



## Sistema para Monitoramento da Movimentação Bovina e Aferição dos Comportamentos

*Luiz Fernando Delboni Lomba<sup>1</sup>, Leandro de Jesus<sup>1</sup>, Hana Karina Salles Rubinsztein<sup>2</sup>,  
Luciano Gonda<sup>2</sup>, Pedro Paulo Pires<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS)

<sup>2</sup>Faculdade de Computação (FACOM) - Univ. Fed. de Mato Grosso do Sul (UFMS)

<sup>3</sup>Embrapa Gado de Corte

{luiz.lomba, leandro.jesus}@ifms.edu.br, {hana, gonda}@facom.ufms.br  
pedropaulo.pires@embrapa.br

### RESUMO

A produção pecuária é uma das principais fontes econômicas do Brasil e a utilização de tecnologias na produção e na gestão dos negócios pecuários apresenta-se como uma poderosa ferramenta para estimular a competitividade e qualidade dos produtos. Este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema para automatizar a coleta de dados de bovinos, a fim de aferir automaticamente os seus principais comportamentos. Além de detalhes da solução proposta, são apresentados os resultados de uma experimentação realizada em campo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pecuária de Precisão, Comportamento Bovino, Reconhecimento de Padrões.

### ABSTRACT

Livestock production is one of the main economic sources in Brazil and the use of technologies in the production and management of livestock businesses presents as a powerful tool to stimulate competitiveness and product quality. This paper presents the development of a system to automate the collection of livestock data to to automatically classify main behaviors. In addition of the proposed solution, the results of an experiment carried out in the field are presented.

**KEYWORDS:** Precision Livestock Farming, Animal Behavior, Pattern Recognition.

## 1 Introdução

No Brasil, a pecuária representa cerca de 30% do valor gerado pelo agronegócio (BRASIL, 2014), movimentando cerca de 400 bilhões de reais por ano. A competitividade mundial exige o au-

mento da produção de carne de qualidade, de maneira eficaz e competitiva. Essa produção tem evoluído em função do uso de ferramentas de precisão, utilizadas para prever eventos, realizar diagnósticos e auxiliar na tomada de decisões (RUIZ-GARCIA; LUNADEI, 2011).

Para auxiliar o pecuarista no monitoramento do rebanho, a fim de avaliar o bem-estar animal e a produção, é utilizada a Pecuária de Precisão - definida como a gestão de bovinos a partir do uso da Tecnologia da Informação e Comunicação (CÁCERES et al., 2011). Um dos métodos comumente utilizado para obter informações sobre o comportamento dos animais, a fim de prover o manejo eficiente que tome proveito das características e potencialidades do grupo, subgrupo ou indivíduo em especial, é a utilização de colares equipados com sensores que capturam a movimentação do animal.

O *Electronic Collars to Track Cattle* é um exemplo de solução comercial que realiza o monitoramento de bovinos utilizando dados de posicionamento GPS, criado pela *Operational Management and Geodecisional Prototype to Track and Trace Agricultural Production*, para a rastreabilidade bovina (IICA, 2009). A solução apresentada pela empresa é constituída por um colar eletrônico, a estação base e um protocolo de comunicação. Entretanto, ela apresenta os problemas típicos das soluções comerciais: alto valor para aquisição dos colares (cada unidade custa alguns milhares de dólares) e o uso de protocolo de comunicação totalmente fechado (JESUS, 2014).

O grande desafio é desenvolver ferramentas de baixo custo, que possam ser incorporadas a outros sistemas, mas que principalmente apresentem uma acurácia aceitável. Baseado neste contexto, o principal objetivo deste trabalho é desenvolver uma solução para o monitoramento de bovinos, que obtenha dados sobre a movimentação dos animais utilizando colares, e faça a predição dos comportamentos utilizando algoritmos de aprendizado de máquina.

Para tal, este artigo está estruturado em mais três seções, além desta introdução. A Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados, apresentando a abordagem utilizada por cada um. A Seção 3 apresenta o experimento em campo, o equipamento utilizado e a metodologia utilizada para realizar a predição dos comportamentos. A Seção 4 discute os resultados obtidos comparado aos trabalhos relacionados. E por fim, a Seção 5 apresenta as conclusões e as possibilidades de trabalhos futuros.

## 2 TRABALHOS RELACIONADOS

As pesquisas visando automatizar o monitoramento do comportamento animal têm se tornado cada vez mais atraentes, tanto para fins científicos quanto para fins produtivos. Entre os trabalhos analisados observam-se diferentes características quanto ao processo de coleta e processamento dos dados. A Tabela 1 faz um comparativo entre o tipo de animal monitorado, a posição em que o equipamento foi instalado no animal e os sensores utilizados por cada um.

A instalação do equipamento no animal, em geral, é realizada por meio de colares, salvo exceções, como nos trabalhos de Moreau et al. (2009), Scheibe e Gromann (2006) e Robert et

Tabela 1: Comparativo das características dos trabalhos relacionados.

Trabalho	Posição do Equipamento	Espécie Animal	Sensores	
			Acelerômetro	GPS
Diosdado et al. (2015)	Pescoço	Bovinos	sim	não
Dutta et al. (2015)	Perna	Bovinos	sim	sim
Guo et al. (2009)	Pescoço	Bovinos	sim	sim
González et al. (2015)	Pescoço	Bovinos	sim	sim
Jesus (2014)	Pescoço	Bovinos	não	sim
Martiskainen et al. (2009)	Pescoço	Bovinos	sim	não
Moreau et al. (2009)	Pescoço, Dorso e Costa	Caprinos	sim	sim
Oliveira (2013)	Pescoço	Bovinos	não	sim
Robert et al. (2009)	Perna	Bovinos	sim	não
Scheibe e Gromann (2006)	Pescoço e Perna	Bovinos e Equinos	sim	não
Watanabe et al. (2005)	Pescoço	Felinos	sim	não

al. (2009): os dois primeiros buscaram comparar os resultados da aferição dos comportamentos a partir dos dados coletados de diferentes partes do corpo do animal; e o último tinha interesse em capturar a movimentação de pernas dos animais.

Os principais sensores utilizados são os de movimentação, com destaque para o acelerômetro tridimensional, e o GPS. Dos 11 trabalhos avaliados apenas 4 fizeram a combinação dos dois: Moreau et al. (2009), González et al. (2015), Dutta et al. (2015) e Guo et al. (2009).

Com exceção dos trabalhos de Moreau et al. (2009) e Watanabe et al. (2005), todos monitoraram o comportamento bovino. Os comportamentos comumente classificados são os naturais do animal: Pastando, Parado (Em Pé ou Deitado) e Andando. Dutta et al. (2015), González et al. (2015) e Martiskainen et al. (2009) também monitoraram o comportamento Ruminando.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia está separada em três sub-seções, para detalhar cada uma das partes desenvolvidas no trabalho: os detalhes dos colares utilizados; as informações do trabalho em campo; e a metodologia utilizada para aferir os comportamentos.

#### 3.1 Colares

O colar é uma solução de hardware, composta por um módulo GPS, responsável por capturar os dados de posicionamento do animal baseado nos dados do satélite GPS e uma placa de medição inercial triaxial, composto pelo chip LSM303D - responsável pela captura do movimento de aceleração e de medições magnéticas - e o chip L3GD20H - responsável pela captura dos movimentos de rotação. Para armazenar os dados foi utilizado o *OpenLog*, um *data logger* que permite a gravação de até 16 GB de dados.

Para controlar os sensores e processar as coletas foi utilizado o Arduino, uma plataforma *open-source* de prototipagem eletrônica de hardware livre baseada em uma placa microcontroladora. O modelo utilizado foi o Arduino Fio, que além de atender aos requisitos do trabalho, suporta o protocolo ZigBee, desenvolvido pela *ZigBee Alliance* a partir do padrão IEEE 802.15.4. O protocolo foi projetado para ser utilizado em aplicações de sistemas embarcados,

possibilitando a formação de uma rede de sensores sem fio e a transmissão *on-line* dos dados.

Para integrar todos os itens que formam o colar, foi construída uma placa com o circuito. Foi utilizada uma placa de fenolite, com soquetes para encaixar os componentes e encapsulada em uma caixa plástica. A caixa foi fixada em um cinto de couro (com espessura suficiente para evitar que arrebetasse caso o animal enroscasse em um galho ou na cerca) utilizando uma fita constituída de filme de polietileno e trama de tecido com adesivo à base de resina e borracha, servindo para protegê-la contra eventuais impactos e sujeiras.

Quatro unidades do colar foram confeccionadas e cada uma colorida em uma cor. A coloração possibilita distingui-los visualmente, quando utilizados simultaneamente em campo. Após a construção dos colares, foi realizada a etapa de campo, onde foram coletados os dados dos animais.

### 3.2 *Relato da Experiência em Campo*

A área em que o experimento foi realizado - cedido pela Embrapa Gado de Corte - possui uma área de 4,09 hectares e estava com oito novilhas soltas. Na área há dois mangueiros para o manejo dos animais, que foram mantidos apascentados em pastagem cultivada e com suplementação mineral adequada, água à vontade e tratamento sanitário, pelos profissionais da Embrapa.

Para avaliar o funcionamento dos colares, foram realizados dois períodos de testes em campo, cada um com dois animais selecionados aleatoriamente no rebanho. Os bovinos foram equipados com o colar, como mostra a Figura 1.

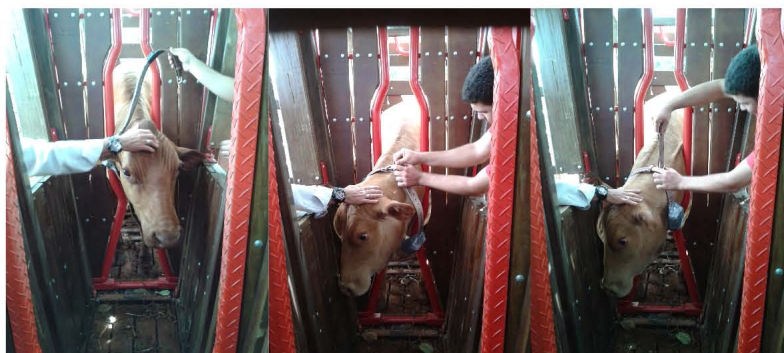


Figura 1: Instalação do colar realizada com auxílio de especialistas.

O primeiro período foi utilizado para validar o funcionamento dos colares. Foram mais de 200 horas de coleta de dados em um período de 10 dias. Os resultados serviram para ajustar detalhes no encapsulamento do circuito, do posicionamento do colar no animal e avaliar o tempo de vida útil da bateria.

O segundo período soma mais de 500 horas de dados coletados, em um intervalo de aproximadamente 25 dias. Neste experimento, foram realizadas observações *in loco* (aproximadamente 70 horas), para rotular os dados com os comportamentos.

Nesta fase do experimento, o interesse era formar um *dataset* com os dados dos colares (registros dos sensores) e os comportamentos dos animais (observados e anotados pelo especialista), para criar o modelo de classificação dos comportamentos. A coleta e gravação dos dados eram realizadas em intervalos de 1 segundo.

Simultaneamente, foi realizada a rotulação dos dados, indicando quais os comportamentos dos animais. Os principais comportamentos bovinos apontados na literatura são os comportamentos Pastando/Procurando, Andando, Em Pé e Deitado (KILGOUR, 2012). O modelo de classificação aqui apresentado considerou estes comportamentos, que possuem as seguintes características:

- Pastando/Procurando: caracterizado pelo animal sobre as quatro patas, com a cabeça baixa procurando ou mastigando o capim. O animal pode ou não estar em movimento, já que ele pode estar se deslocando à procura de capim;
- Andando: o animal também está sobre as quatro patas, porém com o pescoço reto (apontando o focinho para frente) e se deslocando pela área de pasto;
- Em Pé: o animal está sobre as quatro patas, com a cabeça erguida e não há deslocamento;
- Deitado: o animal está com as patas abaixadas e com a barriga tocando o solo.

Para construir um modelo é necessário que um conjunto de dados, com o atributo alvo rotulado e denominado conjunto de treinamento, seja processado com um algoritmo de classificação. O modelo então é validado com um conjunto de teste, com registros com rótulos de classes desconhecidos.

Nos trabalhos de análise do comportamento animal a rotulação dos dados é geralmente feita por meio de anotações realizadas em campo ou por análise de vídeos (gravados durante o experimento), como fizeram Scheibe e Gromann (2006), Martiskainen et al. (2009) e Nadimi et al. (2012). Os dados registrados em manuscritos são transcritos para um arquivo digital, para então serem processados pelos algoritmos que fazem o reconhecimento dos padrões.

A utilização de softwares para rotular os *datasets*, além de reduzir o tempo da atividade, também elimina a possibilidade de erros na transcrição das anotações manuais para o arquivo digital. O trabalho de Dutta et al. (2015) utilizou um software chamado *WhatISee*, com o objetivo de registrar a data, horário e um rótulo para cada observação realizada. Trata-se de um aplicativo com função genérica, não desenvolvido especificamente para observação do comportamento animal.

Um software para automatizar a rotulação dos dados foi desenvolvido, aperfeiçoando o trabalho de observação, importação e manipulação dos dados obtidos em campo. A ferramenta, além de reduzir o tempo de rotulação dos dados, também elimina a possibilidade de erros na transcrição das anotações manuais para o arquivo digital. Na Seção 3.2.1 são apresentados os detalhes do software.

### 3.2.1 Ferramenta para Auxílio na Rotulação dos Dados

A ferramenta desenvolvida permite que o usuário: (1) escolha a quantidade de animais que se deseja observar; (2) escolha a quantidade de comportamentos a serem observados; (3) personalize o rótulo dos comportamentos observados; e pode ser utilizada em qualquer dispositivo móvel que possua o sistema operacional Android. Na Figura 2 são apresentadas duas telas do aplicativo.

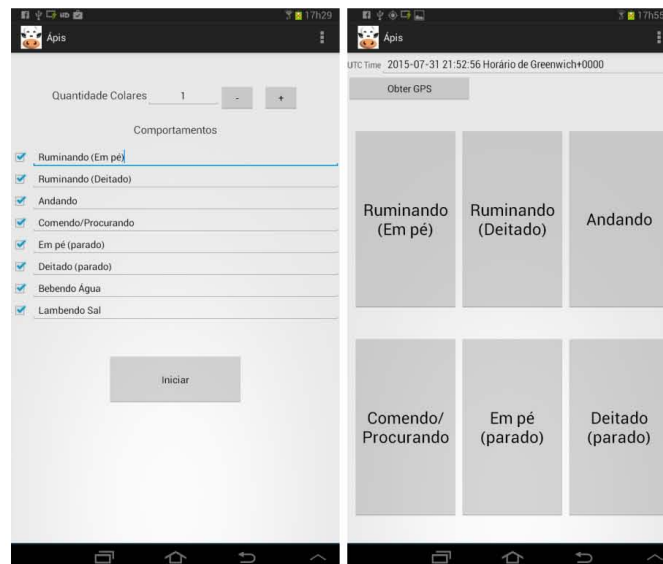


Figura 2: Telas do software para auxílio na rotulação dos dados.

Ao iniciar o software, ele sincroniza o aparelho com os satélites GPS, apresentando a data e horário do satélite. Obter o tempo diretamente do satélite é um fator importante para garantir a sincronização dos dados coletados pela aplicativo e os gerados pelos sensores que estão no colar acoplado no pescoço do animal. A data/horário é o elo que une a observação do analista e os dados gerados no colar.

Ao selecionar um animal e um comportamento, o aplicativo registra a data e horário (do satélite GPS), o ID do animal selecionado e o comportamento observado. Além de ser utilizada em conjunto com o colar, a ferramenta pode ser útil a outros trabalhos de observação animal, já que é possível a personalização dos comportamentos e da quantidade de animais observados, e permitir o acesso aos dados gravados em um arquivo de texto.

### 3.3 Software para Aferição dos Comportamentos

A interpretação manual dos dados obtidos nos colares é complexa, considerando o alto volume gerado. Os objetos (padrões) podem ser categorizados através de algoritmos computacionais, que se baseiam na extração de características que discriminam os objetos (THEODORIDIS; KOUTROUMBAS, 2006).

Foi utilizado o reconhecimento de padrões para aferir os comportamentos dos bovinos, baseado no modelo de aprendizagem supervisionada. Neste modelo, um rótulo da categoria é

fornecido para cada registro em um conjunto de treinamento e o algoritmo busca aprender uma solução para rotular instâncias desconhecidas (DUDA; HART; STORK, 2000). A classificação é definida como a tarefa de rotular cada registro em uma das categorias pré-definidas (TAN; STEINBACH; KUMAR, 2009). Cada registro é caracterizado por uma tupla  $(x,y)$ , onde  $x$  é o conjunto de atributos e  $y$  o atributo especial, chamado de atributo alvo ou de categorização. Uma função alvo (modelo) mapeia cada conjunto de atributos  $x$  para um dos rótulos de classes  $y$  pré-determinados.

Para a construção e validação dos modelos de classificação foi utilizado o pacote WEKA (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*), que é uma coleção de algoritmos de aprendizado de máquina, de código aberto, que pode ser aplicado para tarefas de mineração de dados. Ele é desenvolvido na linguagem Java, contém uma GUI (*Graphical User Interface*) para interagir com arquivos de dados e produzir resultados visuais. Também é possível usar as suas funcionalidades a partir da sua API (*Application Programming Interface*) em um código Java.

Os dados gerados nos colares foram utilizados na construção de dois modelos de previsão do comportamento, utilizando os algoritmos de classificação *Random Forest* e o algoritmo SVM: o arquivo com os registros coletados possui 13.088 instâncias. A acurácia dos modelos foram avaliadas utilizando o método *cross-validation* com 10 *folds*. Neste método o conjunto de dados é dividido em 10 partes de tamanhos aproximados, nos quais 9 partes são utilizadas como conjunto de treinamento e a parte restante como conjunto de teste. O processo repete-se 10 vezes, até que todos os *folds* sejam utilizados como conjunto de teste (TAN; STEINBACH; KUMAR, 2009).

Para avaliar o impacto/variação que cada colar e animal possui no modelo construído, agrupou-se os dados em outros conjuntos, chamados de conjuntos combinados. Eles foram gerados, a partir dos conjuntos individuais, em dois cenários: conjuntos de dados agrupados por animal (três animais foram utilizados); e conjuntos de dados agrupados por colar (quatro colares foram utilizados).

Para avaliar os classificadores gerados com os conjuntos de dados combinados, foi utilizado o método *Holdout*, em um conjunto de teste formado por um extrato de 15% dos registros de cada conjunto (1.975 instâncias), selecionados aleatoriamente nos arquivos, com o cuidado apenas para que as classes não ficassem desbalanceadas.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o algoritmo *Random Forest*, o modelo de classificação obteve acurácia de 93,99%: em um universo de 13.088 instâncias, 12.301 foram classificadas corretamente e 787 incorretamente. As classes identificadas foram: Em Pé (acurácia de 88,6%), Deitado (acurácia de 93,4%), Andando (acurácia de 95%) e Pastando/Procurando (acurácia de 96,4%).

Com o algoritmo SVM, utilizando a configuração *default* do WEKA, o modelo apresentou 43,79% de acurácia. Considerando as possibilidades de ajustes nas configurações do kernel

utilizado no SVM, os parâmetros C (*cost*) e  $\gamma$  (*gamma*) foram ajustados, utilizando o método *grid search*. Com o kernel *radial basis function* ajustado, o classificador apresentou acurácia de 93,2%. Do total de 13.088 registros, 12.198 foram corretamente classificados, enquanto 890 foram classificadas incorretamente. A classe Pastando/Procurando obteve 94,3% de acurácia, enquanto Deitado obteve 95,5%, Em Pé 90,1% e Andando 87,1%.

O modelo obteve melhor resultado se comparado ao trabalho de Jesus (2014), que classificou o comportamento de vacas utilizando o algoritmo END. A tabela 2 compara o resultado de cada classe entre os trabalhos. Os resultados dos comparativos apresentados servem apenas como base para indicar os valores obtidos neste trabalho, já que os conjuntos de dados são diferentes, assim como o número de animais e o tempo de observação.

Tabela 2: Acurácia de cada classe comparada ao trabalho de Jesus (2014).

Classe	Acurácia	
	Jesus (2014)	Esta pesquisa
Pastando/Procurando	73,1%	96,4%
Andando	87,5%	95%
Em Pé	56,9%	88,6%
Deitado	84,6%	93,4%

Outra avaliação realizada, foi verificar o quanto um animal ou um colar influenciam na acurácia da classificação, o modelo foi aferido utilizando os dados individuais de cada animal e colar. O resultado mostra que ao retirar os dados de um animal ou de um colar há uma variação considerável na acurácia, conforme mostra a Tabela 3.

Os resultados apontam a possibilidade de generalização do uso do equipamento e do modelo de classificação, porém a acurácia precisa ser melhor avaliada, em um experimento que utilize um número maior de colares e animais.

Tabela 3: Resultado da validação dos conjuntos agrupados por animal utilizando o método *Holdout*.

Combinação	Acurácia (%)
Animal 1 + 2 + 3	94,7341
Animal 1 + 2	92
Animal 1 + 3	90,9367
Animal 1	87,8481
Animal 2 + 3	87,3417
Animal 2	83,3417
Animal 3	82,4810

## 5 CONCLUSÕES

O foco dos trabalhos tem sido identificar os comportamentos e indicar a localização do animal na área de pasto, buscando validar se é possível ou não aferir os comportamentos por meio de sensores. A proposta deste trabalho foi desenvolver uma solução de hardware e de software, para coletar os dados e aferir os comportamentos bovinos. Além deles, foi desenvolvida uma ferramenta para rotulação dos dados (em casos que há necessidade de registro manual dos comportamentos).



Os resultados da identificação automática dos comportamentos foram superiores aos apresentados por Jesus (2014), indicando que incluindo os dados de movimentação do animal (além dos dados de posicionamento) é possível melhorar a acurácia das classificações.

Quanto ao procedimento utilizado no experimento relatado, outros trabalhos podem monitorar um número maior de animais e colares, além de configurar a rede de sensores sem fio, para que os dados coletados possam ser enviados automaticamente a uma estação base.

Por fim, a classificação automática dos comportamentos combinada à outras variáveis, podem ser úteis na aferição de novos comportamentos, que indiquem variações nos comportamentos habituais do animal, como um animal potencialmente doente ou com problemas com a mosca-dos-chifres. Para entender o comportamento dos animais e sua interação com o ambiente é necessário monitorar outras variáveis - tais como, temperatura, umidade relativa, pressão barométrica, radiação solar, velocidade do vento, direção do vento, precipitação - sendo possível adicioná-los ao sistema, seja diretamente no colar ou por meio de estação que se comunique com os colares pela rede sem fio. Além deles, sistemas já existentes que façam a captura da temperatura corporal, identificação RFID e mensuração automática do peso de cada animal, também podem ser agregados.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FUNDECT (Termo de Outorga 102/2014), pelo apoio financeiro concedido ao trabalho.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. *Produto Interno Bruto da agropecuária deve ser de R\$ 1,1 trilhão*. dec 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2014/12/produto-interno-bruto-da-agropecuaria-deve-ser-de-rs-1-trilhao>>. Acesso em: 27 abr. 2015.
- CÁCERES, E. N. et al. Computational precision livestock - position paper. In: *II Workshop of the Brazilian Institute for Web Science Research*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2011.
- DIOSDADO, J. V. et al. Classification of behaviour in housed dairy cows using an accelerometer-based activity monitoring system. *Animal Biotelemetry*, v. 3, n. 1, p. 15, 2015. ISSN 2050-3385. Disponível em: <<http://www.animalbiotelemetry.com/content/3/1/15>>.
- DUDA, R. O.; HART, P. E.; STORK, D. G. *Pattern Classification*. 2. ed. New York: Wiley-Interscience, 2000.
- DUTTA, R. et al. Dynamic cattle behavioural classification using supervised ensemble classifiers. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 111, p. 18 – 28, 2015. ISSN 0168-1699. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169914003123>>.

GONZÁLEZ, L. et al. Behavioral classification of data from collars containing motion sensors in grazing cattle. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 110, n. 0, p. 91 – 102, 2015. ISSN 0168-1699. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169914002798>>.

GUO, Y. et al. Using accelerometer, high sample rate gps and magnetometer data to develop a cattle movement and behaviour model. *Ecological Modelling*, Elsevier, v. 220, n. 17, p. 2068 – 2075, 2009. Disponível em: <<http://eprints.qut.edu.au/33751/>>.

IICA. *New tools for precision livestock management*. [S.l.], 2009. Disponível em: <<http://repiica.iica.int/docs/B1632I/B1632I.pdf>>.

JESUS, L. *Identificação do Comportamento Bovino por meio do Monitoramento Animal*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2014.

KILGOUR, R. J. In pursuit of “normal”: A review of the behaviour of cattle at pasture. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 138, n. 1–2, p. 1 – 11, 2012. ISSN 0168-1591. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168159111004229>>.

MARTISKAINEN, P. et al. Cow behaviour pattern recognition using a three-dimensional accelerometer and support vector machines. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 119, n. 1–2, p. 32 – 38, 2009. ISSN 0168-1591. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168159109000951>>.

MOREAU, M. et al. Use of a tri-axial accelerometer for automated recording and classification of goats’ grazing behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 119, n. 3–4, p. 158 – 170, 2009. ISSN 0168-1591. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168159109001324>>.

NADIMI, E. et al. Monitoring and classifying animal behavior using zigbee-based mobile ad hoc wireless sensor networks and artificial neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 82, n. 0, p. 44 – 54, 2012. ISSN 0168-1699. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169911003206>>.

OLIVEIRA, M. T. P. de. *Análise Comportamental de Bovinos Baseada em Trajetórias Semânticas Aplicada à Pecuária de Precisão*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2013.

ROBERT, B. et al. Evaluation of three-dimensional accelerometers to monitor and classify behavior patterns in cattle. *Comput. Electron. Agric.*, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands, v. 67, n. 1-2, p. 80–84, jun. 2009. ISSN 0168-1699. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2009.03.002>>.

RUIZ-GARCIA, L.; LUNADEI, L. The role of RFID in agriculture: Applications, limitations and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*

*culture*, v. 79, n. 1, p. 42 – 50, 2011. ISSN 0168-1699. Disponível em:  
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169911001876>>.

SCHEIBE, K.; GROMANN, C. Application testing of a new three-dimensional acceleration measuring system with wireless data transfer (WAS) for behavior analysis. *Behavior Research Methods*, Springer-Verlag, v. 38, n. 3, p. 427–433, 2006. ISSN 1554-351X. Disponível em:  
<<http://dx.doi.org/10.3758/BF03192796>>.

TAN, P.-N.; STEINBACH, M.; KUMAR, V. *Introdução ao DATAMINING Mineração de Dados*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Editora Ciência Moderna, 2009. ISBN 9788573937619.

THEODORIDIS, S.; KOUTROUMBAS, K. *Pattern Recognition*. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2006.

WATANABE, S. et al. A new technique for monitoring the detailed behaviour of terrestrial animals: A case study with the domestic cat. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 94, n. 1–2, p. 117 – 131, 2005. ISSN 0168-1591. Disponível em:  
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168159105000353>>.