



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS FLORIANO
CURSO TECNÓLOGO EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS**

CAIO FERREIRA FERNANDES

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ANIMAIS USANDO DISPOSITIVO IOT COM
INTEGRAÇÃO MOBILE**

FLORIANO

2025

CAIO FERREIRA FERNANDES

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ANIMAIS USANDO DISPOSITIVO IOT COM
INTEGRAÇÃO MOBILE

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Tecnólogo em Análise e desenvolvimento de sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Floriano.

Orientador: Prof. Me. Ronaldo Pires Borges.

FLORIANO

2025

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ANIMAIS USANDO DISPOSITIVO IOT COM INTEGRAÇÃO MOBILE

Caio Ferreira Fernandes¹
Prof. Ronaldo Pires Borges.²

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 a aplicação apresenta potencial prático para auxiliar o manejo de animais, promovendo maior bem-estar e eficiência no monitoramento.

Palavras-chave: monitoramento animal; IoT; sensores; acelerômetro; Django REST.

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. These 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. It is concluded that the application presents practical potential to support animal management, promoting improved welfare and efficiency in monitoring.

Keywords: animal monitoring; IoT; sensors; accelerometer; Django REST.

Data de aprovação: 15/07/2025 (data de apresentação do TCC)

¹ Graduando do curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. IFPI Campus Floriano. caioff490@gmail.com.

² Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas (IFPI), Mestre em Ciências da Computação (UERN/UFERSA). IFPI - Campus Floriano - ronaldo.pb@ifpi.edu.br.

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).

A razão do desenvolvimento desta pesquisa se dá 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 as informações coletadas são 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

Nesta seção, são discutidos os principais conceitos e tecnologias que fundamentam o tema da pesquisa, com ênfase na IoT, Big Data e práticas de Pecuária de Precisão. Começando pelos conceitos da IoT, abordando sobre sensores e dispositivos para coleta de dados em tempo real. E posteriormente, será abordado sobre a importância do monitoramento de criações de animais, destacando como a tecnologia de monitoramento pode ser útil e impactar na qualidade de vida dos animais. Tudo isso será possível através de estudos anteriores que demonstram os impactos positivos e os desafios envolvidos na adoção de tecnologias de monitoramento.

2.1 INTERNET DAS COISAS (IoT)

Os Dicionários Oxford oferecem uma definição concisa que invoca a Internet como um elemento da IoT: Internet das coisas (substantivo): A interconexão através da Internet de dispositivos de computação incorporados em objetos do cotidiano, permitindo-lhes enviar e receber dados (Rose et al., 2015).

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).

Ao que se refere à arquitetura da IoT, Existem algumas formas de organizar a IoT em camadas, essa segmentação acontece por que a IoT é muito ampla e ilimitada, e definindo uma arquitetura torna o desenvolvimento mais organizado (Mouha, 2021), Nas Figura 1 e Figura 2 mostraremos dois modelos de arquitetura.

Figura 1 – Arquitetura IoT de três camadas



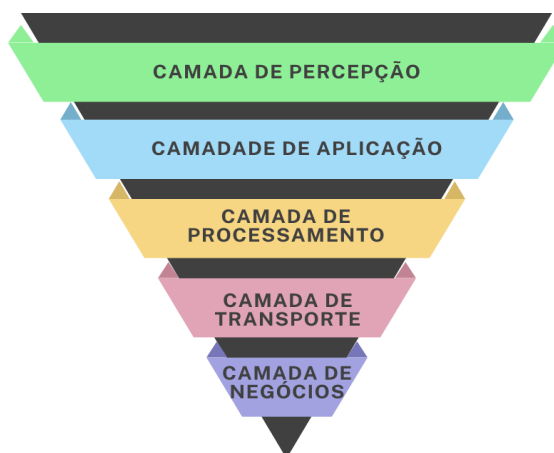
Fonte: Adaptado de Mouha (2021).

A primeira é a camada de percepção, que é a camada física. Ela tem sensores para detectar e coletar informações sobre o ambiente. Ela detecta alguns parâmetros físicos ou identifica outros objetos inteligentes no ambiente.

A segunda é a camada de rede, que é responsável por conectar-se a outras coisas inteligentes, dispositivos de rede e servidores. Ela também é caracterizada por transmitir e processar dados de sensores.

A terceira é a camada de aplicação, que é responsável por fornecer serviços específicos de aplicação ao usuário. Ela define várias aplicações nas quais a Internet das coisas pode ser implantada, como título de exemplo: casas inteligentes, cidades inteligentes e saúde inteligente.

Figura 2 – Arquitetura IoT de cinco camadas



Fonte: Adaptado de Mouha (2021).

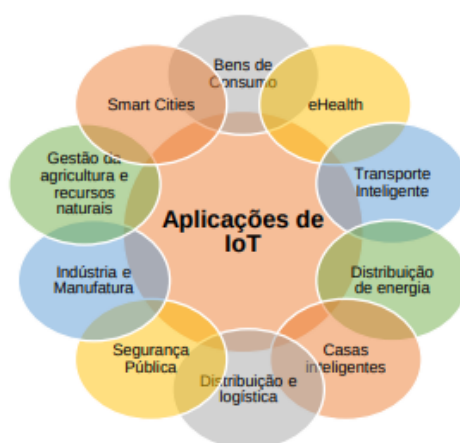
Outra arquitetura para IoT é a dividida em cinco camadas, como ilustrado na Figura 2, nessa arquitetura As camadas de percepção e aplicação funcionam da mesma forma que na arquitetura anterior. A principal tarefa da camada de processamento é processar as informações recebidas da camada de rede e tomar decisões com base nos resultados obtidos pela computação ubíqua. A camada de transporte que transfere dados do sensor da camada de percepção para a camada de processamento e vice-versa por redes como wireless, LAN, 3G, LTE, RFID e Bluetooth. Finalmente, a camada de negócios visualiza informações e estatísticas da camada de aplicação e usa esse conhecimento para planejar metas e estratégias futuras de uma organização, sua principal função é traduzir informações técnicas em insights acionáveis que possam orientar decisões de negócios (Mendes, 2023).

Entre as duas arquiteturas citadas, a principal diferença entre elas reside no nível de detalhamento e especialização das funções:

1. **Arquitetura de 3 Camadas:** Mais simplificada, é adequada para sistemas IoT menores ou menos complexos, onde as funções podem ser agrupadas sem comprometer a eficiência (Vicente, 2022).
2. **Arquitetura de 5 Camadas:** Oferece uma segmentação mais granular, essencial para sistemas complexos que requerem uma gestão detalhada de cada etapa, desde a coleta de dados até a integração com estratégias de negócios (Mendes, 2023).

Empresas de tecnologia frequentemente utilizam a camada de gestão de negócios para oferecer serviços SaaS que integram análise de dados e tomadas de decisão baseadas em inteligência artificial. É importante entender que a integração de camadas mais detalhadas permite maior eficiência na monetização dos dados IoT, ou seja, quanto mais relevantes e precisos são os dados coletados, melhor para o retorno do serviço ofertado (Microsoft, 2023).

Figura 3 – Aplicações de IoT



Fonte: Mancini (2017).

Essa temática tem sido bastante explorada em diversas áreas, como é possível ver na Figura 1, a IoT tem trabalhado em consonância com áreas do conhecimento, como na agricultura (com sensores que monitoram condições do solo), saúde (onde dispositivos como smartwatches monitoram dados de saúde) e nas indústrias (para otimização de processos produtivos) e em diversas outras além das que estão na Figura 1. No contexto deste trabalho, existe uma integração entre várias das categorias mencionadas.

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).

A IoT trabalha de forma consonante com diversas tecnologias, e uma das mais relevantes nesse contexto é a Análise de Dados. Já que por meio dos dados coletados pelos sensores podemos obter conhecimento sobre o mundo físico. Entretanto, precisam ser aplicadas técnicas de processamento e modelagem de dados para melhorar a qualidade de decisões tomadas e necessárias para o serviço (Faccioni, 2016; Barnaghi et al., 2012). E para além da análise de dados quando se trabalha com IoT é interessante o desenvolvimento de uma interface visual para que o usuário interaja com o objeto IoT, permitindo-lhe visualizar informações, realizar configurações e modificar sua condição (Faccioni, 2016).

2.2 IOT NA AGROPECUÁRIA

Como dito anteriormente, a IoT oferece soluções para diversos tipos de mercados, e relacionado com o tema da pesquisa citaremos neste tópico estudos que abordam sobre a aplicação da Internet das coisas 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).

É importante levar em consideração que, mesmo o Brasil possuindo um agronegócio aquecido e de forte relevância na economia, ainda existem barreiras quando se trata de uso da tecnologia, pode haver certo conservadorismo à forma tradicional, ligada possivelmente à falta de conhecimento sobre os benefícios práticos dessas ferramentas. Por isso, Seixas e Contini (2017) destacam que:

A adoção em massa da IoT e da tecnologia de "big data" ainda levará anos para acontecer, pois enfrenta vários obstáculos: a qualidade, confiabilidade, velocidade, segurança dos serviços de telecomunicações e informações e custos elevados, principalmente no meio rural.

No entanto, apesar dessas dificuldades, existe uma perspectiva otimista para a expansão acelerada dessas tecnologias no agronegócio brasileiro devido à expansão acelerado de sistemas de IoT para o agronegócio, o aumento de fornecedores de produtos e serviços de dados; o custo decrescente do hardware (sensores); e o crescente uso diário de dispositivos de TI, entre os agricultores (Seixas e Contini, 2017). E conseguimos ver que a aplicação e facilidade dessas tecnologias tem se mostrado cada vez mais acessíveis e em constante crescimento.

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. A IoT conecta dispositivos para coletar e compartilhar dados pela internet, reinventando as operações agrícolas. Consonantemente, o Big Data,

a Inteligência Artificial (IA) e o Machine Learning (ML), oferecem o arcabouço tecnológico indispensável para armazenar, processar e extrair insights valiosos desses vastos e complexos conjuntos de dados (DIGI4LIVE, [s.d.]).

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).

Adicionalmente, o Big Data tem impacto significativo em áreas como ciências sociais, economia e saúde, pois possibilita novos tipos de pesquisas e metodologias, como aprendizado de máquina e análise de padrões comportamentais. Isso inclui aplicações práticas, como a detecção de tendências, a tomada de decisões estratégicas em diversos setores e também a capacidade de levantar novas questões de pesquisas que vão para além do que já estabelecido como teoria, inspirando novas linhas de investigação (Freitas, 2020).

O volume e a complexidade dos dados gerados pela IoT na pecuária exigem uma abordagem robusta para armazenamento, processamento e extração de valor, onde o Big Data se apresenta como a solução estratégica (Taer e Taer, 2025).

O conceito de "Big Data" transcende noção de grandes volumes de dados, sendo caracterizado por um conjunto de dimensões, com ênfase nos 5 "V's" principais que definem sua complexidade e potencial :

1. **Volume:** Refere-se à escala massiva dos dados, frequentemente medidos em terabytes ou petabytes. Na agropecuária, o uso crescente de sensores e dispositivos para monitorar solo, culturas e saúde animal gera um volume de dados que cresce exponencialmente. Mesmo com apenas 10% da área cultivável usando IoT, o volume de dados seria imenso. A mecanização agrícola e sensores em máquinas de colheita também contribuem significativamente, fornecendo informações valiosas para futuras safras.

2. **Velocidade:** Representa a rapidez com que os dados são gerados, coletados e, crucialmente, processados. A IoT facilita um "fluxo em tempo real" de dados, como os provenientes de biossensores ou alertas de comportamento, o que exige capacidades de processamento ágil para que os insights sejam acionáveis e tempestivos.
3. **Variedade:** Abrange a diversidade de formatos e tipos de dados, incluindo dados estruturados (e.g., registros de sensores numéricos de temperatura e localização), não estruturados (e.g., vídeos de comportamento animal), texto (e.g., registros de saúde), voz, imagens (e.g., de drones), dados geo-referenciados (e.g., imagens de satélite) e fluxos de dados ao vivo de diversas fontes.
4. **Veracidade:** A qualidade, precisão e confiabilidade dos dados são cruciais para o sucesso da Ciência de Dados na agricultura. Desafios como a integração de dados de múltiplas fontes e a falta de padronização exigem limpeza e transformação de dados para garantir a veracidade e confiabilidade.
5. **Valor:** O V mais importante foca na utilidade e relevância dos dados para gerar insights e apoiar decisões estratégicas. O Big Data visa transformar dados brutos em informações que impulsionam a rentabilidade, eficiência e sustentabilidade agrícola, como a detecção precoce de doenças, otimização da alimentação e previsão de mercado.

A interdependência dos 5 V's é crucial. Dados inconsistentes, incompletos ou imprecisos (baixa Veracidade) impedem que grandes volumes processados em alta velocidade gerem Valor. Investida em governança de dados e validação para decisões precisas e eficazes (Naas, 2021).

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).

A arquitetura do DRF é baseada em componentes que facilitam a criação de APIs. Os principais componentes incluem:

Serializers: Responsáveis por converter instâncias de modelos Django em formatos de dados que podem ser facilmente renderizados em APIs (como JSON ou XML) e vice-versa. Eles também lidam com a validação de dados de entrada.

Views e ViewSets: As Views no DRF estendem as Views tradicionais do Django, adicionando funcionalidades específicas para APIs, como manipulação de requisições HTTP e respostas. ViewSets agrupam a lógica para um conjunto de views relacionadas em uma única classe, como `ModelViewSet` para operações CRUD completas em um modelo.

Routers: Fornecem uma maneira fácil de determinar automaticamente a configuração de URL para ViewSets, reduzindo a necessidade de definir URLs manualmente para cada endpoint da API.

Autenticação e Permissões: O DRF oferece diversas políticas de autenticação (token, sessão, OAuth) e permissões (por exemplo, `IsAuthenticated`, `IsAdminUser`) para controlar o acesso aos recursos da API.

Renderers e Parsers: Renderers definem como a resposta da API será formatada, enquanto Parsers definem como a requisição de entrada será interpretada.

Podemos compreender melhor o funcionamento do DRF na explanação de Vainikka (2018):

Ao usar a estrutura Django REST, a lógica MVC é movida para o lado do front-end. Essa estrutura transforma a função do Django na pilha para a de um servidor; ele não exibe nenhum conteúdo, mas é responsável apenas por lidar com solicitações do cliente para fornecer e modificar dados. A View (o Controller) não renderiza mais os dados (a Model) na View; em vez disso, os dados são serializados e recuperados pela própria View. A visualização se encarrega de renderizar esses dados serializados (a Model), o que deixa claro que a View agora é responsável por uma pequena parte do trabalho do Controller.

Com isso conclui-se que o DRF é ideal para construir APIs para aplicações web e móveis, sistemas de micro serviços e integração entre diferentes plataformas.

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).

Além do que foi citado anteriormente, a DSR contém 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**. A seguir, serão conceituadas todas as etapas com base na visão de Lacerda *et al* (2013):

A etapa de Conscientização marca o início do processo de Pesquisa em Ciência do Design e corresponde à fase de "problem identification and motivation" no modelo de Peffers *et al.* (2007). O objetivo primordial desta fase é ir além do simples

reconhecimento de que algo está incorreto. O resultado esperado é uma articulação clara e concisa do problema de pesquisa, com sólida motivação que estabeleça sua importância e a necessidade de uma solução.

A Sugestão é descrita como um processo essencialmente criativo, análogo ao processo de teorização, nas ciências naturais, em que diferentes pesquisadores podem gerar distintas teorias para um conjunto igual de observações. Ponto onde a ideia de uma solução começa a ser formalizada. O principal propósito aqui é conceber o que um artefato aprimorado deve ser capaz de alcançar. É nesta fase que a concepção inicial do artefato começa a tomar forma.

A etapa de desenvolvimento é o processo de constituição do artefato em si. Do ponto de vista de Simon (1996), é nesse momento que o pesquisador constrói o ambiente interno do artefato.

A avaliação tem o propósito fundamental de determinar o progresso alcançado na concepção, construção e utilização de um artefato, em relação ao problema identificado e aos objetivos de design previamente estabelecidos. O objetivo final é provar, com rigor, a relevância e a utilidade do artefato para a prática (Sonnenberg e Brocke, 2012).

E por fim, na comunicação é a apresentação dos resultados tanto para o público mais orientado à tecnologia quanto para aquele mais orientado à gestão, garantindo que o conhecimento seja acessível e aplicável. O objetivo primordial é disseminar o artefato desenvolvido, os fundamentos do design que o sustentam e as contribuições de pesquisa geradas para as audiências apropriadas (Peffer *et al.*, 2007). O quadro 1 ilustra a aplicação do DSR e suas etapas no presente trabalho.

Quadro 1 – Etapas do DSR no trabalho

Etapas	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 dois 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).

Sobre o GPS, o escolhido para desenvolver esse trabalho é o NEO-6M, o sensor se destaca como um componente altamente adequado para o monitoramento animal devido à sua combinação de desempenho, custo-benefício e facilidade de integração. É um módulo GPS amplamente utilizado, conhecido por fornecer dados de posicionamento precisos e confiáveis (Computronicslab, n.d.-a; Mecha-Tronx, n.d.). Na aplicação este sensor envia dados de longitude e latitude para o servidor. No quadro 2 podemos ver algumas das características do sensor GPS.

Quadro 2 - Principais Especificações Técnicas do GPS NEO-6M

Característica	Especificação (Fonte)	Relevância para o Monitoramento Animal
Precisão de Posição Horizontal	2.5 metros (Computronicslab, n.d.-a; Mecha-Tronx, n.d.)	Suficiente para estudos de ecologia do movimento em macroescala, como áreas de vida e rotas migratórias.
Sensibilidade de Rastreamento	-161 dBm (Computronicslab, n.d.-a; Mecha-Tronx, n.d.)	Permite aquisição de sinal em ambientes desafiadores, crucial para animais em habitats variados.

Consumo de Energia (Ativo)	37-67 mA (Computronicslab, n.d.-a; Mecha-Tronx, n.d.; Ampere-electronics, n.d.)	Essencial para prolongar a vida útil da bateria em dispositivos vestíveis.
Custo	R\$56,90	Torna o monitoramento em larga escala e projetos com orçamento limitado viáveis.
Interface	UART (Serial) (Computronicslab, n.d.-a; Mecha-Tronx, n.d.)	Facilita a integração com microcontroladores comuns como Arduino e Raspberry Pi.
Tempo para Primeira Posição (Hot Start)	1 segundo (Computronicslab, n.d.-a; Mecha-Tronx, n.d.)	Permite aquisição rápida de dados de localização, importante para animais com atividade intermitente.
Tamanho	25x35mm (módulo) (Mecha-Tronx, n.d.)	Contribui para o design de dispositivos compactos e discretos.

Fonte: Autoria Própria (2025).

O acelerômetro escolhido ADXL345 é um dispositivo altamente versátil e preciso para medir a aceleração em três dimensões, amplamente utilizado em diversas aplicações, incluindo detecção de movimento, sensoriamento de orientação e monitoramento de vibração (Computronicslab, n.d.-b). As informações que são recebidas pelo servidor são justamente a aceleração dos eixos X, Y e Z permitindo a detecção de movimento, inclinação, choques e vibrações. No quadro 3 podemos ver algumas das características do sensor ADXL345.

Quadro 3 - Principais Especificações Técnicas do Acelerômetro ADXL345

Característica	Especificação (Fonte)	Relevância para o Monitoramento Animal
Eixos de Medição	3 eixos (X, Y, Z) (Computronicslab, n.d.-b)	Captura a complexidade dos movimentos animais em todas as direções.
Faixa de Medição	$\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, $\pm 16g$ (Computronicslab, n.d.-b; Theengineeringprojects, n.d.)	Flexibilidade para diferentes espécies e intensidades de movimento, desde sutil até alto impacto.
Resolução	13-bit (4 mg/LSB em $\pm 2g$) (Theengineeringprojects, n.d.; DFRobot, n.d.)	Permite a detecção de mudanças mínimas na aceleração, crucial para análise comportamental fina.
Consumo de Energia (Ativo/Standby)	40 μA (ativo), 0.1 μA (standby) (Theengineeringprojects, n.d.; DFRobot, n.d.)	Ultra-baixo consumo, estendendo a vida útil da bateria em dispositivos portáteis.
Interfaces de Comunicação	I2C, SPI (Computronicslab, n.d.-b; Theengineeringprojects, n.d.)	Facilita a integração digital com microcontroladores.
Funções de Detecção Integradas	Toque, Queda Livre, Atividade/Inatividade	Permite o reconhecimento de eventos comportamentais

	(Theengineeringprojects, n.d.; DFRobot, n.d.)	específicos e gerenciamento de energia.
Tamanho	Compacto (Theengineeringprojects, n.d.; DFRobot, n.d.)	Ideal para dispositivos vestíveis discretos e leves.
Preço	R\$17,96	Torna a ideia viável com orçamento baixo

Fonte: Autoria Própria (2025).

A tradução de dados brutos de aceleração em informações comportamentais significativas requer algoritmos sofisticados, frequentemente baseados em aprendizado de máquina (Yu et al., 2023).

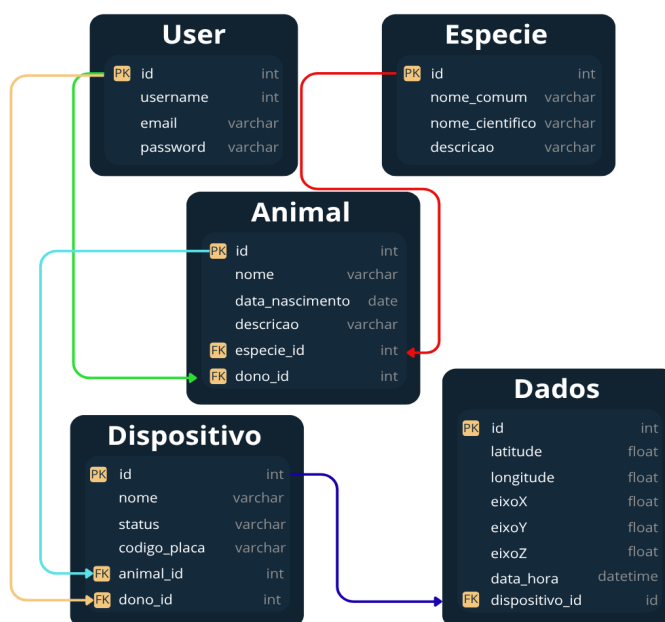
Entendendo isso vemos que a combinação do GPS NEO-6M e do acelerômetro ADXL345 juntos em um único dispositivo de monitoramento animal, apesar das limitações que podem ser encontradas, oferece benefícios que superam as capacidades de cada sensor de forma isolada. Essa junção permite uma compreensão mais rica e contextualizada do movimento e comportamento animal. 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).

Para conectar os sensores será usado o microcontrolador ESP 32, que oferece conexão com a internet para enviar os dados para a API (Application Programming Interface, em português, Interface de Programação de Aplicações). Juntamente com um aplicativo móvel para auxiliar na visualização dos dados enviados pelo sensores. A API (de modo simples, o servidor) foi desenvolvida usando Python (3.12.3) com o Framework Django (5.1.5) e utilizando o DRF (Django Rest Framework), a escolha dessas tecnologias se dão tanto por afinidade quanto pela agilidade para desenvolvimento que as mesmas possibilitam, e apesar de desenvolvimento simples o produto final pode ser robusto, seguro e padronizado, o

projeto foi estruturado conforme o padrão da biblioteca em Models, Serializers, Views e Routers.

A API desenvolvida nesta pesquisa tem o objetivo principal de armazenar os dados de localização e movimentos do animal enviados pelo dispositivo, mas também é responsável por salvar informações do dispositivo que envia essas informações, do animal monitorado e do usuário. A seguir um diagrama entidade-relacionamento que ilustra as principais tabelas (modelos) e seus relacionamentos, para representar 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 4 – Diagrama Entidade-Relacionamento



Fonte: Autoria Própria (2025).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

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

Figura 5 – 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 de modo que os sensores pudessem operar adequadamente, um detalhe era que por conta de movimentos excessivos do animal a caixa acabou virando e indo pra parte inferior fora da caixa, tirando a antena do GPS da melhor posição para recepção do sinal, mas não impossibilitando totalmente.

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.

Figura 6 – Dispositivo final (sem o cinto)



Fonte: Autoria Própria (2025).

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.

Figura 7 – Rebanho de carneiros



Fonte: Autoria Própria (2025).

O primeiro teste foi realizado no Animal 1 e durou pouco menos de 20 minutos, pois se tratava de um carneiro mais novo que nunca tinha usado nenhum adereço no pescoço (chocalho, sineta ou cincerro, que também são usados para auxiliar a localização do animal), o que ocasionou uma reação agitada do animal, correndo e se batendo nos outros e nos cantos, com isso os fios que se conectam à

bateria afrouxaram e desconectaram o que causou a parada do funcionamento do dispositivo e com isso os dados não foram enviadas à API, com isso após refazer as conexões dos fios o dono dos animais sugeriu colocar em outro mais manso, uma fêmea, mais velha que já tinha usado chocalho.

Figura 8– Animal 1



Fonte: Autoria Própria (2025).

Com o Animal 2 (Imagem 3), que completou o teste, os primeiros minutos foram de maior tranquilidade e com dados transmitidos continuamente. Após algum tempo, os animais moveram-se para uma área do terreno onde o sinal de *Wi-fi* estava indisponível, resultando numa interrupção temporária no envio de dados. Posteriormente, a supervisão do teste foi passada ao proprietário.

Figura 9 – Animal 2

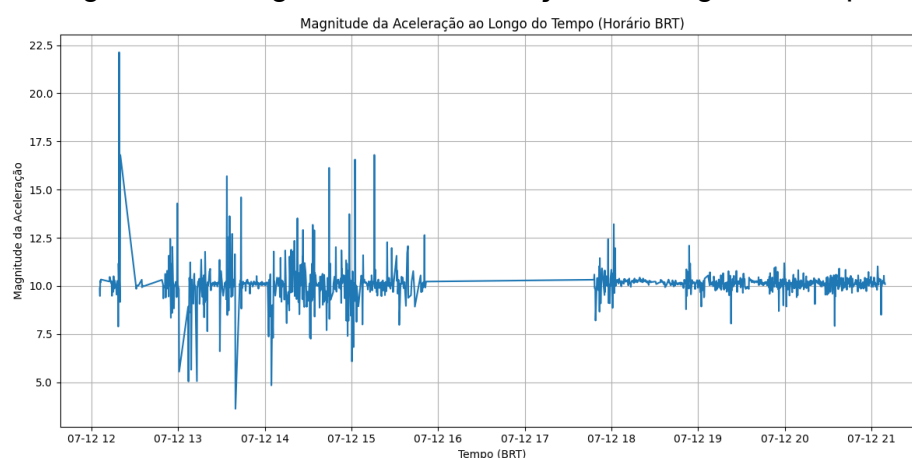


Fonte: Autoria Própria (2025).

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 10 e o mapa da Figura 11. 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. Observou-se que houve 992 registros nulos de GPS (o sensor parou de enviar registros, valores recebidos eram “0.0”), enquanto os dados de aceleração não apresentaram falhas, tornando possível a análise de movimento.

Figura 10 – Magnitude de Aceleração ao Longo do Tempo

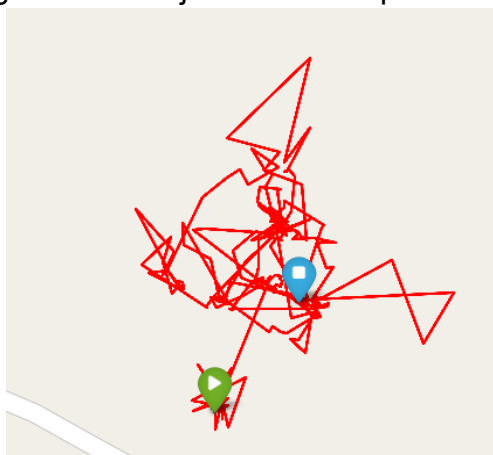


Fonte: Autoria Própria (2025).

A magnitude da aceleração foi calculada com base nos três eixos do acelerômetro, resultando em uma métrica que representa a intensidade do movimento do animal ao longo do tempo. O gráfico gerado evidencia que a maior parte das leituras está em torno de 10.11 m/s², com desvio padrão de 0.84, indicando que o movimento foi relativamente estável, porém com momentos de atividade mais intensa. O valor máximo registrado atingiu 22.13 m/s², sinalizando eventos de alta aceleração, possivelmente relacionados a corridas, saltos ou interações bruscas do animal. O mínimo observado foi de 3.62 m/s², representando momentos de baixa atividade ou repouso.

Além disso, na Figura 11 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 11 – Trajeto realizado pelo animal



Fonte: Autoria Própria (2025).

Observando a Figura 10, vemos que por volta das 16h, o dispositivo parou de enviar dados. Ao contatarmos o proprietário do animal, ele nos informou que outros carneiros haviam mordido o fio de conexão entre a placa e a bateria. O fio estava exposto devido à falta de espaço na caixa patola. O próprio proprietário refez a emenda, e o dispositivo voltou a funcionar, porém, após esse incidente o GPS parou de operar. Ao receber a caixa no dia seguinte à realização dos testes, constatou-se que a conexão do sensor NEO-6M foi a causa do problema. Medidas corretivas não foram tomadas devido à distância geográfica dos animais, ao horário e para não perturbar o sossego do proprietário.

Figura 12 – Logs da API mostrando últimos envios de dados do dispositivo

```
Jul 12 09:09:14 PM  gd2px  127.0.0.1 - - [12/Jul/2025:21:09:14 -0300] "POST /esp/post-dados/?animal=1 HTTP/1.1" 201 52 "-"
"ESP32HTTPClient"
Jul 12 09:09:26 PM  gd2px  127.0.0.1 - - [12/Jul/2025:21:09:26 -0300] "POST /esp/post-dados/?animal=1 HTTP/1.1" 201 52 "-"
"ESP32HTTPClient"
```

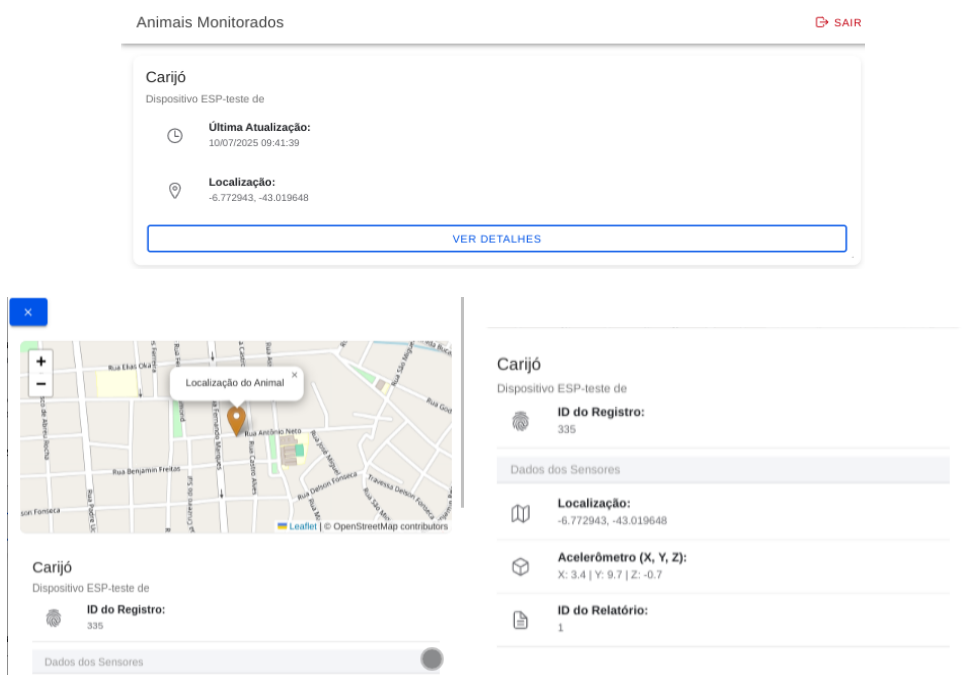
Fonte: Autoria Própria (2025).

Os dados mais recentes foram recebidos no horário indicado na imagem acima, contudo, a causa da interrupção não pôde ser determinada. Observando o estado em que a caixa patola foi entregue, especula-se que os animais possam ter danificado a emenda da bateria. Conclui-se, que é fundamental que nenhum componente externo comprometa o funcionamento do dispositivo.

Apesar das eventuais limitações foram possíveis coletar 1505 dados, entre eles, alguns com os dados do GPS ausente devido ao relato anterior. No entanto, é importante entender as dificuldades como oportunidade de adequação para superar esses empecilhos. As reações dos animais, como morder fios e ficar agitado, são respostas naturais à algo novo.

Além da etapa de envio feito pelo dispositivo e recebimento dos dados pela API, também temos a etapa de visualização dos dados, é importante destacar que a aplicação não foi testada em campo, entretanto, as funcionalidades disponíveis suprem as necessidades do monitoramento (visualização e atualização em tempo real). Nas imagens abaixo vemos a tela de monitoramento, vendo os dados recebidos, informações de registro.

Figura 13 – Tela de Monitoramento e Modal de Detalhes



Fonte: Autoria Própria (2025).

Mesmo que realizada com um volume pequeno de dados e de forma simplificada, esta análise do teste é crucial para a compreensão do comportamento do animal, permitindo identificar períodos de maior atividade, possíveis padrões de deslocamento e momentos de repouso. Combinando o gráfico temporal da aceleração e o mapa de GPS, é possível obter uma visão da rotina do animal, informações que podem auxiliar em decisões de manejo, bem-estar e estudos futuros sobre o comportamento de espécies monitoradas.

Ao comparar os resultados obtidos com os trabalhos analisados no levantamento bibliográfico, verifica-se que, apesar das limitações do protótipo testado, e das dificuldades mencionadas por Rohaizak e Majid (2025), a proposta demonstra funcionalidades semelhantes às soluções existentes, como a coleta de dados ambientais e a localização em tempo real. Este projeto buscou oferecer uma

alternativa acessível e funcional para pequenos produtores ou pesquisadores em fase inicial.

Assim, os testes realizados demonstram que o sistema tem potencial de uso prático, reforçando a viabilidade da integração entre dispositivos IoT e aplicações mobile para o monitoramento animal. Também foi identificado que para interpretar os dados do acelerômetro ADXL345, é necessário utilizar algoritmos capazes de identificar padrões e comportamentos nos sinais captados, especialmente em aplicações voltadas ao monitoramento animal. Algoritmos de machine learning, como o *Isolation Forest*, são comumente utilizados para detectar anomalias ou desvios de comportamento com base nas leituras de aceleração nos três eixos.

Neste trabalho, foi realizado um teste básico utilizando um código gerado pelo *ChatGPT*, que permitiu a leitura inicial dos dados do sensor. Essa etapa experimental demonstrou a viabilidade de, futuramente, integrar uma rotina de execução periódica (cronjob) no back-end, utilizando a API desenvolvida para armazenar os dados em um banco de dados relacional e possibilitar a geração de relatórios analíticos automatizados.

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

AMPERE-ELECTRONICS. **NEO-6M GPS Module**. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://ampere-electronics.com/product/neo-6m-gps-module/>. Acesso em: 1 jul. 2025.

AMORIM, Magno do Nascimento. **Monitoramento eletrônico do comportamento ingestivo em pequenos ruminantes**. 2021. Universidade Federal do Vale do São Francisco. Disponível em:

<https://portais.univasf.edu.br/ppgea/pesquisa/publicacoes-1/arquivos/DissertaoMagn oVersoFinal.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2025.

BARNAGHI, P. *et al.* Semantics for the Internet of Things: early progress and back to the future. **International Journal on Semantic Web and Information Systems**, v. 8, n. 1, p. 1–21, 2012. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.4018/jswis.2012010101>. Acesso em: 26 nov. 2024.

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. Disponível em: https://sba.org.br/open_journal_systems/index.php/sbai/article/view/2863. Acesso em 9 jul. 2025.

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. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistarbu/article/view/3086>. Acesso em: 30 out. 2024.

CARMO, Klayver Ximenes. **Um estudo comparativo entre tecnologias de back-end: Node.js, Django REST Framework e ASP.NET Core**. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/77574>. Acesso em: 14 jul. 2025.

CAVALCANTI, Luigi Francis Lima *et al.* Pecuária de Precisão: uso de tecnologias para apoio à tomada de decisão. **Zootec, Santos/SP**, 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1090600>. Acesso em: 1 dez. 2024.

CHAUDHARY, Priyanka. Ionic framework. **International Research Journal of Engineering and Technology**, v. 5, n. 5, p. 3181-3185, 2018. Disponível em: https://www.academia.edu/38233846/IRJET_Ionic_Framework. Acesso em: 2 jul. 2025.

COMPUTRONICSLAB. **ADX1345 Accelerometer Module**. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://computronicslab.com/product/adx1345-accelerometer-module/>. Acesso em: 2 jul. 2025.

COMPUTRONICSLAB. **GPS NEO-6M**. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://computronicslab.com/product/gps-neo6m/>. Acesso em: 2 jul. 2025.

DFROBOT. **Fermion: ADXL345 Digital Triaxial Acceleration Sensor (Breakout)**. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.dfrobot.com/product-383.html>. Acesso em: 2 jul. 2025.

DIGI4LIVE. **IoT sensors for livestock farming**. 2024. Disponível em: <https://digi4live.eu/iot-sensors-for-livestock-farming/>. Acesso em: 17 jun. 2025.

EDUCAMAIS BRASIL. **Qual a importância da tecnologia no agronegócio brasileiro?** *Educamais Brasil*, 2023. Disponível em:

<https://www.educamaisbrasil.com.br/educacao/noticias/qual-a-importancia-da-tecnologia-no-agronegocio-brasileiro>. Acesso em: 26 nov. 2024.

ELECROW. **3-Axis Digital Accelerometer ADXL345**. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.elecrow.com/3-axis-digital-accelerometer-adxl345-p-594.html>. Acesso em: 2 jul. 2025.

FACCIONI FILHO, M. Designing “Things” for the Internet of Things. **SSRN Electronic Journal**, 2016. Disponível em: <http://www.ssrn.com/abstract=2847674>. Acesso em: 29 out. 2024.

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. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/tecnologia/gestao-dos-dados>. Acesso em: 24 nov. 2024.

GOMES, Bruno Rafael Sousa. **Análise da pecuária de precisão**. 2022. 36 f. TCC (Graduação) – Curso de Zootecnia, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2022. Disponível em: <https://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/5038>. Acesso em: 30 out. 2024.

LACERDA, Daniel Pacheco *et al.* Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, v. 20, p. 741-761, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/3CZmL4JJxLmxCv6b3pnQ8pq/?lang=pt>. Acesso em: 25 nov. 2024.

MANCINI, Mônica. Internet das Coisas: história, conceitos, aplicações e desafios. **Project Management Institute – PMI**, 2017. Disponível em: <http://mmproject.com.br/download/historia-conceitos-aplicacoes-e-desafios/>. Acesso em: 26 dez. 2024.

MECHA-TRONX. **Ublox NEO-6M V1 GPS Module With Antenna**. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://mecha-tronx.com/product/ublox-neo-6m-v1-gps-module-with-antenna/>. Acesso em: 2 jul. 2025.

MENDES, Lucas Ferreira. **Uma arquitetura baseada em IoT para sistemas de posicionamento interno como suporte a aplicações de ambiente de vida assistida**. 2023. 113 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/74576/1/2023_dis_lfmendes.pdf. Acesso em: 2 jan. 2025.

MICROSOFT. **Visão Geral das Cargas de Trabalho de IoT. Documentação da Microsoft Azure**, 2023. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/azure/well-architected/iot/iot-overview>. Acesso em: 2 jan. 2025.

MOUHA, Radouan Ait *et al.* Internet of Things (IoT). **Journal of Data Analysis and Information Processing**, v. 9, n. 2, p. 77, 2021. Disponível em: https://www.scirp.org/html/3-2870386_108574.htm. Acesso em: 21 out. 2024.

MOUTS. **O futuro do mercado de dados: as principais previsões para 2024**. 2024. Disponível em: <https://mouts.info/o-futuro-do-mercado-de-dados-as-principais-previsoes-para-2024/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

MOUSER. **u-blox NEO-6M-0 Datasheet (PDF)**. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.mouser.com/ProductDetail/u-blox/NEO-6M-0>. Acesso em: 2 jul. 2025.

NAAS. **Policy Paper 101: Big Data in Agriculture**. Disponível em: <https://naas.org.in/Policy%20Papers/policy%20101.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2025.

OLIVEIRA, Marcel Tolentino Pinheiro de. Análise comportamental de bovinos baseada em trajetórias semânticas aplicada à pecuária de precisão. 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/1894>. Acesso em: 3 jan. 2025.

PEFFERS, Ken *et al.* A design science research methodology for information systems research. **Journal of Management Information Systems**, v. 24, n. 3, p. 45-77, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/284503626>. Acesso em: 17 jun. 2025.

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. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/30530>. Acesso em: 10 jun. 2025.

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. Disponível em: <https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/peat/article/view/19036>. Acesso em: 10 jul. 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. Disponível em: <https://www.internetsociety.org/resources/doc/2015/iot-overview/>. Acesso em: 7 dez. 2024.

SEIXAS, Mario Alves; CONTINI, Elisio. Internet das Coisas (IoT): inovação para o agronegócio. 2017. Disponível em: https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/EMBR_5bd4a50bf1670d10e4647c2a162fe15. Acesso em: 27 nov. 2024.

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. Disponível em:

<https://periodicos.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/view/11475>. Acesso em: 2 dez. 2025.

SONNENBERG, Christian; VOM BROCKE, Jan. Evaluation patterns for design science research artefacts. In: **European Design Science Symposium**. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011. p. 71-83. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-33681-2_7. Acesso em: 17 jun. 2025.

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. Disponível em: https://cjs.sljol.info/articles/10.4038/cjs.v54i1.8405?_rsc=ltuy6. Acesso em: 2 jul. 2025.

THEENGINEERINGPROJECTS. **ADXL345 3-Axis Digital Accelerometer**. 2025. Disponível em: <https://www.theengineeringprojects.com/2025/02/adxl345-3-axis-digital-accelerometer.html>. Acesso em: 2 jul. 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. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/rcpa/article/view/54660>. Acesso em: 23 dez. 2024.

VAINIKKA, Joel. Full-stack web development using Django REST framework and React. 2018. Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/161428038>. Acesso em 1 jul. 2025.

VICENTE, Pedro Paulo. **Arquiteturas e protocolos para IoT**. 2020. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Minho (Portugal). Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/82117/1/Pedro%20Paulo%20Vicente.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2024.

WILD, Timm A. *et al.* Micro-sized open-source and low-cost GPS loggers below 1 g minimise the impact on animals while collecting thousands of fixes. **Plos One**, v. 17, n. 6, p. e0267730, 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9242438/>. Acesso em: 2 jul. 2025.

YU, Hui *et al.* Accelerometer sampling requirements for animal behaviour classification and estimation of energy expenditure. **Animal Biotelemetry**, v. 11, n. 1, p. 28, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40317-023-00339-w>. Acesso em: 3 jul. 2025.