEL, M. B.; Field trial of a radiotelemetry estrous detection system. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 76. p. 227, 1993.

132. CAVALIERI, J.; EAGLES, V.; RYAN, M.; MACMILLAN, K.L. Comparison of four methods for detection of oestrus in dairy cows with resynchronised oestrous cycles. *Australian Veterinary Journal*, v.81, n. 7, p.422-425, 2003.
133. PERALTA, O.A.; PEARSON, R.E.; NEBEL, R.L. Comparasion of three estrus detection systems during summer in a large commercial dairy herd. *Animal Reproduction Science*, v. 87, n. 1-2, p.59- 72, 2005.
134. Russell, R.A.; Bewley, J.M. Characterization of Kentucky dairy producer decision-making behavior. *J. Dairy Sci.* 2013, *96*, 4751–4758.
135. Abeni, F.; Petrera, F.; Galli, A. A Survey of Italian Dairy Farmers' Propensity for Precision Livestock Farming Tools. *Animals* 2019, *9*, 202.
136. Rehman, T.; McKemey, K.; Yates, C.M.; Cooke, R.J.; Garforth, C.J.; Tranter, R.B.; Park, J.R.; Dorward, P.T. Identifying and understanding factors influencing the uptake of new technologies on dairy farms in SW England using the theory of reasoned action. *Agric. Syst.* 2007, *94*, 281–293.
137. Borchers, M.R.; Bewley, J.M. An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness. *J. Dairy Sci.* 2015, *98*, 4198–4205.
138. Neves, R.C.; LeBlanc, S.J. Reproductive management practices and performance of Canadian dairy herds using automated activity-monitoring systems. *J. Dairy Sci.* 2015, *98*, 2801–2811.
139. Giordano, J.O. Use of technologies in reproductive management: Economics of automated activity monitoring systems for detection of oestrus. In *Proceedings of the Western Dairy Management Conference*, Reno, NV, USA, 3–5 March 2015; pp. 51–66.
140. TAVARES, L. G.; CARSTENS, L.; VEIGA, S. L. Utilização de plataformas de prototipação baseadas em microcontroladores de baixo custo no curso de engenharia elétrica da universidade positivo. COBENGE, Juiz de Fora, 2014.
141. Portal Embarcados – Entendendo as entradas analógicas do Arduino. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/arduino-entradas-analogicas/>.

ANEXO 1

```

#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"
RTC_DS1307 rtc;

char daysOfTheWeek[7][12] = {"Domingo", "Segunda", "Terça", "Quarta", "Quinta", "Sexta", "Sábado"};

const int chipSelect = D4;

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  while (!Serial) {
    ;
  }

  if (!rtc.begin()) {
    Serial.println("DS1307 não encontrado");
    while(1);
  }
  if (!rtc.isrunning()) {
    Serial.println("DS1307 rodando!");
    //REMOVA O COMENTÁRIO DE UMA DAS LINHAS ABAIXO PARA INSERIR AS INFORMAÇÕES ATUALIZADAS EM SEU RTC
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__))); //CAPTURA A DATA E HORA EM QUE O SKETCH É COMPILADO
    rtc.adjust(DateTime(2020, 4, 13, 15, 33, 15)); //(ANO), (MÊS), (DIA), (HORA), (MINUTOS), (SEGUNDOS)
  }
  delay(100);

  Serial.print("Initializing SD card...");

  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Cartão não está presente");
    return;
  }
  Serial.println("Cartão Inicializado.");
}

void loop()
{
  DateTime now = rtc.now();
  Serial.print("Data: ");
  Serial.print(now.day(), DEC);
  Serial.print('/');
  Serial.print(now.month(), DEC);
  Serial.print('/');
  Serial.print(now.year(), DEC);
  Serial.print(" / Dia: ");
  Serial.print(daysOfTheWeek[now.dayOfTheWeek()]);
  Serial.print(" / Horas: ");
  Serial.print(now.hour(), DEC);
  Serial.print(':');
  Serial.print(now.minute(), DEC);
  Serial.print(':');
  Serial.print(now.second(), DEC);
  Serial.println();
}

```

```
    delay(1000);
    String dataString = "";

    int sensor = analogRead(A0);
    dataString += String(sensor);

    File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);

    if (sensor > 20) {
        if (dataFile) {
            dataFile.println(dataString);
            dataFile.close();
            // print to the serial port too:
            Serial.println(dataString);
        }
    }
    else {
        Serial.println("erro abrindo datalog.txt");
    }

    delay(1000);
}
```

ANEXO 2

**Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT****Número do Processo:** BR 10 2020 020082 8**Dados do Depositante (71)**

Depositante 1 de 1**Nome ou Razão Social:** LUIZ ARTHUR MALTA PEREIRA**Tipo de Pessoa:** Pessoa Física**CPF/CNPJ:** 27966546802**Nacionalidade:** Brasileira**Qualificação Física:** Pesquisador**Endereço:** Rua Chico Mestre 438**Cidade:** Pirassununga**Estado:** SP**CEP:** 13630290**País:** Brasil**Telefone:** 1935612431**Fax:****Email:** luiz.pereira@universidadebrasil.edu.br

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): DISPOSITIVO ELETRÔNICO DE DETECÇÃO DE ESTRO E FREQUÊNCIA DE MONTA EM BOVINOS

Resumo: Nos últimos anos as tecnologias aplicadas à reprodução animal têm contribuído de maneira importante para o melhoramento genético e o incremento da produtividade na pecuária leiteira e de corte. A inseminação artificial (IA), atualmente é a tecnologia de maior impacto econômico, pois possibilita a disseminação de características desejáveis pelo uso em larga escala de indivíduos melhoradores.

A presente invenção trata do desenvolvimento de um equipamento de monitoramento capaz de detectar automaticamente o cio, informar de forma mais precisa os dados, incluindo data, hora, frequência e número de montas detectadas, a um custo baixo de investimento por unidade e que permita sua utilização na rotina de trabalho e pesquisa de forma simples e prática.

O equipamento é composto por dois sensores piezoelétrico dispostos nas extremidades do equipamento. Esses sensores quando submetidos a uma força mecânica geram uma corrente elétrica que é captada pela porta analógica de um microcontrolador ESP8266. Ao microcontrolador é ligado um módulo de cartão de memória e a um módulo RTC (Relógio de tempo real). Desta forma, quando ocorre a monta no animal o dispositivo registra no cartão de memória a frequência, seguida de data e hora.

Figura a publicar: FIG 1

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 3**Nome:** LUIZ ARTHUR MALTA PEREIRA**CPF:** 27986546802**Nacionalidade:** Brasileira**Qualificação Física:** Pesquisador**Endereço:** Rua Chico Mestre, 438**Cidade:** Pirassununga**Estado:** SP**CEP:** 13630-290**País:** BRASIL**Telefone:** (19) 356 12431**Fax:****Email:** luiz.pereira@universidadebrasil.edu.br**Inventor 2 de 3****Nome:** CASSIA MARIA BARROSO ORLANDI**CPF:** 15704775829**Nacionalidade:** Brasileira**Qualificação Física:** Pesquisador**Endereço:** Rua Cel Manoel Leme,420**Cidade:** Descalvado**Estado:** SP**CEP:** 13690-000**País:** BRASIL**Telefone:** (19) 992 671333**Fax:****Email:** cassia.orlandi@gmail.com**Inventor 3 de 3**

Nome: RAPHAEL AUGUSTO DE LUCENA OLIVEIRA

CPF: 38007259803

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Físca: Estudante de Pós Graduação

Endereço: Rua Helio Lockman Costa, 380

Cidade: Mogi Mirim

Estado: SP

CEP: 13830-290

País: BRASIL

Telefone: (11) 998 134333

Fax:

Email: raphaelvet56@gmail.com

Documentos anexados

Tipo Anexo	Nome
Comprovante de pagamento de GRU 200	Sicoob comprovante (30-09-2020 14-17-22).pdf
Desenho	Desenhos.pdf
Reivindicação	Reinvindicacao.pdf
Relatório Descritivo	Relatorio Descritivo.pdf
Resumo	Resumo.pdf

Acesso ao Patrimônio Genético

- Declaração Negativa de Acesso - Declaro que o objeto do presente pedido de patente de invenção não foi obtido em decorrência de acesso à amostra de componente do Patrimônio Genético Brasileiro, o acesso foi realizado antes de 30 de junho de 2000, ou não se aplica.

Declaração de veracidade

- Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

SICOOB
SISTEMA DE COÓPERATIVAS DE CRÉDITO DO BRASIL
SISBR - SISTEMA DE INFORMÁTICA DO SICOOB

30/09/2020 **COMPROVANTE PAGAMENTO DE TÍTULO** 14:17:10

Cooperativa: 3194-1/ COOPERATIVA CREDITO CREDIGUAÇU - SICOOB CREDIGUAÇU
 Conta: 97423718/ LUIZ ARTHUR MALTA PEREIRA

Linha digitável do título

00190.00009 02940.916196 24447.508177 7 84230000007000

Número Documento: -
 Nosso número: -

N. Agendamento: 4553571
 Instituição Emissora: 001-BANCO DO BRASIL S.A.

Beneficiário

Nome Fantasia: INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUST
 Nome/Razão Social: INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL , INP
 CPF/CNPJ: 42.521.088/0001-37

Pagador

Nome Fantasia: LUIZ ARTHUR MALTA PEREIRA
 Nome/Razão Social: LUIZ ARTHUR MALTA PEREIRA
 CPF/CNPJ: 279.665.468-02

Realizado: 30/09/2020
 Pagamento: 30/09/2020
 Data de Vencimento: 29/10/2020
 Documento: 70,00
 Desconto/Abatimento: 0,00
 Juros/Multa: 0,00
 Pago: 70,00
 Situação: EFETIVADO

Autenticação

9C705416-5607-4C9B-975F-8320BA35EF73
 OUVIDORIA SICOOB: 08007250996

FIG1

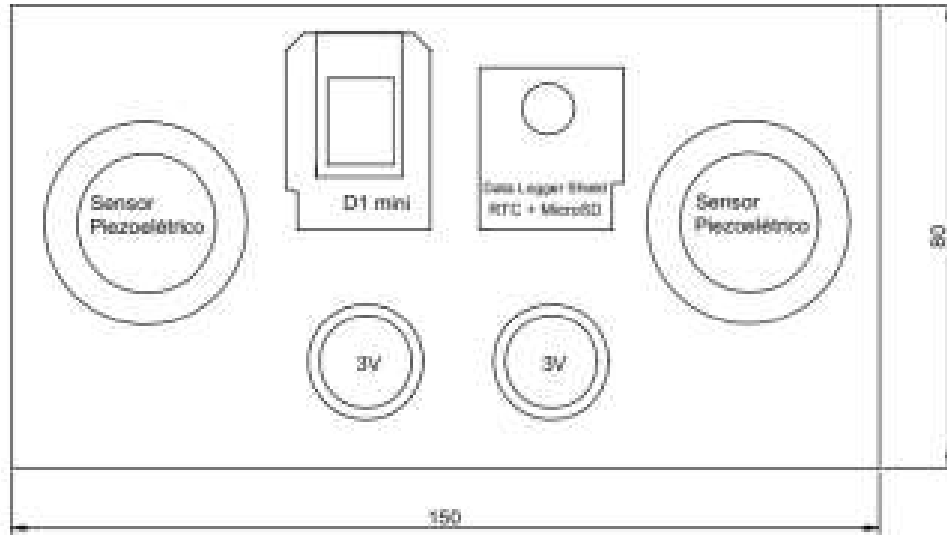
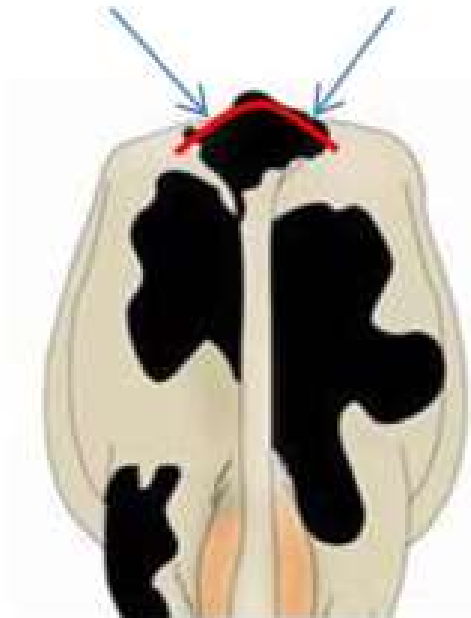


FIG 2



**DISPOSITIVO ELETRÔNICO DE DETECÇÃO DE ESTRO E FREQUÊNCIA DE
MONTA EM BOVINOS**

[001] caracterizado por ser um equipamento de monitoramento eletrônico capaz de detectar automaticamente o cio e gravar as informações da frequência de monta, incluindo data, hora e número de montas detectadas, gravadas em unidade de memória tipo cartão sd.

DISPOSITIVO ELETRÔNICO DE DETECÇÃO DE ESTRO E FREQUÊNCIA DE MONTA EM BOVINOS

Estado da técnica

[001] Nos últimos anos as tecnologias aplicadas à reprodução animal têm contribuído de maneira importante para o melhoramento genético e o incremento da produtividade na pecuária leiteira e de corte. A inseminação artificial (IA), atualmente é a tecnologia de maior impacto econômico, pois possibilita a disseminação de características desejáveis pelo uso em larga escala de indivíduos melhoradores. Visando a melhoria da eficiência na detecção de estro, várias técnicas foram desenvolvidas ao longo do tempo, tais como: rufião, fêmeas androgenizadas, marcadores, bastões de tinta, adesivos colados na base da cauda ou garupa que liberam tinta quando pressionados ou apresentam cores quando raspados, mensuração da resistência elétrica do muco vaginal e monitores de atividade (pedômetros e colares).

[002] Atualmente não existe um dispositivo eletrônico, eficiente e de baixo custo para detecção do estro, principalmente que monitore a frequência e a data e hora que ocorreram as montas no animal.

Objetivos da Invenção

[003] Com o objetivo de solucionar o problema apresentado, foi desenvolvida a presente invenção que trata de um **DISPOSITIVO ELETRÔNICO DE DETECÇÃO DE ESTRO E FREQUÊNCIA DE MONTA EM BOVINOS**, capaz de detectar automaticamente o cio, informar de forma mais precisa os dados, incluindo data, hora, frequência e número de montas detectadas, a um custo baixo de investimento por unidade e que permita sua utilização na rotina de trabalho e pesquisa de forma simples e prática.

Aplicação

[004] O dispositivo é fixado na fêmea apta a reprodução, e permanece por um período superior a um ciclo estral (entre 18 e 25 dias) e ao longo deste período o dispositivo é capaz de captar e armazenar informações da data, hora e frequência de montas recebidas por estas fêmeas ao longo deste período, visando incrementar o número de fêmeas inseminadas e consequentemente melhorar os índices reprodutivos e produtivos da fazenda.

Funcionamento da Invenção

[005] O equipamento é composto por dois sensores piezoelétrico dispostos nas extremidades do equipamento. Esses sensores quando submetidos a uma força mecânica geram uma corrente elétrica, que são captadas pela porta analógica de um microcontrolador ESP8266. Ao microcontrolador é ligado um módulo de cartão de memória e a um módulo RTC (Relógio de tempo real).

[006] O dispositivo é alimentado por duas baterias de lipo 3,7v 1100mah Lithium-polimero recarregável.

[007] O microcontrolador ESP8266 foi carregado com uma programação desenvolvida em linguagem C que fica monitorando a porta analógica do microcontrolador ESP, que ao detectar a mudança de corrente em seu pino de entrada analógico, verifica a constância desse sinal e faz a gravação da monta, seguida de data e hora no cartão de memória.

[008] O dispositivo também conta com um LED que após a primeira monta, pisca em uma frequência de um minuto, facilitando a identificação dos animais no cio.

[009] Todo o sistema foi envolvido por uma borracha de forma a proteger os equipamentos eletrônicos do dispositivo e para a fixação no dorso da fêmea uma camada de cola flexível é aplicada a superfície do equipamento.

[010] a fig 1 apresenta o diagrama dos equipamentos utilizados para o desenvolvimento do dispositivo ELETRÔNICO DE DETECÇÃO DE ESTRO E FREQUÊNCIA DE MONTA EM BOVINOS.

[011] a fig 2 apresenta a posição de fixação do dispositivo eletrônico na garupa e local dos sensores assinalados.

RESUMO

DISPOSITIVO ELETRÔNICO DE DETECÇÃO DE ESTRO E FREQUÊNCIA DE MONTA EM BOVINOS

[001] Nos últimos anos as tecnologias aplicadas à reprodução animal têm contribuído de maneira importante para o melhoramento genético e o incremento da produtividade na pecuária leiteira e de corte. A inseminação artificial (IA), atualmente é a tecnologia de maior impacto econômico, pois possibilita a disseminação de características desejáveis pelo uso em larga escala de indivíduos melhoradores.

[002] A presente invenção trata do desenvolvimento de um equipamento de monitoramento capaz de detectar automaticamente o cio, informar de forma mais precisa os dados, incluindo data, hora, frequência e número de montas detectadas, a um custo baixo de investimento por unidade e que permita sua utilização na rotina de trabalho e pesquisa de forma simples e prática.

[003] O equipamento é composto por dois sensores piezoelétrico dispostos nas extremidades do equipamento. Esses sensores quando submetidos a uma força mecânica geram uma corrente elétrica que é captadas pela porta analógica de um microcontrolador ESP8266. Ao microcontrolador é ligado um módulo de cartão de memória e a um módulo RTC (Relógio de tempo real). Desta forma, quando ocorre a monta no animal o dispositivo registra no cartão de memória a frequência, seguida de data e hora.