



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE QUIXADÁ
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE SOFTWARE

JORDER PAULO DOS SANTOS GOMES

**MÓDULO DE ALERTA DO COMPORTAMENTO BOVINO A FIM DE PREVER O
HORÁRIO DE PARTO**

QUIXADÁ

2022

JORDER PAULO DOS SANTOS GOMES

MÓDULO DE ALERTA DO COMPORTAMENTO BOVINO A FIM DE PREVER O
HORÁRIO DE PARTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia de Software
do Campus de Quixadá da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Engenharia de Software.

Orientadora: Profa. Dra. Paulyne Matthews
Jucá

QUIXADÁ

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- G614m Gomes, Jorder Paulo dos Santos.
Módulo de alerta do comportamento bovino a fim de prever o horário de parto / Jorder Paulo dos Santos Gomes. – 2022.
38 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Curso de Engenharia de Software, Quixadá, 2022.
Orientação: Profa. Dra. Paulyne Matthews Jucá.
1. Simulação. 2. Bovinos. 3. Comportamento. 4. Parto - Previsão. I. Título.

CDD 005.1

JORDER PAULO DOS SANTOS GOMES

MÓDULO DE ALERTA DO COMPORTAMENTO BOVINO A FIM DE PREVER O
HORÁRIO DE PARTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia de Software
do Campus de Quixadá da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Engenharia de Software.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Paulyne Matthews Jucá (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me Camilo Camilo Almendra
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Ma Antonia Diana Braga Nogueira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho a Deus por ser o meu suporte em todos os momentos e aos meus pais por todo o cuidado e auxílio que me deram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por me dar forças para continuar e sabedoria para seguir bons caminhos de acordo com a sua vontade.

Aos meus pais, Paulo Vinelton e Maria das Dores, por formarem quem sou hoje, me ajudarem nos momentos ruins e comemorarem comigo nos momentos bons. Por me apoiarem nas minhas decisões, sonhos e projetos, sempre me orientando e aconselhando no que foi necessário. Por todo amor e cuidado durante toda minha vida.

À professora, Paulyne Matthews Jucá, por sua orientação, por ter compartilhado sua experiência, e me auxiliado da melhor forma possível no processo de construção deste trabalho.

Aos professores Camilo Camilo Almendra e Antônia Diana Braga Nogueira, pela disposição em participar da banca e pelas colaborações e sugestões que contribuíram significativamente para este trabalho.

Agradeço aos meus amigos de faculdade pelo companheirismo durante esta jornada de aprendizagem e crescimento. Em especial Maria Luiza, João Pedro, Matheus Rodrigues e Maryzangela Bessa pelos bons momentos compartilhados e pelas ajudas e trabalhos em conjunto que fizemos, pelas piadas ruins e conversas amenas que trocamos.

À equipe Techno Vaca, pelo trabalho em conjunto e crescimento pessoal e técnico durante nossas atividades. Em especial a Fernanda Albuquerque por me chamar para sua equipe e me dar a oportunidade de participar deste projeto. E a Roberta Dutra por nos orientar enquanto trabalhávamos na startup.

Ao campus UFC Quixadá, sua direção e professores por oferecerem um ambiente altamente favorável para o aprendizado técnico, profissional, pessoal, cooperativo para formar discentes com competências variadas. Também a todas as pessoas que compõem o campus o tornando mais completo e receptivo.

“O futuro dependerá daquilo que fazemos no presente.”

(Mahatma Gandhi)

RESUMO

A distocia, dificuldades no parto, é um problema que pode afetar diretamente a produção de um bovino de um produtor de leite. Ela pode ser evitada ou minimizada com o auxílio humano e para isso é importante saber em qual momento o parto ocorrerá no animal. Por isso, este trabalho apresenta o desenvolvimento do protótipo do módulo de envio de alerta de parto ao produtor. O projeto visa receber leituras periódicas de um dispositivo físico quanto ao comportamento de um animal e, com base nestas leituras, processar e identificar o possível momento do parto. No entanto, o dispositivo físico ainda não está terminado e, para substituir seus dados, o trabalho também desenvolveu um gerador de leituras que simula as leituras enviadas pelo dispositivo. No momento, o protótipo consegue identificar com base no processamento das leituras o momento esperado do parto, utilizando-se de parâmetros simples que futuramente devem ser aprimorados.

Palavras-chave: alerta; ruminação; simulações

ABSTRACT

Dystocia, calving difficulty, is a problem that can directly affect the production of a dairy cow. It can be avoided or minimized with human help and for that it is important to know at what moment of the calving. Therefore, this work presents the development of the prototype of the module for sending a calving alert to the producer. The project aims to receive periodic readings from a physical device regarding the behavior of an animal and, based on these readings, process and identify the possible moment of calving. However, the physical device is not finished yet and, to replace its data, the work also developed a readings generator that simulates the readings sent by the device. At the moment, the prototype is able to identify, based on the processing of the readings, the expected time of calving, using simple parameters that should be improved in the future.

Keywords: alert; rumination; simulations

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Como este módulo se localiza no projeto Techno Vaca	21
Figura 2 – Diagrama de classes de modelo	26
Figura 3 – Diagrama de classes MVC	29
Figura 4 – Tabela verdade de classificação de leituras	30
Figura 5 – Exemplo de caso de alerta	30
Figura 6 – Minutos de atividades nos dias	32
Figura 7 – Minutos de ruminação nos dias	33
Figura 8 – Alertas de parto nos dias	34
Figura 9 – Alerta geral	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo entre os trabalhos relacionados e este quanto as suas contribuições. 18

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos	12
2	TRABALHOS RELACIONADOS	14
2.1	Methods and on-farm devices to predict calving time in cattle	14
2.2	Machine-learning-based calving prediction from activity, lying, and ruminating behaviors in dairy cattle	15
2.3	Technical Note: Validation of a System for Monitoring Individual Feeding and Drinking Behavior and Intake in Group-Housed Cattle	16
2.4	Rumination and activity levels as predictors of calving for dairy cows	16
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3.1	O que é um protótipo	19
3.2	A startup Techno Vaca	19
3.3	API REST	21
3.4	Relação entre ruminação bovina e o parto.	22
4	METODOLOGIA	23
4.1	Requisitos	23
4.2	Projeto	23
4.3	Desenvolvimento do módulo	23
4.4	Testes	24
5	DESENVOLVIMENTO	25
5.1	Requisitos	25
5.2	Projeto	25
5.3	Desenvolvimento do módulo	28
6	TESTES E RESULTADOS	31
7	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Barrier *et al.* (2013), a dificuldade no parto em bovinos ou distocia causa diretamente problemas na produção leiteira. Dentre estes problemas estão maior vulnerabilidade à doenças, mortalidade dos animais e maior distância entre partos.

Em 2018, de acordo com o relatório anual publicado pela Embrapa (EMBRAPA, 2018), o mercado de leite faturou quarenta bilhões de reais com produção total de 35,1 bilhões de litros de leite no país, chegando a ser o segundo maior do país. A produção de leite é também a principal fonte de renda dois milhões de brasileiros. Diante desta situação, surge o projeto startup Techno Vaca. Fundado por quatro estudantes da UFC campus Quixadá esta startup procura fazer o monitoramento de sinais vitais dos animais a fim de detectar possíveis doenças de maneira mais rápida e assim adiantar o tratamento da mesma.

O parto distócico tem efeito direto na produção de leite. O animal apresenta uma baixa produção em um período que pode ir de 14 dias (RAJALA; GRÖHN, 1998), até 90 dias (THOMPSON *et al.*, 1983). Os problemas de saúde nos animais decorrente do parto distócico também geram custos ao produtor por causa de seu tratamento. Com o auxílio humano e a aplicação de técnicas de manejo apropriadas no momento certo, pode-se minimizar e até mesmo evitar estas complicações. Diante disto saber o possível momento do parto permite ao produtor ter a chance de se preparar previamente para o auxílio no processo.

Está no escopo do projeto deste trabalho um dos módulos do back-end do sistema Techno Vaca, cujo objetivo é analisar o comportamento dos animais de modo a monitorar a atividade de ruminação dos animais, detectar uma mudança significativa neste comportamento como indicativo de um possível parto. E, em seu escopo negativo se encontram o front-end do projeto, os demais módulos do back-end e os demais setores da empresa.

1.1 Objetivos

Assim, o objetivo geral deste trabalho é desenvolver um protótipo que alerte o possível momento do parto de um animal usando uma análise do comportamento alimentar.

Objetivos específicos incluem:

1. Realizar a classificação dos dados com as leituras dos animais em categorias correspondentes às principais atividades de alimentação (ruminação, pastagem, descanso)
2. Usar essa classificação para prever o possível dia do parto e testar o módulo desenvolvido

através dos dados de teste.

3. Desenvolver um gerador de dados de teste para substituir o módulo de leitura que ainda não está pronto.

O próximo capítulo apresenta os trabalhos relacionados a este.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Os artigos relacionados a este trabalho utilizaram métodos distintos entre si para tentar prever em qual possível momento ocorreria o parto de uma vaca. Ambos em algum momento analisaram o comportamento de ruminância do animal e concordaram que pelo menos no período de 6 horas a 2 horas antes do parto houve um declínio considerável deste comportamento. Tanto esta informação como seus critérios de monitoramento foram um grande auxílio para a determinação dos dados de leitura de animais presentes neste trabalho.

2.1 Methods and on-farm devices to predict calving time in cattle

O problema que este trabalho (SAINT-DIZIER; CHASTANT-MAILLARD, 2015) pretende prevenir ou auxiliar chama-se distocia, que caracteriza um parto tardio ou difícil. Partos deste tipo com assistência humana tardia causa complicações na saúde dos animais impactando sua produtividade e aumenta a chance de natimortos. Com a possibilidade de previsão do parto a assistência humana pode ocorrer com antecedência os problemas de um parto com distócia são diminuídos e em alguns casos inexistentes. O estudo se dedicou a analisar diversos métodos preditivos e compará-los entre si.

Os autores apontam que monitoramento dos sinais clínicos como relaxamento dos ligamentos pélvicos e diminuição da temperatura corporal, traz resultados promissores embora o prolongamento da captação destes dados como temperatura do animal torna-se invasivo e incômodo para o animal (SAINT-DIZIER; CHASTANT-MAILLARD, 2015).

Sobre mudanças comportamentais, alguns pontos se destacaram. No dia do parto em si, o animal procurou isolar-se dos demais companheiros, além de passar um maior tempo em pé e tendo uma maior atividade de movimentação. Outros comportamentos associados diretamente à movimentação são sinais de irritação como batidas, balançar a cauda, virar a cabeça. Nas 12 horas finais antes do parto, as posturas em pé e decúbito semilateral foram as mais frequentes. Essas informações foram obtidas através dos sensores pedômetro capturando número de passos e acelerômetro para determinar o tempo deitado e atividades em geral.

Sobre o comportamento alimentar e ruminante observou-se um declínio regular da ruminância a partir das 3 últimas semanas com a diminuição mais significativa ocorrendo no dia real do parto diminuindo 4 a 6 horas antes do parto e por fim não se alterando no tempo em torno do parto.

2.2 Machine-learning-based calving prediction from activity, lying, and ruminating behaviors in dairy cattle

Os dados coletados por este estudo (BORCHERS *et al.*, 2017) são obtidos por meio de dois dispositivos comerciais que os captam de acordo com o comportamento dos animais. O primeiro HR-Tag que era composto por um acelerômetro, um microfone e um microprocessador. O segundo sendo IceQube, responsável por coletar diversos dados relacionados à movimentação e posicionamento do animal.

Os dados foram organizados de duas maneiras distintas de acordo com o tempo. A primeira forma de organização é em blocos de dias para se realizar uma análise de dados quinzenal. A segunda dividiu os dados em blocos de duas horas para alinhar os animais em uma mesma linha do tempo em relação ao horário de parto chamado hora 0. As horas anteriores são representadas por números negativos, com o mesmo método de representação aplicado aos dias.

O modelo de previsão é composto por três técnicas de aprendizado de máquina. Floresta aleatória: compõe-se por um conjunto de árvores de decisão em que cada destas árvores contribui para a classificação final. Discriminante linear: semelhante aos métodos de regressão, mas usa uma variável dependente categórica e várias variáveis independentes contínuas segundo o estudo. Redes neurais: Buscam imitar o funcionamento do cérebro humano. O modelo foi treinado com ambas as organizações em que cada um visava prever o parto nas mesmas unidades de tempo em que os blocos de dados eram divididos.

Quanto aos resultados observou-se diferenças entre os dados de tempo de ruminação tendo uma queda no último dia, movimentação total aumentando nos últimos quatro dias e tempo de repouso também diminuindo a partir da última semana antes do parto. O tempo de ruminação diminuiu no período pré-parto atingindo seu menor ponto no dia do parto sendo oito horas antes do parto. Após este ponto houve uma leve elevação no período entre 8 horas pré-parto e o parto no entanto não retornando aos valores padrão. No estudo os melhores resultados foram obtidos ao se combinar os dados dos dois dispositivos comerciais e com os dados usados no período entre 8 horas e 2 horas antes do parto.

2.3 Technical Note: Validation of a System for Monitoring Individual Feeding and Drinking Behavior and Intake in Group-Housed Cattle

Segundo este trabalho (CHAPINAL *et al.*, 2007) o aumento do tempo de ruminação está ligado com uma maior produção de saliva e melhora da saúde do animal. No seu oposto, a diminuição é um fator associado geralmente a estresse, ansiedade e doença. O texto destaca a dificuldade em monitorar visualmente a ruminação em rebanhos e vacas e descreve técnicas usadas por métodos indiretos de monitoramento de ruminação baseados em detecção da movimentação da mandíbula. O modelo Hi-Tag deste estudo utiliza-se do som da mandíbula em conjunto com suas movimentações destacando que os movimentos de regurgitação e ruminação produzem sons distintos.

Para se realizar uma comparação com os dados do sistema Hi-Tag, dois observadores foram treinados para realizar a observação manual e ambos poderem identificar as sessões de ruminação dos animais do estudo. Foi acordado que o início de uma sessão é determinado pela regurgitação de um bolo alimentar chegando até a boca, e o final quando o bolo é engolido.

O sistema Hi-Tag por sua vez usa os sons da mandíbula para realizar essa medição. Foi identificado que os bolos de ruminação geralmente eram mastigados por 30s a 60s e um intervalo maior de 30s de silêncio foi usado para separar as sessões deste comportamento.

A relação dos tempos registrados pelos observadores e pelo Hi-Tag é determinada usando regressão linear e correlação de Pearson. Os tempos de ruminação registrados entre os dois observadores são altamente relacionados entre si, o que segundo o texto determina que os tempos de ruminação podem ser obtidos de forma confiável por observação direta. O sistema Hi-Tag registrou estimativas de tempo semelhantes a observação direta com leves variações que podem ter ocorrido com a contribuição de questões metodológicas como colarinho solto ou mal posicionado.

O autor conclui que a análise do tempo de ruminação nos períodos de 2 horas e diário podem ser úteis para a pesquisa e que mais estudos são necessários.

2.4 Rumination and activity levels as predictors of calving for dairy cows

Focando sua preocupação na ocorrência de distócia durante o parto este estudo (CLARK *et al.*, 2015) procura prever o momento em que ele ocorrerá para prevenir possíveis complicações que podem levar a mortalidade dos animais.

Dentre os métodos tradicionais de predição de parto o artigo destaca comportamentos dos animais como isolamento do animal, inquietação, repetidas transições entre deitado e em pé, levantamento de cauda e por fim declínio da ruminação e alimentação.

Outros métodos monitores citados no artigo são sondas de temperatura, videomonitoramento e sensores de ruminação em cabresto. Eventos de parto foram previstos com sucesso utilizando estes métodos. No entanto, o primeiro método necessita de um conjunto de habilidades relacionadas ao posicionamento correto da sonda e quanto ao segundo demanda uma mão de obra adicional para realizar este monitoramento nos animais.

Este estudo também utilizou o equipamento Hi-Tag utilizado por Schirmann em dois outros trabalhos citados no presente artigo. Este trabalho procura se diferenciar dos demais, aplicando o monitoramento em animais em pasto ao ar livre.

No pré-parto, a atividade se manteve dentro do comum e obteve um aumento no tempo de atividade pós-parto. Entre os dias -14 e 0 o nível de atividade se manteve no intervalo de 20 a 25 min / h. No dia 2, houve um pico de 30 min / hora e uma subsequente estabilização. Foi observado uma diminuição do tempo de ruminação pré-parto que se normalizou em um período de cinco dias no pós-parto. Nos dias -2 e -1 houve um declínio geral de 33

O artigo por fim afirma que ao monitorar o perfil de ruminação dos animais foi possível encontrar declínios distintos pré-parto usados para prever com sucesso o dia do parto para vacas ao ar livre.

O próximo capítulo apresenta a fundamentação teórica

Tabela 1 – Comparativo entre os trabalhos relacionados e este quanto as suas contribuições.

	(SAINT-DIZIER; CHASTANT-MAILLARD, 2015)	(BORCHERS et al., 2017)	(CHAPINAL et al., 2007)	(CLARK et al., 2015)	Este trabalho
Objetivo	Predizer o parto	Predizer o parto	Validar dispositivo HI-Tag	Predizer o parto	Predizer o parto
Coleta de dados	Observação humana	Dispositivos HI-Tag e IceQube	Dispositivo HI-Tag e observação humana	Dispositivo HI-Tag	Geração de dados de teste
Processamento	Trabalho humano	Aprendizado de máquina	coeficiente de correlação (Pearson)	Sistema do dispositivo HI-Tag	Classificação dos dados
Resultado	Queda da ruminação entre 4 a 6 horas antes do parto	Queda da ruminação por volta de 8 horas antes do parto	Elevada correlação	Declínios de ruminação pré-parto	Alerta sobre possível parto com base na classificação dos dados

Fonte: O autor

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse capítulo apresenta os principais conceitos utilizados nesse trabalho.

3.1 O que é um protótipo

Segundo (ENDEAVOR, 2015), o protótipo pode-se enquadrar como um arquétipo de um produto feito com o fim de testar a ideia do produto. É uma forma de tirar a ideia de um projeto do papel com baixo custo. Isso deixa mais simples o processo de identificar pontos de melhoria e modificar a projeto de acordo com a demanda. Segundo (ROVEDA, 2021), as principais etapas da realização de um protótipo então conceitualização, desenvolvimento e validação com lançamento. A conceitualização define a ideia do que será o protótipo. Aqui se escolhe quais aspectos do produto serão modelados afim de se submeterem a teste. Desenvolvimento inclui a construção do protótipo seguindo as especificações da conceitualização. Para produtos físicos, a montagem do modelo e para softwares o desenvolvimento da versão beta se enquadram como exemplos. Em seguida, o protótipo deve ser validado e antes de ser apresentado ao cliente ou consumidor deve ser aprovado pela própria equipe. Com as considerações do cliente, ele é modificado até o momento em que possa ser lançado.

3.2 A startup Techno Vaca

O projeto conta com um aplicativo que exibe as informações em tempo real e dá alertas ao produtor sobre alterações suspeitas em cada animal ao produtor, uma coleira com sensores que detectam os sinais vitais, e um módulo que faz uma ponte entre estes dois analisando os dados coletados e gerando relatórios com base neles. O foco deste trabalho é apenas no módulo de análise de dados.

O projeto Techno Vaca participou de três projetos voltados para o desenvolvimentos de empresas startups, que são empresas jovens com um modelo de negócios repetível e escalável. Os projetos são: corredores digitais, bolsa PIBI da UFC e jornada hard. Em cada um destes projetos, a equipe focou em desenvolver a aprimorar aspectos diferentes do produto. No primeiro, foram fomentados as bases de um empreendimento: identificação do cliente, seu problema e ideação da solução. A bolsa PIBI consistiu em uma sequência de palestras e mentorias que visavam alinhamentos da equipe em relação a progressão do projeto. A jornada hard focou-se em especificar componentes eletrônicos das quais a solução seria composta. Durante o projeto,

alguns sensores foram levantados como possíveis componentes do produto final.

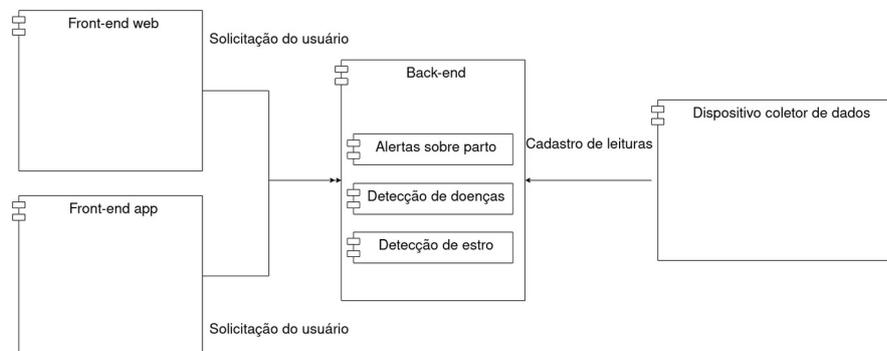
Os corredores digitais, por ter um objetivo generalista de fomentar startups de qualquer tipo a sequência de atividades propostas visou definir e esclarecer estruturas de negócio que pudessem se aplicar em qualquer empresa. Realizar pesquisas sobre o mercado em que o projeto irá atuar para que possa conhecer os clientes, suas dores e assim definir melhor como a proposta de solução ou seja o produto da empresa deve ser. Focar então em seguida na jornada do produto definindo o seu ciclo de consumo e uso e o modo como o produto se apresentará e entrará na rotina do cliente. Em termos mais detalhados, a equipe desenvolveu um MVP com os recursos disponíveis no momento, se caracterizando pela definição das telas do aplicativo. Por fim, atividades de marketing também foram trabalhadas a fim de desenvolver habilidades de divulgação do projeto.

Na bolsa PIBI, a princípio a equipe buscava monitorar diversos sinais vitais do animal para, com base em sua análise determinar o estado de saúde geral do animal e gerar alertas caso o quadro do animal se altere para um caso conhecido como preocupante. A visão da equipe neste momento era bastante generalista e os detalhes de possíveis cenários ainda eram nebulosos. Os possíveis alertas que o sistema entregaria estariam ligados principalmente a vacinação e alimentação dos animais, informando boas práticas de manejo que poderiam ser aplicadas aos animais. O projeto visava diminuir a mortalidade dos animais. Neste momento, o módulo de cadastro de dados de uma fazenda: rebanhos, animais e vacinas estava em desenvolvimento. Devido a algumas entrevistas realizadas no projeto a equipe elencou mais alguns pontos de monitoramento como status de nutrição do animal e doenças. Neste momento, possíveis doenças ainda não eram especificadas.

Durante a jornada hard, o foco da empresa foi direcionado a levantar informações e definir o funcionamento da parte física do projeto o que influencia diretamente nos dados que o sistema deve tratar, como ele funcionará e principalmente quais tipos de quadros de saúde são possíveis de identificar a partir do comportamento do animal. Em um primeiro momento, a empresa realizou um benchmark, uma comparação entre empresas, com outra startup de um segmento próximo a Sitiá. Foram compartilhadas informações quanto ao uso de sensores e placas usadas. Em seguida, foi realizado um levantamento de riscos quanto aos tipos de cenários reconhecíveis pelo dispositivo para elencar quais os mais prováveis de serem reconhecidos com os sensores selecionados no momento. Após isso, a equipe levantou requisitos não funcionais baseados nos cenários anteriores. Dentre os requisitos se destacam: desempenho da transmissão

de dados em tempo real pelo funcionamento do projeto e segurança tanto em termos de *safety* quanto a segurança tanto do dispositivo e animal, quanto a security em relação aos dados do sistema. Ao final, um último levantamento foi realizado relacionando os sensores com os sinais detectados por eles e os dados que poderiam ser extraídos desta relação e usados no projeto. Dentre os dados se encontram movimentação, geolocalização e posicionamento do animal, dos quais os primeiros são usados neste módulo do projeto. Os demais dados deste módulo que se baseiam em detectar os momentos em que o animal realiza a mastigação, para captar este dado é possível utilizar microfones como é feito em um dos trabalhos relacionados, obtendo assim quantos decibéis a mandíbula do animal está emitindo.

Figura 1 – Como este módulo se localiza no projeto Techno Vaca



Fonte: O autor

Como pode-se ser visto na figura 1, o protótipo apresentado neste trabalho é um dos módulos dentro do back-end do sistema completo. O seu propósito é receber dados de um dispositivo físico e entregar informações relevantes aos usuários com base nestes dados. Tendo assim a sua entrada vinda das leituras do dispositivo e sua saída direcionada aos usuários.

3.3 API REST

O módulo segue a arquitetura REST (LIMA, 2020). Aqui apresenta-se apenas o back-end ou componente servidor. Este disponibiliza seus recursos via protocolo http. Os recursos são representados pela estrutura Json. Essa comunicação atende o desempenho do sistema. Usando a troca de mensagens mais leves entre cliente e servidor. Desse modo não é necessário recarregar todo o front-end a cada solicitação nova do usuário. Além de possibilitar a interoperabilidade do sistema. Permite que o servidor back-end se comunique com diferentes clientes. Então abrindo assim um leque maior de possibilidades para o usuário consultar o sistema. Além de prover um ponto de acesso único para um cliente visualizar os dados de

diversos dispositivos.

3.4 Relação entre ruminção bovina e o parto.

Para um produtor de leite o parto é um evento altamente relevante por proporcionar tanto novos animais para o rebanho quanto a segurança quanto a produção de leite nos próximos meses. (BERGAMASCHI *et al.*, 2010) Por isso os produtores se valem de diferentes técnicas de manejo (SAINT-DIZIER; CHASTANT-MAILLARD, 2015) e observação afim de se preparar para a aproximação do parto. Alguns comportamentos observados podem ser isolamento do animal, maior agitação, sinais de irritação e mudança na atividade alimentar como queda na ruminção.

Segundo Haan (2020), a atividade de ruminção ocorre em diversas sessões ao longo do dia, cada uma podendo durar de 30 a 70 segundos que, se somadas, normalmente chegam a um tempo médio diário de 7 a 8 horas em um dia. Este comportamento tende a seguir um padrão diário com uma certa concentração de tempo no período noturno após a alimentação. Há também uma maior chance desta atividade ocorrer enquanto os animais estão deitados. No mesmo texto ele também cita sensores usados comercialmente para o monitoramento de ruminção os quais são: Acelerômetro para medir mudanças de posição e movimentação, juntamente com aparelhos acústicos registrando a mastigação. Como estes são alvos de observação semelhantes aos encontrados nos trabalhos relacionados resolveu-se utilizá-los para o desenvolvimento deste protótipo.

O próximo capítulo apresenta a metodologia.

4 METODOLOGIA

Esse capítulo apresenta a metodologia utilizada nesse trabalho.

4.1 Requisitos

Para iniciar o processo de desenvolvimento o protótipo foi conceituado e foram elicitados os seus aspectos relevantes para serem alvos de experimentação. Estes aspectos então são modelados e quebrados em outros menores e mais específicos afim de que cada um possa corresponder a um requisito de sistema.

4.2 Projeto

Os dados seleccionados para serem tratados são altura, movimentação e mastigação. Detalhes sobre seus valores e utilizações no projeto são apresentados no capítulo de desenvolvimento. O conjunto destes dados compõem leituras que são processadas pelo protótipo. Porém como o dispositivo coletor destas leituras não está finalizado utilizou-se então um gerador de dados de teste para substituí-lo. Neste momento também foram feitos os diagramas de classe do sistema que apresentam tanto as classes modelo como as classes do padrão MVC. Decidiu-se utilizar este padrão por ser muito conhecido e aplicado no mercado. Escolheu-se utilizar a linguagem Java para construir uma API Rest para aproveitar os benefícios deste modelo já citados no capítulo de fundamentação teórica. As camadas deste protótipo baseado na arquitetura MVC são: Controller, Service e Repository. Com o Controller responsável por gerenciar o fluxo das requisições da API, O service por conter as regras de negócio de classificação de leituras e geração de relatórios e o Repository para substituir o banco de dados e realizar a geração dos dados.

4.3 Desenvolvimento do módulo

Após a definição dos parâmetros iniciou-se o desenvolvimento do protótipo em si. Gerando primeiramente as leituras organizadas apenas em listas pois no momento considerava-se que cada uma possuiria um timestamp para ser localizada no tempo. No entanto o timestamp acabou sendo removido e as leituras foram organizadas dentro de blocos temporais, os dias e períodos. Com a definição das leituras deu-se início então o desenvolvimento de seu processa-

mento. Inicialmente sendo processadas individualmente. Mas esta estratégia foi trocada pelo processamento e classificação em grupo que se mantém atualmente.

4.4 Testes

Como os demais módulos da aplicação não estão prontos e esse trabalho depende especialmente dos dados coletados pelo dispositivo, foi necessário desenvolver um gerador de dados para simular a saída do dispositivo. Esses dados gerados, foram utilizados tanto no desenvolvimento, mas especialmente no teste do módulo de alerta desenvolvido nesse trabalho. Foram desenvolvidos os testes unitários para o módulo de alerta e foram realizados testes de integração com o uso dos dados gerados pelo simulador de dados do dispositivo.

O próximo capítulo apresenta o desenvolvimento do módulo de alerta.

5 DESENVOLVIMENTO

Esse capítulo apresenta as decisões de desenvolvimento realizadas nesse trabalho.

5.1 Requisitos

Os requisitos elicitados para a construção do protótipo são:

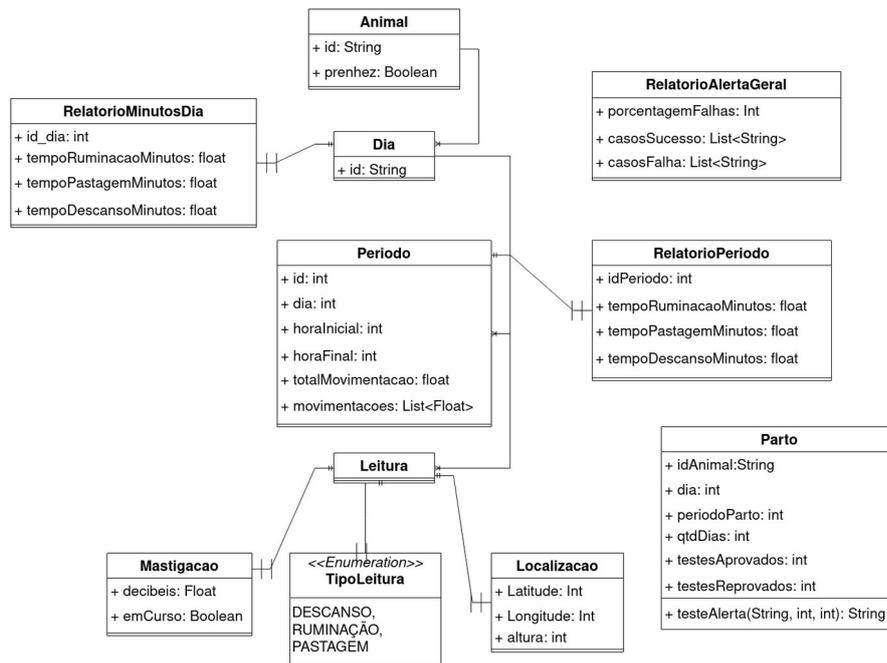
1. Gerar leituras com dados de teste
2. Classificar as leituras em três tipos de atividades diferentes (Pastagem, Ruminação, Descanso)
3. Gerar relatório de atividades de um período
4. Gerar relatório de atividades de um dia
5. Gerar alerta para um animal
6. Gerar um relatório de alertas de todos os animais

5.2 Projeto

O projeto apresentado neste trabalho é um protótipo de um dos módulos do sistema geral da Techno Vaca. O protótipo se utiliza de dados gerados de teste para substituir os dados coletados pelo dispositivo físico ainda não concluído. Ele possui dois focos. O primeiro é examinar e classificar estes dados. O segundo é usar essa classificação para gerar alertas de possíveis partos.

O diagrama de classes visto na figura 2 descreve as classes modelo, que representam os dados do sistema. A classe animal identifica as principais entidades do sistema e as qualifica como prenhe ou não de modo a filtrar estes animais na geração de alerta, visto que não é lógico que um animal que não esteja prenhe esteja propenso a um parto. Um animal relaciona-se em um para muitos com a classe Dia. Esta classe tem o objetivo de organizar os dados de um animal em um espaço de vinte e quatro horas. Esta classe então possui relacionamento um relatório sobre este espaço de tempo e com vários períodos. A classe RelatorioMinutosDia armazena a contagem de minutos de cada atividade em um dia. A classe período armazena os horários iniciais e finais, a lista de movimentações que ocorreram neste tempo e o seu somatório, além de se relacionar com um RelatorioPeriodo e muitas Leituras. A classe RelatorioPeriodo armazena a contagem de minutos de cada atividade em um período. A classe leitura relaciona-se em um para um com duas outras classes, Mastigacao e Localizacao, e com um enumeration TipoLeitura que

Figura 2 – Diagrama de classes de modelo



Fonte: O autor

contém DESCANSO, RUMINACAO E PASTAGEM. A classe Mastigacao armazena os decibéis captados na leitura e de acordo com os decibéis se o animal está mastigando ou não. Localizacao armazena latitude, longitude e altura do animal, para calcular como o animal se movimenta e em qual posição ele está seja deitado ou em pé. A classe parto não possui relacionamentos e é utilizada para validar se o sistema processou corretamente os dados indicando o período esperado do parto. Esta classe armazena então o dia e período esperados do parto de acordo com o animal identificado pelo seu id. O método desta classe, testeAlerta valida o resultado obtido em comparação com o esperado. A classe RelatorioAlertaGeral é usada quando se realizam testes em mais de um animal gerado, de modo que caso um teste de um animal reprove ele entra em casosFalha, caso contrário é armazenado em casosSucesso, estas duas contagens são computadas no atributo porcentagemFalhas.

A leitura é descrita a seguir de acordo com as respectivas variáveis.

Localização é usada principalmente para aproximar o dado de movimentação dos animais. As várias localizações postas em ordem cronológica em um determinado período de tempo dá uma aproximação de movimentações em algum período específico, de um conjunto de períodos ou do período total de dados coletados. Como um dos comportamentos observados em animais pré-parto é a busca pelo isolamento do grupo, esse tipo de comportamento pode ser identificado com a comparação das localizações dos diferentes animais. Como esta fase do

projeto foca em analisar o comportamento individual dos animais, foi dada uma maior ênfase na contagem quantitativa das movimentações.

Movimentações são usadas para determinar a quantidade de atividade do animal ao longo do tempo. Visto que em (SAINT-DIZIER; CHASTANT-MAILLARD, 2015) cita a relevância da movimentação do animal para a atividade de ruminção. Quando a distância entre os pontos de duas leituras consecutivas for menor que 1 metro considera-se então que o animal está parado. Caso haja uma distância acima de 1 metro, significa dizer que animal movimentou-se.

A altura é usada principalmente para determinar se o animal está em estado de descanso ou em atividade, se movendo por alguma localidade é particularmente útil neste ponto quando aliado ao dado de movimentações. Simplesmente, se um animal está com uma altura baixa e com baixa movimentação há uma chance maior que este animal esteja em descanso, ou ruminção se a sua mandíbula estiver emitindo algum som. Para este estudo a altura máxima para se considerar um animal deitado é 50 cm. Pois este valor se aproxima de largura média de um animal (FRENEAU *et al.*, 2008) que se verticaliza quando este está deitado.

Sons de mandíbula são usados principalmente para determinar se há alguma atividade de mastigação do animal, e assim perceber os seus hábitos de alimentação (DEVIGO, 2017). O uso de valores numéricos para sons de mandíbula não pode ser usado no momento, pois é necessário um maior aprofundamento técnico. Além disso, o processamento dos volume e significado dos sons é do escopo do dispositivo que gera como saída o resultado um valor verdadeiro ou falso para o som do animal. Assim, esse trabalho considera apenas o resultado final booleano dessa informação indicar o ato de mastigação (true caso haja mastigação, false caso contrário).

Aliando este dado dos sons da mandíbula com o dados da movimentação. É possível verificar se o animal está pastando quando há uma alta taxa de movimentações e o animal estiver produzindo som. Quando o animal estiver produzindo som, mas estiver parado, o animal será considerado como em ruminção.

Estas leituras são agrupadas em conjuntos de 2h ou 40 leituras por conjunto. Assim, o comportamento do animal pode ser analisado em algum momento específico e localizar de maneira temporal os momentos relevantes do comportamento. Para este estudo, os dados de teste quanto a frequência de captação de leituras foi reduzida de modo a gerar animais inicialmente com uma nuance de dados menor e uma fidelidade menor em troca de fundamentar os conceitos

em algoritmo que serão aprofundados em próximas versões do módulo. Os períodos anteriores de 2hs são agrupados também em períodos de dias para que os dados também possam ser trabalhados em períodos maiores.

Um animal pode estar sendo gerado em um dia padrão ou um dia com tendência. Em um dia padrão, de acordo com análises de estudos análogos ao objetivo deste, a média de minutos que um bovino ruma a cada duas horas é de 40 minutos. Neste mesmo período, outras duas atividades principais do animal que são descanso e pastagem ocorrem em uma faixa de tempo semelhante. Ao longo do dia, estas atividades tendem a se agrupar mais tendo horários do dia em que cada comportamento predomina, embora ainda possa haver presença dos outros comportamentos. Em um dia com tendência, a contagem de minutos de ruminação a cada período visa determinar tendências de elevações ou quedas tanto no comportamento objetivado pelo trabalho como outros comportamentos complementares a este sendo descanso e pastagem. Ao se encontrar uma tendência de queda no tempo de ruminação em períodos seguidos, ou próximos, configura uma possibilidade de parto em algum momento próximo a tendência identificada.

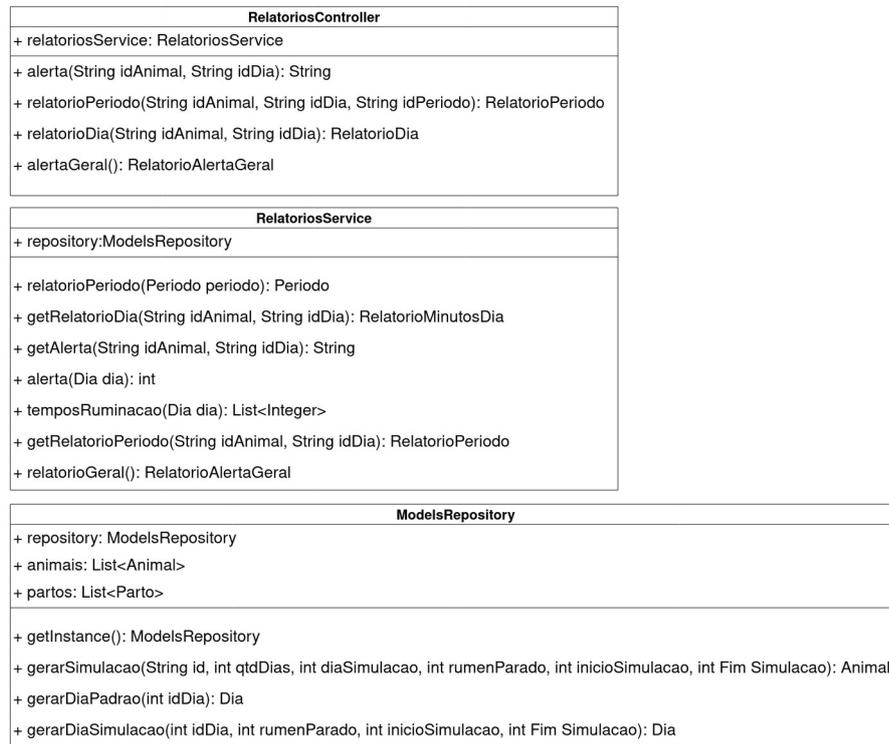
5.3 Desenvolvimento do módulo

De acordo com a figura 3, a classe `RelatoriosController` tem a função de receber as chamadas http da API e direcionar o fluxo de execução para os métodos correspondentes da classe `RelatoriosService`.

A classe `ModelsRepository` contém a função de armazenar os dados com o padrão singleton além de substituir os dados do dispositivo pelos dados necessários gerados para teste. Assim que o sistema é executado e o singleton instanciado ele inicia o processo de criação dos dados gerados. Assim no método `getInstance` a classe determina sobre o dado de leitura do animal seu id e valores necessários para a sua geração que são o dia do parto, seu início, fim e o `rumemParado` que é o momento esperado do parto. Em sua função `gerarDiaPadrao`, ele recebe apenas o id correspondente pois as quantidades de leituras nesta situação já são conhecidas. Na função `gerarDiaSimulacao`, além do id os demais dados são repassados para o módulo gerar um dia com uma queda e uma recuperação do padrão de ruminações.

A classe `RelatoriosService` então é responsável por conter as regras de negócio do protótipo quanto ao processamento dos dados da `ModelsRepository`. Seus métodos estão descritos na figura 3. Ele possui duas entradas de dados, uma quanto ao cliente usuário e a

Figura 3 – Diagrama de classes MVC



Fonte: O autor

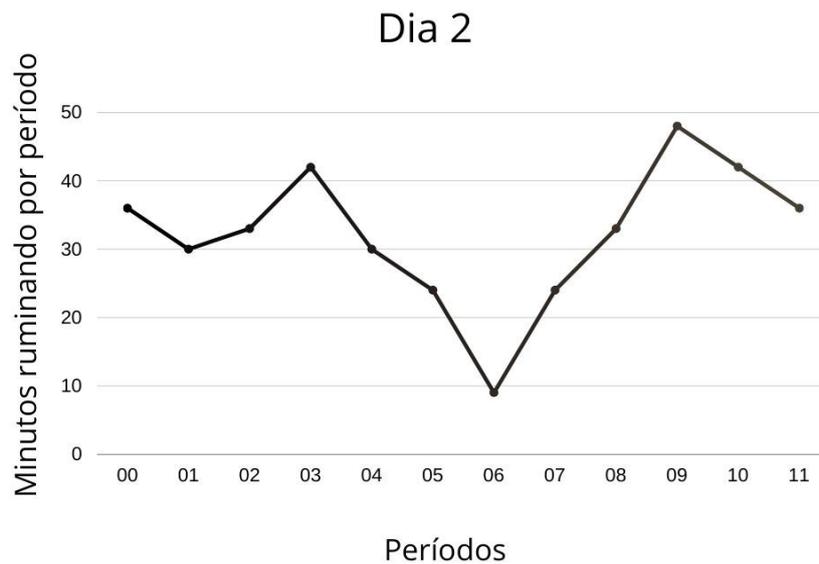
segunda quanto ao cliente dispositivo. Durante o processo de desenvolvimento e teste o cliente usuário pode ser substituído pelo programador. No entanto, enquanto cliente dispositivo, que seria seu fornecedor de dados, estiver incompleto é necessário um substituto diferente para este. Usa-se então os dados gerados pela classe ModelsRepository como segunda entrada. Com estes dados passa-se então ao processamento. De acordo com a tabela verdade apresentada na figura 4, o RelatoriosService utiliza uma combinação de condicionais para classificar cada leitura. Essa combinação de testes é possível ao se percorrer as listas de leituras armazenadas nos períodos de um animal com o método relatorioPeriodo. Realizando o teste de cada leitura e as classificando de acordo com a tabela verdade o próximo passo é a contagem de minutos em ruminação com o método temposRuminação. Em seguida, o RelatoriosService percorrerá a lista minutos de ruminação, com o método alerta, testando em grupos de três se há uma observação de queda nesta atividade e se a menor minutagem encontra-se abaixo da faixa dos vinte minutos. Um exemplo de caso que é disparado um alerta pode ser visualizado na figura 5. Aqui o eixo y representa a quantidade de minutos de ruminação. O eixo x representa os períodos de um dia, considerando um período tendo duas horas. Pode-se notar que a partir do período três o tempo de ruminação sofre uma queda continua pelos próximos três períodos. Tendo em seu ponto mais baixo uma quantidade inferior a vinte minutos. Estas características determinam um alerta.

Figura 4 – Tabela verdade de classificação de leituras

Altura	Movimentação	Mastigação	Classificação
> 50 cm	> 1 m	true	Pastagem
> 50 cm	> 1 m	false	Pastagem
> 50 cm	= 1 m	true	Ruminação
> 50 cm	= 1 m	false	Descanso
< 50 cm	> 1 m	true	Inálido
< 50 cm	> 1 m	false	Inálido
< 50 cm	= 1 m	true	Ruminação
< 50 cm	= 1 m	false	Descanso

Fonte: O autor

Figura 5 – Exemplo de caso de alerta



Fonte: O autor

O próximo capítulo apresenta os resultados e os testes realizados.

6 TESTES E RESULTADOS

Quando o gerador de dados de teste é iniciado seus dados principais como Id, dia de parto e período de parto são armazenados em uma lista de partos para que futuramente se possa testar a quantidade de alertas disparados corretamente. A função de teste de alertas percorre a lista de animais e suas respectivas listas de dias chamando o algoritmo de classificação para cada um deles e em seguida realizando as devidas comparações baseadas em Id dos animais e os marcos temporais, verificando se os alertas condizem com os dados esperados. Cada objeto da classe Parto então contabiliza com base nestas comparações a quantidade de testes aprovados e reprovados. Um teste aprovado pode ocorrer dia e período de uma previsão são iguais ao esperado ou quando o dia é diferente do esperado e o sistema determina que não há alertas para este dia. Um teste pode ser reprovado se o sistema determina um alerta para um dia e período não esperados ou quando apenas um dos dois não é esperado.

Como o sistema considera a geração de uma leitura a cada 3 minutos, representando um total de 480 leituras por dia, o objeto gerado seria demasiado extenso para ser inserido no texto. Ele pode ser encontrado neste *link*: <https://github.com/JorderGomes/modelos-prototipo-alertas/blob/main/dados%20em%20json/animal-17-dez.json> O objeto está em estrutura Json porque esta é uma das estruturas de dados usada pela linguagem Java para comunicação com outros sistemas.

Durante o teste de execução do sistema na data e horário em questão, estes três relatórios na figura 6 foram solicitados ao projeto. Aqui pode-se identificar a contagem geral diária em minutos que o animal gerado dispensou para cada atividade nos três dias apresentados.

A contagem diária necessita que o dia já tenha terminado, não permitindo então uma observação mais detalhada e específica dos comportamentos objetivados.

Assim nota-se a necessidade de uma observação em períodos mais curtos do que dias inteiros. Então observando os períodos de duas horas em cada dia, como mostrados pelos gráficos da figura 7. Estes gráficos foram obtidos coletando os minutos de ruminção apresentados pelo módulo e inserindo-os em modelo de gráfico de linha da ferramenta *canva link*: <https://www.canva.com>. Os gráficos mostram que, o dia identificado como dia 2 tem uma distribuição de dados muito diferente dos demais.

Por fim, ao se solicitar ao projeto a consulta de alerta para cada dia, como visto na figura 8 o mesmo chega a confirmar a possibilidade de parto no dia 2. Mostrando também o intervalo de tempo de ocorrência. As respostas para os demais dias mostram negações de uma

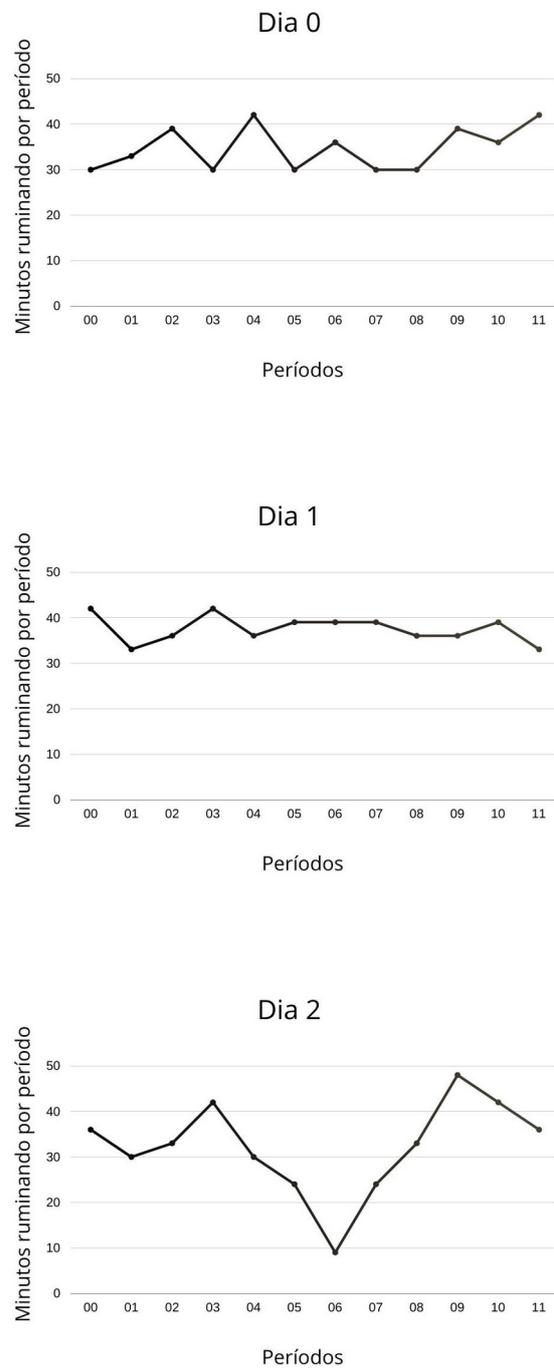
Figura 6 – Minutos de atividades nos dias

The figure displays three screenshots of a REST client interface, each showing a successful GET request to a local URL. The responses are JSON objects containing activity minutes for three categories: ruminating, grazing, and resting. The data is as follows:

Day (id_dia)	tempoRuminacaoMinutos	tempoPastagemMinutos	tempoDescansoMinutos
0	417.0	621.0	402.0
1	450.0	570.0	420.0
2	387.0	627.0	426.0

Fonte: O autor

Figura 7 – Minutos de ruminação nos dias



Fonte: O autor

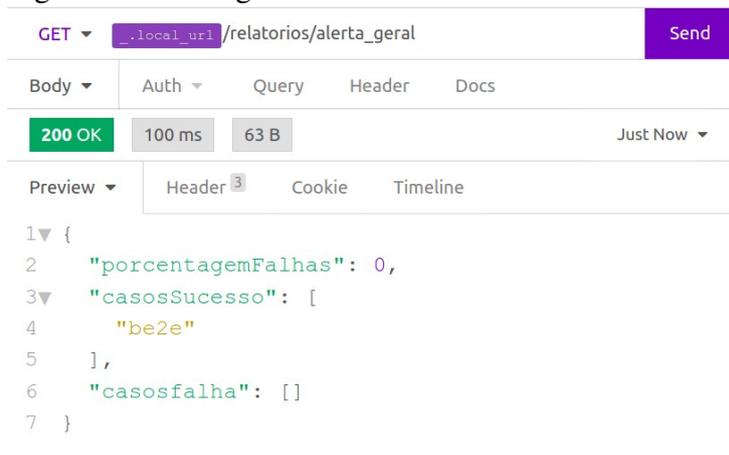
Figura 8 – Alertas de parto nos dias

The figure displays three sequential screenshots of a REST client interface, each showing a GET request to a specific endpoint and its corresponding response. The endpoints are: `./local_url/relatorios/./id_animal/dias/0/alerta`, `./local_url/relatorios/./id_animal/dias/1/alerta`, and `./local_url/relatorios/./id_animal/dias/2/alerta`. Each screenshot shows a `200 OK` status, a response time, and a response size. The response bodies are: `1 este animal não possui alertas` for days 0 and 1, and `1 alerta de possível parto entre 12h e 14h` for day 2.

Day	Endpoint	Status	Response Time	Response Size	Response Body
0	<code>./local_url/relatorios/./id_animal/dias/0/alerta</code>	200 OK	10.6 ms	31 B	<code>1 este animal não possui alertas</code>
1	<code>./local_url/relatorios/./id_animal/dias/1/alerta</code>	200 OK	5.67 ms	31 B	<code>1 este animal não possui alertas</code>
2	<code>./local_url/relatorios/./id_animal/dias/2/alerta</code>	200 OK	6.53 ms	41 B	<code>1 alerta de possível parto entre 12h e 14h</code>

Fonte: O autor

Figura 9 – Alerta geral



Fonte: O autor

possível ocorrência. Ao se consultar o endpoint `/relatorios/alerta_geral`, o mesmo confirma que o período de parto gerado e o período determinado pela análise tiveram uma comparação bem sucedida, como pode-se ser visto na figura 9.

O próximo capítulo apresenta as conclusões e trabalho futuros.

7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Como este é um módulo protótipo considera-se uma leitura a cada três minutos a fim de dar ênfase aos conceitos explorados no projeto. Aceita-se o risco então de haver uma taxa de falsos positivos devido a quantidade de leituras geradas. Esse ponto pode ser tratado com o teste do sistema em campo, aumentando a quantidade de leituras e também a precisão do módulo.

Este estudo objetivou e construiu um protótipo de classificação que, mediante configuração de parâmetros, pôde se adequar a dados gerados de animais na qualidade de stubs. Trabalhos futuros incluem, a validação do protótipo construído pelos demais membros da equipe e apresentação a clientes em potencial, o aprimoramento do protótipo mediante a revisão dos parâmetros de comportamento, distribuição de dados e testes realizados em campo, atualização e especificação dos parâmetros para se aproximarem mais do comportamento de um animal, estudo com dados de atividade de animais coletados pelo dispositivo ou por métodos substitutos. A startup então planeja realizar estes testes e aprimorar o módulo em questão.

Utilizando este protótipo como base o projeto Techno Vaca pode aprofundar estudos em comportamentos do gado leiteiro afim de refinar os parâmetros e dados a serem captados pelos sensores do dispositivo físico. Assim então testando em campo a sua utilização para monitoramento. Com esta validação e introdução do sistema no mercado brasileiro, alguns benefícios ao produtor rural podem ser listados. Como melhor preparação para o auxílio ao animal no período de parto evitando assim complicações no processo que podem resultar em prejuízos ao animal com decorrente perda de produção e mortalidade do bezerro ou da vaca impactando diretamente no rebanho. Evitando estes problemas os animais podem ter uma qualidade de vida melhor produzindo mais leite melhorando também a renda do produtor e a qualidade de vida de sua própria família.

REFERÊNCIAS

- BARRIER, A.; HASKELL, M.; BIRCH, S.; BAGNALL, A.; BELL, D.; DICKINSON, J.; MACRAE, A.; DWYER, C. The impact of dystocia on dairy calf health, welfare, performance and survival. **The Veterinary Journal**, Elsevier, v. 195, n. 1, p. 86–90, 2013.
- BERGAMASCHI, M. A. C. M.; MACHADO, R.; BARBOSA, R. T. Eficiência reprodutiva das vacas leiteiras. **Embrapa Pecuária Sudeste-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste,, 2010.
- BORCHERS, M.; CHANG, Y.; PROUDFOOT, K.; WADSWORTH, B.; STONE, A.; BEWLEY, J. Machine-learning-based calving prediction from activity, lying, and ruminating behaviors in dairy cattle. **Journal of dairy science**, Elsevier, v. 100, n. 7, p. 5664–5674, 2017.
- CHAPINAL, N.; VEIRA, D.; WEARY, D.; KEYSERLINGK, M. V. Validation of a system for monitoring individual feeding and drinking behavior and intake in group-housed cattle. **Journal of dairy science**, Elsevier, v. 90, n. 12, p. 5732–5736, 2007.
- CLARK, C.; LYONS, N.; MILLAPAN, L.; TALUKDER, S.; CRONIN, G.; KERRISK, K.; GARCIA, S. Ruminantion and activity levels as predictors of calving for dairy cows. [S.l], n. 9, p. 691–695, 2015.
- DEVIGO, R. S. Bovchewing-segmentação e classificação de eventos bioacústico do comportamento ingestivo de bovinos por meio de aprendizado de máquina. [S.l], 2017.
- EMBRAPA. **Anuário leite 2018**. [S.l]: [S. n.], 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/36560390/anuario-do-leite-2018-e-lancado-na-agroleite>. Acesso em: 06 dez. 2022.
- ENDEAVOR. **5 dúvidas básicas sobre fazer um protótipo para seu negócio**. [S.l]: [S. n.], 2015. Disponível em: <https://endeavor.org.br/estrategia-e-gestao/prototipo/>. Acesso em: 17 dez. 2022.
- FRENEAU, G. E.; SILVA, J. C. C. da; BORJAS, A. d. L. R.; AMORIM, C. de. Estudo de medidas corporais, peso vivo e condição corporal de fêmeas da raça nelore (*bos taurus indicus*) ao longo de 12 meses. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 1, p. 76–85, 2008.
- HAAN, M. M. **Understanding Ruminantion and Technologies to Monitor Ruminantion Behavior in Cattle**. [S.l]: [S. n.], 2020. Disponível em: <https://extension.psu.edu/understanding-ruminantion-and-technologies-to-monitor-ruminantion-behavior-in-cattle>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- LIMA, G. **REST::** Conceito e fundamentos. [S.l]: [S. n.], 2020. Disponível em: https://www.alura.com.br/artigos/rest-conceito-e-fundamentos?gclid=CjwKCAiA7vWcBhBUEiwAXielItiZh_Z_vEF1yDBJ279n3HRek6F6mus5uYh42GxoQXUZjyxQIuawkRhoCpJQQA_vD_BwE. Acesso em: 18 dez. 2022.
- RAJALA, P.; GRÖHN, Y. Effects of dystocia, retained placenta, and metritis on milk yield in dairy cows. **Journal of dairy Science**, Elsevier, v. 81, n. 12, p. 3172–3181, 1998.
- ROVEDA, U. **O que é um protótipo, quais os tipos, por que usar e como fazer?** [S.l]: [S. n.], 2021. Disponível em: <https://kenzie.com.br/blog/prototipo/>. Acesso em: 18 dez. 2022.

SAINT-DIZIER, M.; CHASTANT-MAILLARD, S. Methods and on-farm devices to predict calving time in cattle. **The Veterinary Journal**, Elsevier, v. 205, n. 3, p. 349–356, 2015.

THOMPSON, J.; POLLAK, E.; PELISSIER, C. Interrelationships of parturition problems, production of subsequent lactation, reproduction, and age at first calving. **Journal of Dairy Science**, Elsevier, v. 66, n. 5, p. 1119–1127, 1983.