

Modelagem e persistência de dados sensoriais para a pecuária de precisão

Sensor data for precision livestock: modeling and persistence

DOI: 10.34188/bjaerv6n1-035

Recebimento dos originais: 20/12/2022

Aceitação para publicação: 02/01/2023

Leandro Borges da Silva

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: leandroborges@outlook.com

Hana Karina Salles Rubinsztejn

Leandro Borges da Silva

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: hana.rubinsztejn@ufms.br

RESUMO

Para manter-se competitivo na cadeia de produção bovina, é importante inovar na produção e gestão do agronegócio. Desse modo, surgem alguns desafios, como o aumento da demanda relacionada ao bem-estar animal, a segurança alimentar, a rastreabilidade bovina, a sustentabilidade, entre outros. A pecuária de precisão pode contribuir para atingir esses objetivos. Diversos estudos para a pecuária de precisão são desenvolvidos em parceria entre a Embrapa Gado de Corte e a Faculdade de Computação (FACOM), da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS). Esses são projetos que possuem uma heterogeneidade de sensores e geram um grande volume de dados provenientes de diferentes fontes e padrões. Este trabalho tem como finalidade definir um modelo de dados semântico, bem como um modelo físico para persistência dos dados oriundos dos diversos sensores e sistemas utilizados na pecuária de precisão, visando à integração e ao compartilhamento padronizado dessas informações.

Palavras-chave: Modelagem de Dados, NoSQL, Pecuária de Precisão, Integração.

ABSTRACT

In order to remain competitive in cattle production chain, it is important to innovate in the production and management of agribusiness. Thus, there are some challenges such as increased demand related to animal welfare, food safety, bovine traceability, sustainability, among others. In this context, precision livestock can contribute to achieving these objectives. Several studies for precision livestock are developed between Embrapa Gado de Corte and Faculdade de Computação (FACOM) of the Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS). These projects have a heterogeneity of sensors, and generate a large volume of data from different sources and with different standards. This work aims to define a semantic data model, as well as a physical model for data persistence from the various sensors and system used in precision livestock, aiming the integration and sharing information.

Keywords: Data modeling, Precision Livestock, NoSQL, Integration.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o rebanho bovino vem crescendo a cada ano e, com esse desenvolvimento, alguns desafios surgem, como o aumento da demanda relacionada ao bem-estar animal, a segurança alimentar, a rastreabilidade dos animais, a sustentabilidade, entre outros. Portanto, mudanças são exigidas na produção e na gestão do agronegócio, fazendo com que os participantes da cadeia de criação bovina busquem inovar para se manterem competitivos e, principalmente, melhorar a qualidade de vida do gado e a produção em si.

Nesse contexto, a pecuária de precisão pode contribuir para esses objetivos. Cabe ressaltar que a pecuária de precisão pode ser definida como a gestão de bovinos a partir da Tecnologia da Informação e Comunicação, que garante boas práticas na produção de carne (CÁCERES et al., 2011). O desenvolvimento de ferramentas para o monitoramento dos animais durante sua vida, de forma automática, é uma de suas finalidades (BERCKMANS, 2006).

Há algumas oportunidades que tornam a pecuária de precisão viável. A obtenção de dados do rebanho, rastreando individualmente os animais, por exemplo, auxilia o produtor na tomada de decisões, diminuindo gastos desnecessários. Essas informações podem diminuir o tempo de manejo, que afeta diretamente em seu resultado econômico, o que assegura a redução de custos e até mesmo o ganho de produtividade.

Em uma parceria firmada entre a Embrapa Gado de Corte e a Faculdade de Computação (FACOM), há uma ampla pesquisa em pecuária de precisão. Dessa colaboração já foram desenvolvidos diversos trabalhos e muitos outros ainda estão em andamento. Alguns estudos relevantes se destacam: a predição de comportamento animal e técnicas de inteligência artificial, baseado em posições georreferenciadas; controle sanitário e manejo reprodutivo, registrando diariamente o peso dos animais, por meio de uma Balança de Passagem; integração lavoura-pecuária floresta (ILPF) para conforto-térmico animal, coletando informações ambientais, como, por exemplo, temperatura e umidade relativa do ar, e condições fisiológica dos bois, como temperatura corporal e batimentos cardíacos; e rastreamento bovino.

Além da heterogeneidade de sensores, protocolos e padrões utilizados nos projetos mencionados, também há a geração de um grande volume de dados provenientes de diferentes fontes e diversos padrões de informações. Cada um dos trabalhos desenvolve tecnologias que funcionam isoladamente, capturando e processando os dados dos sensores.

Este trabalho pretende definir um modelo semântico de informações, bem como um modelo físico para persistência de dados oriundos dos diversos sensores utilizados na pecuária de precisão. Também tem o propósito de gerenciar dados heterogêneos e grandes volumes de dados providos por sensores e de fornecer informações padronizadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Uma revisão sistemática foi realizada para identificar os trabalhos na área de pecuária de precisão, além dos estudos da Embrapa Gado de Corte para, dessa forma, levantar variáveis para um dicionário de dados da pecuária de precisão.

Dividido em três fases, o mapeamento sistemático foi baseado no processo descrito por Kitchenham (2004), que contempla o planejamento, a condução e, por último, a extração dos dados e análise dos resultados. O planejamento é a etapa em que são definidas as necessidades da pesquisa, assim como o protocolo do mapeamento sistemático. No estágio de condução é feita a identificação dos estudos primários, em que eles são avaliados de acordo com critérios de inclusão e exclusão estabelecidos. Na última fase é realizado o levantamento das informações após a seleção dos estudos primários, bem como as respostas das questões de pesquisa.

Planejamento

Após a pesquisa ser realizada e a base quantitativa ser considerada, foram estabelecidas a abrangência e as proximidades dos resultados no contexto mencionado anteriormente, e assim definida uma boa base qualitativa. Na fase do planejamento foram estipuladas as questões de pesquisa (QP), conforme apontado abaixo:

1. Quais trabalhos apresentam uma proposta para modelagem de dados no domínio da pecuária de precisão?
2. Quais fazem uso de metodologias e processos de modelagem de dados?
3. Quais possuem uma modelagem flexível e adaptável ao contexto?

A construção das *strings* de busca foi definida em três áreas: automação, modelagem de dados e pecuária. Em seguida, foram estabelecidas *strings* genéricas de buscas, as quais foram adaptadas de acordo com a base de busca pesquisada. A partir do cruzamento dos conceitos-chave mencionados acima, o resultado gerado é a *string* apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 – *String* padrão de busca em inglês do mapeamento sistemático.

(AUTOMATION or SENSOR) AND (DATAMODEL or DATA MODEL or DATA MODELING) AND (LIVESTOCK or AGRICULTURE or FARM or CATTLE)
--

Fonte: elaborado pelos autores.

A seleção de bases de pesquisa foi feita a partir das principais bases utilizadas em revisões sistemáticas nas mais diversas áreas da computação, sendo elas: ACM *Digital Library* (ACM), IEEE *Xplore Digital Library* (IEEE), *Web of Science* e *Science Direct/Elsevier* (DYBA; DINGSOYR;

HANSSSEN, 2007). A Scopus e a Scielo, que são outras duas bases com grande acervo e importância na área de computação, também foram adicionadas à pesquisa.

Para conseguir uma amostragem adequada e padronizada, é importante refinar o resultado da busca dos estudos primários. Com isso, foram criadas duas regras: Critérios de Inclusão (CI) e Critérios de Exclusão (CE). São dois os critérios de inclusão: estudos que apresentem coleta de dados por sensores na agropecuária (CI1) e estudos que apresentem modelo de dados coletados por sensores (CI2).

Já os critérios de exclusão abrangem: estudo publicado fora do período de 2007 a 2017 (CE1); estudo que não contemple, satisfatoriamente, os critérios de inclusão (CE2); estudo que não esteja em inglês ou em português (CE3); estudo incompleto, indisponível ou similar a outros já elencados (CE4); e estudo não publicado em anais de eventos, em revistas, como relatórios técnicos, capítulos de livros, teses ou dissertações (CE5). Desse modo, foram incluídos os estudos primários relevantes e excluídos os estudos primários irrelevantes no contexto do mapeamento.

Condução da busca

O processo de execução das buscas considerou as configurações de pesquisa em algumas bases de dados, aplicando a *string* de busca sobre título, palavras-chave e resumo. Com as *strings* definidas e utilizando a sintaxe para cada base de pesquisa, foi realizado o processo de busca. Dos estudos resultantes, 296 no total, todos foram avaliados por título, resumo, data de publicação e idioma. Dessa forma, foram excluídos 280 registros após aplicar os critérios de exclusão.

Dos 16 estudos resultantes após a aplicação dos critérios de exclusão, a maioria contempla todos os critérios de inclusão. Ou seja, descrevem soluções que apresentam coleta de dados por sensores, assim como um modelo de dados. Após esses resultados, foi satisfeita a necessidade de conteúdo para a Extração de dados e Análise de resultados.

3 EXTRAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

De acordo com os resultados obtidos após a extração dos dados dos estudos selecionados, foi executada a análise de cada um dos trabalhos. Ao total, foram considerados 16, conforme ilustra o Quadro 2. Apesar de nenhum estudo atender plenamente as questões de pesquisa, todos apresentam dados coletados pelos sensores ou modelos de dados, mesmo que implicitamente.

Quadro 2 – Trabalhos selecionados para extração de dados.

Título	Autoria
Sensor data modeling and validating for wireless soil sensor network.	Wang; Damevski; Chen (2015).
Development of Knowledge Sharing System for Agriculture Application.	Uchinuno et al. (2013).
REnvDB, a RESTful Database for Pervasive Environmental Wireless Sensor Networks.	Stefani et al. (2010).
An Extensible Software Platform for Cloud-Based Decision Support and Automation in Precision Agriculture.	Tan; Hou; Zhang (2016).
Application of Intelligence Information Fusion Technology in Agriculture Monitoring and Early-warning Research.	Jiayu et al. (2015).
FieldTouch: an innovative agriculture decision support service based on multi-scale sensor platform.	Kiyoshi et al. (2014).
Farming the Web of Things.	Taylor et al. (2013).
Temperature sensor network for prediction of possible start of brood rearing by indoor wintered honey bees.	Zacepins et al. (2011).
Microenvironment Information Acquisition and Processing in Farmland Water Potential Soft-sensing.	Han et al. (2010).
Global Positioning of Off-Road Vehicles by Sensor Fusion for Precision Agriculture.	Lin et al. (2008).
Networked Biological System by Wireless Sensors.	Mariño et al. (2008).
Web-based cattle behavior service for researchers based on the smartphone inertial central.	Debauche et al. (2017).
Comparison of methods to determine methane emissions from dairy cows in farm conditions.	Huhtanen et al. (2015).
Greenhouse environmental control system based on SW-SVR Yukimasa.	Kaneda et al. (2015).
A Data-Driven approach to soil moisture collection and prediction.	Hong; Kalbarczyk; Iyer (2016).
Intelligent Livestock Farm Management for Context Data Model Design.	Kim; Cho; Yoe (2012).

Fonte: elaborado pelos autores.

Também foram investigados trabalhos e pesquisas realizados pela parceria da Embrapa Gado de Corte com a FACOM. Ao todo, foram analisados seis estudos relevantes em diversas áreas, como a predição de comportamento animal, rastreamento bovino, integração lavoura-pecuária-floresta, entre outras, conforme descritos no Quadro 3.

Quadro 3 – Trabalhos selecionados para extração de dados.

Título	Autoria
Identificação do comportamento bovino por meio do monitoramento animal.	Jesus (2014).
Identificação do comportamento bovino a partir dos dados de movimentação e do posicionamento do animal.	Lomba (2015).
Termus uma plataforma para aferição remota de temperatura de bovinos da raça <i>brangus</i> .	Santos Neto (2010).
Análise comportamental de bovinos baseada em trajetórias semânticas aplicada à pecuária de precisão.	Oliveira (2013).
Microclima e conforto térmico em sistemas em integração no cerrado.	Ajala (2013).
Algoritmos para obtenção de frequência cardíaca e respiratória em bovinos.	Bressan (2016).

Fonte: elaborado pelos autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análise dos trabalhos, foram levantadas todas as variáveis e informações de cada um dos projetos, assim como seus valores, medidas e tipos dos dados. A partir dessas variáveis pré-

selecionadas, foi criado um quadro com um nome comum de cada uma das variáveis, tal como a unidade de medida mais utilizada nas pesquisas, quando disponíveis.

As variáveis são categorizadas em quatro tipos: comportamentais, microclima, fisiológicos e contextuais. Os dados gerados por sensores relacionados ao comportamento de cada animal, como sua trajetória em uma área de pastejo, são classificados como comportamentais. Informações como a temperatura do solo, radiação solar ou qualquer outro aspecto relacionado ao meio ambiente, são dados de microclima. Elementos fisiológicos são os dados de cada animal ao longo do tempo, como o peso e sua frequência cardíaca. Por último, os dados contextuais são os provenientes de sensores que aferem alguma alteração em insumos da propriedade, como a quantidade de suplemento em um cocho, total de água em um bebedouro, se uma porteira está aberta ou fechada, entre outros.

No Quadro 4 são descritas todas as variáveis já com a nomenclatura padronizada para o idioma Inglês.

Quadro 4 – Entidades do dicionário de dados.

Entidade	Tipo	Definição
Accelerometer	Comportamental	Aceleração própria de um sistema.
AirTemperature	Microclima	Temperatura do ambiente.
AnimalSpeed	Comportamental	Velocidade do animal.
AnimalWeight	Fisiológico	Peso do animal.
BlackGlobeTemperature	Microclima	Temperatura do globo negro.
BodyTemperature	Fisiológico	Temperatura corporal do animal.
CH4	Microclima	Gás metano expelido pelo animal.
CO2	Microclima	Dióxido de carbono do ambiente.
DewPointTemperature	Microclima	Temperatura do ponto de orvalho.
DryBulbTemperature	Microclima	Temperatura do bulbo molhado.
GateOpened	Contextual	Status aberto ou fechado de um portão.
GeographicCoordinate	Contextual	Coordenadas geográficas do GPS.
Gyroscope	Comportamental	Referência da direção.
HeartRate	Fisiológico	Batimento cardíaco do animal.
Magnetometer	Comportamental	Força, orientação e direção do campo magnético.
PH	Microclima	Nível de pH da água ou do solo.
Precipitation	Microclima	Quantidade pluviométrica.
RelativeHumidity	Microclima	Humidade relativa do ar.
RespiratoryFrequency	Fisiológico	Frequência respiratória do animal.
RetalTemperature	Fisiológico	Temperatura retal do animal.
SoilTemperature	Microclima	Temperatura do solo.
SoilMoisture	Microclima	Humidade do solo.
SoilWaterPotencial	Microclima	Potencial hídrico do solo.
SoilNitrogen	Microclima	Porcentagem de nitrogênio no solo.
SolarRadiation	Microclima	Nível de radiação solar.
WaterTemperature	Microclima	Temperatura da água.
WetBulbTemperature	Microclima	Temperatura do bulbo seco.
WindSpeed	Microclima	Velocidade do vento.

Fonte: elaborado pelos autores.

Estabelecidas e padronizadas as variáveis, cada uma delas simboliza agora uma entidade, com diferentes atributos entre elas. Os *metadados*, que contém as definições e representações dos dados, são comuns a todas entidades.

- **Entidade:** nome da entidade que foi definida após a revisão sistemática. Cada uma representa um dado coletado por sensores;
- **Atributo:** os atributos são as características de cada entidade. Uma chave primária, valor e unidades de medidas são os principais atributos das entidades;
- **Domínio:** um domínio é o tipo do valor que o atributo irá receber. O valor pode ser numérico, texto, *booleano* ou uma data;
- **Default:** valor padrão do atributo. Esse *metadado* é flexível e opcional;
- **Mínimo:** o valor mínimo do atributo, quando obrigatório. Caso esse *metadado* esteja em branco no dicionário de dados, não há valor mínimo permitido;
- **Máximo:** o valor máximo do atributo, quando obrigatório. Caso esse *metadado* esteja em branco no dicionário de dados, não há valor máximo permitido;
- **Descrição:** descreve o que é o atributo ou informações adicionais que possam ser utilizadas pelo usuário do dicionário de dados.

Nesse contexto, o dicionário de dados permite que se obtenham informações sobre todos os objetos e entidades do modelo de forma textual, e seu objetivo é ser claro e consistente. Na Tabela 1 é demonstrado um exemplo de uma entidade chamada “AnimalWeight”.

Tabela 1 – Exemplo de entidade para dicionário de dados.

Entidade: AnimalWeight					
Atributo	Domínio	Default	Mínimo	Máximo	Descrição
Value	Decimal (4,2)		0	1999	Peso do animal.
Unit	Varchar	Kg			Unidade de medida (Kg).
Resource	String				Id, nome ou <i>tag</i> do animal.
Date	Timestamp				Data e hora do registro.

Fonte: elaborada pelos autores.

Como é possível observar, essa entidade possui os atributos *value*, *unit*, *resource* e *date*. Nesse exemplo, o atributo *value* é do tipo *Decimal* de tamanho igual a 4, com duas casas decimais, que armazena o peso do animal. Apesar de não ser necessário ao armazenar um dado de um sensor, o atributo *unit*, presente no dicionário de dados, é apenas para referência da unidade de medida do dado a ser persistido. O atributo *resource* é descrito no dicionário do tipo *String*, que registra um “id”, nome ou *tag* como o identificador do animal. Já o atributo *date* do tipo *Timestamp* refere-se à

data de registro do sensor, no formato *Timestamp*. Por exemplo, “1530977720” corresponde a data de “07/07/2018 15:35:20”.

Alguns tipos de entidades, como imagem, som e vídeo, ainda não são contemplados. Caso haja a necessidade de armazenar algum tipo de dado que o modelo ou dicionário de dados não abrange, é necessário criar manualmente a entidade e registrá-la previamente. Criar entidades automaticamente é um dos trabalhos futuros.

Para a gestão e armazenamento de dados, a solução foi implementada utilizando banco de dados NoSQL, que são os bancos não relacionais. O objetivo do NoSQL é atender aos requisitos de gerenciamento no armazenamento e processamento de dados em larga escala, sejam eles semiestruturados ou não estruturados, que necessitam de alta disponibilidade e escalabilidade. Intuito esse que motivou a escolha desse tipo de banco de dados. Para o domínio da pecuária de precisão, baseado em estudos diversos e na necessidade de trabalhar com enormes quantidades de dados heterogêneos, o banco de dados NoSQL demonstrou ser a melhor solução para o projeto. Para fins de testes, foi utilizado o banco de dados MongoDB.

Os dados provenientes dos sensores são armazenados em uma estrutura individual. Cada *Schema* mapeia um tipo de dado no MongoDB, e determina a forma dos documentos. A estrutura do *Schema* é basicamente a mesma para todas as entidades, que possui os atributos *uid*, *value*, *date*, *resource*, *dataStorage* e *syncedAt*. Cada chave, representada por um atributo, define uma propriedade no documento e possui um *SchemaType* associado. Os *SchemaTypes* permitidos são *string*, *number*, *date*, *buffer*, *boolean*, *mixed*, *objectId*, *array*, *decimal128* e *Map*.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o aumento das exigências na produção e gestão do agronegócio, principalmente em relação aos participantes da cadeia de produção bovina, o uso de tecnologias computacionais e a inovação no setor é primordial para manter-se competitivo. A pecuária de precisão pode auxiliar na automatização de processos, aumento de produção e bem-estar animal, bem como a produção bovina como um todo.

Um mapeamento sistemático foi executado, a fim de identificar trabalhos e estudos relacionados à modelagem e armazenamento de dados no contexto da pecuária. A partir dessas pesquisas, foi feito um levantamento de sensores e tipos de dados utilizados no domínio da pecuária de precisão e áreas correlatas.

Foi definido um modelo semântico e padronizado de dados inerentes ao domínio da pecuária de precisão, bem como a implementação de um modelo físico para persistência de dados em banco

de dados não relacionais. Um dicionário de dados foi elaborado com o intuito de guiar futuras implementações e integração com o modelo.

O banco de dados NoSQL foi a solução para o armazenamento dos dados, em que eficiência e escalabilidade são requisitos que uma arquitetura de dados para a pecuária de precisão necessita. O MongoDB, que é um banco NoSQL orientado a documentos, foi a opção escolhida na implementação do projeto, principalmente por ter uma documentação ampla e uma comunidade de desenvolvedores bastante ativa.

REFERÊNCIAS

- AJALA, N. *et al.* Microclima e conforto térmico em sistemas em integração no cerrado. *In: Jornada Científica EMBRAPA Gado de Corte*, 9. 2013, Campo Grande, MS. [Anais...]. Campo Grande, MS: EMBRAPA Gado de Corte, 2013. Embrapa Gado de Corte – Resumo em anais de congresso (ALICE). [S. l.]. 2013.
- BERCKMANS, D. Automatic on-line monitoring of animals by precision livestock farming. *Livestock Production and Society*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, p. 287-295, 2006.
- BRESSAN, P. O. *Algoritmos para obtenção de frequência cardíaca e respiratória em bovinos*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-graduação da Faculdade de Computação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2016.
- CÁCERES, E. N. *et al.* Computational precision livestock–position paper. *In: II Workshop of the Brazilian Institute for Web Science Research*. [S. l.: s. n.], 2011, p. 9, 2011.
- DEBAUCHE, O. *et al.* Web-based cattle behavior service for researchers based on the smartphone inertial central. *Procedia Computer Science*, Elsevier, v. 110, p. 110-116, 2017.
- DYBA, T.; DINGSOYR, T.; HANSSSEN, G. K. Applying systematic reviews to diverse study types: An experience report. *In: IEEE. Empirical Software Engineering and Measurement*. ESEM 2007. First International Symposium on. [S. l.], 2007, p. 225-234, 2007.
- HAN, L. *et al.* Microenvironment information acquisition and processing in farmland water potential soft-sensing. *In: IEEE. Intelligent Control and Automation (WCICA)*, 8th World Congress on. [S. l.], 2010, p. 6943-6948, 2010.
- HONG, Z.; KALBARCZYK, Z.; IYER, R. K. A data-driven approach to soil moisture collection and prediction. *In: IEEE. Smart Computing (SMARTCOMP)*, IEEE International Conference on. [S. l.], 2016, p. 1-6, 2016.
- HUHTANEN, P. *et al.* Comparison of methods to determine methane emissions from dairy cows in farm conditions. *Journal of dairy science*, Elsevier, v. 98, n. 5, p. 3394-3409, 2015.
- JESUS, L. de. *Identificação do comportamento bovino por meio do monitoramento animal*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-graduação da Faculdade de Computação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2014.
- JIAYU, Z. *et al.* Application of intelligence information fusion technology in agriculture monitoring and early-warning research. *In: IEEE. Control, Automation and Robotics (ICCAR)*, International Conference on. [S. l.], 2015, p. 114-117, 2015.
- KANEDA, Y. *et al.* Greenhouse environmental control system based on sw-svr. *Procedia Computer Science*, Elsevier, v. 60, p. 860-869, 2015.
- KIM, H.; CHO, Y.; YO, H. Intelligent livestock farm management for context data model design. *Green and Smart Technology with Sensor Applications*, Springer, p. 291-296, 2012.
- KITCHENHAM, B. *Procedures for performing systematic reviews*. Keele, UK, Keele University, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.
- KIYOSHI, H. *et al.* Fieldtouch: an innovative agriculture decision support service based on multi-scale sensor platform. *In: IEEE. Global Conference (SRII)*, Annual SRII. [S.l.], 2014, p. 228-229, 2014.

LIN, H. *et al.* Global positioning of off-road vehicles by sensor fusion for precision agriculture. *In: IEEE. Intelligent Control and Automation*, 2008. WCICA. 7th World Congress on. [S. l.], 2008, p. 7005-7010, 2008.

LOMBA, L. F. D. *Identificação do comportamento bovino a partir dos dados de movimentação e do posicionamento do animal*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Computação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2015.

MARIÑO, P. *et al.* Networked biological system by wireless sensors. *In: IEEE. Control, Automation, Robotics and Vision*, 2008. ICARC, 10th International Conference on. [S. l.], 2008, p. 218-222, 2008.

OLIVEIRA, M. T. P. d. *Análise comportamental de bovinos baseada em trajetórias semânticas aplicada à pecuária de precisão*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-graduação da Faculdade de Computação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2013.

SANTOS NETO, Q. I. dos. *Termus uma plataforma para aferição remota de temperatura de bovinos da raça brangus*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-graduação da Faculdade de Computação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2010.

STEFANI, F. D. *et al.* Renvdb, a restful database for pervasive environmental wireless sensor networks. *In: IEEE. Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW)*, IEEE 30th International Conference on. [S. l.], 2010, p. 206-212, 2010.

TAN, L.; HOU, H.; ZHANG, Q. An extensible software platform for cloud-based decision support and automation in precision agriculture. *In: IEEE. Information Reuse and Integration (IRI)*, IEEE 17th International Conference on. [S. l.], 2016, p. 218-225, 2016.

TAYLOR, K. *et al.* Farming the web of things. *IEEE Intelligent Systems*, IEEE, v. 28, n. 6, p. 12-19, 2013.

UCHINUNO, T. *et al.* Development of knowledge sharing system for agriculture application. *In: IEEE. Advanced Applied Informatics (IIAIAAI)*, IIAI International Conference on. [S. l.], 2013, p. 108-111, 2013.

WANG, J.; DAMEVSKI, K.; CHEN, H. Sensor data modeling and validating for wireless soil sensor network. *Computers and Electronics in Agriculture*, Elsevier, v. 112, p. 75-82, 2015.

ZACEPINS, A. *et al.* Temperature sensor network for prediction of possible start of brood rearing by indoor wintered honey bees. *In: IEEE. Carpathian Control Conference (ICCC)*, 12th International. [S. l.], 2011, p. 465-468, 2011.