



SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ANIMAIS USANDO DISPOSITIVO IOT COM INTEGRAÇÃO MOBILE

Caio Ferreira Fernandes – caioffernandesdev@gmail.com

Graduando do curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, IFPI - Campus Floriano

Samuel Oliveira – samueloliveiraads1@gmail.com

Graduando do curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, IFPI - Campus Floriano

Ronaldo Pires Borges – ronaldopiresborges@gmail.com

Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas (IFPI), Mestre em Ciências da Computação (UERN/UFERSA). IFPI - Campus Floriano

Resumo—Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento e validação de um sistema de monitoramento animal utilizando sensores conectados a um dispositivo IoT, integrado a uma aplicação mobile. O sistema foi projetado para coletar e transmitir, em tempo real, dados de localização e movimentação dos animais por meio de sensores GPS e acelerômetro (ADXL345). Esses dados são enviados para uma API desenvolvida em Django REST Framework, armazenados em banco de dados e disponibilizados ao usuário final por meio de um aplicativo construído com o framework Ionic. A metodologia adotada foi baseada na Design Science Research (DSR), com etapas que incluem concepção, desenvolvimento, avaliação em ambiente controlado e testes em campo com ovinos. Os testes demonstraram a viabilidade técnica da solução e sua capacidade de capturar dados relevantes, mesmo com interferências causadas pelos próprios animais. Além disso, a estrutura do sistema permite escalabilidade, integração com algoritmos de aprendizado de máquina e futura automação de análises e geração de relatórios. Conclui-se que o sistema apresenta potencial prático para auxiliar o manejo de animais, promovendo maior bem-estar e eficiência no monitoramento.

Palavras-chave—monitoramento animal, acelerômetro, Django REST, IoT, sensores.

Abstract—This study aims to develop and validate an animal monitoring system using sensors connected to an IoT device, integrated with a mobile application. The system was designed to collect and transmit real-time data on animal location and movement through GPS and accelerometer (ADXL345) sensors. The data are sent to an API developed using Django REST Framework, stored in a database, and made available to the end user via an application built with the Ionic framework. The adopted methodology was based on Design Science Research (DSR), including stages such as design, development, controlled environment testing, and field evaluation with sheep. The tests demonstrated the technical feasibility of the solution and its ability to capture relevant data, even with interference caused by the animals themselves. Furthermore, the system structure allows scalability, integration with machine learning algorithms, and future automation of analysis and report generation. The study concludes that the system presents practical potential to support animal management, promoting improved welfare and efficiency in monitoring.

Keywords—animal monitoring, accelerometer, Django REST, IoT, sensors.

1 INTRODUÇÃO

A criação de animais desempenha um papel central na produção de alimentos e na economia global, enfrentando desafios que vão desde o manejo sustentável até o bem-estar animal. Tecnologias como a Internet



das Coisas (IoT) e algoritmos de análise de dados têm proporcionado uma revolução no setor, conforme o pensamento de Seixas e Contini (2017) “A disseminação e o uso massivo de IoT irá transformar a economia e o dia a dia da população”.

A evolução nas operações agrícolas graças à adoção de práticas da agricultura de precisão certamente levará a maiores rendimentos agrícolas, menor consumo de insumos por hectare e menor desperdício de alimentos ao longo da cadeia de suprimentos. A magnitude da melhoria da produtividade em relação à aplicação de fertilizantes de precisão, varia de 10% a 15%. Se forem adotadas em grande escala, essas tecnologias poderiam, portanto, aumentar o abastecimento agrícola global e manter os preços baixos durante um longo período de tempo (Seixas e Contini, 2017).

O desenvolvimento desta pesquisa justifica-se pela relevância de alinhar práticas tradicionais da criação animal com ferramentas tecnológicas que promovam maior eficiência e sustentabilidade. Através do monitoramento, do uso de sensores e algoritmos de análise de dados, não só melhora o bem-estar dos animais, por meio de informações relevantes para a saúde do animal como fatores climáticos no ambiente em que o animal está inserido, sua localização e padrões de movimentos, mas também proporciona aos criadores e pesquisadores uma tomada de decisão rápida (Turco, 2019). Este cenário é especialmente importante em um contexto de crescente preocupação com práticas mais éticas e ambientalmente responsáveis.

Diversos estudos têm explorado o monitoramento do comportamento animal utilizando sensores embarcados. Bezerra et al. (2022) desenvolveu um sistema com foco na localização por GPS para rastrear padrões de deslocamento, enquanto Amorim (2021) e Rockenbach (2022) demonstram o uso do acelerômetro e sua importância em aplicações com animais ovinos para analisar atividades desses animais. Pesquisas mais recentes, como a de Rohaizak e Majid (2025), avançaram na integração de dados de GPS e acelerômetro para análise do bem-estar animal.

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de IoT voltado para a criação animal, abrangendo sensores capazes de coletar dados sobre localização e movimentos, essas informações são enviadas pelo dispositivo através da internet e armazenadas em um banco de dados, e visualizadas através de um aplicativo. Orientado pela seguinte questão de pesquisa: “De que forma a integração de um aplicativo móvel e um dispositivo IoT pode auxiliar no monitoramento de animais?”.

Com base nos dados coletados, foram identificados a potencial viabilidade desse sistema, e quais adaptações são necessárias para tornar o protótipo viável ao uso, adequando-se principalmente ao animal e também ao criador. Dessa forma, o projeto visa promover o equilíbrio entre produtividade, sustentabilidade e bem-estar animal.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INTERNET DAS COISAS (IoT)

A Internet das Coisas tem se destacado como um tema emergente de grande relevância técnica, social e econômica. Essa tecnologia permite conectar à internet diversos objetos do cotidiano, como produtos de consumo, veículos, componentes industriais e sensores, oferecendo avançadas capacidades de análise de dados que prometem transformar significativamente os modos de vida e trabalho (Mouha, 2021). A IoT está presente em muitos lugares, mesmo que não percebamos que um dispositivo está conectado a ela (Mancini, 2017). Essa maneira de aplicar a IoT em vários contextos se conecta com o pensamento de Faccioni, 2016 que conceitua a Internet das Coisas como algo que transcende ao âmbito tecnológico, sendo melhor interpretada como uma solução que explora as tecnologias para solucionar problemas reais e integrar objetos com sistemas.

A Internet das Coisas (IoT) é uma estrutura na qual todas as coisas têm uma representação e uma presença na Internet. Mais especificamente, a Internet das Coisas visa oferecer novos aplicativos e serviços que unem os mundos físico e virtual (Mouha, 2021). Nas soluções de IoT podem ser oferecidas ferramentas que simplifiquem tarefas do dia-a-dia das pessoas, e estamos em um momento onde as coisas se tornaram muito aceleradas, e oferecer conforto, agilidade e eficiência para os usuários são essenciais, já que os sistemas IoT, como veículos conectados, sistemas de tráfego inteligente e sensores embutidos em estradas e pontes, nos aproximam da ideia de “cidades inteligentes” (Rose et al., 2015).



2.2 IOT NA AGROPECUÁRIA

Segundo informações do Cepea/Esalq-USP (2022), o agronegócio corresponde a quase 25% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (Educa Mais Brasil, 2023). A tecnologia tem se mostrado crucial para impulsionar ainda mais esse setor, ampliando as oportunidades oferecidas pelos dispositivos tecnológicos para as atividades no campo (Educa Mais Brasil, 2023). Através dessa informação é notável que o desenvolvimento de dispositivos tecnológicos é indispensável para que o agronegócio continue crescendo.

Silva e Espejo (2020), citam como aplicação de IoT na pecuária o: monitoramento, localização e comportamento dos animais, monitoramento da saúde e bem-estar dos animais, acompanhamento do peso e alimentação do rebanho e rastreabilidade de vacinas e medicamentos. Com essas aplicações seria possível que os pecuaristas acompanhem em tempo real a evolução e desenvolvimento do seu rebanho, facilitando a tomada de decisões ao surgirem doenças, parasitas, estresse, roubos de animais e perda de peso repentina, sem que haja prejuízo (BNDES, 2017 apud Silva e Espejo, 2020).

2.3 IOT COM BIG DATA

Conceituar *Big Data* pode ser feito de várias maneiras, sendo uma delas a perspectiva de Corea (2019, conforme citado por Freitas, 2020), que diz que a análise de *Big Data* é “uma abordagem inovadora que consiste em diferentes tecnologias e processos para extrair informações valiosas de dados de baixo valor que não se encaixam nos sistemas de banco de dados convencionais”. Já na visão de Lima Junior (2011, apud Caldas e Silva, 2016) define *Big Data* como o conjunto dos dados gerados nos dias atuais, que por conta do seu grande volume necessitam de ferramentas mais poderosas que possam capturar, analisar e gerenciar esses dados de forma apropriada.

A agricultura passa por transformação com a integração de sensores e tecnologias digitais avançadas como IoT, blockchain, eletrônicos embarcados, robótica e automação. Miller *et al.* (2025) fala sobre IoT + Inteligência artificial + machine learning transformando agricultura com monitoramento em tempo real, automação e sensoriamento inteligente, refletindo também sobre a IoT ao conectar dispositivos em tempo real para coleta e compartilhamento de dados através da internet, reinventa as operações agrícolas.

Como já foi comentado, a Pecuária de Precisão aplica tecnologias avançadas para aprimorar a gestão da fazenda, com o objetivo primordial de revolucionar as práticas agrícolas tradicionais. A colaboração entre IoT e Big Data possibilita o monitoramento contínuo e a tomada de decisões em tempo real, demonstrando a transição da agricultura orientada à dados. Assim, a tecnologia se estabelece como um pilar fundamental para a sobrevivência e o crescimento do setor (Taer e Taer, 2025).

2.4 DJANGO REST FRAMEWORK

O Django REST Framework, que fornece algumas funcionalidades e ferramentas adicionais para o desenvolvimento de forma rápida, fácil e eficiente. O DRF funciona como um complemento ao Django, sendo necessária a sua instalação para a utilização do REST framework (Alura, 2023 apud Carmo, 2023).

2.5 IONIC

Ionic é um framework open source que permite a criação de aplicações multiplataformas. Ele oferece várias ferramentas e recursos para a criação da interface móvel com aparência e impressão nativas. São utilizadas tecnologias como HTML (Hypertext Markup Language), CSS (Cascading Stylesheets) e JavaScript. Ele fornece vários componentes móveis, temas básicos extensíveis e tipografia (Chaudhary, 2018).

O Ionic oferece as mesmas funções encontradas nos SDKS do ambiente mobile nativo. Além de possibilitar o desenvolvimento de um mesmo código para diferentes plataformas como iOS e Android por meio do Cordova. O Cordova é o que possibilita que o código que roda via Web seja implantado como um aplicativo nativo. (Malavolta, 2015 apud Chaudhary, 2018)

3 METODOLOGIA

Neste estudo, foi empregada a metodologia Design Science Research (DSR), que se caracteriza como um processo rigoroso de criação de artefatos visando a resolução de problemas, a avaliação dos resultados obtidos e a comunicação dos achados (Lacerda *et al.*, 2013). O DSR tem como objetivo a geração de conhecimento para a concepção e desenvolvimento de artefatos úteis (Lacerda *et al.*, 2013). O autor ressalta que essa metodologia tem se consolidado na área de Tecnologia, embora reconheça também sua aplicabilidade em outros campos (Lacerda *et al.*, 2013). É caracterizada por um processo metodológico que contém cinco etapas cruciais, desde a identificação e definição do problema até a validação do artefato e disseminação dos resultados, sendo elas: **Conscientização, Sugestão, Desenvolvimento, Avaliação e Comunicação**. Na tabela 1 é possível identificar a aplicação do DSR e suas etapas no contexto do presente trabalho.

Tabela 1. Etapas do DSR neste trabalho

Etapa	Aplicação nesta pesquisa
1. Conscientização	A falta de sistemas integrados capazes de monitorar em tempo real a saúde e o comportamento de animais em ambientes controlados prejudica a produtividade e o bem-estar animal. Este estudo busca solucionar essa lacuna com um sistema que centralize dados de sensores e possibilite a análise.
2. Sugestão	Propõe-se um sistema composto por um dispositivo IoT acoplado ao animal para coleta de dados de localização e movimentos, além de um aplicativo <i>mobile</i> que centraliza essas informações.
3. Desenvolvimento	Foi desenvolvido um protótipo de uma “coleira” IoT, utilizando sensores de GPS e acelerômetro conectados a uma API que processa os dados em tempo real, com uma aplicação para interação com o usuário.
4. Avaliação	Foram realizados testes práticos com o dispositivo acoplado a um carneiro. Avaliou-se o funcionamento da coleta e envio dos dados à API. O aplicativo não foi testado em campo, mas sua interface foi desenvolvida e integrada com a API.
5. Comunicação	Os resultados serão organizados em relatórios, incluindo gráficos representativos dos dados coletados. O trabalho será submetido a revistas científicas da área de IoT.

Fonte: Adaptado de Lacerda (2017).

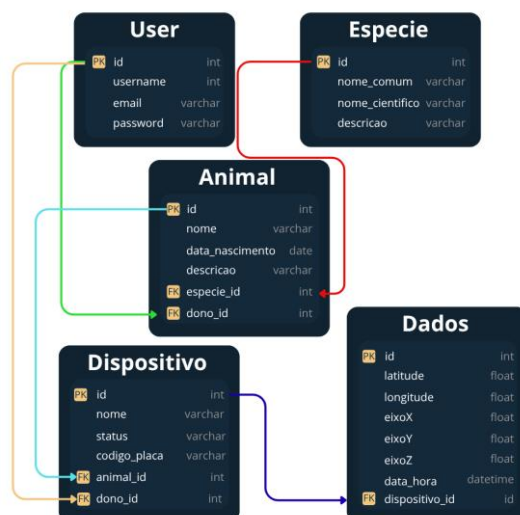
Partindo para a escolha dos sensores, ao buscar por trabalhos relacionados ao monitoramento animal, tanto da parte de desenvolvimento quanto em revisões sobre outros trabalhos, uso de sensores e possibilidades de aplicações de tecnologias na pecuária, filtrando os mais semelhantes, destacam-se os trabalhos de Oliveira (2013), Bezerra et al. (2022), Amorim (2021), Rockenbach (2022), Rohaizak e Majid (2025) e Turco (2019). É relevante mencionar que Oliveira (2013) e Turco (2019) fazem referência a projetos de terceiros, enquanto Bezerra et al. (2022) utilizou o GPS como dado primário. Rockenbach (2022) e Amorim (2021) demonstram o uso do acelerômetro e sua importância em aplicações com ovinos, esse sensor possibilita a captura de alterações físicas em três eixos (x, y e z). O trabalho realizado por Rohaizak e Majid (2025) é o que mais se assemelha à esse trabalho, pois são usados os mesmos sensores, as diferenças se dão na forma que o dispositivo se comunica com uma API, por meio do protocolo MQTT e a alimentação do dispositivo, que é feita através de energia solar.

A escolha da união desses sensores mostra o potencial que o GPS tem para localização e a utilidade do acelerômetro para identificar estresse no animal por meio da análise de padrões dos movimentos, oferecendo uma abordagem não invasiva para monitorar o bem-estar dos animais (Turco, 2019). Ao monitorar essas condições em tempo real, geraria conforto térmico e reduzindo riscos à saúde do animal (Turco, 2019).

Diante disso, observa-se que a combinação do GPS NEO-6M e do acelerômetro ADXL345 juntos em um único dispositivo de monitoramento animal, apesar das limitações que podem ser encontradas, oferece benefícios que superam as capacidades de cada sensor de forma isolada. A combinação de dados de localização precisa com padrões detalhados de atividade e comportamento fornece uma visão holística da ecologia animal. Enquanto o GPS fornece "onde" o animal está, o acelerômetro revela "o que" o animal está fazendo nesse local (Rohaizak e Majid, 2025).

O projeto utiliza um microcontrolador ESP32 para conectar sensores à internet, enviando dados para uma API desenvolvida em Python (Django/DRF). Essa API armazena dados de localização e movimento de animais, além de informações de dispositivos, animais e usuários. O aplicativo móvel, desenvolvido em Ionic (HTML, CSS, JavaScript, Angular, TypeScript), permite a visualização em tempo real dos dados dos animais monitorados, com funcionalidades de login e cadastro simplificadas. Na figura 1 vemos um Diagrama de Entidade Relacionamento que representa de forma clara a estrutura do banco de dados deste projeto, destacando as ligações entre os modelos de usuários, animais, dispositivos e os dados captados pelos sensores:

Figura 1. Diagrama de Entidade Relacionamento



Fonte: Autoria Própria, (2025)

4 RESULTADOS

Para compreender na prática como esse trabalho pode auxiliar no monitoramento animal, começamos apresentando a Figura 2, um fluxograma do passo-a-passo de todo o trabalho, desde o dispositivo IoT até a aplicação *mobile* (não testada em campo).

Figura 2. Fluxograma do Trabalho



Fonte: Autoria Própria, (2025)

Para fixar o dispositivo ao animal, foi utilizado um cinto simples, passando pelos furos laterais da própria caixa (modelo Patola), firmando com dois parafusos e porcas. A fixação foi feita de forma que o cinto envolvesse o corpo do animal na região do pescoço da maneira mais firme possível, porém confortável, evitando causar incômodo. A caixa foi posicionada para otimizar o funcionamento dos sensores. No entanto, devido aos movimentos excessivos do animal, a caixa virou e se moveu para a parte inferior externa, desalojando a antena do GPS de sua posição ideal para recepção de sinal, embora sem comprometer totalmente a funcionalidade.

Figura 3. Dispositivo final (sem o cinto)



Fonte: Autoria Própria, (2025)

Os testes do dispositivo foram realizados em duas etapas distintas para validar seu funcionamento e coletar dados em diferentes condições. A primeira etapa ocorreu em um ambiente controlado, dentro de casa, onde foram verificados o funcionamento dos sensores, a estabilidade da comunicação com a API e a precisão dos dados armazenados no banco de dados. Essa fase permitiu ajustes iniciais no código e na estrutura do sistema. Para a segunda etapa de teste, foram realizados testes com dois ovinos (carneiros e ovelhas), que faziam parte de um rebanho de aproximadamente sete animais, no interior do Tabuleiro do Mato, zona rural da cidade de Floriano no estado do Piauí. Na Figura 4 vemos os dois animais utilizados para Teste Animal 1 à direita e Animal 2 à esquerda.

O primeiro teste, com o Animal 1 (carneiro jovem sem experiência com acessórios), durou menos de 20 minutos. O animal agitou-se, desconectando os fios da bateria e impedindo o envio de dados. Após refazer as conexões, o proprietário sugeriu testar com o Animal 2 (fêmea mais velha e acostumada com chocalho). Com este, o teste foi concluído, com transmissão contínua de dados, embora houvesse uma interrupção temporária devido à perda de sinal Wi-Fi em uma área do terreno, e a supervisão foi transferida ao proprietário.

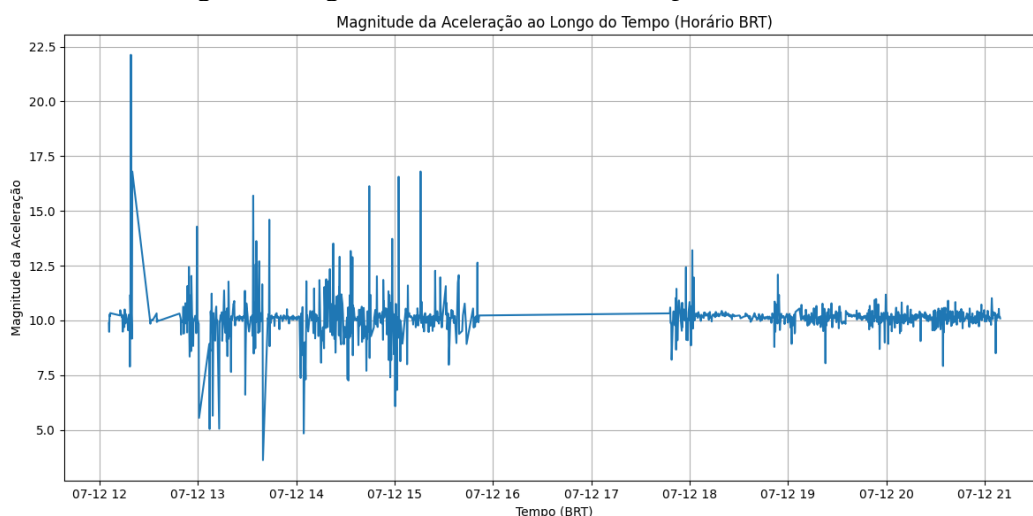
Figura 4. Animais Testados (Animal 1 à direita e Animal 2 à esquerda)



Fonte: Autoria Própria, (2025)

Foi possível fazer o acompanhamento à distância, pois tanto a API quanto o banco de dados foram hospedados no serviço *Render* de forma gratuita e limitada. Após a conclusão dos testes foi aplicado um código usando as bibliotecas *numpy*, *pandas*, *matplotlib* e *folium* para analisar os dados recebidos e plotar o gráfico da Figura 5, relativo à magnitude dos valores do acelerômetro e o mapa do trajeto realizado pelo animal na Figura 6.

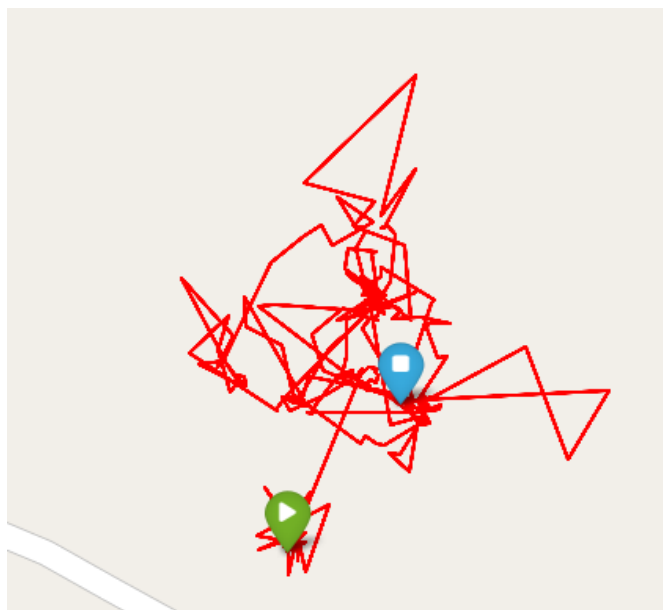
Figura 5. Magnitude dos valores enviados pelo acelerômetro



Fonte: Autoria Própria, (2025)

Com base nos valores armazenados, o teste durou aproximadamente 9 horas, sendo que, ao remover leituras nulas, o intervalo de dados válidos foi de cerca de 3 horas e 45 minutos. Na Figura 6, vemos um mapa que traça a trajetória percorrida pelo animal com base nos dados de GPS disponíveis. Nele, um marcador verde indica o ponto de início do trajeto e um marcador azul o ponto final, permitindo visualizar claramente a área de deslocamento.

Figura 6. Trajeto realizado pelo animal



Fonte: Autoria Própria, (2025)

Mesmo com um volume reduzido de dados, a análise realizada mostrou-se essencial para compreender o comportamento do animal, permitindo identificar padrões de atividade, deslocamento e repouso. A combinação do gráfico de aceleração com o mapa de GPS proporcionou uma visão clara da rotina, útil para manejo, bem-estar e pesquisas futuras. Comparando-se os resultados com estudos anteriores, nota-se que, apesar das limitações do protótipo e das dificuldades apontadas por Rohaizak e Majid (2025), a solução apresentou funcionalidades semelhantes às já existentes, como coleta de dados ambientais e localização em tempo real, configurando-se como alternativa acessível para pequenos produtores e pesquisadores iniciantes.

Os testes indicaram o potencial prático do sistema e a viabilidade da integração entre IoT e aplicações mobile para monitoramento animal. Identificou-se ainda a necessidade do uso de algoritmos, como o Isolation Forest, para interpretar os dados do acelerômetro ADXL345 e detectar anomalias comportamentais. Neste trabalho, um teste inicial com código gerado pelo *ChatGPT* comprovou a possibilidade de leitura do sensor e apontou para a futura integração de rotinas automatizadas (cronjobs) no back-end, com armazenamento em banco relacional e geração de relatórios analíticos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho se propôs a desenvolver e testar um sistema de monitoramento do comportamento animal utilizando sensores de localização (GPS) e movimento (acelerômetro ADXL345), integrados a uma API com banco de dados e interface para análise futura dos dados. A partir da coleta e transmissão de informações por meio do dispositivo embarcado, buscou-se compreender a viabilidade técnica da solução e sua aplicação prática no contexto da pecuária de precisão, especialmente no rastreamento e análise comportamental de ruminantes.

Os testes realizados em ambiente controlado e posteriormente em campo indicaram que o dispositivo é funcional e capaz de capturar dados relevantes para análise comportamental, mesmo com as inoperâncias acontecidas devido à interação dos animais com recursos responsáveis pela alimentação do dispositivo e com a movimentação para áreas sem acesso à internet.

Do ponto de vista prático, este estudo contribui para a pecuária de precisão ao:

1. Demonstrar a viabilidade do uso de sensores de GPS e acelerômetro para rastreamento e análise do comportamento animal em tempo real;

2. Permitir a coleta e armazenamento de dados estruturados em uma API, viabilizando futuras integrações com dashboards e sistemas de apoio à decisão;
3. Indicar o potencial do uso de algoritmos de detecção de anomalias, como o Isolation Forest, para identificar padrões incomuns de comportamento que podem indicar problemas de saúde ou manejo.

Além disso, com uma base consolidada no back-end e uma API estruturada, o sistema pode ser adaptado a diferentes cenários da pecuária de precisão, desde que sejam implementadas melhorias na interpretação dos dados e na elaboração segura do dispositivo embarcado. A escalabilidade, portanto, não depende mais da captação dos dados em si, mas do aprimoramento das etapas de análise comportamental, que permitirão transformar os dados brutos em informações úteis para a tomada de decisão no campo.

O estudo possui limitações importantes, como a curta duração dos testes em campo, a ausência de dados rotulados para validação dos algoritmos e a falta de integração com fontes ambientais complementares (como temperatura e umidade). Para trabalhos futuros, sugere-se a implementação de testes prolongados, a coleta de dados comportamentais observacionais para treinamento supervisionado, e a utilização de arquiteturas baseadas em aprendizado profundo ou combinação de múltiplos sensores para aumento da acurácia. A expansão do sistema com *dashboard* para análise e geração automática de relatórios também representa uma contribuição significativa para tornar a solução aplicável em cenários reais da pecuária de precisão.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, Magno do Nascimento. **Monitoramento eletrônico do comportamento ingestivo em pequenos ruminantes**. 2021. Universidade Federal do Vale do São Francisco.
- BEZERRA, Ingrid do Nascimento et al. Determinação do comportamento de bovinos de leite a pasto baseado em dados de localização GPS e ambientais. In: **Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente – SBAI**, 2021.
- CALDAS, Max Silva; SILVA, Emanuel Costa Claudino. Fundamentos e aplicação do Big Data: como tratar informações em uma sociedade de yottabytes. **Bibliotecas Universitárias: pesquisas, experiências e perspectivas**, p. 65-83, 2016.
- CARMO, Klayver Ximenes. **Um estudo comparativo entre tecnologias de back-end: Node.js, Django REST Framework e ASP.NET Core**. 2023.
- CHAUDHARY, Priyanka. Ionic framework. **International Research Journal of Engineering and Technology**, v. 5, n. 5, p. 3181-3185, 2018.
- EDUCAMAIS BRASIL. **Qual a importância da tecnologia no agronegócio brasileiro?** Educamais Brasil, 2023.
- FACCIONI FILHO, M. Designing “Things” for the Internet of Things. **SSRN Electronic Journal**, 2016.
- FREITAS, Caio Guimarães de. Ciência de dados: big data e gestão dos dados. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, ano 5, ed. 10, v. 8, p. 134-140, out. 2020.
- LACERDA, Daniel Pacheco et al. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, v. 20, p. 741-761, 2013.
- MILLER, Tymoteusz et al. The IoT and AI in Agriculture: The Time Is Now—A Systematic Review of Smart Sensing Technologies. **Sensors (Basel, Switzerland)**, v. 25, n. 12, p. 3583, 2025.
- MOUHA, Radouan Ait et al. Internet of Things (IoT). **Journal of Data Analysis and Information Processing**, v. 9, n. 2, p. 77, 2021.
- OLIVEIRA, Marcel Tolentino Pinheiro de. Análise comportamental de bovinos baseada em trajetórias semânticas aplicada à pecuária de precisão. 2013.
- ROCKENBACH, Julio Vitor Basso. **Desenvolvimento de sistema para avaliação do comportamento ingestivo de ruminantes a partir de um conjunto de sensores**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.



ROHAIZAK, Ahmad Mu'izz Hakim; MAJID, Huda A. Solar Powered GPS Based Wild Animal Tracking System. **Progress in Engineering Application and Technology**, v. 6, n. 1, p. 462-470, 2025.

ROSE, Karen; ELDRIDGE, Scott; CHAPIN, Lyman. The internet of things: an overview. **The Internet Society (ISOC)**, v. 80, n. 15, p. 1-53, 2015.

SEIXAS, Mario Alves; CONTINI, Elisio. Internet das Coisas (IoT): inovação para o agronegócio. 2017.

SILVA, Eduardo Corneto; ESPEJO, Márcia Maria dos Santos Bortolucci. Internet of things (IoT) no agronegócio. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 4, n. 1, 2020.

TAER, A. N.; TAER, E. C. Harnessing precision and innovation: a systematic review of precision livestock farming and IoT technologies in the Philippines. **Ceylon Journal of Science**, v. 54, n. 1, 2025.

TURCO, Silvia Helena Nogueira et al. Ferramentas para o monitoramento de respostas comportamentais, fisiológicas e de desempenho animal a campo. *Revista Científica de Produção Animal*, v. 21, n. 2, p. 69–75, 2020.