

Ferramentas para o monitoramento de respostas comportamentais, fisiológicas e de desempenho animal a campo

Silvia Helena Nogueira Turco¹
Dian Lourenconi^{1,2}
Daniel dos Santos Costa^{1,3}
Pablo Teixeira Leal de Oliveira⁴
David Ramos da Rocha^{1,5}
Italo Emmanuel dos Anjos Santos⁶

¹ Professor Universidade Federal do Vale do São Francisco.

² dian.lourenconi@univasf.edu.br.

³ daniel.costa@univasf.edu.br

⁴ Professor do Instituto Federal do Sertão - PE. Pablo. leal@ifsertao-pe.edu.br

⁵ david.rocha@univasf.edu.br

⁶ Estudante do Mestrado em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco. italoemmanuelanjos@gmail.com

RESUMO

Esta revisão abrange as várias tecnologias empregadas ou em desenvolvimento para o monitoramento de repostas comportamentais, fisiológicas e de desempenho animal. Essas variáveis são importantes para estudos nas áreas de ambiência, bem-estar animal e etologia, estudos estes que demandam de observações em tempo real e que apresentam grande variabilidade animal e espacial e, que necessitam de grande número de profissionais para análises. Ainda há um caminho a ser percorrido, pois muitas destas tecnologias estão na fase de geração de dados (sensor), faltando a interpretação e integração destes à outras informações necessárias às tomadas de decisões. Futuramente, estas tecnologias serão utilizadas a outra ferramenta que é a inteligência artificial para o estabelecimento de critérios mais objetivos na tomada de decisões em sistemas de produção animal.

Palavras-chave: ambiência, bem-estar, etologia

Tools for monitoring behavioral, physiological and animal performance responses in the field

ABSTRACT

This review covers the various technologies used or under development for the monitoring of behavioral, physiological and animal performance responses. These variables are important for studies in the areas of ambience, animal welfare and ethology, which require real-time observations, have great animal and spatial variability, requires large numbers of professionals to analyze, etc. But there is still a path to be followed, since many of these technologies are in the data generation phase (sensor), still lacking the interpretation, the integration of this data with other necessary information and then with decision making. In the future, these technologies will be used in another artificial intelligence tool to establish more objective criteria in decision making in animal production systems.

Key words: environment, ethology, welfare

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, várias mudanças estão ocorrendo nos sistemas de produção animal, decorrentes das exigências do mercado consumidor por produtos de origem animal produzidos de forma sustentável e visando ao bem-estar dos animais. Devido a estas demandas, as áreas de ambiência, bem-estar animal e etologia foram fortalecidas, trazendo mudanças em vários aspectos desta atividade, tais como: modificações no design das instalações zootécnicas, melhoria da qualidade do ambiente animal, enriquecimento ambiental, modificações de manejo, entre outros.

Os estudos nas áreas de ambiência, bem-estar e etologia são muito complexos; demandam de observações em tempo real, possuem variabilidade animal e espacial, exigem grande número de profissionais para análise, apresentam baixa precisão dos dados, e, muitas vezes os equipamentos são sofisticados e caros. Ademais, como o bem-estar está sendo exigido na produção animal e também nas pesquisas científicas, torna-se necessário a utilização de ferramentas tecnológicas menos e/ou não invasivas, para as coletas e análises destes dados.

Métodos não invasivos podem ser úteis para obtenção de dados confiáveis sem interferir diretamente com os organismos, evitando reações de estresse.



Essas novas ferramentas tecnológicas têm como objetivo de gerenciar e mensurar os indicadores comportamentais, fisiológicos e de desempenho. Estas tecnologias baseiam-se nas coletas de forma automatizada gerando banco de dados que devem ser interpretados com o intuito de promover aos usuários suporte para tomadas de decisão (PEREIRA et al., 2015).

Muitas destas tecnologias disponíveis no mercado Brasileiro são importadas de países desenvolvidos, sendo de custos elevados e, muitas vezes, não são adequadas aos nossos sistemas de produção. Estudos realizados pelos TOP100 produtores de leite do Brasil e com uma pesquisa similar nos Estados Unidos demonstraram que no Brasil, os parâmetros mais comumente mensurados por tecnologias de precisão foram a produção diária de leite (58,7%), peso corporal (28,3%), atividade de vaca (28,3%) e mastite (26,1%). Nos EUA foram: produção diária de leite (52,3%), atividade de vaca (41,3%), mastite (25,7%) e composição de leite (24,8%) (PAIVA et al., 2016).

Várias ferramentas tecnológicas utilizadas para as respostas comportamentais, fisiológicas e de desempenho ainda estão em fase de desenvolvimento e outras já são utilizadas pelos produtores e pesquisadores.

Ferramentas para monitoramento de respostas comportamentais

O estudo do comportamento de animais tem sido essencial para a obtenção de condições ótimas de criação e alimentação, podendo, desta forma, obter-se o máximo de eficiência na produção (SWENSON, 1988). A aplicação de novas tecnologias tem facilitado a tomada de dados, necessitando menor quantidade de pessoas, podendo ser realizado em longos períodos de coletas e em tempo real.

Utilização de aplicativos

A popularização dos dispositivos móveis tem favorecido as coletas de dados espaciais. A utilização destes dispositivos e a associação à metodologia de coleta de dados em formulário com *software* livres, apresentam baixo custo econômico e ambiental. Os dispositivos móveis não necessitam de papel, impressão e gasto de tempo com transcrições, sendo a comunicação acelerada com o envio diretamente a base de dados. Os erros comumente cometidos durante as transcrições tornam-se reduzidos, contribuindo para um resultado da pesquisa mais confiável e ajuda na disseminação das informações geradas de maneira mais rápida. Além disso, pode ser utilizado as mídias para os registros de dados, como fotografias, vídeos, áudios, coordenadas geográficas e altitude, no caso de análise espacial (PAKHARE et al., 2014).

A expansão dos aparelhos móveis, executando o Android como sistema operacional de código aberto, oportunizou o uso de aplicativos em projetos de coleta de dados, disponibilizando *softwares* proprietários e livres. O EpiCollet+ Beta foi desenvolvido para fornecer um método simples, intuitivo e livre na coleta de dados, que passa por uma criação de um projeto *on-line* do armazenamento a visualização de dados. Através de um simples processo gerado no *website* do EpiCollect (www.epicollect.net) é possível a transferência dos dados registrados em atividade de campo do formulário específico do projeto com este aplicativo para o seu servidor (AANENSEN et al., 2014).

Pesquisa realizada por Hoffman et al. (2018), utilizando EpiCollet+ Beta demonstrou uma interface simples, mas com operações seguras, pois os dados foram mantidos intactos e disponíveis durante toda a pesquisa de campo. A conexão com a internet ou a falta dela é outro fator que tendeu a ser vantajoso. A utilização como serviço *web* confere a montagem do formulário a ser aplicado a campo e a transferência de

dados para o servidor, sendo realizado durante o campo em pontos de acesso a rede ou no pós-campo tendo em vista que os dados coletados ficam armazenados no dispositivo móvel. Quando permaneceu *off-line* permitiu a coleta de dados em áreas sem acesso a internet, como áreas de fundo de vale, áreas rurais ou remotas.

Faustino et al. (2018) desenvolveram um aplicativo através da ferramenta Epicollect5®, para descrever o comportamento de frangos caipiras em duas instalações distintas. Foram avaliados dados de comportamento animal, com 4 observadores simultâneos utilizando seus *smartphones*. Os parâmetros inseridos foram: data da coleta dos dados, horário, tipo de galpão, coordenadas geográficas (Google© Maps) e 11 parâmetros de comportamento: comendo, bebendo água, investigando as penas, banho de areia, realizando movimentos de conforto, ciscando, empoleirando, características agressivas, sentados, parados e aquecendo-se. Para cada parâmetro avaliado, o observador poderia inserir uma mídia digital. Os dados foram inseridos e gravados no aplicativo e quando o aparelho foi conectado à internet, realizou o envio dos dados para a plataforma da ferramenta, que consolidou os dados, armazenando-os na nuvem e disponibilizando para edição e/ou download pelo usuário como forma de planilha eletrônica, podendo ser editado e tratado em editores de planilhas de preferência do usuário. Os autores concluíram que o uso do aplicativo contribuiu para maior confiabilidade e velocidade na aquisição dos dados de comportamento.

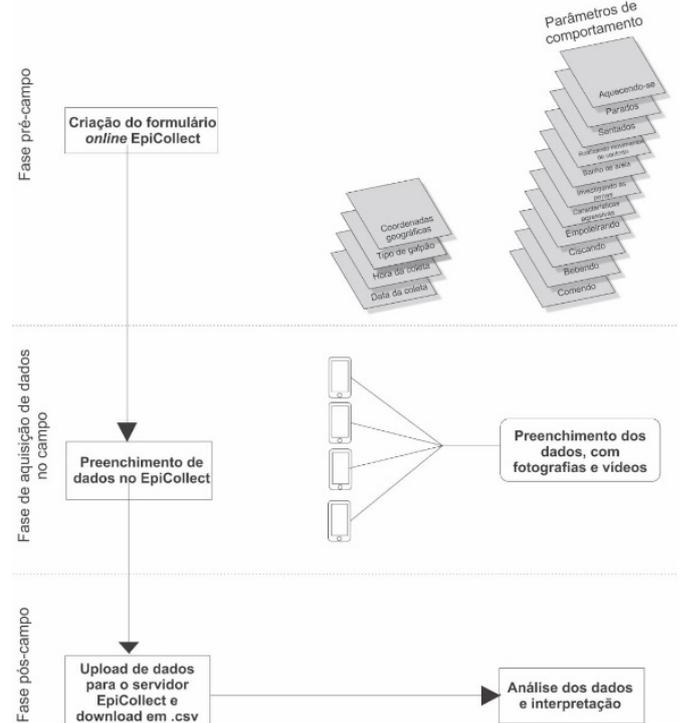


Figura 1. Síntese da metodologia de uso do EpiCollet+ Beta para pesquisa em comportamento. Adaptação: Hoffman et al. (2018).

Bioacústica

A bioacústica consiste no estudo dos sons emitidos pelos animais. Esses sons representam sinais de comunicação e tem, portanto, papel fundamental no comportamento dos animais que os usam. O uso da bioacústica fica evidente na etologia, consistindo na incorporação das descrições precisas dos sinais de comunicação sonora e dos seus contextos comportamentais. Outras linhas de pesquisas incorporaram a análise bioacústica, fazendo surgir novos campos de aplicação (Vielliard e Silva, 2006).

Dentre os novos campos de aplicação está o comportamento ingestivo dos animais, que tem sido estudado para melhorar a produção de leite e carne, além do manejo sustentável das pastagens. Fatores como a estrutura da espécie forrageira, tempo de pastejo e ambiente térmico, entre outros podem afetar o comportamento. A mensuração do comportamento ingestivo apresenta limitações: a necessidade de mais de um avaliador em caso de grande número de animais, áreas extensas, longo período de observação, avaliação noturna, dentre outros fatores (ALVES et al., 2017).

A bioacústica tem sido proposta por ser um método não invasivo, com baixo custo e que possibilita a identificação das atividades dos ruminantes de forma contínua, sem afetar o comportamento ingestivo do animal (NELSON et al., 2005). O princípio está no fato das atividades dos animais apresentarem características acústicas, como frequência (Hz), intensidade (dB), duração (s) e intervalos (s), que potencialmente permitem discriminá-las (Trindade et al., 2011).

A técnica se baseia na captura dos sons mandibulares amplificados e propagados através dos ossos do crânio, por meio de microfones de contato dispostos sobre a caixa craniana (Alves et al., 2017). Em ovinos, a bioacústica ofereceu precisão de 82% para atividades relacionadas ao comportamento ingestivo, além de permitir identificar espécies forrageiras e a altura da pastagem com uma precisão de, respectivamente, 84% e 85%, de acordo com o processamento de sinal e modelo de reconhecimento utilizado (MILONE et al., 2009; MILONE et al., 2012).

Segundo Trindade et al. (2011), o método acústico foi eficiente para quantificar o tempo diário de pastejo, de ruminação e de outras atividades de bovinos, pois os padrões de registros sonoros foram bastante distintos e facilmente discriminados em programas de áudio. As principais desvantagens foram associadas à capacidade das pilhas de manter gravações contínuas acima de 24 horas e à automatização das análises.

Sensores de movimento

Um sensor é um dispositivo que responde a um estímulo físico/químico de maneira específica e que pode ser transformado em outra grandeza física para fins de medição e/ou monitoramento. Existem vários tipos de sensores que respondem à estímulos diferentes como por exemplo: calor, pressão, movimento, luz e outros. Depois que o sensor recebe o estímulo, a sua função é emitir um sinal que seja capaz de ser convertido e interpretado pelos outros dispositivos.

Um dos sensores utilizados no comportamento animal são os de posicionamento, também conhecido como GPS (*Global Positioning System*). O sistema de GPS funciona devido a dados obtidos de satélites. Em qualquer lugar do mundo, o aparelho receptor capta as informações de um grupo de satélites e, através da troca de alguns dados e algoritmos, consegue determinar para o utilizador a sua localização no mapa. É usado nos mais diversos fins, seja como um direcionamento de navegação ou para encontrar uma localização específica no mapa. O GPS tem a principal função de encontrar o caminho para um determinado local, saber a velocidade e a direção do seu deslocamento.

A utilização de GPS nos animais está ajudando no monitoramento do comportamento animal em seu ambiente, sem a proximidade do observador, permitindo aos pesquisadores registrar a localização com alta frequência temporal. Mas segundo Lomba et al. (2015), os dados de posicionamento estão limitados a latitude, longitude, altitude e velocidade. Nem todos os indicadores são detectáveis com estes dados, ou seja, a atividade tem que afetar a localização para ser detectada. Isso exclui indicadores como saltar, cambalear e ruminar. Do ponto de vista do posicionamento

GPS, as atividades “Em pé” e “Deitado” se assemelham, pois são definidas pela ausência de movimento e, portanto, não podem ser diferenciadas com eficiência.

Outros dispositivos podem ser utilizados para medir o comportamento de locomoção; os acelerômetros, giroscópios e os magnetômetros. Juntando e processando as medidas destes três sensores é possível construir um medidor completo de posição, velocidade e aceleração. No caso de animais livres na natureza, a medição simultânea de diferentes parâmetros pode ajudar a melhorar a identificação de diferentes comportamentos (WATANABE et al., 2005).

O acelerômetro é um sensor que registra o quão rapidamente a velocidade de um corpo varia ao longo do tempo. A partir dele pode-se determinar movimentos nos eixos X (para frente e para trás), Y (para direita e para esquerda) e Z (para cima e para baixo). O giroscópio é um dos componentes do sistema de navegação inercial e consiste em servir como referência de direção, uma vez que se opõe a qualquer tentativa de mudar a sua direção original. Ele indica a variação da inclinação do movimento dentro de cada eixo, utilizando graus/segundo como a unidade de medida. O magnetômetro é um instrumento que mede os campos magnéticos e determina a força, orientação e direção de um campo magnético, que utiliza a unidade Gauss (LOMBA, 2015).

A utilização destes dispositivos para medir a postura e os estados de atividade foi estabelecida em bovinos, suínos, ovinos (BARWICK et al., 2018; GONZÁLEZ et al., 2015, SMITH et al., 2015; AHMED et al., 2016; ALVARENGA et al., 2016). Acelerômetros triaxiais foram fixados na pata traseira de quinze bezerros mestiços a uma frequência de amostragem de 100Hz (ROBERT et al., 2009). A classificação para prever o comportamento, as atividades deitados e em pé produziram uma precisão de 99,2% e 98% respectivamente, enquanto a caminhada foi significativamente menor com uma precisão de 67,8% (Robert et al., 2009). Nascimento et al. (2018) utilizando acelerômetros triaxial adaptados em capsulas de polietileno e estes acoplados na região inferior da alça que envolve o maxilar do ruminante, observaram os padrões de comportamentos de pastejo de vacas leiteiras; verificaram que estes dispositivos foram promissores para o estudo do comportamento ingestivo de bovinos em pastejo por capturar movimentos relacionados as atividades comportamentais com maior precisão e em um maior espaço de tempo.

Acelerômetros triaxiais foram testados no pescoço, perna e orelhas para identificar a melhor posição no corpo de ovelhas que proporcionava maior precisão e sensibilidade do comportamento do movimento a pastos destes animais. Os acelerômetros implantados na perna foram estáveis e fornecem uma indicação clara do componente de caminhada do pastejo e da locomoção. Acelerômetros implantados no pescoço foram suscetíveis à identificação de movimentos de cabeça e tórax que tendem a ter sinais de aceleração associados a repouso, pastejo e caminhada. Eles podem ser suscetíveis ao movimento durante a caminhada, mas isso pode fornecer uma sensibilidade adicional de delineamento para esse estado específico. Os acelerômetros implantados na orelha são os mais propensos a movimentos para todos os estados. A liberdade da orelha para se mover sobre um eixo, que atua como um ponto de apoio de baixa resistência, a torna particularmente sensível. Por um lado, isso é bom para a detecção dos vários estados, mas isso pode dificultar o delineamento entre estados de atividade em vários indivíduos. O sucesso da classificação para comportamentos de pé, pastoreio e caminhada é encorajador, pois fornece uma prova de conceito de que comportamentos individuais de ovinos podem ser classificados a partir de acelerômetros implantados com alta precisão, alinhando-se à prática convencional de usar marcas auriculares para identificação de ovinos (BARWICK et al., 2018).

Visão computacional

As características do comportamento animal são geralmente avaliadas por observações visuais feitas por um observador humano presente no local. Esse método é demorado, caro, subjetivo e propenso a erros humanos. A observação através de imagens automatizada, realizadas por meio de câmeras baratas e técnicas de processamento de imagens, tem a capacidade de gerar dados que fornecem uma medida objetiva do comportamento, sem perturbar os animais. Estes tipos de métodos de análise são mais utilizadas para animais confinados ou em áreas externas pequenas, tais como em torno de comedouros e bebedouros.

Um sistema baseado em visão computacional para a detecção automática do comportamento de vacas leiteiras em galpões de estábulos foi proposto por Porto et al. (2013). O sistema é composto por um sistema de gravação de vídeo multi-câmera e um componente de *software* que executa um modelo de detector de comportamento de vaca usando o algoritmo de Viola-Jones. O sistema foi validado comparando seus resultados de detecção com aqueles gerados a partir do reconhecimento visual por especialista. A capacidade do sistema de detectar o comportamento de vacas foi confirmada pelo alto valor de sua sensibilidade, que foi de aproximadamente 92%.

Também foi usado visão computacional para análise do comportamento de frangos em gaiolas; Leroy et al. (2006) realizou estudo para desenvolver uma técnica de processamento de imagens *on-line* totalmente automática para quantificar o comportamento de uma única galinha poedeira em oposição à observação visual humana. A classificação do comportamento da galinha foi realizada pela análise dinâmica de um conjunto de parâmetros mensuráveis, que são calculados a partir das imagens usando técnicas de processamento de imagens. Os parâmetros escolhidos foram classificação em até 15 tipos diferentes de comportamento, como bicar, comer, entre outros.

Ferramentas para monitoramento das respostas fisiológicas

Um animal reage a mudança de seu ambiente ou a um agente estressor, primeiramente, através de mudanças comportamentais e fisiológicas. Os parâmetros fisiológicos devem ser precisamente conhecidos e monitorados continuamente, a fim de detectar as menores alterações, que refletirão na saúde fisiológica e no bem-estar dos animais. As observações das respostas fisiológicas nos animais podem ocorrer com grandes dificuldades devido a necessidade de registro contínuos, as variações rápidas das respostas fisiológicas, necessidade de simultaneidades de dados, número de observadores, dentre outros. Diante disso várias tecnologias são estudadas ou já são utilizadas comercialmente.

Sensores

A temperatura corporal é uma medida tradicional para avaliar o bem-estar dos animais devido a sua correlação com a saúde animal (DAVIS et al., 2003). A medida contínua deste parâmetro pode fornecer um método de detectar doenças, estresse e ovulação. O método mais comum para tomadas deste dado tem sido a utilização de termômetros de mercúrio no reto do animal, mas os animais têm que ser contidos, além da dificuldade de ser feitas medidas contínuas. Mais recentemente tem sido desenvolvidos tecnologias para medir este parâmetro.

Uma das tecnológicas estudadas foi a temperatura vaginal, através de um sistema automatizado transmitido por radiofrequência, utilizadas por Benger e Kennedy (2000), para detecção de estro. Sakatani et al. (2016) estudando ciclo estral de vacas, observou que a detecção do cio foi mais facilmente observada pela temperatura vaginal do que o pedômetro.

Temperatura vaginal foram mensuradas continuamente, mas não em tempo real, através de *data loggers* ligados a sensores de temperatura e acoplados a um dispositivo plástico, no útero de 20 vacas gestantes por três semanas (HILLMAN et al., 2009). Estes dados foram comparados com temperaturas obtidas por termômetros digitais de alto desempenho. Verificou-se que o sistema foi confiável, fácil de implantar e os dados foram facilmente obtidos após a retirada do dispositivo, ocorrendo um coeficiente de determinação (R^2) entre os dados da temperatura vaginal e retal de $r^2 = 0,90$.

Temperaturas timpânicas também são uma metodologia em desenvolvimento para melhorar a coleta dos dados de temperatura corporal. Mayer et al. (2016) desenvolveram uma sonda de registro contínuo da temperatura timpânica; foi observado diferença de aproximadamente um grau da temperatura vaginal para temperatura timpânica em bovinos. Bergen e Kennedy (2000) também pesquisando a correlação entre temperatura vaginal e timpânica em novilhas de corte, encontraram uma diferença de $0,5^\circ\text{C}$ entre as temperaturas, observaram também que pode-se fazer a observação contínua da temperatura somente por alguns dias devido a problemas de infecção.

Para medidas de temperatura corporal também tem sido estudado o uso do *bolus* ruminal, dispositivo colocado no rumem do animal. Prendiville et al. (2002) compararam leituras de temperatura de *bolus* de rúmen CowTemp™, transmissores de telemetria timpânica e temperaturas retais tomadas de hora em hora. As médias para o período de 5 dias estudados foram $39,0$, $38,4$ e $38,2^\circ\text{C}$ para as temperaturas ruminal, timpânica e retal, respectivamente. Embora não tenha havido diferença significativa entre as temperaturas timpânica e retal ($P > 0,05$), a temperatura ruminal foi maior que a temperatura retal ou timpânica em 03 dos 05 dias. Usando o bolus do sensor CowTemp, Hicks et al. (2001) descobriram que as temperaturas do sensor, medidas no rumem, são estatisticamente iguais às temperaturas retais.

Poucas pesquisas ainda são observadas para outras respostas fisiológicas, tais como a frequência respiratória e cardíaco. Analisar a frequência respiratória auxilia no estudo da capacidade do animal em resistir aos rigores do estresse térmico (MULLER et al., 1994), sendo usada como parâmetro para medir esse estresse. Algumas tentativas de desenvolvimento de equipamentos para monitoramento da frequência respiratória já foram realizadas, tais como Eigenberg et al. (2008), que projetou um sistema de monitoramento da frequência respiratória para bovinos e suínos com três principais componentes: (a) um sensor de taxa de respiração com sinal amplificado e condicionado, (b) um dispositivo de registro de dados, capaz de gravar os dados da respiração, e (c) o programa de análise que permitiu os dados serem interpretados. O equipamento desenvolvido para bovinos não foi possível de ser usado para suínos, devido a este passar parte do tempo deitado, o desenvolvimento do equipamento para bovinos teve que ser mais robusto para ter maior durabilidade.

Costa et al. (2018) objetivaram construir e ensaiar um sistema de monitoramento eletrônico, com capacidade de registro e transmissão sem fio, das respostas fisiológicas de batimento cardíaco e temperatura cutânea em pequenos ruminantes. O sistema de monitoramento das respostas fisiológicas consistiu de dois componentes: a unidade base móvel, montada no animal em estudo; e a unidade base fixa. O dispositivo desenvolvido foi aferido em ovino mestiço Santa Inês, contido em gaiola de aço, com equipamentos de referência. Posteriormente, foi validado com ovinos Dorper, não contidos, em dois turnos (manhã e tarde). De acordo com os resultados o sistema de monitoramento eletrônico das respostas fisiológicas apresentou robustez na capacidade de registro e transmissão das respostas fisiológicas, entretanto

possuindo como limitação a autonomia energética e exatidão nas medições das respostas fisiológicas realizadas, principalmente do batimento cardíaco.

Visão computacional

A termografia infravermelha é uma técnica não invasiva que permite mensurar a temperatura de superfície corporal sem conter o animal. A técnica tem grande importância no cálculo das transferências de calor entre os animais e o ambiente ao seu redor. Imagens termográficas podem indicar mudanças no fluxo sanguíneo resultantes do aumento da temperatura corporal relacionada a condições ambientais estressantes. Assim, a temperatura das regiões específicas do animal, como olho, pescoço, focinho, costela, garupa, flanco, barriga, coxa, canela, úbere e pé, obtida com o uso da termografia infravermelha, tem sido usada para prever parâmetros fisiológicos e estresse em animais de criação (Montanholi et al., 2008; McManus et al., 2016).

A pesquisa de Montanholi et al. (2008) revelaram correlações distintas entre diferentes temperaturas de localização do corpo com produção de calor, variando de 58% para a área traseira a 88% para a temperatura do pé, indicando que a temperatura do pé representa melhor as flutuações na produção de calor ao longo do dia. Indicando ainda a importância das extremidades do corpo na regulação da perda ou armazenamento de calor. Além disso, a temperatura do pé explicou quase 80% da variação da produção de calor, o que indica fortemente o potencial do uso de termógrafos infravermelhos para prever a produção de calor.

Pesquisa realizada por Schaefer et al. (2005) correlacionaram imagens termográficas com produção de calor em vacas. Os autores sugeriram que bovinos mais eficientes têm menor temperatura superficial comparados aos menos eficientes. Em pesquisa mais recente Pulido-Rodríguez et al. (2017) mostraram que a termografia de infravermelho é um indicador da temperatura corporal e pode ser usado para avaliar o estado de bem-estar de suínos.

Ferramentas para monitoramento de desempenho

Uso de tecnologia não invasivas para monitoramento do desempenho dos animais pode proporcionar economia para os produtores, devido a redução de mão-de-obra e facilitar o manejo animal com baixo nível de estresse.

Utilização de aplicativos

A estimativa do estado nutricional dos ruminantes de interesse zootécnico por meio da avaliação da condição corporal é uma medida subjetiva baseada na classificação dos animais em função da cobertura muscular e da massa de gordura. Portanto, o escore de condição corporal (ECC) estima o estado nutricional dos animais por meio de avaliação visual e/ou tátil e representa uma ferramenta importante de manejo (Machado et al., 2008). A escala usada para medir o BCS difere entre os países, mas valores baixos sempre refletem desnutrição e valores altos equivalem à obesidade. A dificuldade em realizar estas medidas é a falta de especialistas com conhecimento para esta análise.

Porém, vários aplicativos têm sido desenvolvidos para tomada deste dado, tais como: BCS Cowditian desenvolvido pela Bayer (<https://www.ketolution.com/en/bcs-body-condition-scoring>), Body Condition Scorer da Universidade de Wisconsin-Madison, entre outros.

Estes aplicativos de pontuação de condição corporal foram desenvolvidos usando uma interface gráfica (fotos) para bovinos com pontuação corporal. Os dados armazenados incluem, na maioria dos aplicativos, o nome do rebanho, o nome do observador, a data da pontuação, o número da baía, o número do animal, a data da observação e o valor de bcs (pontuação da condição corporal).

Utilização de sensores

As condições ambientais impõe mudanças no comportamento alimentar, em que animais submetidos a estresse por calor reduzem: o número de refeições diárias, a duração das refeições e a taxa de consumo de matéria seca por refeição (Grant & Albright, 1995), demonstrando que tomadas de dados do consumo de alimentos e da água são fundamentais para várias áreas da produção animal, como ambiência, bioclimatologia animal entre outras.

Avaliar o consumo de alimento e água dos animais, pode exigir avaliações com grande número de observadores, grande mão-de-obra e ainda os dados podem ser inconsistentes. Desta maneira, estudo realizado por Oliveira et al. (2017) são importantes. Os autores validaram um sistema eletrônico para monitorar o comportamento e ingestão individual de alimentos e água, desenvolvido para bovinos jovens alojados em grupo. O sistema documentou a frequência e a duração da visita, assim como a ingestão de água e ração, registrando o animal, o número do contentor de água e ração que foi utilizado pelos animais, os horários inicial e final das visitas e a diferença entre o consumo de água e ração no período de observação. Dados das pesagens dos contentores, imagens de vídeo e dados coletados manualmente foram comparados aos documentados no sistema eletrônico de comportamento e ingestão de alimentos e bebidas para avaliar a precisão e exatidão do sistema. O sistema apresentou alta especificidade (98,98% e 98,56% para as rações de alimento e água, respectivamente) e sensibilidade (99,25% e 98,74%, respectivamente) para identificar a presença ou ausência de um animal, demonstrando que o sistema eletrônico foi eficiente para monitorar o consumo de alimento e água.

Visão computacional

O peso dos animais durante o período de criação é uma das principais medidas para avaliar a eficácia da produção, comparando o alimento consumido com o peso medido dos animais. O peso médio diário é usado como métrica na prática comum. Um desvio do peso esperado pode indicar ainda problemas de economia, doenças e vitalidade (Mortensen et al., 2016). A pesagem dos animais é um processo que necessita de um número grande de trabalhadores e é uma ação que aumenta o estresse do animal. A visão computacional pode ser uma tecnologia apropriada para esta medida, de maneira rápida e não invasiva. MORTENSEN et al. (2016) desenvolveram e avaliaram um sistema totalmente automático de pesagem, em câmara 3D de baixo custo (Kinect) para frangos de corte. O processamento de imagem previu os pesos de frangos individualmente usando uma Rede Neural Artificial Bayesiana. Os autores utilizaram uma balança de plataforma tradicional para estimar os pesos de referência. Um erro médio de 7,8% foram observados entre os pesos previstos. Os erros foram geralmente maiores no final do período de criação à medida que a densidade de frangos de corte aumentou.

Gomes et al. (2016) desenvolveram equações para prever o peso corporal e da carcaça de touros jovens usando imagens digitais obtidas através de um dispositivo Microsoft Kinect. Trinta e cinco touros das raças Black Angus e Nelore foram utilizados. O sensor Kinect, instalado na área do abatedouro, foi usado para capturar vídeos de profundidade baseados em luz infravermelha, gravados antes do abate. Um quadro de vídeos gravados foi selecionado e usado para analisar o seguinte corpo medidas: largura do tórax, largura do abdômen, comprimento do corpo, altura dorsal e área dorsal. Os modelos para estimativa do peso corporal e de carcaça dos Angus e Nelore apresentaram R^2 entre 0,69 e 0,84 ($P < 0,001$). Este estudo indica que as imagens digitais obtidas através de um sistema Microsoft Kinect têm o potencial de serem usadas como ferramenta para estimar o peso corporal e de carcaça de bovinos de corte.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As novas tecnológicas apresentadas, como outras que estão surgindo, proporcionarão aos produtores e pesquisadores, tomadas de decisões rápidas, necessárias e individualizada na área de ambiência, bem-estar animal e etologia, mesmo em grandes rebanhos. Há um caminho ainda a ser percorrido, pois muitas destas tecnologia estão na fase de geração de um conjunto de dados (sensor), faltando a interpretação e a integração destes à outras informações para então a tomadas de decisões. A estas tecnologias está se utilizando outra ferramenta que é a inteligência artificial, como a lógica Fuzzy, Rede Neurais Artificiais e Neuro-Fuzzy no auxílio para o estabelecimento de critérios mais objetivos na tomada de decisões em sistemas de produção animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAONSEN, D.M.; HUNTLEY, D.M.; MENEGAZZO, M. et al. EpiCollet+: linking smartphones to web applications for complex data collection projects. *F1000Research*, v.3, 2014. <https://doi.org/10.12688/f1000research.4702.1>
- AHMED, S.; MUN, H.; ISLAM, M. et al. Monitoring activity for recognition of illness in experimentally infected weaned piglets using received signal strength indication zigbee-based wireless acceleration sensor. *Asian-Australasian J. Animal Sci.*, v.29, p.149, 2016. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0221>
- ALVARENGA, F.; BORGES, I.; PALKOVIĆ, L. et al. Using a three-axis accelerometer to identify and classify sheep behaviour at pasture. *Appl. Anim. Behav.*, p.181, p. 91-99, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.05.026>
- ALVES, F. V.; VOLPI, D.; ARGUELHO, A. S. et al. Bioacústica como ferramenta de avaliação do comportamento ingestivo de bovinos a pasto. *Campo Grande: Embrapa*, p.36, 2017.
- BARWICK, J.; LAMB, D. W.; DONOS, R. et al. Categorising sheep activity using a tri-axial accelerometer. *Comput. Electron. Agric.*, v.145, p.289-297, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.01.007>
- BERGEN, R.D.; KENNEDY, A.D. Predicting time of parturition from changing vaginal temperature measured by data-logging apparatus in beef cows with twin fetuses. *Animal Reprod.*, v.86, p.1-12, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.046>
- BERGEN, R.D.; KENNEDY, A.D. Relationship between vaginal and tympanic membrane temperature in beef heifers. *Canadian journal of animal science*, p. 515-518, 2000. <https://doi.org/10.4141/A00-033>
- DAVIS J.D.; VANZANT E.S.; PURSWELL J.L. et al. Methods of Remote, Continuous Temperature Detection in Beef Cattle. In: *ASAE Annual International Meeting Sponsored by ASAE*, 2003. Las Vegas, Nevada, USA: ASAE. P.27-30, 2003.
- EIGENBERG, R. C.; BROWN-BRANDI, T. M.; NIENABER, J.A. Sensors for dynamic physiological measurements. *Computers and electronics in agriculture*. v.62, p. 41-47, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.08.011>
- FAUSTINO, A. C.; TURCO, S. H. N.; BONFIM, O. C. et al. Utilização de aplicativo para levantamento de dados de comportamento animal. In: *XIII Congresso Nordeste de Produção Animal*, 2018, João Pessoa. *Anais... João Pessoa: UFPP*, 2018.
- GOMES, R. A.; MONTEIRO, G. R.; ASSIS, G. J. F.; BUSATO, K. C. et al. Technical note: Estimating body weight and body composition of beef cattle through digital image analysis. *Journal of Animal Science*, v.12, p.5414-5422, 2016. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0797>
- GONZÁLEZ, L.; BISHOP-HURLEY, G.; HANDCOCK, R. et al. Behavioral classification of data from collars containing motion sensors in grazing cattle. *Comput. Electron. Agric.*, v.110, p. 91-102, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.10.018>
- HICKS, L.C.; HICKS, W.S.; BUCKLIN, R.A. et al. Comparison of methods of measuring deep body temperature of dairy cows. In *6th International Symposium*, 2001. Louisville, Kentucky: ASAE, p.432-438, 2001.
- HILLMAN, P. E.; GEBREMEDHIN, K. G.; WILLARD, S. T. et al. Continuous Measurements of Vaginal Temperature of Female Cattle Using A Data Logger Encased in a Plastic Anchor. *Applied Engineering in Agriculture*, v.25, p.291-296, 2009. <https://doi.org/10.13031/2013.26332>
- HOFFMANN, G.P.; BORELLI, R.M.; SCHMIDT NANNI, A. O uso de geotecnologias livres: QGIS e EpiCollect no levantamento de dados em geociências”. *GeoFocus*, v.21 p. 39-55, 2018. <https://doi.org/10.21138/GF.504>
- LEROY, T.; VRANKEN, E.; VAN BRECHT, A. et al. A computer vision method for on-line behavioral quantification of individually caged poultry. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, v.49, p.795-802, 2006. <https://doi.org/10.13031/2013.20462>
- LOMBA, L. F. D. Identificação do Comportamento Bovino a partir dos Dados de Movimentação e do Posicionamento do Animal. *Campo Grande: Faculdade de Computação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul*, 2015. 115f. Dissertação (mestrado).
- LOMBA, L. F. D.; JESUS, L.; RUBINSZTEJN, H. K. S. et al. O uso de inteligência artificial na identificação do comportamento bovino. In: *X Congresso Brasileiro de Agroinformática, Ponta Grossa. Anais... Ponta Grossa: UFMS*, 2015.
- M. SAKATANI, M.; TAKAHASHI, M.; TAKENOUCI, N. The efficiency of vaginal temperature measurement for detection of estrus in Japanese Black cows. *Journal of Reproduction and Development*, v.62, 2016. <https://doi.org/10.1262/jrd.2015-095>
- MAYER, J. J.; DAVIS, J. D.; PURSWELL, J. L. et al. Development and Characterization of a Continuous Tympanic Temperature Logging (CTTL) Probe for Bovine Animals. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, v.59, p.703-714, 2016. <https://doi.org/10.13031/trans.59.11367>
- MILONE, D. H.; GALLI, J. R.; CANGIANO, C. A.; et al. Automatic recognition of ingestive sounds of cattle based on hidden Markov models. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 87, p. 51-55, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.05.004>
- MILONE, D. H.; RUFINER, H. L.; GALLI, J. R. et al. Computational method for segmentation and classification of ingestive sounds in sheep. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 65, p. 228-237, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2008.10.004>
- MONTANHOLI, Y. R.; ODONGO, N. E.; SWANSON, K. C. et al. Application of infrared thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). *Journal of Thermal Biology*, v.33, p.468-475, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2008.09.001>
- MORTENSEN, A. K.; LISOUSKI, P.; AHRENDT, P.; Weight prediction of broiler chickens using 3D computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 23, p.319-326, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.03.011>
- MULLER, C.J.C.; BOTHA, J.A.; COETZER, W.A. et al. Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa. *South African Journal of Animal Science*, v. 24, p. 61-66, 1994.
- NASCIMENTO P. L.; CASANOVA, P. T.; MARIN L. Uso de acelerômetro para identificar padrões de movimentos mandibulares no comportamento ingestivo de bovinos em pastejo In: *Anais do 28 congresso Brasileiro de Zootecnia, Goiania,GO*, 2018.
- NELSON, D.E.; ALKON, P.U.; KRAUSMAN, P.R. Using acoustic telemetry to monitor foraging by penned mule deer. *Wildlife Society Bulletin*, v.33, p.624-632, 2005. [https://doi.org/10.2193/0091-7648\(2005\)33\[624:UATTMF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0091-7648(2005)33[624:UATTMF]2.0.CO;2)
- OLIVEIRA, B. R.; RIBAS, M. N.; MACHADO, F. S. et al. Validation of a system for monitoring individual feeding and drinking behaviour and intake in young cattle. *Animal*, v.12, p.634-639, 2017. <https://doi.org/10.1017/S1751731117002002>

- PAIVA, C.A.V.; TOMICH, T. R. ; CAMPOS, M. M. ; et al . Pecuária de precisão no Brasil. *Revista Leite Integral*, p. 20-26, 2016.
- PAKHARE, A.P.; BALL, S.; Kalra, G. Use of mobile phones as research instrument for data collection. *Indian Journal of community Health*, v.25, p.95-98, 2013.
- PEREIRA, L. G. R.; PAIVA, C.A.V. ; RIBAS, M. N. et al. Pecuária Leiteira de Precisão: conceitos e tecnologias disponíveis. *Cadernos técnicos de veterinária e zootecnia*, v. 79, p. 7-14, 2015.
- PORTO, S. M. C.; ARCIDIACONO, C.; ANGUZZA, U. et al. A computer vision-based system for the automatic detection of lying behaviour of dairy cows in free-stall barns. *Biosystems Engineering*, v.115, p.184–194, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.03.002>
- PRENDVILLE, D.J.; J. LOWE, B.; EARLEY, C.; et al. Radiotelemetry systems for measuring body temperature. Grange Research Centre, Tunsany, Ireland, 2002.
- PULIDO-RODRÍGUEZ, L. F.; TITTO, E. A. L.; HENRIQUE, F. L. et al. Termografia infravermelha da superfície ocular como indicador de estresse em suínos na fase de creche. *Pesq. Vet. Bras.* v.37, p.453-458, 2017. <https://doi.org/10.1590/s0100-736x2017000500005>
- ROBERT, B.; WHITE, B. J.; RENTER, D. G. et al. Evaluation of three-dimensional accelerometers to monitor and classify behavior patterns in cattle. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.67, p.80–84, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2009.03.002>
- ROBERT, B.; WHITE, B.; RENTER, D. et al. Evaluation of three-dimensional accelerometers to monitor and classify behavior patterns in cattle. *Comput. Electron. Agric.*, v.67, p.80-84, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2009.03.002>
- SCHAEFER, A.L.; PERRY, B.J.; COOK, N.J. et al. Infrared detection and nitric oxide treatment of bovine respiratory disease. *Journal of Veterinary Research*, v.10, p.7-16, 2005.
- SMITH, J.; VANZANT, E.; CARTER, C. et al. Discrimination of healthy versus sick steers by means of continuous remote monitoring of animal activity. *Am. J. Vet. Res.*, v.76, p.739-744, 2015. <https://doi.org/10.2460/ajvr.76.8.739>
- SWENSON, M. J. *Dukes: Fisiologia dos animais domésticos*. Ed. Guanabara Koogan S.A. Rio de Janeiro, 799p. 1988.
- TRINDADE, J. K.; CARVALHO, P. C. F.; NEVES, F. P. P. et al. Potencial de um método acústico em quantificar as atividades de bovinos em pastejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.965-968, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000800025>
- VIELLIARD, J. M. E.; SILVA, M. L. Bioacústica como ferramenta de pesquisa em comportamento animal. *Estudos do Comportamento*, v. 3, 2006.
- WATANABE, S.; IZAWA, M.; KATO, A.; et al. A new technique for monitoring the detailed behaviour of terrestrial animals: A case study with the domestic cat. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 94, p. 117– 131, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.01.010>