

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RICARDO DAVI KLIEMANN



**VALIDAÇÃO DE SENSOR NO ESTUDO DE PARÂMETROS
COMPORTAMENTAIS DE NOVILHAS LEITEIRAS EM
CONDIÇÕES DE CONFINAMENTO**

PALOTINA

2019

RICARDO DAVI KLIEMANN

VALIDAÇÃO DE SENSOR NO ESTUDO DE PARÂMETROS
COMPORTAMENTAIS DE NOVILHAS LEITEIRAS EM
CONDIÇÕES DE CONFINAMENTO

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de Mestre em Ciência
Animal, no Curso de Pós-Graduação em Ciência
Animal, Setor de Palotina, da Universidade
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Américo Fróes Garcez Neto

Co-orientador: Dr. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

PALOTINA

2018

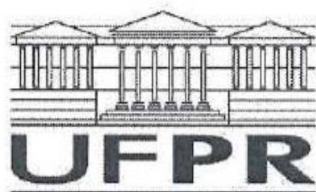
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

K65 Kliemann, Ricardo Davi
Validação de sensor no estudo de parâmetros comportamentais de novilhas leiteiras em condições de confinamento / Ricardo Davi Kliemann. – Palotina, 2019.
46f.

Orientador: Américo Fróes Garcez Neto
Coorientador: Luiz Gustavo Ribeiro Pereira
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal.

1. Acelerômetro. 2. Gir. instalações. 3. Ruminantes. 4. Sensor.
I. Garcez Neto, Américo Fróes. II. Pereira, Luiz Gustavo Ribeiro.
III. Universidade Federal do Paraná. IV. Título.

CDU 636.2



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR SETOR PALOTINA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIA ANIMAL -
40001016077P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA ANIMAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de RICARDO DAVI KLIEMANN intitulada: **VALIDAÇÃO DE SENSOR NO ESTUDO DE PARÂMETROS COMPORTAMENTAIS DE NOVILHAS LEITEIRAS EM CONDIÇÕES DE CONFINAMENTO**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

PALOTINA, 28 de Fevereiro de 2019.

AMÉRICO FRÓES GARCEZ NETO
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

DANIEL RIBEIRO MENEZES
Avaliador Externo (UNIVASF)

JOSÉ ANTÔNIO DE FREITAS
Avaliador Interno (UFPR)

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Ricardo Davi Kliemann, filho de Ari Jose Kliemann e Celita Susete Kliemann, é natural de Toledo – PR, onde nasceu no dia 12 de outubro de 1994.

Em 2011 terminou o ensino médio no Colégio Estadual Presidente Castelo Branco. No ano de 2012 iniciou os estudos no curso de Medicina Veterinária na Universidade Federal do Paraná – Campus Palotina, obtendo o título de Médico Veterinário em janeiro de 2017. No mesmo ano, no mês de março, ingressou no Programa de Pós-graduação em Ciência Animal pela mesma universidade, submetendo a dissertação à banca examinadora em fevereiro de 2019.

*Aos meus pais Ari e Celita, à
minha irmã Débora e minha sobrinha
Ísis, e aos amigos que me
acompanharam até aqui, Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelo dom da vida e por todas as graças alcançadas até hoje.

Agradeço aos meus pais, Ari e Celita, por toda dedicação que tiveram comigo e ao apoio que me deram durante todos esses anos. À minha irmã Débora, pelo companheirismo, amizade, apoio e pela benção de ser padrinho da pequena Ísis.

Ao Prof. Dr. Américo Froés Garcez Neto, por todos os ensinamentos passados e à ajuda como orientador durante todos os anos de Genfor, até os dias de hoje.

Ao pesquisador e Dr. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira, pela co-orientação e disponibilidade para realização do projeto na Embrapa Gado de Leite em Minas Gerais.

Ao pós-doutorando Dr. Sergio Rodrigo Fernandes, pela amizade e por toda ajuda durante os anos em que estive aqui, e por sempre estar disposto a ajudar.

A técnica do laboratório de nutrição MSc. Rafaela Mochinski Gonçalves, pela amizade e companheirismo, e por toda ajuda nas análises experimentais.

Aos amigos e colegas do Genfor, Eduardo, Heloíse, Carine, Luiz, Deborah, Thalyane, Daniela, Júlia, Edielson e Matheus pela amizade, companheirismo e os momentos de descontração.

Aos meus grandes amigos André, Juliane, Larissa, Giovane, Alessandro, Estela, Andressa e Ane que mesmo com a distância mantivemos a amizade, dando apoio uns aos outros.

Aos amigos que fiz durante o período experimental na Embrapa, Danieli, Luiz, Frederico Pires, João, Frederico Cairo, Jemima, Luana, Rebeca, Bianca, Deicylene, Aline, Patrícia, Natália e Vanessa, pela amizade, pela ajuda no

desenvolvimento no projeto, e por todos os momentos vividos em Coronel Pacheco.

Aos meus amigos com quem residi durante o período do mestrado, Gabriel, Joaquim e Joel, pela amizade e convivência diária.

À Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade da realização do mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Muito obrigado!

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar

RESUMO

O uso de sensores na pecuária tem crescido na última década, buscando melhores resultados na produção e saúde dos animais. Diante disso, objetivou-se avaliar o funcionamento do sensor HEATIME® HR SYSTEM em novilhas e observar as diferenças comportamentais destes animais em dois sistemas de confinamento (*tie-stall* e confinamento em lote). Foram utilizadas 11 novilhas da raça Gir, com 10 meses de idade e com média de 179 ± 26 Kg de peso vivo. Para validação os animais foram equipados com o sensor HEATIME® HR SYSTEM sete dias antes das avaliações para adaptação. As avaliações foram realizadas durante dois períodos de cinco dias, durante oito horas por dia (08:00 as 12:00 e das 14:00 as 18:00 horas) por animal. Para as avaliações de comparação de comportamento, foram utilizados 10 animais. Cinco novilhas foram alojadas nas camas do *tie-stall* e cinco foram alojadas no piquete parcialmente coberto. Os animais foram observados durante quatro dias, em dois períodos, durante oito horas por dia (08:00 as 12:00 e das 14:00 as 18:00 horas). Após as avaliações, os animais trocaram de sistema. As avaliações foram feitas visualmente, a cada três minutos por dois avaliadores por sistema. Os comportamentos foram caracterizados em: atividade em pé, atividade deitado, ócio em pé, ócio deitado, ruminando deitado, ruminando em pé, consumo de dieta e consumo de água. A regressão da ruminação registrada pelo sensor para a avaliação visual foi significativa apenas para o sistema de confinamento ($P = 0,0002$), mas a correlação de Pearson entre ambos foi negativa e baixa ($r = -0,25$; $P = 0,0002$). O sensor superestimou a ruminação em 27,3% no confinamento (28 vs. 22 min / 2h) e 38,5% no *tie-stall* (36 vs. 26min / 2h) e, portanto, o sensor não foi validado. Quando considerados os diferentes locais de avaliação (*tie-stall* e confinamento) também não ocorreu a validação. Na comparação comportamental entre os sistemas pela observação visual, houve diferença significativa ($P < 0,05$) para os comportamentos de atividade, ócio deitado, tempo de ócio total e consumo entre os animais nos dois sistemas de alojamento. Já para os comportamentos de ócio em pé, ruminando em pé, tempo de ruminação total e bebendo água não houve diferença ($P > 0,05$). Desse modo o uso do sensor HEATIME® HR

SYSTEM não é recomendado em novilhas da raça Gir, bem como diferentes instalações levam a mudanças no padrão comportamental dos animais.

Palavras-chave: Acelerômetro. Gir. Instalações. Ruminantes. Sensor.

ABSTRACT

The use of sensors in livestock has been growing in the last decade, seeking better results in the production and health of animals. The objective of this study was to evaluate the functioning of the HEATIME® HR SYSTEM sensor in heifers and to observe the behavioral differences of these animals in two confinement systems (tie-stall and loose house). Eleven heifers of the Gir breed, 10 months old and with an average of 179 ± 26 kg of live weight were used. For validation the animals were equipped with the HEATIME® HR SYSTEM sensor seven days before the evaluations for adaptation. The evaluations were performed during two periods of five days, for eight hours a day (08:00 a.m. to 12:00 p.m. and 2:00 p.m. to 6:00 p.m.) per animal. For the behavior comparison evaluations, 10 animals were used. Five heifers were housed in tie-stall beds and five were housed in the loose house. The animals were observed for four days, in two periods, for eight hours per day (08:00 to 12:00 and from 14:00 to 18:00 hours). After the evaluations, the animals changed the system. The evaluations were done visually, every three minutes by two evaluators per system. The behaviors were characterized in: standing activity, lying activity, standing idleness, lying down idleness, lying down rumination, standing rumination, diet consumption and water consumption. The regression of rumination recorded by the sensor to the visual evaluation was significant only for loose-housing system ($P=0,0002$), but the Pearson correlation between both measures was negative and low ($r= -0,25$; $P=0,0002$). The sensor overestimated the rumination by 27,3% in loose-housing (28 vs. 22 min/2h) and 38,5% in tie-stall (36 vs. 26 min/2h) and, therefore, the sensor was not validated. When the different evaluation sites (tie-stall and loose house) were also considered, validation did not occur. In the behavioral comparison between the systems by visual observation, there was a significant difference ($P < 0.05$) for activity behaviors, lying down idleness, total idleness time and consumption among the animals in both housing systems. However, for standing idleness behavior, standing rumination, total rumination time and

drinking water did not hear differences ($P > 0.05$). Thus, the use of the HEATIME® HR SYSTEM sensor is not recommended in Gir breed heifers, as well as different facilities lead to changes in the behavioral pattern of the animals.

Keywords: Accelerometer. Gir. Installations. Ruminants. Sensor.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. COMPARATIVO DO TEMPO DE RUMINAÇÃO DE NOVILHAS GIR REGISTRADO PELA OBSERVAÇÃO VISUAL E PELO DISPOSITIVO ELETRÔNICO HEATIME® HR EM SISTEMA DE CONFINAMENTO32
- FIGURA 2. COMPARATIVO DO TEMPO DE RUMINAÇÃO DE NOVILHAS GIR REGISTRADO PELA OBSERVAÇÃO VISUAL E PELO DISPOSITIVO ELETRÔNICO HEATIME® HR EM SISTEMA DE TIE-STALL33

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DOS INGREDIENTES DA DIETA FORNECIDA EM CONFINAMENTO PARA NOVILHAS DA RAÇA GIR COM DEZ MESES DE IDADE.....	29
TABELA 2. MÉDIA DE TEMPO DOS COMPORTAMENTOS ENTRE OS DOIS SISTEMAS DE CRIAÇÃO (TIE-STALL E CONFINAMENTO) PARA INTERVALOS DE 120 MIN DE REGISTRO DE DADOS, DAS 8 ÀS 12H E DAS 14 ÀS 18H.....	34
TABELA 3. MÉDIA DE TEMPO DOS COMPORTAMENTOS ENTRE OS DOIS SISTEMAS DE CRIAÇÃO (TIE-STALL E CONFINAMENTO) PARA CADA INTERVALO DE 120 MIN DE REGISTRO DE DADO.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATV	-Atividade
BEB	-Bebendo
COM	-Tempo de consumo
CONF	-Confinamento
DP	-Desvio Padrão
Kg	-Quilogramas
Km	-Quilômetro
Ltd	-Limitada
m	-Metros
MG	-Minas Gerais
min	-Minutos
mm	-Milímetro
OCD	-Ócio deitado
OCP	-Ócio em pé
OCT	-Ócio Total
RUMD	-Ruminando deitado
RUMP	-Ruminando em pé
RUMT	-Ruminação total
TS	-Tie-stall

LISTA DE SÍMBOLOS

%	-porcentagem
®	-marca registrada
©	- <i>copyright</i>
kHz	-quilo hertz
°	-graus
±	-mais ou menos

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	17
2.OBJETIVOS	19
2.1OBJETIVO GERAL.....	19
2.2OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3.REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1 AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO INGESTIVO	20
3.2 SENSORES	23
3.3 VALIDAÇÃO DE SENSORES	25
4.MATERIAL E MÉTODOS	26
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
6.CONCLUSÃO	39
7.CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui o segundo maior rebanho bovino do planeta, com 218,2 milhões de cabeças no ano de 2016 (IBGE, 2017). Porém o Brasil é o quinto maior produtor de leite, com 33,62 milhões de toneladas de leite produzido no mesmo ano (FAO, 2017). Isso se deve ao fato da maior concentração de bovinos destinados para corte.

O crescente aumento da produção nacional se deve ao crescimento do rebanho leiteiro e a intensificação da produção. Diversas estratégias têm sido utilizadas para o incremento da produção, como confinamento, fornecimento de dietas balanceadas, melhoramento genético e investimentos em sanidade animal.

A nutrição tem grande influência na produção animal. Sabe-se que o desempenho dos animais é determinado pelo consumo de nutrientes, sua digestibilidade e metabolismo. O consumo é influenciado por fatores ligados aos alimentos, como valor nutricional, palatabilidade, aparência visual, textura e fatores ligados aos próprios animais, como aprendizado, interações e estado emocional (MERTENS, 1994). O controle do consumo de alimentos está diretamente relacionado ao comportamento ingestivo (CHASE et al., 1976).

O comportamento ingestivo dos ruminantes pode ser classificado como ingestão, ruminação e ócio, que são distribuídos de forma desuniforme em uma sucessão de períodos definidos e discretos de atividades ao longo do dia (PENNING et al., 1991). O tempo gasto nestas atividades ocupa de 90 a 95% do dia, sendo os outros 10 a 5% do tempo caminhando, bebendo água, comendo suplementação e interações sociais com outros animais (WALKER, 2008). O estudo do comportamento ingestivo proporciona o ajuste do manejo alimentar para obter melhor desempenho produtivo (MENDONÇA et al., 2004).

O comportamento de pastejo e ruminação podem indicar a quantidade e a qualidade da ingestão de forragem e também a adaptabilidade do gado a um ambiente. Tais comportamentos necessitam ser registrados durante o dia e a noite, sendo a observação visual a mais utilizada. No entanto, essa atividade é demorada

e laboriosa, e difícil de aplicar a noite ou em um grande número de animais (MATSUI e OKUBO, 1991).

Uma alternativa para tornar o registro das atividades ingestivas menos laboriosas, é o uso de tecnologias que registram as atividades de comportamento ingestivo. Muitas técnicas já foram desenvolvidas para automatizar os registros das atividades comportamentais.

O uso de sensores tem crescido muito na última década, principalmente pelo desenvolvimento da pecuária de precisão. Este novo tipo de gestão, difere dos métodos tradicionais que se aplicam ao rebanho. A pecuária de precisão é baseada no monitoramento de variáveis a nível individual, com sensores confiáveis e com uma frequência apropriada, ela também desenvolve modelos preditivos ao descrever as respostas dos animais aos estímulos ambientais para cada variável medida, e compara o que é medido pelos sensores com os modelos de previsão (ANDRIAMANDROSO et al., 2016).

De acordo com Banhazi et al. (2012), a pecuária de precisão tem como principal objetivo aumentar a eficiência, sustentabilidade e lucratividade da fazenda. Quando utilizada, a pecuária de precisão pode impor a aplicação de boas práticas de manejo e nutrição, levando ao aumento da homogeneidade na qualidade e quantidade de insumos e produtos. A partir dos dados obtidos dentro e fora da fazenda, é possível aumentar a rastreabilidade dos produtos, aumentando a segurança alimentar. Pode também melhorar o bem-estar das propriedades com a documentação das condições dos animais no dia-a-dia da fazenda, além de reduzir o impacto ambiental das propriedades através da conscientização dos produtores.

A utilização de sensores além de facilitar a pesquisa, pode ser aplicada nas propriedades, possibilitando um acompanhamento detalhado do comportamento dos animais. O monitoramento de animais individuais entra no conceito de pecuária de precisão, onde com a ajuda de tecnologia digital é feito gerenciamento da propriedade (BERCKMANS, 2004).

Já existem dispositivos ao nível comercial que monitoram de forma contínua e automática a ruminação, alimentação e outras atividades de cada animal. Estes comportamentos inferidos podem fornecer uma indicação precoce de quando um

animal esta doente, identificando quando a ruminação e a atividade diminuem abaixo dos níveis esperados (SCR, 2016).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Validar o comportamento de atividade geral e de ruminação de novilhas leiteiras com a utilização de sensores para detecção do tempo de ruminação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Validação das atividades comportamentais de novilhas leiteiras utilizando sensor eletrônico (SCR Heatime® HR System) e observação visual.

Comparar o índice de atividade dos animais nos dois sistemas de criação e relacionar essas atividades com a capacidade de consumo alimentar.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO INGESTIVO

Nos últimos anos a avaliação e o monitoramento do comportamento dos bovinos têm ganhado importância na compreensão da produção, bem-estar, nutrição e saúde desses animais. Propiciando através do comportamento alimentar melhor entendimento do manejo e do estado fisiológico dos animais, especialmente vacas leiteiras (MATTACHINI et al., 2016).

Antigamente a observação das atividades de alimentação e ruminação era utilizada pelo produtores para acompanhar a saúde e bem-estar de seus animais, porém o aumento da produção e da quantidade de animais, causados pela industrialização tornou a observação individual do comportamento mais difícil. Diante disso, diversas técnicas foram desenvolvidas para automatizar o registro destas atividades (BRAUN; ZÜRCHER; HÄSSIG, 2015).

Na atualidade, o estudo do comportamento ingestivo está mais desenvolvido, sendo capaz de nos fornecer informações que possam melhorar a capacidade alimentar das vacas leiteiras. Onde, uma melhor compreensão do comportamento alimentar ajuda a reduzir a competição entre os animais e a seleção excessiva da dieta. De modo geral, mudanças no comportamento ingestivo podem fornecer informações sobre o quanto uma vaca é capaz de se adaptar no ambiente em que se encontra, tanto no aspecto físico como social (VON KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D M., 2010). Sendo assim, observar e interpretar o comportamento alimentar tem grande importância na compreensão da nutrição, produção, saúde e bem-estar do gado leiteiro (KRAWCZEL et al., 2012).

Os bovinos leiteiros respondem de diferentes formas aos alimentos e aos regimes de alimentação que lhes são fornecidos. Desta forma, os produtores podem utilizar o conhecimento adquirido através do comportamento animal para melhorar o bem-estar das vacas e aumentar a produção leiteira (ALBRIGHT, 1993).

Os padrões diários de alimentação, ruminação e atividade são indicadores extremamente relacionados com a produtividade e eventos de saúde (doenças e distúrbios) quando se considera a vaca como indivíduo, ao invés de rebanho. Para

pesquisas, a compreensão desses parâmetros pode contribuir na compreensão da fisiologia nutricional, enquanto que na cadeia produtiva, pode minimizar os custos e perdas, quando alterações comportamentais e fisiológicas são observadas o mais cedo possível (BIKKER et al., 2014).

O comportamento alimentar é caracterizado pela apreensão do alimento, seguida pela mastigação e deglutição. Vacas leiteiras conduzem a forragem para a boca usando a língua, enquanto alimentos com partículas pequenas são manipulados pelos lábios relativamente imóveis. Uma vez na boca, a comida é mastigada por movimentos laterais da mandíbula. Durante este processo, grandes volumes de saliva são secretados, formando o bólus e a deglutição, de forma randômica. Já a ruminação é um processo cíclico caracterizado pela regurgitação, remastigação e nova deglutição. A ruminação tem início com a ingesta sendo regurgitada pelo retículo para a boca. Ao chegar à boca a parte líquida é reengolida, e o restante sólido é remastigado e misturado com saliva por 30 a 60 segundos, e em seguida o bolus é engolido novamente (BEAUCHEMIN, 1991). Por ser um fenômeno regular e padronizado, é possível construir algoritmos específicos para detectar a ruminação e diferenciá-la da mastigação.

O comportamento ingestivo tem como período de avaliação para completa avaliação dos aspectos metabólicos o período de 24 horas (FISHER et al). Porém, diversos autores já utilizaram tempos menores para a análise comportamental, chegando até períodos de oito horas no dia. Outro ponto importante é o intervalo entre as observações, onde os mais utilizados são os intervalos de cinco e dez minutos, sendo este último o maior intervalo entre observações sem comprometimento da precisão da avaliação (SANTANA JUNIOR et al, 2014).

A avaliação do comportamento ingestivo das novilhas segue o mesmo padrão de avaliação dos animais adultos. Porém existem pequenas diferenças entre o comportamento dos animais jovens quando comparado com os adultos. Pazdiora et al (2011) avaliaram o comportamento de novilhas e vacas confinadas com diferentes frequências de fornecimento da dieta. Foi observado que vacas passam mais tempo consumindo e possuem maior taxa de ingestão quando comparadas as novilhas, isso ocorre devido a diferença de tamanho entre os animais, já que as vacas possuem maior necessidade energética e o tamanho do bocado é maior. Resultados

semelhantes foram encontrados por Zanine et al (2008) que avaliando o comportamento de vacas, novilhas e novilhos em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu relataram que as vacas tiveram maiores tempos para pastejo e ruminação e menor tempo para ócio, quando comparado aos novilhos e novilhas. Tais estudos indicam que apesar de semelhantes, o comportamento ingestivo de novilhas é diferente do encontrado em vacas.

Além da idade dos animais, existem outros fatores que podem alterar o seu comportamento. A instalação em que o animal é alojado influencia o comportamento alimentar, onde vacas soltas em baias, alimentadas com feno, passam aproximadamente seis horas se alimentando e oito horas ruminando durante um dia, enquanto vacas presas em canzais gastam três horas comendo e oito horas ruminando (GRANT e ALBRIGHT, 2000).

Além disso, diversos fatores podem alterar o comportamento dos animais, de acordo com Fischer et al. (2002), o estágio de lactação, a produção diária de leite, a curva de lactação, o tipo e a qualidade da dieta e a hora do arraçoamento podem alterar o padrão comportamental de vacas em lactação. Quando se trata do comportamento ingestivo em pastagem, fatores como espécie da forrageira, altura do dossel, relação folha:colmo, oferta de forragem, estação do ano e disponibilidade de sombra também causam alterações no comportamento dos bovinos (ZANINE et al, 2009; LEME et al, 2005; PINTO et al, 2007).

Ao longo dos anos o comportamento ingestivo foi avaliado por métodos intensivos de pesquisa, como a observação visual e uso de gravações de vídeo (OVERTON et al., 2002). Tais métodos são muito trabalhosos e demorados, além de que ambientes como baias coletivas e a pasto existe a dificuldade de observação contínua dos animais (MÜLLER; SCHRADER, 2003).

Porém, nos últimos anos o registro comportamental dos bovinos tem opções menos laboriosas através do uso de sensores acoplados aos animais que o fazem de forma automática (MATTACHINI et al., 2016). O uso de equipamentos automatizados vem crescendo amplamente nos últimos anos. Tais equipamentos podem ser utilizados em grandes rebanhos leiteiros, que além de fornecerem dados ingestivo, podem prever problemas de saúde, e agir de forma preventiva (RUUSKA et al., 2016).

3.2 SENSORES

Atualmente existem diversos sensores que monitoram o comportamento ingestivo dos animais. São eles os sensores de pressão, sensores acústicos, acelerômetros e eletromiografia. Os sensores de pressão são compostos por uma focinheira conectada a dois eletrodos, um em cada ponta. A focinheira pode ser de silicone ou composta por um tubo com óleo. Quando esticada, devido aos movimentos da mandíbula, ocorre uma mudança na resistência elétrica entre os eletrodos. Essa mudança de voltagem produz um sinal que é proporcional à extensão do movimento da mandíbula (HARMAN, 2005). A partir de um software que analisa os sinais emitidos, é possível diferenciar os movimentos de alimentação e ruminação (RUTTER, 2000). Existem alguns modelos utilizados para pesquisa como, o IGER Behaviour Recorder (Institute of Grassland and Environmental Research, Okehampton, Inglaterra) e o ART-MSR (Agroscope Reckenholz-Tänikon ART Research institute, Modular Signal Recorder MSR145, MSR Electronics GmbH, Suíça) e vendidos comercialmente como o RumiWatch desenvolvido pela InnoClever GmbH (Liestal, Suíça).

Os sensores acústicos são microfones em miniatura onde o som passa por um diafragma flexível e causa vibrações. O sinal elétrico da saída é proporcional à intensidade e a frequência das vibrações causadas pelos sons (ANDRIAMANDROSO et al., 2016). Os microfones são utilizados para gravar os sons mandibulares de ruminantes em pastejo, podendo discriminar mordidas de mastigação, permitindo a classificação de pastejo ou ruminação (NAVON et al., 2013).

A análise é baseada em três parâmetros determinados a partir do padrão produzido pelo som emitido durante a mordida e a mastigação dentro de uma janela de som de 1 kHz (LACA et al, 2000). A detecção e classificação do som em mordida, mastigação e mastigação-mordida são possíveis usando o modelo Hidden Markov, que estima a frequência de cada atividade pela energia produzida em decibéis de cada som (MILONE et al., 2012). Apesar de possuir boa acurácia, o método utilizando microfones pode sofrer interferência de sons do ambiente e causados por outros animais, sendo necessário maior desenvolvimento da técnica para ser usado

em propriedades, mantendo assim seu uso apenas para pesquisa. Atualmente se encontram no mercado os seguintes modelos, Shure VP wireless microphone (Shure Incorporated, Niles, USA), Lavalier microphone (Sennheiser ME 2-US, Wedemark, Germany), Nady microphone (Nady 151 VR, Nady Systems, Oakland, USA) (ANDRIAMANDROSO et al., 2016).

Um acelerômetro é um sensor eletrônico que transforma uma aceleração física de movimento ou da gravidade em um sinal de tensão na forma de onda. Pode medir uma aceleração estática devido à gravidade, o componente de baixa frequência de aceleração e uma aceleração dinâmica devido a movimentos realizados pelo animal (BROWN, 2013). As mordidas são o resultado dos movimentos do maxilar e da cabeça, enquanto a mastigação é composta principalmente dos movimentos do maxilar. Devido à sensibilidade dos acelerômetros, movimentos de orelha e movimentos causados para afastar insetos podem interferir na análise. Desse modo, um pré-processamento dos sinais seria necessário para isolar os movimentos mandibulares, para melhor aferir o comportamento ingestivo (ANDRIAMANDROSO et al., 2016).

Já os sensores eletromiográficos quantificam o potencial elétrico dos músculos mastigatórios durante as contrações. Dois eletrodos são fixados em um cabresto e medem os sinais elétricos que ocorrem durante o movimento do maxilar com a contração do músculo Masseter (RUS et al., 2013). Diante destes diversos métodos de avaliação do comportamento, a tendência é que a utilização de sensores em propriedades privadas se torne mais comum, com produtos de alta precisão e preço mais acessível, trazendo melhorias e resultados para os produtores.

O sensor HEATIME® HR SYSTEM desenvolvido pela SCR© utiliza um sensor composto por um acelerômetro de 3 eixos MEMS, sendo capaz de monitorar a atividade e ruminação dos animais, permitindo assim o monitoramento da saúde, status reprodutivo, nutrição e bem-estar das vacas. Com esse monitoramento, o colar é capaz de indicar quando os animais estão em cio, aponta quando os animais estão doentes ou em estresse, devido às mudanças de atividade e ruminação, além de proporcionar o acompanhamento da reação dos animais às mudanças da alimentação. Os dados coletados pelo colar, são transmitidos em tempo real para

um software, ficando visíveis ao proprietário por meio do programa *on-line* da SCR®, possibilitando ação imediata assim que detectado algum problema.

3.3 VALIDAÇÃO DE SENSORES

O crescente desenvolvimento de tecnologias para monitoramento de comportamento e para dados de consumo de animais em grupo tem sido impulsionado pela demanda por um maior banco de dados nos programas de produção bovina, tanto para carne como para leite, além do potencial de pesquisa em pecuária de precisão (CHIZZOTTI et al, 2015).

O lançamento de novos produtos no mercado criam a necessidade de uma avaliação científica para validação da precisão e exatidão dos modelos utilizados. Tais estudos podem alertar compradores sobre a eficácia dos produtos, bem como fornecer informações para as empresas poderem melhorar seus produtos, assim como foi realizado por Bikker et al. (2014) ao analisarem um acelerômetro tridimensional (SensOor; Agis Automatisering BV, Harmelen, Holanda) acoplado na orelha do animal que analisa o comportamento apresentado. Os resultados produzidos pelo sensor foram comparados com os dados obtidos pela análise visual dos animais.

Chizzotti et al. (2015) validaram um sistema eletrônico de monitoramento do comportamento alimentar e consumo de ração em vacas leiteiras alojadas em free-stall (Intergado Ltd., Contagem, Minas Gerais, Brasil), demonstrando que o equipamento possui alta sensibilidade e especificidade, quando comparado com métodos de análise de comportamento por captura de vídeo, assim como Büchel e Sundrum (2014), que avaliaram um novo sensor baseado em eletromiografia para monitoramento do comportamento alimentar em vacas leiteiras. Os dados obtidos pelo aparelho foram comparados com os dados da avaliação visual e, de acordo com os autores, o registro das atividades feitas pelo sensor é tão confiável e precisa quanto a observação visual.

O mesmo já não ocorreu com Goldhawk, Schwartzkopf-genswein e Beauchemin (2013), ao testarem o sensor de ruminação Hi-Tag (Hi-Tag; SCR

Engineers Ltd., Netanya, Israel) em novilhas de corte, o sensor subestimou o tempo de ruminção quando comparado ao tempo obtido pela observação visual e de vídeo.

Desse modo, a validação de novos produtos se torna essencial para o correto uso das novas tecnologias e sua correta aplicação, sendo necessária a comparação das informações fornecidas pelos aparelhos com os métodos que apresentam maiores níveis de confiança em relação ao valor real demonstrado pelos animais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no Campo Experimental José Henrique Bruschi (CEJHB), pertencente a Embrapa Gado de Leite, que está localizado as margens da Rodovia MG 133, Km 42, na Zona Rural de Coronel Pacheco, estado de Minas Gerais, possuindo uma área de 1.030 hectares. O local possui clima subtropical úmido, onde há maior pluviosidade no verão do que no inverno. De acordo com a classificação de Köppen e Geiger o clima é do tipo Cwa, sendo a temperatura média anual é de 18°C nos meses mais frios e de 22°C no verão, já pluviosidade média anual é de aproximadamente 1.500 mm.

4.1 Validação do sensor

Foram utilizadas 11 novilhas da raça Gir, com 10 meses de idade e com média de 179 ± 26 Kg de peso vivo. Os animais foram alojados em dois sistemas diferentes de confinamento. Uma das instalações utilizadas foi o sistema de *tie-stall*, com camas de 1,8 metros de comprimento e 1,3 metros de largura, com cocho de alimentação de 0,6 m x 1,3 m, bebedouros automáticos e piso de borracha. Os animais permaneciam presos na cama por cabrestos de corda, a instalação possuía cobertura de telhas de alumínio, não possuindo paredes, sendo delimitado por muretas e cabos de aço. A segunda instalação o sistema era de baia coletiva, onde foi utilizado um piquete parcialmente coberto de 27 metros de comprimento e 16

metros de largura, possuía três cochos alimentadores e um bebedouro automáticos (Intergado®) de 0,3 x 0,7 metros, que faziam o registro automático do número de visitas, do peso da dieta consumido por animal e o tempo gasto em cada visita. O bebedouro também possuía uma plataforma que registrava o peso dos animais durante o consumo de água.

Os animais foram equipados com o sensor HEATIME® HR SYSTEM sete dias antes das avaliações para adaptação. O aparelho é em forma de colar, onde o dispositivo que contém o sensor deve ficar em contato com o pescoço do animal. As avaliações para validação dos colares foram realizadas durante dois períodos de cinco dias, durante oito horas por dia (08:00 às 12:00 e das 14:00 às 18:00 horas) por animal, sendo que 10 novilhas foram avaliadas no *tie-stall* e 11 novilhas no confinamento.

As avaliações do comportamento foram realizadas visualmente, a cada três minutos, por dois avaliadores. O comportamento de ruminação após ser visualizado era marcado em etograma impresso em folha de papel sulfite. Os dados foram organizados em blocos de duas horas, somando o tempo gasto ruminando neste período, pois o sensor fornece os dados do tempo gasto em ruminação a cada duas horas de intervalo.

Os animais recebiam a dieta total às 08:00 horas da manhã. O ajuste da dieta foi realizado diariamente com base na quantidade de sobras. No *tie-stall*, as sobras eram coletadas e pesadas pela manhã, para análise do consumo e o ajuste era realizado buscando-se manter sobras de 10% da quantidade de alimento ofertada. No piquete, os cochos Intergado® registravam automaticamente o consumo dos animais diariamente, e as sobras eram retiradas pela manhã.

4.2 Comparação comportamental entre instalações

Para as avaliações de comparação de comportamento foram utilizadas 10 novilhas da raça Gir, com 10 meses de idade e 179 ± 26 Kg de peso vivo. Os comportamentos foram comparados entre as duas instalações, *tie-stall* e baia coletiva.

O sistema de *tie-stall* era equipado com camas de 1,8 metros de comprimento e 1,3 metros de largura, com cocho de alimentação de 0,6 m x 1,3 m, bebedouros automáticos e piso de borracha. Os animais permaneciam presos na cama por cabrestos de corda, a instalação possuía cobertura de telhas de alumínio, não possuindo paredes, sendo delimitado por muretas e cabos de aço. A segunda instalação o sistema era de baia coletiva, onde foi utilizado um piquete parcialmente coberto de 27 metros de comprimento e 16 metros de largura, possuía três cochos alimentadores e um bebedouro automáticos (Intergado®) de 0,3 x 0,7 metros, que faziam o registro automático do número de visitas, do peso da dieta consumido por animal e o tempo gasto em cada visita. O bebedouro também possuía uma plataforma que registrava o peso dos animais durante o consumo de água.

Cinco novilhas foram alojadas nas camas do *tie-stall* e cinco foram alojadas no piquete parcialmente coberto. Os animais foram observados durante quatro dias, em dois períodos, durante oito horas por dia (08:00 as 12:00 e das 14:00 as 18:00 horas), por dois avaliadores em cada instalação. Após as avaliações, os animais trocaram de sistema, e após adaptação, foram novamente avaliadas.

Os comportamentos foram caracterizados em: atividade em pé, atividade deitado, ócio em pé, ócio deitado, ruminando deitado, ruminando em pé, consumo de dieta e consumo de água. As avaliações do comportamento foram realizadas visualmente, a cada três minutos, por dois avaliadores. O comportamento após ser visualizado era marcado em etograma impresso em folha de papel sulfite

Os animais eram alimentados às 08:00 horas da manhã, ao meio dia (12:00) o alimento era retirado e pesado, sendo devolvido às 14:00, ao final da observação o alimento era novamente pesado, e devolvido ao cocho. O ajuste da dieta foi realizado diariamente com base na quantidade de sobras. No *tie-stall*, as sobras eram coletadas e pesadas pela manhã, para análise do consumo e o ajuste era realizado buscando-se manter sobras de 10% da quantidade de alimento ofertada. No piquete, os cochos Intergado® registravam automaticamente o consumo dos animais diariamente, e as sobras eram retiradas pela manhã.

4.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em *crossover* com dois tratamentos (*tie-stall* vs. confinamento), dois períodos de quatro dias, e dez repetições. As dez novilhas foram divididas aleatoriamente em dois grupos homogêneos (com cinco indivíduos) que permaneceram por quatro dias nos sistemas de confinamento e *tie-stall*. Ao final desse período os dois grupos foram invertidos e permaneceram em cada um dos sistemas por mais quatro dias.

4.4 Dieta

A dieta era composta por silagem de milho e concentrado, na proporção 75:25. O concentrado era composto por fubá de milho (30,03%), farelo de soja (62,97%) e núcleo mineral Fosbovi 40® (7,0%). O valor nutricional dos alimentos foram listados na tabela 1.

Tabela 1. Composição nutricional dos ingredientes da dieta fornecida em confinamento para novilhas da raça Gir com dez meses de idade.

	Silagem	Concentrado
Umidade (%)	64,55	11,21
MS (%)	35,44	88,78
PB (% MS)	7,38	27,4
EE (% MS)	3,78	4,06
FDN (% MS)	41,73	19,2
FDA (% MS)	22,5	6,26
Lignina (% MS)	4,67	1,16
CNF (% MS)	42,01	31,69
RM (% MS)	5,08	17,62

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos; RM: resíduo mineral

FONTE: o autor (2019).

4.5 Análise Estatística

Para a validação do sensor HEATIME® HR SYSTEM, os dados de atividade de ruminação obtidos a partir dos colares foram submetidos análise de variância (PROC GLM) em relação aos sistemas de produção e aos dados de atividade de ruminação coletados na avaliação visual. Uma vez detectada interação entre sistema de produção e dados de comportamento, análise de regressão (PROC REG) foi realizada isoladamente para cada sistema de produção, tendo os dados da observação visual como variável independente e os dados do sensor como variável dependente.

Os dados de consumo de alimento e de comportamento foram comparados entre os sistemas de produção utilizando-se o desenho *crossover*. As diferenças das variáveis entre os sistemas foram comparadas pelo teste T (PROC TTEST).

Foi adotado o nível de significância de 5% em todas as análises, que foram realizadas no programa *Statistical Analysis System*, versão 9.0 (SAS, 2002).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve a validação do colar HEATIME® HR SYSTEM quanto ao comportamento de ruminação quando comparado à observação visual. Houve interação ($P < 0,05$) entre sistemas e avaliação da ruminação (visual vs. sensor). Quando considerados os diferentes sistemas de produção (*tie-stall* e confinamento), foi verificada equação de regressão significativa apenas para o confinamento ($P=0,0002$), mas com coeficiente de correlação entre observação visual e sensor baixo e negativo ($r = -0,25$) (Figuras 1 e 2). O sensor superestimou a ruminação em 27,3% no confinamento (28 vs. 22 min/2h) e em 38,5% no *tie-stall* (36 vs. 26 min/2h). No caso do confinamento, embora a regressão tenha sido significativa, a validade do comportamento não atende o pressuposto biológico esperado entre as observações visuais e do sensor, portanto o sensor não foi validado para novilhas da raça Gir em ambos os sistemas de produção. Esperava-se que devido ao desenvolvimento ruminal, o comportamento de ruminação já pudesse ser detectado

de maneira precisa e acurada pelo sensor, implicando em seu uso em animais jovens.

Ao testarem o mesmo sensor da presente pesquisa em novilhas ao desmame, Rodrigues et al. (2019) observaram que o sensor superestimou os dados de ruminação. Foi sugerido que o incompleto desenvolvimento ruminal dos animais nesta fase e a menor atividade ruminal tenham interferido na obtenção de dados mais precisos dos animais. Porém, no presente estudo, os animais já apresentavam completo desenvolvimento ruminal, sugerindo que outros fatores devem estar relacionados à falha no uso do colar em novilhas.

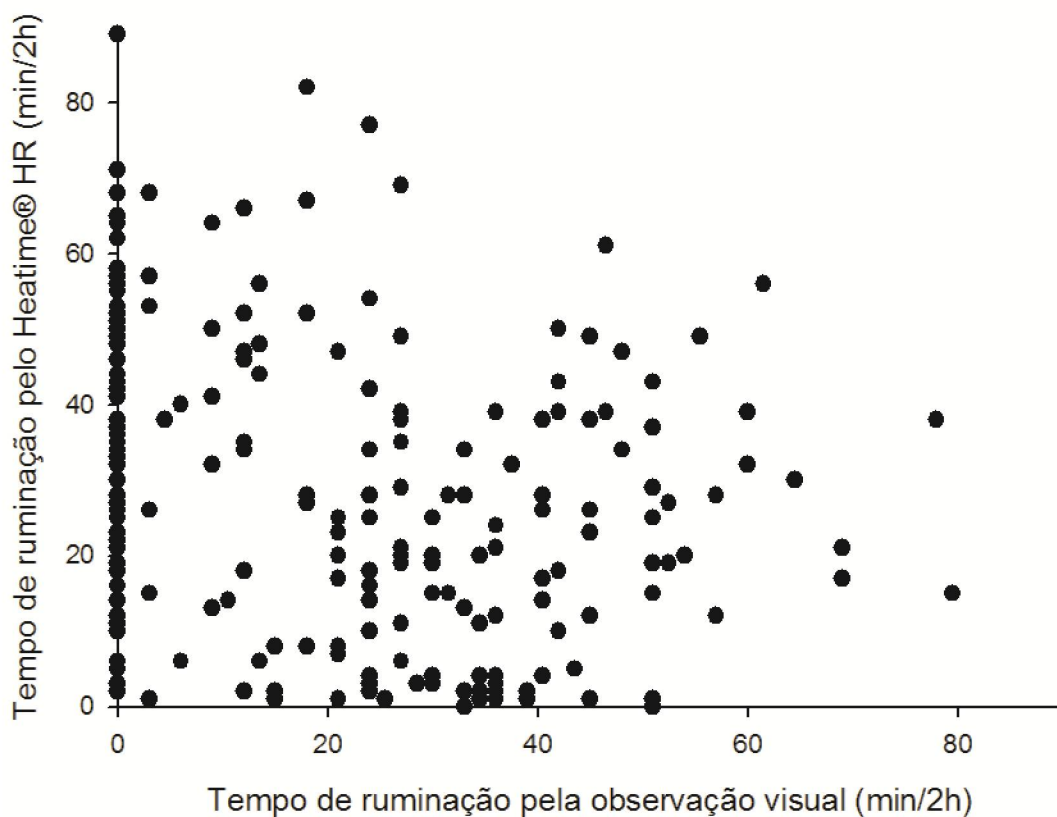
Burfeind et al. (2011) também relataram que a posição dos colares poderia ter interferido, visto que o sensor foi desenvolvido para animais adultos. Apesar de ajustados e devidamente posicionados, a movimentação, e o posicionamento dos animais possibilitaria a alteração do posicionamento do sensor. Essa alteração provavelmente ocorria pela menor espessura e largura do pescoço das novilhas quando comparadas aos animais adultos. Outro fator que pode ter contribuído para a movimentação dos colares é a presença de barbela desenvolvida na raça Gir, que para não causar feridas, os colares eram colocados de forma a se ajustar à mesma, para não prejudicar a pele das novilhas, o que pode ter propiciado a maior movimentação do colar.

Goldhawk, Schwartzkopf-genswein e Beauchemin (2013), ao analisarem os mesmos sensores que Burfeind et al. (2011), em novilhas de corte e em diferentes sistemas (*tie-stall* e confinamento), constataram que o sensor não é acurado para estes animais, e que diferentes tipos de alojamento não melhoram a capacidade do sensor em detectar os sons de ruminação. O que corrobora com os resultados encontrados na presente pesquisa, onde em nenhum dos locais o sensor foi efetivo para validação do sensor.

Resultados mais promissores foram encontrados por Wolfger et al. (2015), ao validar sensor que utiliza acelerômetro (SensOor; AgiAutomatisering BV, Harmelen, The Netherlands) acoplado na orelha de novilhos de 326 kg (\pm 46 kg) de peso corporal. Neste estudo a correlação para o monitoramento da ruminação em comparação com as observações visuais foi baixa a moderada. Os autores atribuem ao fato de os animais serem cruzamento de raças de corte (Hereford-Angus) e não

leiteira, por serem machos e animais jovens. Isso nos indica que os sensores quando utilizados em animais que não se encaixam no perfil adulto e leiteiro, apresentam menor acurácia na detecção do tempo de ruminação. No estudo atual, a utilização de novilhas com média de peso vivo 179 Kg, e da raça Gir, interferiu no desempenho ótimo do sensor para tempo de ruminação.

Figura 1. Comparativo do tempo de ruminação de novilhas Gir registrado pela observação visual e pelo dispositivo eletrônico HEATIME® HR em sistema de confinamento.

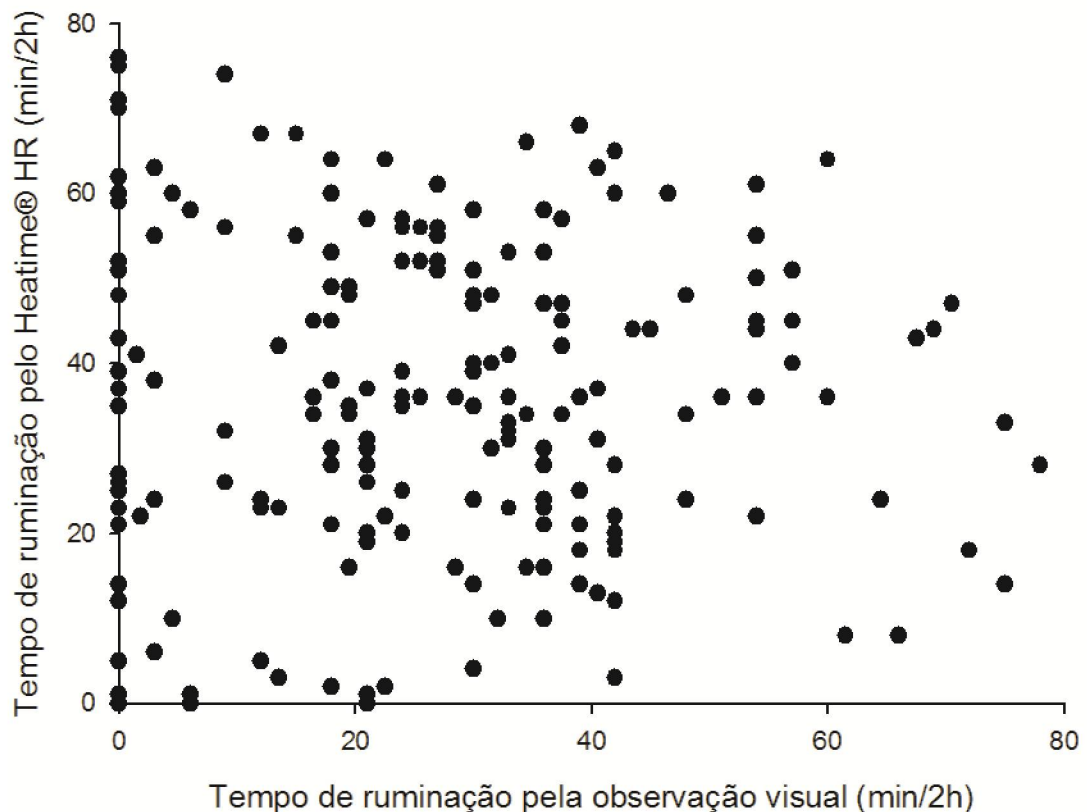


Fonte: o autor (2019).

Já quando testado em vacas lactantes, o aparelho que utiliza acelerometria como sensor (SensOor; Agis Automatisering BV, Harmelen, the Netherlands) teve alta correlação ($r=0.93$) entre o observado visualmente e o fornecido pelo aparelho, propiciando seu uso nessa categoria animal (BIKKER et al., 2014). Schirmann et al. (2009), ao testarem um colar com sensor acústico para ruminação em vacas em diferentes estágios de lactação, em baias individuais e em grupo, encontraram uma alta correlação ($r \geq 0.92$) em seus experimentos, quando compararam os dados do sensor com a avaliação visual. Tais estudos podem nos indicar que os algoritmos

utilizados para sensores desenvolvidos para vacas leiteiras não são utilizáveis para animais de diferentes categorias.

Figura 2. Comparativo do tempo de ruminação de novilhas Gir registrado pela observação visual e pelo dispositivo eletrônico HEATIME® HR em sistema de *tie-stall*.



Fonte: o autor (2019).

Na comparação comportamental entre os dois sistemas de alojamento das novilhas foram encontrados algumas diferenças (Tabela 2). Durante o período avaliado (08:00 às 12:00 horas e 14:00 às 18:00 horas), houve diferença significativa ($P < 0,05$) para os comportamentos de atividade, ócio deitado, tempo de ócio total e consumo entre os animais nos dois sistemas de alojamento. Já para os comportamentos de ócio em pé, ruminando em pé, ruminando deitado, tempo de ruminação total e bebendo água não houve diferença ($P > 0,05$).

Tabela 2. Média de tempo dos comportamentos entre os dois sistemas de criação (*Tie-stall* e confinamento) para intervalos de 120 min de registro de dados, das 8 às 12h e das 14 às 18h.

Variável	Média TS (min)	DP TS (min)	Média CONF (min)	DP CONF (min)	Valor de P
ATV	30	13	50	20	<0,0001
OCP	2	2	2	2	0,4413
OCD	19	13	15	11	0,0344
OCT	22	12	17	11	0,0426
RUMP	3	3	1	2	0,1112
RUMD	22	15	19	14	0,3424
RUMT	25	14	21	14	0,1392
CON	41	16	29	12	<0,0001
BEB	1	0	1	0	0,4433

TS: *tie-stall*; DP: desvio padrão; CONF: confinamento;
 ATV: atividade; OCP: ócio em pé; OCD: ócio deitado; OCT: tempo de ócio total;
 RUMP: ruminando em pé; RUMD: ruminando deitado; RUMT: tempo de ruminação total; CON: tempo de consumo; BEB: bebendo.

Fonte: o autor (2019)

As novilhas apresentaram menor atividade quando estavam no *tie-stall*. Tal padrão pode ser justificado pelos animais do confinamento terem maior espaço para movimentação (LAINEZ; HSIA, 2004), não estarem amarrados e estarem em grupo, já que um animal pode interferir no descanso de outro, interrompendo o ócio (HALEY; RUSHEN; PASSILLÉ, 2000). Além disso, os animais do *tie-stall* possuíam maior conforto para deitarem, devido à cama emborrachada, enquanto os animais do confinamento não possuíam camas, apenas chão batido e concreto. A não presença de cama, e a menor qualidade da superfície para os animais do confinamento possivelmente propiciou o maior tempo dos animais em atividade. Sabe-se que estruturas melhores planejadas e com camas de melhor qualidade alteram o tempo que os animais permanecem em pé e em atividade (HALEY; RUSHEN; PASSILLÉ, 2000).

Os animais alojados no *tie-stall* apresentaram maior tempo deitados e em ócio ($P < 0,05$). O fato de estarem amarrados, com contato limitado com outros animais e o alimento logo em frente diminui a necessidade de maior movimentação pelos animais. Já os animais no confinamento, possuíam maior área para movimentação, com possibilidade para interação e competição entre os mesmos, pois dividiam os cochos alimentadores.

De acordo com Enriquez-hidalgo et al. (2017) animais confinados tendem a ficar mais tempo deitado. Porém em experimento avaliando o comportamento de vacas leiteiras à pasto e colocadas em *tie-stall*, os autores observaram que os animais à pasto ficaram maior tempo deitadas quando comparadas aos animais no *tie-stall*. Os autores atribuíram ao fato dos animais no *tie-stall* não estarem adaptados ao novo alojamento, o que modificou o comportamento dos animais. Apesar de que na presente pesquisa não ter sido avaliado os animais a pasto, a condição do confinamento possuía características próximas à condição de animais soltos. Desse modo, animais alojados em sistemas de *tie-stall* permanecem maior tempo deitados e em ócio que animais soltos em confinamento.

Não houve diferença no tempo de ruminação. De acordo com Van Soest (1994), o tempo de ruminação é influenciado pelo tipo da dieta, sendo proporcional ao teor de parede celular dos volumosos. O valor de fibra detergente neutro (FDN) tem grande influencia no tempo de ruminação (ALBRIGHT, 1993; ADIN et al., 2009). Em ambos os tratamentos os animais recebiam a mesma dieta, de forma *ad libitum*, com os mesmos componentes nutricionais, o que explica o tempo similar de ruminação entre os tratamentos.

O maior tempo de consumo encontrado no *tie-stall* e menor no confinamento em grupo estão de acordo com diversas pesquisas. Devries e von Keyserlingk (2009), ao analisarem o comportamento de novilhas em confinamento individual e com competição, observaram que os animais que estavam em grupo passaram menos tempo consumindo, porém o tamanho das refeições tendeu a ser maior. O mesmo foi verificado por Olofsson (1999) ao avaliar vacas com cochos individuais e coletivos, onde os animais que dividiam cochos passaram menos tempo comendo e tiveram maior taxa de consumo. Ambos os trabalhos atribuem o menor tempo consumindo à competição entre os animais e o *ranking* social encontrado nos lotes,

e o menor tempo gasto consumindo leva a redistribuição dos demais comportamentos.

O tempo gasto com bebida não teve diferença entre os dois locais. O pouco tempo usado para esta atividade e o fácil acesso à água permite que os animais tanto do *tie-stall* quanto do confinamento utilizem os bebedouros sempre que necessário. Olofsson (1999) também não encontrou diferença no consumo de água, indicando que a competição entre os animais não afeta o consumo de água. Lainez e Hsia (2004), ao analisarem o consumo de água de vacas e novilhas em dois sistemas de confinamento (*Wet pad x Open house*), não encontraram diferenças no tempo gasto bebendo água entre os alojamentos, o que reforça a ideia que enquanto há bebida de fácil acesso, o local e a competição não afetam o consumo de água.

Não houve diferença ($P > 0,05$) no consumo de dieta entre os tratamentos, as novilhas do *tie-stall* consumiram em média 7,14 ($\pm 1,79$) Kg de matéria natural, enquanto na baía coletiva consumiram 7,15 ($\pm 3,23$) kg de matéria natural. De acordo com Moosavinasab, Eidivandi e Ghanbari (2015) não há diferença no consumo quando comparado a criação de novilhos em *tie-stall* e *free-stall*. Visando os tratamentos aplicados, e as diferenças que estes fornecem, os resultados encontrados corroboram com nosso estudo, indicando que não existe um sistema (*tie-stall* x confinamento) que aumente o consumo alimentar dos animais.

Quando observado as atividades por faixa de horário, é possível observar algumas diferenças entre os sistemas (Tabela 4). Apesar de não ter sido analisado estatisticamente, pois não era o objetivo da comparação, os dados podem nos dar noção das diferenças comportamentais nas diferentes faixas de horários analisadas (08:00 – 09:59; 10:00 – 11:59; 14:00 – 15:59 e 16:00 – 17:59).

Quando faixas de horários (Tabela 3) são levadas em conta na análise comportamental de novilhas da raça Gir, alguns comparativos merecem atenção para reforçar descritivamente os resultados estatísticos da avaliação geral do comportamento dos animais. Como exemplo, embora as novilhas do sistema confinado não tenham tido significativamente maior atividade do que as novilhas do *tie-stall*, elas distribuíram sua atividade geral mais na parte da tarde do que durante a manhã. Já quando a análise é feita em relação ao tempo de ócio, particularmente

aquele em que os animais procuram a cama para se deitar, esse quadro se inverte. As novilhas confinadas dedicaram menor tempo ao descanso na parte da tarde. Isso pode ocorrer pelo maior espaço disponível para os animais do confinamento se movimentarem, enquanto o espaço limitado do *tie-stall* leva às novilhas a ficar em repouso.

Tabela 3. Média de tempo dos comportamentos entre os dois sistemas de criação (*Tie-stall* e confinamento) para cada intervalo de 120 min de registro de dados.

Váriavel		08:00 - 09:59	10:00 - 11:59	14:00 - 15:59	16:00 - 17:59
ATV	TIE	41 (8)	19 (7)	27 (10)	33 (14)
	CONF	46 (19)	36 (10)	46 (16)	71 (16)
OCP	TIE	4 (3)	1 (1)	1 (1)	2 (2)
	CONF	3 (2)	1 (0)	3 (3)	1 (2)
OCD	TIE	6 (6)	31 (9)	20 (10)	20 (13)
	CONF	15 (8)	30 (4)	11 (5)	3 (2)
RUMP	TIE	6 (4)	3 (3)	1 (1)	1 (1)
	CONF	1 (1)	1 (0)	1 (2)	3 (4)
RUMD	TIE	9 (8)	42 (10)	18 (8)	18 (7)
	CONF	26 (15)	29 (8)	20 (10)	1 (2)
CONS	TIE	51 (12)	21 (7)	50 (13)	43 (12)
	CONF	15 (7)	19 (6)	34 (10)	37 (13)
BEB	TIE	1 (1)	0 (0)	1 (1)	1 (0)
	CONF	1 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)

TS: *tie-stall*; CONF: confinamento; (*): desvio padrão; ATV: atividade; OCP: ócio em pé; OCD: ócio deitado; OCT: tempo de ócio total; RUMP: ruminando em pé; RUMD: ruminando deitado; RUMT: tempo de ruminação total; COM: tempo de consumo; BEB: bebendo.

Fonte: o autor (2019)

O tempo de consumo foi maior para os animais no *tie-stall*, mas as maiores diferenças foram distribuídas no início da manhã e da tarde. Embora não tenha sido detectado uma diferença significativa em relação a ruminação, parece que a ruminação dos animais em pé é mais contrastante entre sistemas. Isso, de certa forma, se reflete na distribuição desse comportamento ao longo do período diurno. As novilhas confinadas permanecem mais tempo deitadas em ruminação no início

da manhã e no início da tarde. De certa forma, esse comportamento pode estar associado ao ambiente térmico entre os dois sistemas e, mais particularmente ao nível de competição entre animais para o confinamento, uma vez que no *tie-stall* as novilhas ficam em baias individualizadas. A competição entre animais no momento da alimentação é um assunto bastante relatado na literatura, sendo frequente que no início da alimentação um pequeno número de animais dominantes restrinja que um número mais significativo de animais submissos tenham acesso ao cocho de alimentação. Nesse caso, o maior tempo dedicado a ruminação nesses horários, em confinamento coletivo, provavelmente seria representado pelo grupo submisso de novilhas.

Os animais do *tie-stall*, por estarem mais próximos do cocho e sozinhos em suas baias são mais reativos ao fornecimento da dieta, e passavam mais tempo em consumo. Desse modo existe reflexo no tempo de ruminação no *tie-stall*, que era maior após os períodos de alimentação. Para os demais comportamentos não houve grandes diferenças entre as duas instalações nas diferentes faixas de horário.

6. CONCLUSÃO

A utilização do sensor HEATIME® HR SYSTEM em novilhas de 10 meses de idade e média de aproximadamente 180 Kg de peso vivo não é indicado para monitoramento do padrão de ruminação, pois o aparelho não desempenha a correta leitura de ruminação dos animais nessa idade. Diferentes tipos de instalações causam alterações no padrão comportamental de novilhas, aumentando o tempo de atividade dos animais em baia coletiva e o tempo de ócio deitado, ócio total e tempo de consumo nas novilhas alojadas em *tie-stall* o que pode interferir em seus resultados produtivos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A não validação do sensor HEATIME® HR SYSTEM, nos aponta que o aparelho requer ajustes para que ocorra o correto funcionamento em novilhas leiteiras. Mais pesquisas são necessárias para a criação de um algoritmo adequado para o padrão de ruminação de novilhas.

As diferenças comportamentais basearam-se na atividade e no tempo em ócio, não havendo diferença na ruminação, consumo e tempo bebendo. Sabendo que o consumo da dieta em ambas as instalações é o mesmo, o ganho de peso pode ser maior nos animais presos no *tie-stall*, pois os mesmos possuem sua movimentação limitada, e maior tempo em ócio. Mais pesquisas podem ser realizadas para a avaliação do ganho de peso nestas duas instalações.

REFERÊNCIAS

- ADIN, G. et al. Effect of feeding cows in early lactation with diets differing in roughage-neutral detergent fiber content on intake behavior, rumination, and milk production. **Journal Of Dairy Science**, v. 92, n. 7, p.3364-3373, 2009.
- ALBRIGHT, J. L. Nutrition and feeding calves: feeding behavior of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, p. 485-498, 1993.
- ANDRIAMANDROSO, A. L. H. et al., A review on the use of sensors to monitor cattle jaw movements and behavior when grazing. **Biotechnology, Agronomy, Society and Environmental** v. 20, 2016.
- BANHAZI, T. M. et al. Precision Livestock Farming: Precision feeding technologies and sustainable livestock production. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**. V. 5, n. 4, p 1-9, 2012.
- BEAUCHEMIN, K. A. Ingestion and Mastication of Feed by Dairy Cattle. **Veterinary Clinics Of North America: Food Animal Practice**, v. 7, n. 2, p.439-463, 1991.
- BERCKMANS, D. Automatic on-line monitoring of animals by precision livestock farming. **International society for animal hygiene**. Saint-malo, 2004.
- BIKKER, J. P. et al. Technical note: Evaluation of an ear-attached movement sensor to record cow feeding behavior and activity. **Journal Of Dairy Science**, v. 97, n. 5, p.2974-2979, 2014.
- BRAUN, U.; ZÜRCHER, S.; HÄSSIG, M. Evaluation of eating and rumination behaviour in 300 cows of three different breeds using a noseband pressure sensor. **Bmc Veterinary Research**, v. 11, n. 1, p.1-6, 2015.
- BROWN D.D. et al., 2013. Observing the unwatchable through acceleration logging of animal behavior. **Animal Biotelemetry**, 1, 1-16.
- BURFEIND, O. et al. Technical note: Evaluation of a system for monitoring rumination in heifers and calves. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 1, p.426-430, 2011.

CHASE, L.J.; WANGSNESS, P.J.; BAUMGARDT, B.R. Feeding behavior of steers fed a complete mixed ration. **Journal of Dairy Science**, v.59, n.11, p.1923-1928, 1976.

CHIZZOTTI, M. I. et al. Technical note: Validation of a system for monitoring individual feeding behavior and individual feed intake in dairy cattle. **Journal Of Dairy Science**, v. 98, n. 5, p.3438-3442, 2015.

DEVRIES, T. J.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.. Competition for feed affects the feeding behavior of growing dairy heifers. **Journal Of Dairy Science**, v. 92, n. 8, p.3922-3929, 2009.

DOLECHECK, K. A. et al. Behavioral and physiological changes around estrus events identified using multiple automated monitoring technologies. **Journal of Dairy Science**. 2015.

ENRIQUEZ-HIDALGO, D. et al. Behavioural responses of pasture based dairy cows to short term management in tie-stalls. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 198, p.19-26, 2017.

FAO. Faostat: statistics division, data, livestock primary. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>>. Acesso em: 13/08/2018.

FISCHER, V. et al. Padrões da distribuição nictemeral do comportamento ingestivo de vacas leiteiras, ao início e ao final da lactação, alimentadas com dieta à base de silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p.2129-2138, 2002.

GOLDHAWK, C.; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K.; BEAUCHEMIN, K. A.. Technical Note: Validation of rumination collars for beef cattle¹. **Journal Of Animal Science**, v. 91, n. 6, p.2858-2862, 2013.

GRANT, R. J.; ALBRIGHT, J.L., Feeding behaviour. In: D'Mello, J.P.F, **Farm Animal Metabolism and Nutrition**. New York, NY:CABI Publishing, 2000.

HALEY, D. B.; RUSHEN, J.; PASSILLÉ, A. M. Behavioural indicators of cow comfort: activity and resting behaviour of dairy cows in two types of housing. **Canadian Journal Of Animal Science**, v. 80, n. 2, p.257-263, 2000.

HARMAN G., Pressure sensors. In: Wilson J.S., ed. **Sensor technology handbook**. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, p. 411-456, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/10/rebanho-bovino-brasileiro-cresce-e-chega-a-212-3-milhoes-de-cabecas-de-gado>>. Acesso em 29 de Maio de 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/16994-rebanho-de-bovinos-tem-maior-expansao-da-serie-historica>>. Acesso em: 09/10/2018.

KRAWCZEL, P.d. et al. Technical note: Data loggers are a valid method for assessing the feeding behavior of dairy cows using the Calan Broadbent Feeding System. **Journal Of Dairy Science**, v. 95, n. 8, p.4452-4456, 2012.

LACA E.A. & DEVRIES M.F.W., Acoustic measurement of intake and grazing behaviour of cattle. **Grass Forage Science**, v. 55, p. 97-104, 2000.

LAINÉZ, M. M.; HSIA, L. C. Effects of Season, Housing and Physiological Stage on Drinking and Other Related Behavior of Dairy Cows (*Bos taurus*). **Asian-australasian Journal Of Animal Sciences**, v. 17, n. 10, p.1417-1429, 2004.

LEME, T. M. S. P. et al. Comportamento de vacas mestiças holandês x zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p.668-675, 2005.

MATSUI, K.; OKUBO, T., A method for quantification of jaw movements suitable for use on free-ranging cattle. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 32, p. 107-116, 1991.

MATTACHINI, G. et al. Monitoring feeding behaviour of dairy cows using accelerometers. **Journal Of Agricultural Engineering**, v. 47, n. 1, p.54-58, 8 2016.

MENDONÇA, S.S., et al. 2004. Comportamento Ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana de açúcar ou silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33: 723-728.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: Forage quality, evaluation and utilization. **Madison: American Society of Agronomy**, 1994. p.450-493.

MILONE D.H. et al., Automatic recognition of ingestive sounds of cattle based on hidden Markov models. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 87, p. 51-55, 2012.

MOOSAVINASAB, F.; EIDIVANDI, S.; GHANBARI, O. A comparative study on beef steers rearing in tie stall and free stall systems. **Acta Medica Mediterranea**, v. 31, p. 1399-1403, 2015.

MÜLLER, R.; SCHRADER, L. A new method to measure behavioural activity levels in dairy cows. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 83, n. 4, p.247-258, 2003.

NAVON S.; MIZRACH A.; HETZRONI A.; UNGAR E.D., Automatic recognition of jaw movements in free-ranging cattle, goats and sheep, using acoustic monitoring. **Biosystems Engineering**, v. 114, p. 474-483, 2013.

OLOFSSON, J. Competition for Total Mixed Diets Fed for Ad Libitum Intake Using One or Four Cows per Feeding Station. **Journal Of Dairy Science**, v. 82, n. 1, p.69-79, 1999.

OVERTON, M.w. et al. Using Time-Lapse Video Photography to Assess Dairy Cattle Lying Behavior in a Free-Stall Barn. **Journal Of Dairy Science**, v. 85, n. 9, p.2407-2413, 2002.

PAZDIORA, R. D. et al. Efeitos da frequência de fornecimento do volumoso e concentrado no comportamento ingestivo de vacas e novilhas em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 10, p.2244-2251, 2011.

PENNING, P.D.; ROOK, A.J.; ORR, R.J. Patterns of ingestive behavior sheep continuously stocked on monocultures of ryegrass or white clover. **Applied Animal Behavior Science**, v. 31, p. 237-250, 1991.

PINTO, C. E. et al. Comportamento ingestivo de novilhos em pastagem nativa no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p.319-327, 2007.

RODRIGUES, J. P. P. et al. Technical note: Evaluation of an automatic system for monitoring rumination time in weaning calves. **Livestock Science**, v. 219, p.86-90, 2019.

RUS M.A.; WOBSCHALL A.; STORM S.; KAUFMANN O. DairyCheck – a sensor system for monitoring and analysis of the chewing activity of dairy cows. **Landtechnik**, v. 68, p. 395-398, 2013.

RUTTER S.M., Graze: a program to analyze recordings of the jaw movements of ruminants. **Behavior Research Methods, Instruments & Computers**. v. 32, p. 86-92, 2000.

RUUSKA, S. et al. Validation of a pressure sensor-based system for measuring eating, rumination and drinking behaviour of dairy cattle. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 174, p.19-23, 2016

SANTANA JUNIOR, H. A. et al. Metodologias para avaliação do comportamento ingestivo de novilhas suplementadas a pasto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p.1475-1485, 25 jun. 2014.

SCHIRMANN, K. et al. Technical note: Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. **Journal Of Dairy Science**, v. 92, n. 12, p.6052-6055, 2009.

SCR by Allflex, Disponível em:<<http://www.scrdairy.com/cow-intelligence/cow-intelligence-overview.html>>. Acesso em 01 de Junho de 2017.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell. 476p. 1994.

VON KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D M. Review: Feeding behaviour of dairy cattle. **Canadian Journal Of Animal Science**, v. 90, n. 3, p.303-309, 2010

WALKER, S.I. et al. Lameness, Activity Time-Budgets, and Estrus Expression in Dairy Cattle. **Journal Of Dairy Science**, v. 91, n. 12, p.4552-4559, dez. 2008. American Dairy Science Association.

ZANINE, A. M. et al. Comportamento ingestivo de vacas Girolandas em pastejo de Brachiaria brizantha e Coast-cross. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.10, n.1, p.85-95, 2009.

ZANINE, A. M; VIEIRA, B. R; FERREIRA, D. J; VIEIRA, A. J. ,M; LANA, R. P; CECON, P. R. Comportamento Ingestivo de Diversas Categorias de Bovinos da Raça Girolanda, em Pasto de Brachiaria Brizantha CV. Marandu. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, Umuarama, v. 11, n. 1, p. 35-40, 2008.