

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**ESCOLA DE VETERINÁRIA**

**Programa de Pós-graduação em Zootecnia**

**Validação de sistema automático de monitoramento de comportamento alimentar e efeito da tristeza parasitária sobre o consumo de alimentos em bezerros**

**BALTAZAR RUAS DE OLIVEIRA JÚNIOR**

**Belo Horizonte  
Escola de Veterinária – UFMG  
2015**

**BALTAZAR RUAS DE OLIVEIRA JÚNIOR**

**Validação de sistema automático de monitoramento de comportamento alimentar e efeito da tristeza parasitária sobre o consumo de alimentos em bezerros**

Dissertação apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Produção Animal

Orientadora: Prof. Dra. Sandra Gesteira Coelho

Coorientadores: Dr. Marcelo Neves Ribas

Dra. Fernanda Samarini Machado

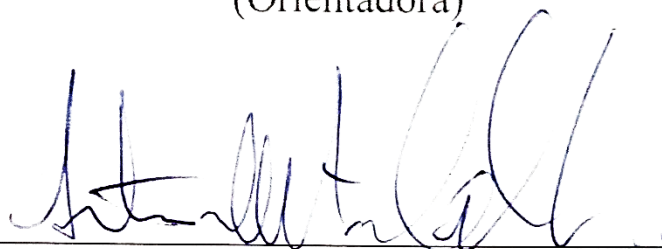
**Belo Horizonte**  
**Escola de Veterinária – UFMG**  
**2015**

DISSERTAÇÃO defendida e aprovada em 30/01/2015 pela Comissão Examinadora composta pelos seguintes membros:



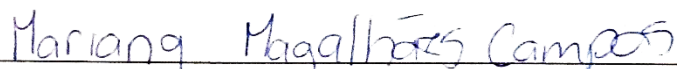
---

Prof. SANDRA GESTEIRA COELHO  
(Orientadora)



---

Prof. ANTÔNIO ÚLTIMO DE CARVALHO



---

Dra. MARIANA MAGALHÃES CAMPOS

O48v

Oliveira Junior, Baltazar Ruas de, 1989-

Validação de sistema automático de monitoramento de comportamento alimentar e efeito da tristeza parasitária sobre o consumo de alimentos em bezerros / Baltazar Ruas de Oliveira Junior. – 2015.

90 p. : il.

Orientadora: Sandra Gesteira Coelho

Coorientadores: Marcelo Neves Ribas, Fernanda Samarini Machado

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária  
Inclui bibliografia

1. Bezerro – Alimentação e rações – Teses. 2. Alimentos – Consumo – Teses.  
3. Babesiose em bovino – Teses. 4. Produção animal – Teses. I. Coelho, Sandra Gesteira.  
II. Ribas, Marcelo Neves. III. Machado, Fernanda Samarini. IV. Universidade Federal de  
Minas Gerais. Escola de Veterinária. V. Título.

CDD – 636.208 5

Dedico aos animais, razão deste trabalho, a meus pais Baltazar e Edna e irmãs Andréa, Lúcia e Aline pelo apoio e incentivo

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.

Madre Teresa de Calcutá (1910-1997)

## AGRADECIMENTOS

Agradecer é reconhecer a importância do incentivo, da ajuda, do carinho e amor demonstrados em algum momento pelas pessoas que o cercam direta ou indiretamente. Pessoas que de algum modo facilitaram a jornada e merecem retribuição. Antes de qualquer outra ponderação, agradeço a Deus, por ter me dado a vida, saúde e permitindo-me a família que tenho e amigos que encontrei nessa jornada. Por me proporcionar esta oportunidade me guiando durante o percurso. Agradeço aos meus pais, Baltazar e Edna, pela vida, educação, apoio e pelo amor incondicional que sempre deram sem esperar nada em troca. Às minhas irmãs, Andréa, Lídia e Aline, pelo amor, carinho e incentivo. Aos amigos, Heitor e Ethiene (Thithi), pela amizade e ajuda desde o início emprestando livros e material de estudo, e companheirismo. Aos amigos Renata (Renatinha) e Thiago, que me auxiliaram desde o momento de envio de documentação até a fase da escrita da dissertação. Sem a amizade verdadeira e apoio de vocês nada disso seria possível. Ao Philipe (Porco) pela ajuda, ensinamentos e amizade. Aos demais amigos, Renata Stefani (Renatinha loira), Samuel, Karina, Alessandra (Lelê), Isabela, Guilherme e vários outros por estarem sempre ao meu lado. À Prof. Sandra, pela amizade, pela ética, pela humanidade e caráter, pela dedicação e disposição em transmitir sabedoria e ensinamentos. Aos colegas e amigos de curso que porventura tenham me auxiliado. Em especial à Ju Carioca que esteve presente do início ao fim facilitando e possibilitando a conclusão deste trabalho. Aos meus coorientadores Marcelo e Fernanda pela colaboração e ensinamentos. Aos colaboradores da Fazenda Brejo Alegre. Ao Dr. Pedro, a Telma e a Bruna, por me receberem de portas abertas, por permitirem a realização do experimento na fazenda, oferecendo apoio, suporte e amizade. Ao Carlinhos e a Dilma, e seus filhos, Dione, Lidiane e Viviane, pela receptividade, amizade, e suporte (sem falar da comida especial da Dilma). Ao Zé que esteve comigo no dia-a-dia do experimento, e que foi essencial na realização deste. Aos animais que são o motivo da realização deste trabalho. Aos demais colaboradores, Luigi, Prof. Ivan, pela ajuda com estatística, e outros professores, colegas e funcionários que tenham colaborado em algum momento. A todos, muito obrigado!

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	10
<b>ASBTRACT</b> .....	12
<b>1.INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	14
<b>2.REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
2.1Consumo de alimentos.....	16
2.1.1 Receptores no rúmen.....	18
2.1.2 Duodeno e intestinos.....	18
2.1.3 Fígado.....	19
2.1.4 Fatores ambientais e sociais.....	19
2.2Consumo de água.....	20
2.3 Mensuração de consumo.....	21
2.4 Eficiência alimentar.....	22
2.5 Comportamento animal.....	23
2.6 Comportamento de ingestão de água e alimentos.....	24
2.7 Comportamento de ingestão de água e alimentos em animais doentes.....	27
2.8 Equipamentos eletrônicos na pecuária de precisão.....	31
2.9 Validação de equipamentos eletrônicos de rádio frequência para alimentação de bovinos.....	32
2.10 Tristeza Parasitária.....	36
<b>3.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	42
<b>4.CAPÍTULO 1 – TECHNICAL NOTE: MONITORING SYSTEM FOR YOUNG CATTLE</b> .....	57
<b>5.CAPÍTULO 2 – AVALIAÇÃO AUTOMATIZADA DE MUDANÇAS NO COMPORTAMENTO ALIMENTAR ASSOCIADAS À TRISTEZA PARASITÁRIA EM BEZERRAS</b> .....	72
<b>6.CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	90



---

## LISTA DE TABELAS

---

### CAPÍTULO 1

**Table 1.** Average, maximum and minimum values for feed intake per visit (g), visit duration to the feed bins (s), water intake per visit (kg) and visit duration to the water bins, estimated by the electronic registers (electronic observations) and manual weighing and video observations (direct observations).....68

**Table 2.** Evaluation of the registers Intergado compared to the observed in the independent systems for feed intake per visit (g), visit duration to the feed bins (s), water per visit (kg) and visit duration to the water bins (s).....69

### CAPÍTULO 2

**Tabela 1.** Médias de consumo de alimentos (kg) e de água (L), número e duração de visitas aos cochos de alimentos e aos bebedouros.....88

---

---

## LISTA DE FIGURAS

---

### CAPÍTULO 1

**Figure 1.** Water intake (A) and feed intake (B) measured used an external scale vs. water intake and feed intake recorded by the system.....70

**Figure 2.** Visit duration to the feed bin (A) and the water bin (B) observed on the videos vs. visit duration recorded by the system.....71

### CAPÍTULO 2

**Figura 1.** Consumo diário de alimentos (kg), consumo diário de água (kg) e duração total de visitas aos cochos de alimentação e aos bebedouros de água (min) mensurados, individualmente, em intervalos em que os animais encontravam-se doentes (linha contínua) ou saudáveis (linha tracejada).....89

---

---

## LISTA DE SIGLAS

---

°C: graus célsius

CAR: consumo alimentar residual

CMS: consumo de matéria seca

FDN: fibra solúvel em detergente neutro

H: hora

IL-1 $\alpha$ : interleucina-1-alfa

IL-1 $\beta$ : interleucina-1-beta

IL-6: interleucina-6

kg: quilograma

L: litros

L/min: litros por minuto

L/d: litros por dia

Min: minuto

MN: matéria natural

MS: matéria seca

QME: quadrado médio do erro de predição

QMEraiz: raiz do quadrado médio do erro de predição

R: correlação

R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação

RFID: identificação por rádio frequência

Seg: segundo

TGI: trato gastrointestinal

TNF- $\alpha$ : fator de necrose tumoral - alfa

TPBi: tempo de permanência no bebedouro com ingestão de água

TPBt: tempo total de permanência no bebedouro

TPC: tempo de preenchimento capilar

VBi: número de visitas ao bebedouro com ingestão de água

VCi: número de visitas ao cocho com ingestão de alimento

VCT: número total de visitas ao cocho de alimentação

VG: volume globular

Visitas/d: visitas por dia

---

## RESUMO

Objetivou-se validar um sistema de rádio frequência para monitorar o comportamento alimentar e o consumo individual de água e de alimentos em bovinos jovens alojados em grupo. Trinta e cinco novilhas mestiças Holandês-Gir, equipadas com *tags* auriculares contendo um *transponder* passivo único, foram distribuídas em três grupos de 12, 12 e 11 animais por período e tiveram livre acesso a 12 cochos e dois bebedouros eletrônicos (Intergado®, Contagem, Brasil). O sistema registrava o animal, a duração das visitas, o consumo individual de alimentos e de água, número do equipamento, tempo inicial e final das visitas, bem como a diferença no peso do alimento e da água no início e final de cada visita. Os cochos foram monitorados por vídeo durante quatro dias e os bebedouros por seis dias. Para cada cocho, dois eventos foram monitorados por pesagem manual imediatamente antes e depois da visita do animal (n = 24 observações), sendo, a diferença entre eles assumida como ingestão de alimento. Para os bebedouros realizaram-se 60 pesagens. Os dados de vídeo e de pesagens manuais foram regredidos nos dados eletrônicos de comportamento alimentar e de consumo de alimento e água para avaliar a precisão e acurácia do sistema. Observou-se elevada especificidade (98,98 e 98,56% para os cochos e bebedouros, respectivamente) e sensibilidade (99,25 e 98,74%, respectivamente) na identificação de presença ou ausência animal. A duração das visitas aos cochos e bebedouros, e o consumo de alimentos e de água por visita estimados pelo sistema foram altamente correlacionados e precisos ( $R^2 = 0,917, 0,963, 0,973$  e  $0,986$ , respectivamente), quando comparados aos dados dos vídeos e das pesagens manuais. No estudo de comportamento, o diagnóstico de tristeza parasitária foi feito por acompanhamento de volume globular (VG) e exame clínico. Durante o período avaliado 12 animais foram acometidos pela tristeza parasitária e tiveram o consumo e comportamento alimentar avaliados 4 dias antes e depois do diagnóstico da doença (d-4 a d4). De d-3 a d4 o número diário de visitas aos cochos de alimentação e o tempo total gasto nestas visitas foi reduzido. Nos d-3 e d2 a quantidade de alimento ingerida a cada visita aumentou. O consumo de alimentos (total diário) foi menor do d-1 ao d1. O número de visitas aos bebedouros foi menor no d1 e o tempo gasto nestas visitas foi aumentado. O consumo de água por visita foi menor do d-3 a d2, nos dias d0 e d1 o consumo diário de água foi menor que nos outros dias. Concluiu-se que o sistema Intergado é uma ferramenta útil para monitorar o comportamento alimentar e o consumo de água e alimentos. Todas as variáveis estudadas estão alteradas durante a tristeza parasitária e algumas delas se

alteram antes do início dos sinais clínicos da doença e podem ser ferramentas de diagnóstico precoce, úteis no monitoramento da enfermidade. A alteração do consumo com redução de ingestão diária de alimentos igual ou superior a 35.5% pode ser um indicador precoce de tristeza parasitária.

**Palavras-chaves:** anaplasrose, consumo de alimentos, novilhas, identificação por radiofrequência, consumo de água, comportamento do animal doente.

## ABSTRACT

The objective was to validate a radio frequency system for monitoring individual feeding behavior, water and feed consumption in young cattle housed in group. Thirty five Holstein-Gyr crossbred heifers, fitted with an ear tag containing a unique passive transponder, were distributed in three groups of 12, 12 and 11 animals per period and had free access to 12 electronic feed bins and two electronic water bins (Intergado®, Contagem, Brazil). The system documented the animal, visit duration, individual feed and water intake, bin number, initial and final times of visits, and the difference of feed and water weight at start and end for each visit. Feed bins were monitored by time-lapse video recording over four days and the water bins over six days. For each feed bin, two feeding events were monitored using manual weighing's immediately before and after the animal's visit and the difference between them was assumed as feed intake (n = 24 observations). For water bins there were made 60 manual weighing's. Video and manual weighing data were regressed on the electronic feeding behavior and feed and water intakes data to evaluate system's precision and accuracy. The system showed a high specificity (98.98 and 98.56% for the feed and water bins, respectively) and sensitivity (99.25 and 98.74%, respectively) for identifying animal's presence or absence. Duration of feed and water bins visits, and feed and water consumption per visit estimated by the system were highly-correlated and precise ( $R^2 = 0.917, 0.963, 0.973$  and  $0.986$ , respectively) when compared to observed video and manual weighing data. In behavioral study the diagnosis of tick-borne occurred by monitoring cell volume (VG) and clinical examination. During the evaluation period 12 animals were affected by tick fever and had the consumption and feeding behaviour evaluated 4 days before and after the diagnosis of illness (d-4 to d4). In d-3 to d4 the daily number of visits to the feeding bins and the total time spent on these visits has reduced. In d-3 and d2 the amount of food ingested at each visit increased. The total daily feed intake was lower in d-1, d0 and d1. The number of water bin visits was lower in d1 and the time spent on these visits was gradually increasing. The water intake per visit was lower in d-3 to d2, and in days d0 and d1 the daily water intake was lower than in other days. It was concluded that Intergado system is a useful tool for monitoring feeding behavior, water and feed intake. All studied variables are changed during the tick-borne disease and some of those changes before the onset of clinical signs of the disease and may be early diagnosis tools, useful in monitoring disease.

The alteration of consumption with daily feed intake decrease of 35.5% ,or more, may be an early indicator of tick-borne disease.

**Key Words:** anaplasmosis, feed consumption, heifers, radiofrequency identification, water intake, sickness behavior.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A lucratividade da produção de bovinos está intimamente ligada aos custos totais de produção, à genética, à nutrição, à sanidade, à reprodução e à produção propriamente dita. Depende, dentre outros fatores, das oscilações no mercado de compra e venda de animais e insumos, principalmente grãos e farelos, importantes componentes das dietas concentradas em formulações para bovinos, do potencial individual dos animais quanto à ingestão, absorção e utilização dos nutrientes oferecidos nas dietas, assim como do controle efetivo de doenças, responsáveis por grandes prejuízos nos plantéis, quer seja pelo dispêndio em tratamentos de enfermos ou pela perda e reposição de animais. A tecnificação das propriedades rurais, o uso de animais de valor genético superior, a adequação da escala de produção e a atenção à sanidade dos rebanhos são pontos-chaves para produção rentável e competitiva de bovinos frente a outras atividades agropecuárias.

Diversos estudos surgiram e continuam a emergir no intuito de melhorar a rentabilidade das atividades produtivas de modo geral. Isso não se deve somente ao alto custo da formulação das dietas, mas também à necessidade de redução do uso de grãos e outros alimentos, presentes na alimentação humana, nas dietas destinadas aos animais de produção, num cenário de crescimento da população humana e aumento da demanda mundial por alimentos. Dentre os principais focos das pesquisas está a busca pela maior eficiência alimentar dos rebanhos que depende da capacidade individual de ingestão, absorção e utilização de nutrientes presentes no alimento.

O consumo de matéria seca, o valor nutritivo do alimento fornecido e o desempenho do animal são determinantes para a produção animal. Segundo Noller et al. (1996) o consumo de matéria seca (CMS) constitui o primeiro ponto determinante do ingresso de nutrientes necessários ao atendimento das exigências de manutenção e produção, sendo, portanto, o parâmetro mais importante na avaliação de dietas devido sua alta correlação com a produção animal. Vários estudos mostram a existência de correlação positiva entre o consumo de MS e a ingestão de água, dessa forma o conhecimento do consumo de água também é relevante.

Sabe-se que informações sobre estado metabólico podem ser transmitidas para os centros de controle do apetite no cérebro por um conjunto diversificado de sinais, tais quais a estimulação



do nervo vago, a ação de fatores metabólicos derivados da hipófise, do tecido adiposo, do estômago/abomaso, do intestino, do pâncreas e/ou dos músculos. Tais sinais agem diretamente sobre os neurônios localizados no núcleo arqueado do hipotálamo médio-basal, centros da fome (orexígenos) e saciedade (anorexígenos) indicando se o animal deve iniciar ou cessar a ingestão de alimento. Em síntese, o consumo de alimentos envolve a integração neural de muitos sinais e está sujeito a fenômenos psicológicos, tais como limitações de percepção e aprendizado (Provenza, 1995).

Nesse contexto, os conhecimentos na área de comportamento animal e, mais especificamente, do comportamento de ingestão de alimentos e água, tem se mostrado relevantes para que, a partir dessas informações, seja possível prever e maximizar o consumo de matéria seca, principal limitante para a produção animal. Ademais, o comportamento pode ser usado na identificação precoce de doenças. O grau e tipo de alteração observada dependem de fatores relacionados às características próprias do agente etiológico como, por exemplo, sua virulência e patogenicidade; às características próprias e individuais do hospedeiro tais como a idade, o sexo, a susceptibilidade e capacidade de resposta contra patógeno; e do ambiente onde se dá o encontro agente-hospedeiro em termos de aspectos físicos como, sistema de criação, tipo de instalações, localização geográfica, grau de higienização e em termos de aspectos sociais como, número de indivíduos agrupados, tipo e frequência de interações entre eles, relação de dominância, interações com tratador.

Devido ao impacto na produção animal, a sanidade dos rebanhos apresenta-se como aspecto relevante para a viabilidade dos plantéis. Os prejuízos causados por altas taxas de mortalidade e morbidade, principalmente na fase de cria, afetam a produtividade e a lucratividade da produção de bovinos. De modo geral, sabe-se que quanto mais cedo o diagnóstico de uma determinada enfermidade é realizado, maiores as chances de recuperação do animal e menores os prejuízos associados à doença. Nesse sentido o diagnóstico precoce de enfermidades pode ser uma estratégia avançada de redução de perdas econômicas nos rebanhos e a busca de ferramentas que visem minimizá-las tem sido de grande interesse entre os pesquisadores. Vários estudos têm mostrado que o comportamento animal, incluindo o comportamento de ingestão, pode ser utilizado como sinalizador de manejo, adequado ou estressante, e na predição e identificação de doenças. Entretanto, até então, pouco se sabe em relação ao comportamento dos animais jovens e ainda menos sobre o comportamento que esses indivíduos apresentam diante de uma doença limitante, tal qual a tristeza parasitária.

O comportamento animal e outras linhas de pesquisa tem ganhado impulso com a utilização de dispositivos eletrônicos para acompanhamento dos rebanhos. As possibilidades de estudo são diversas e, entre elas, estão a melhor identificação e seleção de animais mais eficientes dentro dos plantéis, a possibilidade de utilização dos equipamentos para estudos de nutrição e predição de algumas doenças, uma vez que os registros diários de eventos podem alertar os funcionários para situações consideradas fora do padrão e sinalizar que algo não está bem com o indivíduo. Dessa maneira é importante ampliar a oferta de equipamentos tais como esses e, para tanto, faz-se essencial a validação e comprovação de confiabilidade dos novos dispositivos.

Objetivou-se com o presente estudo validar equipamentos eletrônicos produzidos pela empresa Intergado® para monitoramento alimentar de bovinos e avaliar o comportamento de ingestão de água e alimentos de fêmeas bovinas jovens sadias e desafiadas naturalmente pela tristeza parasitária, criadas em piquete coletivo com livre acesso à água e dieta total fornecida nos cochos em estudo.

## **2. REVISÃO GERAL**

### **2.1 Consumo de alimentos**

O consumo voluntário de alimentos é essencial na produção animal. Segundo Forbes (2007) se o consumo voluntário é baixo, a produção do indivíduo também será aquém daquela potencial, uma vez que, os requerimentos de manutenção se tornam uma grande proporção da energia metabolizável (EM) proveniente do alimento. Entende-se por EM a energia resultante da subtração das energias perdidas por meio das fezes, da urina e dos gases, da presente no alimento na forma de energia bruta (EB)(NRC,2001). Ainda, de acordo com o primeiro autor, nessa condição tem-se baixa conversão alimentar. Em contrapartida se o consumo for muito elevado poderá resultar em deposição de gordura corporal. Dessa forma, deve-se objetivar o ajuste do consumo de alimentos à produção do indivíduo.

A ingestão de alimentos é determinada por vários fatores que interagem entre si. A alimentação pode ser controlada pela integração de sinais periféricos coletados de sensores e receptores especiais da parede do trato digestivo e tecidos metabolizadores nos centros de controle do

apetite no cérebro. As integrações dessas informações determinam se o consumo deve iniciar ou cessar (Forbes, 2007). Segundo o autor, a primeira evidência de um local em particular que controla a alimentação no cérebro remete a observações de pacientes humanos obesos que apresentavam tumores hipotalâmicos, ao final do século 19.

De acordo com Mertens (1987), o consumo em ruminantes pode ser regulado por três mecanismos básicos: físico, fisiológico e psicogênico. Fisicamente, o consumo voluntário de matéria seca está relacionado à capacidade de distensão do rúmen podendo ser limitado em ruminantes alimentados a pasto (Allen, 1996). A regulação fisiológica ocorre pelo balanço nutricional ou “status” energético do animal (Mertens, 1997) e está diretamente relacionada às exigências de manutenção e produção. De acordo com essa teoria as concentrações e fluxos de nutrientes e energia, incluindo os ácidos graxos voláteis (AGV) produzidos por fermentação no rúmen, estão envolvidos no controle de ingestão (Illius e Jessop, 1996). O mecanismo psicogênico representa a resposta do animal a fatores relacionados ao alimento ou ao ambiente. Segundo Ingvarsen (1994), fatores como composição química, a digestibilidade, a concentração de energia, forma física, conservação e sabor dos alimentos, assim como outros fatores ligados ao manejo, tais como o tempo de acesso a alimentação, a frequência de alimentação, uso de dieta separada ou dietas completas, condições de habitação, espaço de cocho e temperatura, podem determinar o consumo.

A teoria do mecanismo físico de regulação ganhou força com a descoberta de receptores sensíveis ao estiramento e ao toque localizados nas paredes do rúmen e pelo fato de que o consumo é reduzido quando a capacidade do rúmen é reduzida experimentalmente pela distensão e preenchimento do rúmen com balões de água (Allen, 1996).

Outra teoria é que os ruminantes ingerem a quantidade de forragem que proporciona o rendimento ótimo de energia líquida por unidade de oxigênio consumido (Ketelaars e Tolkamp, 1996). A maioria dos autores aceita que o fator objeto de seus estudos representa apenas um dos muitos possíveis, e assumem a possibilidade de interação entre eles. Há uma teoria que para que se obtenha diminuição significativa na ingestão, é necessário administrar uma dose experimental muito elevada do fator em questão, valores estes muito além dos obtidos em condições normais. Desse modo argumentam que o fator em tela não pode ser um controlador fisiológico do consumo isoladamente e sim um dos fatores, que entre si, exercem função aditiva (Forbes, 1980).

Em estudo anterior, Forbes e Barrio (1992), descreveram a existência de receptores localizados na cavidade abdominal sensíveis a estímulos térmicos, mecânicos e químicos, capazes de transmitir informações oriundas do trato gastrointestinal (TGI) ao SNC via nervo vago e sistema nervoso simpático.

### 2.1.1 Receptores no rúmen

Em estudo com vacas em lactação da raça Holandês, Anil et al. (1993), observaram o CMS em animais submetidos a preenchimento do rúmen com balões de água morna por três horas ou submetidos a infusão de acetato de sódio ou de propionato de sódio no rúmen por um período de três horas, durante o qual houve livre disponibilidade de silagem de capim. Os pesquisadores observaram os efeitos sobre o consumo voluntário de MS durante os períodos de tratamento. Para todos os três estímulos foi observada relação relativamente suave entre dose e resposta que compreende as gamas fisiológicas e supra fisiológicas.

Concluiu-se que o estímulo semelhante ao fisiológico não foi suficiente para reduzir significativamente a ingestão de alimentos nos animais experimentais. Isto significa que os fatores tais como a distensão intestinal ou não estão envolvidas no controle da ingestão ou as modestas mudanças nos sinais são somadas para produzir um sinal geral, produto da estimulação visceral total. Aparentemente qualquer dos vários fatores potencialmente limitantes da ingestão podem assumir maior importância em determinadas condições sendo, portanto, responsável pela limitação do consumo. É, no entanto, improvável que a estimulação de receptores que não afetam a ingestão sob estas condições, como por exemplo, a distensão da parede do rúmen, percam sua importância quando alguns outros estímulos, tal qual a acidez do rúmen, é suficientemente forte para controlar a ingestão. Acredita-se, porém, que os sinais gerados por diversos tipos de receptores são integrados mutuamente ao invés de serem exclusivos.

### 2.1.2 Duodeno e intestinos

De acordo com Cottrel e Iggo (1984) os ovinos apresentam quimiorreceptores e mecanorreceptores responsivos a acidez titulável, mas não responsivos à glicose, à osmoestimulação, nem à termestimulação, na parede do duodeno e demais porções dos

intestinos. Em contrapartida Mei (1985) observou a existência de receptores de glicose nos monogástricos.

### 2.1.3 Fígado

A infusão de propionato de sódio na veia porta hepática deprime ingestão de alimentos em ovinos, enquanto que a infusão no mesmo ritmo na veia jugular não tem nenhum efeito (Anil e Forbes, 1980). A secção quase completa do plexo hepático, esplenectomia, ou bloqueio temporário de transmissão nervosa nos nervos esplênicos evitam o efeito depressor do consumo causado pela aplicação de propionato na veia porta hepática (Anil e Forbes, 1980; Forbes, 1988). Estes efeitos são consistentes com os receptores neuronais no fígado sensíveis a disponibilidade de substratos oxidáveis (incluindo o propionato; Forbes, 1988). Segundo Andrews (1987) existem osmoreceptores e termoreceptores no fígado que podem também estar envolvidos na saciedade.

### 2.1.4 Fatores ambientais e sociais

Embora seja regulado por outros fatores, o consumo de alimento pode ser modulado pelo ambiente e inter-relações que se processam nele (Grant e Albright, 2001). Segundo Forbes (1996) algumas restrições para o consumo são impostas pelo ambiente externo em interação com os limites internos do animal. De acordo com o autor, os ruminantes parecem não estar dispostos a passar mais do que 12 h por dia comendo, de modo que, se a taxa de ingestão é muito lenta, como normalmente ocorre em condições de escassez de pastagem, o tempo será então limitante da ingestão. No entanto, parece mais provável que exista necessidade súbita de comer quando um determinado número de horas passa, em vez de um limite que é influenciado pela procura de nutrientes, o tempo necessário para ruminação, e outros comportamentos e atividades importantes para o animal, sendo evidente, portanto, que há um grande número de receptores nas várias partes do trato digestivo e nos órgãos associados, que são sensíveis a vários estímulos físicos e químicos e que transmitem a sua informação para o sistema nervoso central por meio de várias rotas.

## 2.2 Consumo de água

Segundo o NRC (2001), a água é o nutriente mais importante para a saúde e desempenho nos rebanhos leiteiros e a privação de água pode afetar significativamente o comportamento, saúde e desempenho dos animais. Entretanto, o consumo de água das vacas de leite raramente é considerado um fator potencialmente limitante para a produção de leite nas fazendas leiteiras modernas (Cardot et al., 2008). Em função da importância dada a outros nutrientes, a qualidade e quantidade da água, frequentemente, é pouco considerada (Beede, 2005).

A água constitui entre 60 e 70 % do corpo dos animais de produção. É necessária para manutenção dos fluidos do corpo e do equilíbrio de íons, assim como para a digestão, a absorção, e a metabolização de nutrientes, para a eliminação de resíduos e o excesso de calor do corpo, garantir fluido para o feto e o transporte de nutrientes de alguns tecidos específicos para outros tecidos do corpo. As vacas de leite obtêm a água de que necessitam bebendo-a na sua forma livre e consumindo-a indiretamente por meio de alimentos, bem como a partir da água metabólica produzida pela oxidação de nutrientes orgânicos. A perda de água do corpo ocorre através da urina, fezes e leite, pela transpiração e por meio de evaporação a partir de superfícies do corpo e do trato respiratório (Looper e Waldner, 2007).

O consumo elevado de água resulta em maior consumo de alimento, melhor condição sanitária e maior ganho de peso (Willms et al., 1994; Willms et al., 2002; Lardner et al., 2005; Grout et al., 2006). Em contrapartida, o consumo reduzido pode resultar no aumento da ureia sanguínea e do hematócrito (Burgos et al., 2001), reduzir a taxa respiratória e contrações ruminais (Little et al., 1980), diminuir a produção de leite (Little et al., 1980; Burgos et al., 2001), e provocar comportamento agressivo ao redor dos bebedouros (Little et al., 1980).

Em estudo com vacas da raça Holandês em início de lactação Murphy et al. (1983), observaram que o consumo de água diário dos animais variou de 60kg por dia na primeira semana de lactação a cerca de 100kg por dia durante a 16ª semana em lactação. Nesse mesmo estudo, os pesquisadores visualizaram correlações entre o consumo de água, o consumo de matéria seca, a produção de leite e a ingestão de sódio e traçaram regressões para essa variável em função das demais. Burgos et al. (2001) observaram que a produção de leite e o consumo de alimentos foram reduzidos pela restrição da oferta de água em 25% e que a redução foi mais evidente quando a restrição alcançou 50%. Em contrapartida, a frequência de refeições foi aumentada pelos mesmos tratamentos restritivos.

Sabe-se que vários fatores podem afetar o consumo da água não proveniente dos alimentos, ou seja, de água livre disponível no bebedouro ou cursos d'água. Entre eles, destacam-se o consumo de matéria seca (Murphy et al., 1983; Dado e Allen, 1994), diferentes ambientes e condições climáticas (Murphy et al., 1983; Meyer et al., 2004), e a produção de leite (Meyer et al., 2004). Em concordância com esses autores, Kramer et al. (2008) em estudo com vacas de leite realizado na Alemanha, acharam correlações positivas elevadas entre o consumo de água e a produção de leite (0,73) e o consumo de água e matéria seca (0,73).

Uma nova abordagem tem surgido no sentido de conhecer o comportamento de ingestão de água. Entre outros, o conhecimento do padrão de ingestão de água e preferências individuais dos bovinos ainda são pouco conhecidos. Segundo Cardot et al. (2008) essa é uma área carente de informações e mais estudos são necessários para ampliação do conhecimento científico.

### **2.3 Mensuração de consumo**

Existem várias formas de estimar o consumo de alimentos nos ruminantes. A maioria delas pode ser enquadrada em métodos diretos, métodos indiretos e métodos baseados no comportamento animal.

Métodos diretos, nas pastagens, também denominados métodos agronômicos, envolvem estimativas da disponibilidade de forragem antes e após um período de pastejo, sendo a quantidade de forragem consumida pelos animais estimada pela diferença, denominada de consumo aparente por unidade de área (Santos, 1997).

Ao se avaliar o consumo a pasto deve-se atentar para as inter-relações entre o solo, a forragem e o animal. Isso torna essa tarefa mais árdua. Por outro lado, de acordo com Burns et al. (1994), boa parte das técnicas que envolvem estimativas de consumo baseadas no comportamento animal ou estimativas indiretas por meio de pesquisa de indicadores nas fezes tais como, o óxido crômico, um marcador externo, e os alcanos, principais componentes da superfície das plantas, frequentemente requerem grandes áreas, maiores investimentos financeiros e os resultados são obtidos em um período maior de tempo.

Recentemente outra forma de mensuração de consumo tem sido adotada. Trata-se do uso de dispositivos eletrônicos de monitoramento de consumo. Os equipamentos de monitoramento individual de consumo representam acurada fonte de dados de consumo e foram utilizados com

sucesso em diversos estudos (DeVries et al., 2003; Bach et al., 2004; Chapinal et al., 2007; Lancaster et al., 2009). Sua utilização tem alcançado maior significância e, com o aumento da oferta de equipamentos e redução nos custos de implantação, tende a seguir ascendente e em ritmo acelerado. A facilidade de coleta e armazenamento dos dados gerados, a confiabilidade dessas informações e a possibilidade de se avaliar simultaneamente grupos de animais ou um único indivíduo, são umas das razões pelas quais essa técnica tem sido utilizada.

## **2.4 Eficiência alimentar**

A eficiência alimentar esboça relação entre a produção e o consumo de alimentos observados no indivíduo. Pode ser compreendida como a quantidade de produto animal obtida pela quantidade unitária de alimento consumido (Koch et al., 1963). Essa pode, ainda, ser avaliada no âmbito de rebanho no intuito de definir o sucesso ou o fracasso de uma determinada estratégia nutricional. A literatura indica que ao se comparar um animal mais eficiente com um animal de menor eficiência pode-se encontrar diferença de 20% entre ambos para o mesmo desempenho e crescimento (Crowley et al., 2010; Kelly et al. 2010; Lawrence et al., 2012; Fitzsimons et al., 2014).

Diversos estudos surgiram e continuam a emergir no intuito de melhorar a eficiência alimentar de rebanhos. Em pesquisa com gado de corte, o uso de tecnologias capazes de aumentar o ganho médio de peso em 10%, resultou em aumento de 20% nos lucros, ao passo que com a melhoria da eficiência alimentar em 10% observou-se aumento de 43% na lucratividade da atividade (Fox et al., 2001). Tanto o aumento na eficiência alimentar, quanto o decréscimo na taxa de conversão alimentar, podem resultar em maior lucratividade (Okine et al., 2004). Além disso, os indivíduos mais eficientes produzem menor quantidade de metano (Fitzsimons et al., 2013) causando menor impacto ambiental e podem ser menos susceptíveis aos agentes estressores (Knott et al., 2010).

A maior parte dos estudos disponíveis na literatura baseia-se em análise de saídas como, por exemplo, o ganho de peso, ao invés de análise de entradas (alimento) na mensuração de variações de eficiência alimentar (Bingham et al., 2009; Lancaster et al., 2009). O monitoramento do consumo individual de alimentos tem sido apontado como instrumento valioso na detecção de animais mais eficientes (Robinson e Oddy, 2004; Crews, 2005).



A eficiência alimentar pode ser avaliada no âmbito do sistema produtivo (eficiência da dieta de um rebanho) ou individualmente. A avaliação individual pode ser baseada nas taxas de conversão alimentar (alimento:ganho) e na eficiência de conversão, próprias do animal. Pode também ser realizada por meio do cálculo do consumo alimentar residual (CAR) proposto por Koch et al. em 1963, que pode ser entendido como a diferença entre o consumo esperado para um animal e o seu consumo real.

## **2.5 Comportamento animal**

O comportamento animal é objeto de estudo da ciência denominada etologia, palavra oriunda do grego (*ethos* - hábito, maneira, costume; *logos* – estudo, conhecimento), que pode ser definida como o estudo dos hábitos de um animal e a maneira como se comporta em seu ambiente natural (Eibl-Eibesfeldt, 1970). Segundo o autor, o comportamento animal se resume em movimentos de músculos lisos e estriados esqueléticos, glândulas, em movimentos controlados e coordenados por centro nervoso. Para outros autores, essa definição é incompleta e seria melhor expressa da seguinte forma: movimento de todo organismo animal, executado ou não por meio de músculos e glândulas podendo ou não ser controlado por centro nervoso, passíveis ou não de observação, ativamente determinados, ou seja, com dispêndio de energia, tendo por finalidade a promoção da sobrevivência do organismo e dotados de reversibilidade (Dethier e Stellar, 1973).

Os tipos de comportamento animal existentes são variados sendo tradicionalmente divididos em comportamentos herdados e aprendidos. Entre os tipos de comportamentos conhecidos, citam-se os territoriais, ofensivos ou defensivos, reprodutivos, sociais, migratórios, comportamentos de comunicação, de descanso e de alimentação, sendo o último apontado como indicador confiável de bem-estar-animal (Tribe, 1950). Segundo o autor, a capacidade de uma vaca produzir em sua capacidade máxima depende do bem-estar-animal significando que o comportamento de pastejo, como indicador, pode ser utilizado no estudo do sucesso de um sistema de criação a pasto. O indicador pode ser valioso, uma vez que reflete o comportamento alimentar que, segundo Grant e Albright (2001), é o comportamento predominante em vacas de leite.

## **2.6 Comportamento de ingestão de água e alimentos**

A literatura científica mostra que o comportamento de ingestão é observado quando animais comem e bebem e que esse pode ser diferente entre indivíduos e ou no mesmo animal quando em situações distintas. Segundo Tribe (1950), os animais possuem comportamentos próprios de seleção e ingestão de alimentos que, para os animais de produção, ficam limitados pela ação do produtor que define, em partes, o que o animal deve ingerir. Foi descrito que quando têm algum grau de liberdade de escolha de alimentos, os animais podem optar por alimentos com menor valor nutricional quando comparados a outros também disponíveis (Stapledon, 1948). Acredita-se que esse comportamento seja uma tentativa natural de balancear a dieta em busca do equilíbrio. A justificativa para esse comportamento é a existência do “apetite instintivo”, embasada na “Teoria da Avidez” proposta por Katz (1938), que considera a decisão de aceitar ou recusar determinado alimento um mecanismo animal para alcançar ou restabelecer o equilíbrio químico a partir da seleção de nutrientes aos quais o organismo está adaptado. Essa teoria se opõe à “Teoria Empírica” proposta por Harris et al. (1933), que assume que os animais realizam escolhas embasados naquilo que aprenderam durante a vida, e que, a partir de tentativa e erro, aprendem a evitar substâncias indigestíveis ou lesivas e procurar aquelas que lhes fazem bem.

Segundo Tribe (1950), o primeiro estudo a investigar o comportamento a partir de variáveis como tempo gasto comendo, andando, lambendo sal, bebendo água, ruminando e descansando data de 1927. Após estes primeiros trabalhos, diversos outros estudos têm analisado essas características em diversas situações (Duckworth e Shirlaw, 1958; Hoffman e Self, 1973; Schwartzkopf-Genswein et al., 2003; González et al., 2008ab; Brew et al., 2011; Lardner et al., 2013).

As vacas de leite geralmente passam de três a cinco horas do dia comendo, consumindo de nove a 14 refeições ao longo do dia. Gastam cerca de sete a dez horas do dia ruminando e aproximadamente 30 minutos do dia bebendo água. Duas a três horas sendo ordenhadas e precisam de cerca de dez horas de descanso por dia (Grant e Albright, 2000).

O agrupamento de indivíduos em baias pode influenciar o comportamento alimentar e social dos bezerros. Estudo recente mostrou que durante o período de aleitamento, a presença de um bezerro mais velho (desmamado) num grupo de bezerros em aleitamento resultou em maior número ( $8,8 \pm 0,5$  contra  $5,1 \pm 0,5$  visitas/d por animal) e duração ( $13,2 \pm 1,1$  contra  $8,2 \pm 1,1$  min/d por bezerro) de visitas aos alimentadores automatizados de feno. O consumo total de feno foi igualmente maior nos grupos em que havia um bezerro mais velho ( $57,9 \pm 4,7$  contra

25,6 ± 4,7 g/d). O consumo de concentrado não diferiu entre os tratamentos no período de aleitamento, mas o número de visitas (15,2 ± 0,6 contra 9,4 ± 0,6 visitas/d) e tempo gasto no alimentador de concentrado (6,5 ± 0,5 contra 3,4 ± 0,5 min/d) foram maiores para os bezerros alojados com uma companhia desmamada. Ainda para esse grupo, houve maior ganho de peso diário (0,89 ± 0,03 contra 0,76 ± 0,03 kg/d) durante a fase de aleitamento (de Paula Vieira et al., 2012).

O comportamento animal depende de diversos fatores, e segundo Schwartzkopf-Genswein et al. (2003), pode sofrer interferências como o manejo de cocho. Por exemplo, o fornecimento restrito de alimento no cocho pode resultar em maiores taxas de consumo por visita e refeições menos frequentes (Gibb et al., 1998) e, de acordo com Schwartzkopf-Genswein et al. (2003), o fornecimento de alimento durante a noite (21:00h) pode resultar em maior ingestão de MS se comparado ao fornecimento pela manhã (09:00h). Para os autores, o maior consumo de MS quando alimento é fornecido durante a noite pode ser uma estratégia fisiológica para aumentar a produção de calor metabólico ajudando o animal a resistir às baixas temperaturas do período noturno (em regiões onde baixas temperaturas são registradas) ou para minimizar o estresse calórico nos animais criados sob condições de altas temperaturas evitando a produção de calor metabólico durante o período diurno (período mais quente do dia). O número de animais alojados em baias coletivas com concentrado fornecido em cochos também pode influenciar o tempo gasto no consumo de concentrado e a taxa de ingestão do mesmo à medida que se aumenta a concentração de animais alojados (González et al., 2008a). De acordo com os resultados do estudo, a primeira variável reduz e a segunda aumenta com a lotação crescente de dois, quatro e oito indivíduos agrupados. Os autores justificam esse fenômeno como sendo uma resposta compensatória que não é de todo eficaz, uma vez que o consumo total de concentrado para as maiores lotações permanece menor que o visto nas menores lotações. Além disso, a maior competição diminui o tempo que os animais gastam deitados e aumenta o tempo que passam em pé, o que pode aumentar incidência de lesões de casco.

O comportamento alimentar de bezerros em aleitamento automatizado pode ser influenciado pela quantidade de leite ou sucedâneo que lhes é disponibilizado ao longo do dia. Borderas et al. (2009a) observaram por meio de dois experimentos que os indivíduos alimentados sob dieta restrita (quatro litros de sucedâneo ou leite, respectivamente) realizaram mais visitas aos alimentadores automáticos (respectivamente, 23,74 ± 0,78 e 23,05 ± 1,19 visitas no período de 1-21 dias de aleitamento e 17,16 ± 0,78 e 19,40 ± 1,20 visitas no período do 22-43º dia de aleitamento) e permaneceram mais tempo neles, sendo que, em cerca de 90% das visitas não

havia liberação de alimento pelo sistema. As visitas nesses grupos se concentraram pouco antes do momento em que ocorria a próxima liberação de sucedâneo ou leite pelo sistema. Por outro lado, os bezerros que tinham acesso a maior quantidade da dieta líquida (sucedâneo *ad libitum* ou 12 L de leite) durante o período de aleitamento (42 d para todos os grupos) visitaram menos vezes os equipamentos (respectivamente,  $8,74 \pm 0,8$  e  $11,85 \pm 1,19$  visitas no período de 1-21 dias de aleitamento e  $7,28 \pm 0,8$  e  $10,82 \pm 1,20$  visitas do 22º ao 43º dia de aleitamento) e distribuíram melhor as visitas ao alimentador ao longo do dia. A partir do 22º dia o consumo de concentrado aumentou nos grupos com restrição de dieta líquida, entretanto, não se observou aumento no consumo de concentrado para os grupos em dieta não restrita, sendo que, para esses, houve aumento na ingestão de concentrado somente após o desmame aos 43 dias de vida.

Variações na forma física e no teor de matéria seca da dieta também podem resultar em modificação dos parâmetros alimentares de bovinos (Duckworth e Shirlaw, 1958). Os pesquisadores observaram que o consumo total de matéria natural foi comparativamente maior quando forneceu-se silagem em partículas grandes em detrimento de silagem picada aos ruminantes. Essa diferença poderia ser atribuída, em partes, ao aumento do teor de matéria seca da silagem picada como resultado do processo de picagem, entretanto, a variação observada no teor de matéria seca da silagem não foi suficiente para justificar o comportamento em tela. Outras diferenças foram encontradas para as variáveis número de mastigações por refeição, taxa de ingestão (mastigações por minutos) e tempo gasto consumindo a silagem. Para a silagem picada observou-se que os animais mastigavam em média 17,6 vezes contra 15,4 vezes para a silagem que não fora picada. A taxa de ingestão foi de 83,6 mastigações por minuto para a dieta picada e de 79,6 para a não picada, e o tempo gasto em alimentação foi menor (185 minutos) para a silagem picada contra 200 minutos na silagem com maior tamanho de partículas.

Em estudo com novilhos castrados, realizado em Iowa nos períodos de verão e inverno, Hoffman e Self (1973) observaram que os animais passaram em média duas horas e 20 minutos (140min) por dia consumindo alimento, durante todo período, e não houve diferença no tempo total gasto em consumo entre as estações estudadas. Entretanto, o tempo gasto consumindo alimento foi afetado pelo período do dia em ambas as estações. Observou-se que no verão, a maior atividade ocorreu durante no fim da tarde (de 15h até 18h) e início de noite (18h a 21h) e um pico menor ocorreu próximo do nascer do sol (entre 6h e 9h). No inverno, a maior atividade de alimentação ocorreu no final da tarde (entre 15h e 16h). Os animais preferiram

realizar suas refeições em períodos diurnos mais frescos durante os dias de verão enquanto que no inverno, houve preferência pelo período da tarde que é o período mais quente do dia. O consumo de água e o tempo gasto bebendo água foram maiores durante o verão quando comparados aos observados no inverno (30,7 L contra 19,2 L e 15,4 min contra 12,2 min, respectivamente) e variaram de acordo com a temperatura do dia. O maior consumo de água, assim como o de alimento, ocorreu durante o período diurno.

Sob as condições climáticas áridas do Novo México, o comportamento de ingestão de água do gado de corte criado em pasto, com ou sem suplementação, foi estudado e observou-se que o consumo diário médio de água dos animais foi de 57 litros por dia (L/d), sendo o volume ingerido, em 94% dos casos, em uma única visita ao bebedouro, e a taxa de ingestão variou de 14 a 20 litros por minuto (L/min). A lactação resultou no aumento do consumo de água em 24% quando na comparação com os indivíduos não lactantes. Foi observado consumo reduzido de água em dietas com alto teor proteína, fato atribuído ao reduzido consumo de foragem dos indivíduos. Além disso, concluiu-se que o peso vivo foi um parâmetro ruim na predição do consumo de água (Rouda et al., 1994). Os valores de consumo de água e número de visitas encontrados por Andersson (1987), foram de: consumo médio de água de 43,2 L/d e frequência de visitas ao bebedouro de 6,6 vezes ao dia, para vacas de leite criadas em sistema de loose-house em condições climáticas mais amenas (temperatura média de 9,8 ° C).

## **2.7 Comportamento de ingestão de água e alimentos em animais doentes**

A ingestão de alimentos é determinada pela interação de vários fatores fisiológicos, psicológicos e sociais que ainda não são completamente elucidados e pode ser sinalizador da sanidade de um indivíduo (Urton et al., 2005; Huzzey et al., 2007; González et al., 2008b; Lukas et al., 2008; Weary et al., 2009). A observação do consumo de alimentos pode ser importante no diagnóstico precoce de enfermidades, uma vez que, a redução do consumo de alimentos pode ser uma resposta à doença sendo, frequentemente, o primeiro sinal de que o animal está doente (Johnson, 2002).

A redução do consumo de alimentos é uma resposta a doença (Johnson, 2002). De acordo com Konsman et al. (2002) os componentes fisiológicos e comportamentais da doença representam, juntamente com a resposta febril e mudanças neuroendócrinas associadas, uma estratégia altamente organizada do organismo para combater a infecção. Tal estratégia recebe a

denominação de “comportamento doentio” ou “comportamento do animal doente” (*sickness behaviour*).

Diversos estudos mostram que o sistema imune apresenta conexão com o sistema nervoso central (SNC) dada pela comunicação de ambos por intermédio de polipeptídeos denominados citocinas. Durante a doença, citocinas pró-inflamatórias secretadas por células fagocíticas mononucleares ativadas reduzem a motivação do animal por comida (Johnson, 1998; Millman, 2007; Weary et al., 2009). A expressão de citocinas é um dos fatores causadores da queda do consumo, assim como das várias outras alterações comportamentais comumente associadas no animal doente. Essa teoria pode ser reforçada pelos resultados observados por Finck e Johnson (1997) que pela infusão crônica de IL-1 $\beta$  induziram a anorexia em seus animais experimentais.

O sistema imune usa citocinas para transmitir informações ao cérebro e outros sistemas fisiológicos (Johnson, 2002) e o comportamento do animal doente é um estado motivacional que reflete estado de inflamação do SNC. É induzido pela ação de citocinas, sinalizadores do sistema imune, no SNC, principalmente pelas interleucina-1 (IL-1 $\alpha$  e IL-1 $\beta$ ), interleucina-6 (IL-6) e o fator de necrose tumoral - alfa (TNF- $\alpha$ ) produzidos por células fagocíticas da periferia (Konsman et al., 2002). Essas citocinas pró-inflamatórias estão presentes nos tecidos periféricos, principalmente naqueles onde se iniciou o processo inflamatório, nas estruturas adjacentes e no cérebro. A injeção sistêmica ou central destas induz síndrome de comportamento doentio semelhante ao observado em animais infectados. Outros estudos mostraram que a IL-1 $\beta$  e o TNF- $\alpha$  atuam sinergicamente na redução da exploração social (Bluthé et al., 1994), e na ingestão de alimentos (Yang et al. 1994; Plata-Salamán et al., 1996; Sonti et al., 1996).

De modo geral, dentre as alterações presentes no indivíduo enfermo, a febre é um dos principais sinais de doença, seja em humanos ou em animais, e de acordo com Johnson (2002), é induzida pela ação das citocinas no SNC. Segundo o autor, elas inibem os neurônios termorreguladores no hipotálamo, aumentando a produção de calor, a taxa metabólica, os tremores e reduzindo a perda de calor através de modificações comportamentais como a adoção de posição fetal ao deitar-se. Dantzer (2001) aponta a piloereção e a secura do focinho como outras estratégias de conservação de calor. A febre tem papel fisiológico importante. Segundo Mullbacher (1984), em estudo *in vitro* da resposta de células T citotóxicas ao vírus da Influenza, a febre inicial potencializou a resposta de células T citotóxicas ao vírus, provavelmente pela aceleração da taxa de geração de células efectoras, e pode melhorar a resposta imune às infecções virais. Além

disso, atua acelerando a quimiotaxia de neutrófilos e a secreção de peróxidos, superóxidos, lisozima e lactoferrina (substâncias antibacterianas). Atuando, ainda, na redução da disponibilidade de ferro, limitando a proliferação bacteriana e de alguns tumores, no aumento da síntese e ação antiviral, e antitumoral dos interferons, assim como na estimulação das fases de reconhecimento e sensibilização da resposta imunológica, otimizando a interação entre macrófagos e linfócitos T, e acelerando a proliferação desses últimos (Kluger, 1991; Roberts, 1991 e Kluger, 1992).

A anorexia e as demais alterações comportamentais e fisiológicas causadas pela doença, têm papel fisiológico importante e servem para redirecionar os esforços do organismo para as prioridades fisiológicas necessárias à sobrevivência e, segundo Elsasser et al. (2004), a magnitude de redirecionamento é proporcional à gravidade do insulto. Quigley et al. (2006) observaram que animais forçados a beber sucedâneo do leite tiveram diarreia mais severa e de maior duração quando comparados com animais com restrição alimentar. Durante infecções parasitárias, a anorexia parece promover uma resposta imune efetiva no hospedeiro e permite que o animal se torne mais seletivo na ingestão de alimentos que concomitantemente reduz o risco de infecção ou pode ser uma busca por componentes anti-infecciosos (Kyriazakis et al., 1998).

Em alguns estudos alterações do comportamento alimentar de vacas leiteiras foram utilizadas para prever o aparecimento de enfermidades. Nos estudos as mudanças no comportamento alimentar das vacas foram úteis na predição precoce de metrite (Urton et al., 2005; Huzzey et al., 2007; Weary et al., 2009), mastite (Lukas et al., 2008), cetose e claudicação (Gonzalez et al., 2008b). De acordo com os autores, as alterações do consumo de alimentos ocorreram de semanas a dias antes do diagnóstico das doenças.

Variáveis como o tempo gasto no cocho de alimentação ou mudanças no comportamento de deitar-se, podem indicar risco para distocia (Proudfoot et al., 2009), cetose subclínica (Goldhawk et al., 2009), e metrite (Huzzey et al., 2007).

Em estudo com novilhos castrados, Sowell et al. (1998) observaram que o tempo de permanência nos cochos foi superior para os animais saudáveis. Os indivíduos sadios chegaram a ficar 104% a mais que os doentes no cocho durante os quatro primeiros dias do estudo ( $P < 0,001$ ). Nos primeiros dois tratamentos fornecidos, o tempo gasto pelos animais nos cochos não diferiu, entretanto, no terceiro tratamento, os animais sadios passaram mais tempo no cocho ( $P =$

0,02). Para o resto do dia, a percentagem de tempo gasto no cocho foi igual para os tratamentos durante os primeiros quatro dias. Durante todo o período experimental (32 dias) os animais sadios passaram 30% mais tempo no cocho ( $P < 0,001$ ) e o tempo no cocho em resposta ao fornecimento de alimento foi igualmente maior para os indivíduos sadios ( $P < 0,0005$ ). Por outro lado, os animais doentes passaram mais tempo nos cochos nos períodos mais afastados do momento exato do fornecimento de alimento ( $P < 0,0004$ ). Durante a primeira hora após o fornecimento do trato a proporção de animais sadios no cocho foi maior que a de enfermos ( $P < 0,001$ ). Segundo os autores, esse pode ser um bom parâmetro na identificação de indivíduos doentes. Os animais sadios pesaram 9kg a mais que os doentes ao final do estudo ( $P = 0,02$ ).

Em estudo com bezerros criados com dieta líquida restrita fornecida em alimentadores automatizados, observaram-se mudanças nos padrões de alimentação dos bezerros quando estes animais apresentaram diarreia e doenças respiratórias. O número de visitas não recompensadas, ou seja, visitas em que o sistema não liberou leite, foi reduzido nos animais doentes, entretanto, o consumo final de leite foi igual entre os grupos. Em conclusão observou-se que em regime de dieta restrita, o número de visitas não recompensadas se mostrou o comportamento alimentar mais sensível na indicação de doença clínica em bezerros em aleitamento (Svensson e Jensen, 2007).

Em outro estudo, Borderas et al. (2009b) relataram que a presença de afecções gastroentéricas ou respiratórias em bezerros aleitados com grandes quantidades de leite ou sucedâneo do leite estiveram associadas à queda no consumo, à redução do número de visitas ao alimentador e ao aumento do tempo gasto a cada visita ao equipamento. Entretanto, bezerros identificados com essas enfermidades, alimentados com menor quantidade de leite não apresentaram queda na ingestão durante os dias de doença, embora tenham reduzido o tempo de visitação ao alimentador nos dias seguintes ao diagnóstico. A falha na indução de anorexia nos animais subalimentados foi atribuída a elevada motivação dos animais em se alimentar frente a exigência nutricional não atendida pelo tratamento.

## **2.8 Equipamentos eletrônicos na pecuária de precisão**

O uso de equipamentos eletrônicos é capaz de gerar informações detalhadas sobre o consumo individual, comportamento animal, nutrição e pode ser útil na identificação e seleção de animais mais eficientes num rebanho ou mesmo em um programa de seleção. Além disso,



pesquisas mostram que as informações geradas por esses equipamentos podem auxiliar na identificação precoce de doenças (Svensson e Jensen, 2007; Borderas et al., 2009b).

O uso de sistemas computadorizados pode permitir a avaliação do consumo alimentar residual (CAR) – diferença obtida entre o consumo previsto para o animal, baseado no seu peso vivo, e o observado – e tem sido apontado como alternativa apropriada para utilização em programas de melhoramento da eficiência alimentar. Entre as vantagens da utilização desses sistemas computadorizados, cita-se a possibilidade de avaliação de muitos animais de uma só vez e facilidade de medição de características de um animal individualmente (Erasmus e Jansen, 1999).

Sistemas de identificação por rádio frequência – do inglês, *radio frequency identification* (RFID) – foram utilizados por Nkrumah et al. (2007) e Lancaster et al. (2009) para mensuração de ingestão e comportamento alimentar individual de animais alojados em grupo. Nesses trabalhos comparou-se a eficiência, produção e dados de comportamento entre os animais. Outros estudos mostraram que os sistemas baseados em RFID são fontes confiáveis para medir o consumo animal e o comportamento alimentar dos animais (Schwartzkopf-Genswein et al., 1999; DeVries et al., 2003; Bach et al., 2004; Chapinal et al., 2007).

Em estudos recentes com CAR observa-se correlação fenotípica (Lancaster et al., 2009) e genotípica (Nkrumah et al., 2007) moderada, com determinadas características comportamentais, tais como frequência e duração dos eventos de alimentação sendo, dessa forma, uma ferramenta útil.

O comportamento alimentar, até os últimos anos com os avanços nos sistemas RFID, era um parâmetro de difícil observação, principalmente quando necessária a avaliação de um grupo grande de animais. A utilização de tecnologias mais avançadas reduziu o tempo e as despesas relativas às mensurações do comportamento alimentar dos animais (Erasmus e Jansen, 1999) possibilitando a utilização das informações referentes a este para auxílio na identificação de animais de maior eficiência e aperfeiçoar a seleção genética para CAR.

Segundo Erasmus e Jansen (1999) os sistemas computadorizados que utilizam tecnologias baseadas em RFID permitem a avaliação de mais animais simultaneamente e dessa forma facilitam a mensuração de características únicas de um determinado animal. Esses equipamentos têm sido utilizados em diversos estudos (DeVries et al., 2003; Bach et al., 2004;

Chapinal et al., 2007; Svensson e Jensen, 2007; Lancaster et al., 2009) e além das aplicações na identificação e seleção de animais mais eficientes e, portanto, mais lucrativos para os sistemas, as informações geradas por esses sistemas podem ser valiosas na identificação precoce de doenças, dada a possível relação entre a modificação do comportamento natural de consumo com o surgimento de enfermidades diversas (Quimby et al., 2001; Robles et al., 2007; Weary et al., 2009). Com seu uso foi possível prever o aparecimento de doenças tais quais, afecções respiratórias (Quimby et al., 2001), metrite (Urton et al., 2005; Huzzey et al., 2007; Weary et al., 2009), acidose (Robles et al., 2007), mastite (Lukas et al., 2008), cetose e claudicação (Gonzalez et al., 2008b).

Foram observadas mudanças nos padrões de alimentação de bezerros criados com alimentadores de leite automatizados quando estes animais apresentaram diarreia e doenças respiratórias (Svensson e Jensen, 2007). Em outro estudo com alimentadores automatizados de leite, a presença de afecções gastroentéricas ou respiratórias também resultaram em alterações no comportamento alimentar dos indivíduos que recebiam dieta irrestrita, entretanto, não se observaram tais alterações nos indivíduos que recebiam dieta restrita (Borderas et al., 2009b).

## **2.9 Validação de equipamentos eletrônicos de rádio frequência para alimentação de bovinos**

Sistemas de monitoramento baseados na tecnologia de rádio frequência já vem sendo empregados na pecuária há alguns anos (Sowell et al., 1998; Schwartzkopf-Genswein et al., 1999; DeVries et al., 2003; Bach et al., 2004; Chapinal et al., 2007; Mendes et al., 2010). Nesses estudos os equipamentos foram testados em diferentes metodologias para validar o sistema quanto a sua capacidade de detectar indivíduos, eventos e determinar duração de eventos de alimentação, gerando dados confiáveis e facilmente manipuláveis.

Sowell et al. (1998) coletaram parâmetros alimentares de 108 novilhos castrados durante 32 dias utilizando o sistema GrowSafe®. Os animais foram alojados em baia de confinamento, utilizavam brincos de RFID e sua presença era detectada por antenas instaladas nos cochos com capacidade de detecção à distância de 50cm durante todo o período. Os pesquisadores compararam dados gerados pelos equipamentos aos dados de observação visual e compararam parâmetros nos animais sadios e nos indivíduos com algum tipo de doença eventual. Cada animal foi considerado uma unidade experimental e cada observação representou o tempo

médio gasto no cocho para cada indivíduo a cada dia de estudo. O percentual de animais doentes e sadios nos cochos foi comparado usando teste qui-quadrado. A duração média das visitas observadas foi diferente em 13 segundos da duração estimada pelos equipamentos ( $P < 0,001$ ). O sistema identificou a presença do animal no cocho correto em 97% do tempo. Os autores atribuíram as diferenças na detecção dos eventos à inabilidade do observador em detectar quando o animal estava exatamente a 50cm da antena de leitura.

Schwartzkopf-Genswein et al. (1999) validaram o sistema GrowSafe®, a partir de três métodos: comparando duração e frequência das visitas gravadas pelo sistema com arquivo de vídeo; comparando dados de presença por meio de dois *transponders* carregados por indivíduo; observando a relação entre identificação presença e duração real de alimentação. No estudo foram utilizadas seis novilhas e seis novilhos castrados totalizando doze animais blocados por sexo e alojados em baias de confinamento. Os animais foram considerados as unidades experimentais. Os indivíduos receberam *transponders* de identificação na orelha esquerda e dois dos doze animais receberam um adicional na orelha direita. A leitura de presença era feita por antenas instaladas nos cochos com capacidade de detecção à distância de 50cm. Usou-se o critério de refeição com duração de 85 segundos, desse modo um retorno ao cocho dentro do intervalo de 85 segundos foi considerado um evento único e contínuo em ambos os métodos. Total de visitas e número de visitas por dia foram calculados para cada animal nos dias que foram filmados. Esses dados foram comparados aos gerados pelo sistema utilizando ANOVA para um delineamento inteiramente ao acaso. Analisou-se a diferença entre animais por meio de ANOVA e o coeficiente de correlação de Pearson foi usado para determinar a relação entre os dados de duração e frequência coletados pelos dois brincos carregados por um mesmo animal. Ao se considerar a habilidade do sistema de monitorar presença ou ausência de um animal, o erro diário total do sistema foi de 6% quando comparado ao gravado em vídeo. A incidência de erros devido a interferência de rádio frequência e falsa leitura pela antena foram de 2,4% e 3,6%, respectivamente. Concluiu-se que o sistema é bastante efetivo em detectar presença no cocho. Os dados de duração de consumo para os animais portadores dos dois *transponders* foram altamente correlacionados,  $88,4 \pm 1,5$  min por dia e  $84,5 \pm 1,5$  min por dia ( $R^2 = 0,96$ ) e as frequências de visitas ao cocho também foram altamente correlacionadas ( $R^2 = 0,96$ ). Aproximadamente 84% do tempo total presente no cocho foi gasto consumindo alimentos, ao passo que 16% foi gasto em atividades não relacionadas à ingestão de alimento. Observou-se que em média os animais fizeram  $29 \pm 11,8$  visitas ao cocho por dia, sendo 55,8% das visitas associadas a consumo e 44,2% não associadas a ingestão de alimento. Com isso os

autores concluíram que as observações sugerem que a duração das visitas pode estar mais relacionada ao consumo do que o número de visitas ao cocho e que os equipamentos são eficientes na avaliação do comportamento alimentar.

Devries et al. (2003) validaram outra versão do GrowSafe®, utilizando 12 vacas em lactação divididas em dois grupos, alojadas em *free stall* e monitoradas simultaneamente pelo sistema e por gravações de vídeo. Foi utilizado critério de refeição de 27,74 minutos. Os dados de comportamento gerados pelo GrowSafe (variáveis dependentes) e os gerados pelos vídeos (variáveis independentes), foram avaliados pelas equações de regressão testando efeitos de curva e intercepto. Comparações entre os dados de presença animal gerados pelo sistema e pelos vídeos foram feitas por qui-quadrado em tabelas de contingência 2 x 2 (presença e ausência a cada minuto, foram determinadas pelo GrowSafe e vídeo). Esses dados também foram usados para calcular previsibilidade (probabilidade de uma vaca detectada pelo sistema realmente esteja no cocho), sensibilidade (probabilidade de uma vaca presente no cocho ser detectada como presente pelo sistema) e especificidade (probabilidade de uma vaca que está fora do cocho ser detectada como ausente pelo sistema). As equações de regressão e os coeficientes de determinação foram calculados para duração de refeição ( $y = 0,96x + 0,63$ ,  $r^2 = 0,98$ ) e frequência de refeições ( $y = x$ ,  $r^2 = 1$ ). Esses resultados indicam que a estimativa do equipamento para número de refeições para cada vaca foi exatamente igual ao número de refeições observadas pelo vídeo e que a duração das refeições estimada pelo sistema foi altamente correlacionada com a obtida pelos vídeos ( $R^2 = 0,98$ ). Em ambos os casos os coeficientes foram significativos ( $P < 0,001$ ), mas o intercepto não diferiu de zero e a curva não diferiu de um ( $P > 0,3$ ) o que é esperado para um sistema eficiente. No estudo obtiveram-se bons valores de previsibilidade (96,5%), sensibilidade (87,4%), e especificidade (99,2%) indicando que o sistema é um método eficiente na detecção de presença animal no cocho. Em algumas situações (12,6 % das observações) a presença de uma das vacas no cocho observada pelo vídeo não foi computada pelo equipamento e em 3,5 % das observações o sistema detectou um animal que não foi visto no vídeo. Os autores concluíram que o sistema foi bastante eficiente e pode prover informações confiáveis.

Chapinal et al. (2007) validaram equipamentos de RFID destinados ao fornecimento e monitoração do consumo de alimentos (cochos) e de água (bebedouros). Foram utilizadas 42 duas vacas da raça Holandês alojadas em grupo e com acesso a 24 cochos de alimentação e quatro bebedouros. Ao se aproximar da antena o brinco de identificação único para cada vaca

era identificado e a barra abaixava permitindo o acesso do animal ao cocho ou bebedouro. Para cada visita o sistema gravava o número da vaca, o número do cocho ou bebedouro, tempo inicial e final da visita e peso do conteúdo no cocho, calculando, a partir dessas informações, o tempo de visita e consumo. As observações foram feitas por vídeo e pelo sistema. Os dados das observações diretas foram comparados aos gerados eletronicamente. O desaparecimento de alimento ou água durante um período de 24 horas foi coletado do display dos cochos durante três períodos consecutivos de 24 horas, e esses valores foram comparados com a soma dos consumos ocorridos durante as visitas àquele cocho no mesmo período. O sistema mostrou alta especificidade (100%) e sensibilidade (100% e 99,76% para os cochos e bebedouros, respectivamente) para identificação animal. A duração das visitas ao cocho e ao bebedouro, e o consumo de alimento e de água por visita medidos pelo sistema foram altamente correlacionados com os obtidos pela visualização dos vídeos ( $R^2 \geq 0,99$  em todos os casos) (fig. 4). A comparação do total de alimento que desapareceu de cada cocho durante o período de 24 horas com a soma do consumo das vacas registrados no mesmo cocho diferiram em menos de 1kg ( $29,92 \pm 0,90$  kg na leitura no display e  $29,24 \pm 0,90$  kg na pesagem pelo sistema). Os pesquisadores atribuíram essa diferença às mudanças na mistura durante o período de 24 horas e concluíram que o equipamento de RFID é uma boa ferramenta de monitoramento de consumo e comportamento ingestão de água e alimentos.

## 2.10 Tristeza Parasitária

De acordo com os Kessler e Schenk (1998), a tristeza parasitária dos bovinos (TPB) é uma doença causada por protozoários do gênero *Babesia* e rickettsias do gênero *Anaplasma*. As infecções por tais microrganismos são clínica e epidemiologicamente similares (Bock et al., 2004; Kocan et al., 2010) e são responsáveis por significativas perdas econômicas na pecuária mundial. A infecção conjunta gera o complexo de doença hemolítica sendo os sinais clínicos principais febre, anemia hemolítica, anorexia, icterícia, hemoglobinúria, e alta taxa de mortalidade entre os bovinos sensíveis.

Babesiose é o nome atribuído à infecção por protozoários do gênero *Babesia* sendo as espécies *Babesia bovis* e *B. bigemina* descritas na epidemiologia da doença. É transmitida por carrapatos (Connel, 1974), estando intimamente relacionada com a distribuição geográfica da espécie *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Losos, 1986; Wanduragala e Ristic, 1993), presente em muitas áreas de pastagens tropicais e subtropicais de todo Brasil. A infecção pelas bactérias da

ordem das Riquétsias, espécie *Anaplasma spp.*, é chamada anaplasmosse bovina. A espécie *Anaplasma marginale* é a mais patogênica e pode ser transmitida por carrapatos ixodídeos do gênero *Rhipicephaluse* também do gênero *Dermacentor* ou, ainda, por moscas e mosquitos hematófagos, agulhas e materiais cirúrgicos contaminados (Losos, 1986). Existe, ainda, a forma de infecção por via intra-uterina e transplacentária (Benesi et al., 1999). Observou-se que 36,0% (4/11) dos fetos provenientes de vacas inoculadas experimentalmente por via subcutânea com 1mL de inóculo de *A. marginale*, contendo  $5 \times 10^8$  eritrócitos infectados por *A. marginale*, apresentaram anticorpos anti-*A. marginale* na detecção pelo teste de DOT-Elisa (Ribeiro et al., 1995). Os autores acreditam que a infecção aguda, caracterizada por riquetsemia elevada, no terço final da gestação predispõe os fetos à infecção congênita, menos frequente nos casos de infecções crônicas, nos quais se observa parasitemia baixa.

A babesiose é umas das principais doenças hemolíticas parasitárias. Os custos devido a infecção não se devem somente à mortalidade, aos abortos, às perdas na produção de leite ou carne, ou às medidas de controle tais como, tratamentos carrapaticidas, compra de vacinas e terapêutica, mas também ao impacto sobre a comércio internacional de animais (Bock et al., 2004). Pesquisadores estimaram as perdas relacionadas ao controle da babesiose e anaplasmosse em diversos países e observaram custos anuais de U\$5,1 milhões no Quênia, U\$5,4 milhões no Zimbábue, U\$ 6,8 milhões na Tanzânia, U\$21,6 milhões na África do Sul, U\$19,4 milhões na China, U\$57,2 milhões na Índia, U\$3,1 milhões na Indonésia e U\$600 mil nas Filipinas (McLeod e Kristjanson, 1999). No Brasil estima-se que o prejuízo anual devido a patologia e à ação espoliativa do vetor pode chegar a U\$ 2 bilhões (Grisi et al., 2002).

A anaplasmosse é considerada a quarta hemoparasitose mais importante do ponto de vista econômico mundial e empecilho ao desenvolvimento da atividade pecuária em diversas regiões do mundo (Uilenberg, 1995). Na América Latina, as perdas econômicas anuais em virtude desta patologia giram em torno de US\$ 800 a 875 milhões (Kocan et al., 2003).

De acordo com Mahoney (1974), a situação epidemiológica pode ser classificada em três tipos. Regiões de estabilidade enzoótica, de instabilidade enzoótica e áreas livres da doença. Em estudo sorológico e molecular realizado na bacia leiteira de Parnaíba, no estado do Piauí, Brasil, Souza et al. (2013), observaram ocorrência de infecções por *Babesia bigemina*, *B. bovis*, e *Anaplasma marginale*, e concluíram que a região pode ser classificada como área de estabilidade enzoótica para anaplasmosse, porém, de instabilidade enzoótica para babesiose. Os

resultados mostram que a classificação tradicional do território brasileiro como sendo, em sua maior parte, de estabilidade enzoótica para ambas (Madruga et al., 2000; Santos et al., 2001) não se aplica a toda extensão do país.

No Brasil, distinguem-se duas situações epidemiológicas dependentes da população de vetores. Nas regiões onde observa-se variações climáticas impulsionando flutuações nas populações de carrapatos ou ainda oscilações nessas populações por efeito de estratégias inapropriadas de controle de ectoparasitas, tem-se uma situação de instabilidade enzoótica (Nascimento et al., 2014). Sob essas condições os animais passam por períodos nos quais não têm qualquer contato com os vetores e, em consequência, com os hemoparasitas. Essa ausência de contato os predispõem a manifestações intensas (agudas) da doença, muitas vezes com altas taxas de mortalidade, quando exposto ao agente infeccioso. Em contrapartida, nas regiões em que a população de carrapatos não sofre oscilações tão severas, evidencia-se uma situação de estabilidade enzoótica (Souza et al., 2000). Os animais que vivem sob essas condições estão em contato com os vetores e com os parasitas sanguíneos desde os primeiros meses após o nascimento. Nessa fase inicial, os bezerros estão cobertos pelas imunoglobulinas maternas transmitidas pelo colostro e tendem a ter quadros clínicos mais brandos. A resposta imune desenvolvida tem caráter duradouro, entretanto, esses indivíduos, frequentemente, permanecem portadores do microorganismo podendo apresentar recidivas quando imunologicamente debilitados (Wanduragala e Ristic, 1993).

A dinâmica de infecção desses parasitas depende de fatores tais quais a população de vetores, a capacidade de transmissão do vetor, e a susceptibilidade do hospedeiro (Kocan et al., 2010). Em áreas tropicais onde se tem grande população de vetor, a exposição natural geralmente ocorre em uma idade precoce e o gado se torna imune a desafios futuros na idade adulta (Bock et al., 2004).

O ciclo sexual da *Babesia* spp. se inicia no intestino do carrapato. No artrópode, por meio da hemolinfa, as formas sexuadas podem invadir outras células nos ovários, tubos de malpighi, e em seguida, evoluir para estágios uninucleados, na forma de gametas. Após o ingurgitamento, de dois a quatro dias, forma-se um quineto móvel pela união dos gametas. Na sequência o quineto se divide assexuadamente nas células epiteliais do intestino, dando origem aos esporoquinetos que, então, invadem as glândulas salivares do invertebrado e iniciam nova divisão assexuada que resulta na formação dos esporozoítos (Bock et al., 2004).

Durante o repasto sanguíneo, os esporozoítos são injetados na circulação sanguínea do hospedeiro vertebrado por meio da saliva do carrapato. Cada esporozoíto penetra na membrana celular de um eritrócito, sem rompê-la, com o auxílio de um complexo apical especializado (Potgieter e Els, 1979). Nesses hospedeiros, a *Babesia* spp. não é capaz de parasitar outras células senão os eritrócitos (Friedhoff, 1988). Dentro da hemácia se diferencia em trofozoíto num processo de divisão binária (Friedhoff, 1988). Por mecanismo de endocitose evoluem em merozoítos, adquirindo aspecto piriforme. Por meio de divisão binária, se multiplicam gerando dois (às vezes quatro) merozoítos, capazes de romper a célula parasitada e penetrar em outra íntegra dando continuidade ao processo (Bock et al., 2004; Uilenberg, 2006).

A *Babesia bovis* é transmitida pelas larvas do *R. microplus*, mas não persiste no carrapato como um agente infeccioso além do estágio larval. A infecção do hospedeiro vertebrado ocorre de dois a três dias após a fixação das larvas do carrapato e evolui clinicamente em aproximadamente sete dias (Bock et al., 2004). No caso de *B. bigemina*, o protozoário é transmitido pelos estádios de ninfas e adultos do carrapato (Morando et al., 2010) oito a 10 dias após a fixação do carrapato que já se encontra na fase de ninfa (Bock et al., 2004).

Os sinais clínicos da babesiose caracterizam-se por febre, apatia, anorexia, emagrecimento, taquicardia, taquipnéia, ranger de dentes, redução dos movimentos de ruminação, diminuição ou suspensão da lactação, anemia, hemoglobinemia e hemoglobinúria e podem progredir para o óbito (Bock et al., 2004; Kocan et al., 2010). Sinais neurológicos como transtornos da locomoção, tremores musculares, agressividade, quedas com movimentos de pedalagem, convulsões e coma podem estar presentes nas infecções por *B. bovis*. Nesses casos a mortalidade é alta mesmo quando tratados (Radostits et al., 2002b)

De acordo com Kocan et al. (2003), os eritrócitos são os únicos sítios de infecção pela *A. marginale* conhecidos em bovinos. No repasto sanguíneo, o carrapato injeta o agente patogênico no sangue do animal via saliva. Durante o período de incubação, que varia de 20 a 40 dias, os corpúsculos iniciais (formas infectantes) invadem as células epiteliais e logo na sequência os eritrócitos. Dentro dessas células realizam multiplicação por divisão binária gerando de quatro a oito corpúsculos de inclusão. Esses podem, então, passarem de uma célula para outra sem, contudo, romper suas membranas e, a partir daí, reiniciar um novo ciclo (Losos, 1986). Os corpúsculos de inclusão se encontram na periferia das células. As inclusões ligadas às membranas dos eritrócitos contêm de quatro a oito riquetsias (Kocan et al., 2003).



Segundo Allen e Kuttler (1981), a forma aguda da doença se caracteriza por febre, apatia, anorexia, e anemia severa. O grau da anemia aparentemente está diretamente relacionado à mortalidade durante a doença. A destruição maciça de eritrócitos reduz a capacidade de transporte e, conseqüentemente, de troca de oxigênio e gás carbônico resultando em hipóxia tecidual e alteração no equilíbrio eletrolítico e ácido-básico sanguíneo devido a liberação de produtos originados da lise desses tecidos. Os autores afirmam ainda que a falha na regulação do pH sanguíneo é a principal causa da morte de animais acometidos.

A patogenia da anemia autoimune na anaplasmose parece estar relacionada à presença antígenos solúveis, principalmente lipo e glicoproteínas, originados do metabolismo bacteriano (Losos, 1986). Em estudos *in vitro*, pesquisadores constataram que as hemácias de animais inoculados com *A. marginale* ou mesmo de animais sadios, quando da adição de soro de um indivíduo portador à cultura, foram susceptíveis a fagocitose por células especializadas (Giardina et al., 1993; Meléndez, 2005). Acredita-se que a *A. marginale* cause alterações na membrana dos eritrócitos parasitados induzindo no hospedeiro a produção de anticorpos capazes de se ligar a essas células parasitadas e/ou mesmo às sadias e que essas, uma vez marcadas pelas imunoglobulinas, tornam-se vulneráveis à ação destrutiva das células do sistema monocítico fagocitário (SMF).

Fraqueza muscular, depressão e palidez das mucosas são uns dos sinais clínicos mais frequentes e advém diretamente da anemia instaurada (Radostits et al., 2002a; Thrall, 2004). Pode-se observar ainda icterícia em alguns casos (Bock et al., 2004).

O hematócrito (Ht - %), a contagem de células por  $\mu\text{L}$  de sangue, a concentração de hemoglobina (Hb – g/dL), a concentração de hemoglobina celular média (CHCM) e o volume celular médio (VCM), podem ser utilizados na avaliação hematológica (Meyer et al., 1995; Thrall, 2004). O primeiro reflete o volume de células vermelhas no sangue e devido principalmente à facilidade de execução, deve ser escolhido para análise de triagem. Segundo Meyer et al. (1995), a faixa de normalidade do parâmetro para bovinos está entre 26 e 42% e esse pode ser obtido pela centrifugação de microhematócrito. O hematócrito fornece informações referentes ao grau de hidratação, quando aumentado, e/ou anemia, quando diminuídos (Thrall, 2004) e, frequentemente, encontra-se alterado durante a tristeza parasitária.

O diagnóstico para TPB pode ser realizado a campo pela observação de sinais clínicos derivados, principalmente, do quadro anêmico e febril, e confirmado por meio de esfregaço sanguíneo com a visualização do parasita no interior das hemácias do sangue periférico. Na anaplasmosose deve ser realizado na fase aguda da doença, em que a ricketsemia é alta (Losos, 1986; Thrall, 2004). Entretanto, o método é pouco sensível e não identifica o parasita nos casos de baixas concentrações do parasita, predominante na fase crônica da doença (Kieser et al., 1990; Potgieter e Stoltsz, 1994). O pico da anemia ocorre um a seis dias após o pico de parasitemia (Losos, 1986) e, de acordo com Jain (1986), quatro a cinco dias após o pico de anemia o número de células parasitadas pode ser tão reduzido que o diagnóstico pelo esfregaço sanguíneo fica praticamente impossível. É possível ainda a realização de diagnóstico laboratorial por meio de reação de imunofluorescência indireta – RIFI (Vieira et al., 2002) e outros testes sorológicos. No diagnóstico de babesiose por *B. bovis*, a observação do parasita pode ser difícil mesmo na fase aguda da doença, pois há tendência de baixa parasitemia (Osaki et al., 2002).

Como nas demais anemias hemolíticas, pode-se observar aumento da contagem de reticulócitos, entretanto, não se observa alteração da concentração de proteínas totais no sangue (Radostits et al., 2002a). Ademais, anisocitose, poiquilocitose, poli e hipocromasia, e presença de inclusões e agentes infecciosos podem ser visualizadas à microscopia (Thrall, 2004).

O uso de medicamentos à base de oxitetraciclina e/ou imidocarb é bastante comum no tratamento das infecções por *Anaplasma*, porém, alguns trabalhos têm mostrado a utilização eficiente de enrofloxocina no tratamento de animais com manifestações clínicas (Coetzee e Apley, 2006; Facury Filho et al., 2012). Em experimento com bezerros experimentalmente infectados observou-se que tanto a enrofloxacina quanto a oxitetraciclina foram efetivas no tratamento da anaplasmosose, entretanto, a primeira apresentou redução da ricketsemia e recuperação do VG mais rápida em comparação com oxitetraciclina (Facury Filho et al., 2012). Em função dos efeitos sistêmicos e devido à redução espontânea da parasitemia com o avançar dos dias, o tratamento de suporte e a correção dos desequilíbrios eletrolíticos e acidobásicos resultantes podem ser mais importantes que o combate ao parasita propriamente dito.

Segundo Bock et al. (2004), o tratamento das infecções por *B. bovis* e *B. bigemina* pode ser feito com aceturato de diminazeno. O dipropionato de imidocarb é usado por via subcutânea e, de acordo com a dose, pode promover proteção de quatro semanas contra *B. bovis* e de dois

meses contra *B. bigemina*. Nos casos em que se tem associação entre as doenças (anaplasmosose e babesiose), é comum o uso de aceturato de diminazeno e oxitetraciclina nos indivíduos com sintomatologia clínica, assim como nos casos em que não se tem informações sorológicas na região (Assis et al., 2005).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **J. Anim. Sci.**, v. 74, p. 3063–3075, 1996.

ALLEN, P.C.; KUTLER, K.L. Effect of anaplasma marginale infection upon blood gases and electrolytes in splenectomized calves. **J. Parasitol.**, v. 67, p. 954-956, 1981.

ANDERSSON, M. Effects of number and location of water bowls and social rank on drinking behaviour and performance of loose-housed dairy cows. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, v. 17, p. 19-31, 1987.

ANDREWS, P. R. L. 1987. Vagal afferent innervation of the gastrointestinal tract. In: F. Cervero and J.F.B. Morrison (Ed.) Progress in Brain Research, v. 67, p. 65-86. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

ANIL, M. H.; FORBES, J. M. Feeding in sheep during intraportal infusions of short-chain fatty acids and the effect of liver denervation. **J. Physiol.**, v. 298, p. 407-414, 1980.

ANIL, M. H.; MBANYA, J. N.; SYMONDS, H. W. *et al.* Responses in the voluntary intake of hay or silage by lactating cows to intraruminal infusions of sodium acetate, sodium propionate or rumen distension. **Br. J. Nutr.**, v. 69, p. 699-712, 1993.

ASSIS, E. R.; BORGES, L. H. A.; MATTEI, S. S. *et al.* Aspectos epidemiológicos da babesiose canina e bovina na região de Garça. **Rev.Cient.Elet.Med.Vet.**, n. 4, 2005.

BACH, A.; IGLESIAS, C.; BUSTO, I. Technical Note: a computerized system for monitoring feeding behavior and individual feed intake of dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, v. 87, p. 4207-4209, 2004.

BEEDE, D. K. 2005. The most essential nutrient: Water. p. 13–32. in Proc. 7th Western Dairy Management Conf., Reno, NV. Kansas State Univ., Manhattan.

BENESI, F. J.; HOWARD, D. L.; SÁ, C. S. C. *et al.* Relato de um caso de transmissão transplacentária de anaplasmose bovina. Observações clínicolaboratoriais. **R. Bras. Ci. Vet.**, v. 6, p. 175-176, 1999.

BINGHAM, G.M.; FRIEND, T.H.; LANCASTER, P.A. *et al.* Relationship between feeding behavior and residual feed intake in growing brangus heifers. **J Anim. Sci.**, v. 87, p. 2685-2689, 2009.

BLUTHÉ, R.M.; PAWLOWSKI, M.; SUAREZ, S. *et al.* Synergy between tumor necrosis factor alpha and interleukin-1 in the induction of sickness behavior in mice. **Psychoneuroendocrinology**, v.19, p. 197–207, 1994.

BOCK, R.; JACKSON, L.; de VOS, A. *et al.* Babesiosis in cattle. **Parasitology**, v. 129, p. 247-269, 2004.

BORDERAS, T.F.; de PASSILLÉ, A.M.B; RUSHEN, J. Feeding behavior of calves fed small or large amounts of milk. **J. Dairy Sci.**, v. 92, p. 2843-2852, 2009a.

BORDERAS, T.F.; RUSHEN, J.; von KEYSERLINGK, M.A.G.; de PASSILLÉ, A.M.B. Automated measurement of changes in feeding behavior of milk-fed calves associated with illness. **J. Dairy Sci.**, v. 92, p. 4549-4554, 2009b.

BREW, M. N.; MYER, R. O.; HERSOM, M. J. *et al.* Water intake and factors affecting water intake of growing beef cattle. **Livest. Sci.**, v. 140, p. 297-300, 2011.

BURGOS, M. S.; SENN, M.; SUTTER, F. *et al.* Effect of water restriction on feeding and metabolism in dairy cows. **Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.**, v. 280, p. 418–427, 2001.

BURNS, J. C., POND, K.R., FISHER, D.S. Measurement of forage intake. In: FAHEY Júnior, G. (Ed.). Forage quality evaluation and utilization. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 494-532.

CARDOT, V.; LE ROUX, Y.; JURJANZ, S. Drinking behavior of lactating dairy cows and prediction of their water intake. **J. Dairy Sci.**, v. 91, p. 2257–2264, 2008.

CHAPINAL, N.; VEIRA, D. M.; WEARY, D. M. *et al.* Technical Note: validation of a system for monitoring individual feeding and drinking behavior and intake in group-housed cattle. **J. Dairy Sci.**, v. 90, p. 5732-5736, 2007.

COETZEE J. F.; APLEY M. D. Efficacy of enrofloxacin against severe experimental anaplasma marginale infections in splenectomized calves. **Vet Therapeut.**, v. 7, p. 319-328, 2006.

CONNEL, M. Transmission of anaplasma marginale by the cattle tick boophilus microplus. **J. Agr. An. Sci.**, v. 31, p. 185-195, 1974.

COTTRELL, D. F.; IGGO, A. Mucosal enteroceptors with vagal afferent fibers in the proximal jejunum of sheep. **J. Physiol.**, v. 354, p. 497-522, 1984.

CREWS JR., D. H. Genetics of efficient feed utilization and national cattle evaluation: a review. **Genet. Mol. Res.**, v. 4, p. 152-165, 2005.

CROWLEY, J. J.; McGEE, M.; KENNY, D. A. *et al.* Phenotypic and genetic parameters for different measures of feed efficiency in different breeds of Irish performance tested beef bulls. **J. Anim. Sci.**, v. 88, p. 885-894, 2010.

DADO, R. G.; ALLEN, M. S. Variation in and relationships among feeding, chewing, and drinking variables for lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.**, v. 77, p. 132–144, 1994.

DANTZER, R. Cytokine-induced sickness behavior: where do we stand? **Brain Behav. Immun.**, v. 15, p. 7-24, 2001.

DE PAULA VIEIRA, A.; von KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D. M. Presence of an older weaned companion influences feeding behavior and improves performance of dairy calves before and after weaning from milk. **J. Dairy Sci.**, v. 95, p. 3218–3224, 2012.

DETHIER, V. G.; STELLAR, E. Comportamento animal. São Paulo, Edgard Blucher, EDUSP, 1973. 151p.

DeVRIES, T. J.; von KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D. M. *et al.* Technical Note: validation of a system for monitoring feeding behavior of dairy cows. **J. Dairy Sci.**, v. 86, p. 3571-3574, 2003.

DUCKWORTH, J. E.; SHIRLAW, D. W. A study of factors affecting feed intake and eating behaviour of cattle. **Animal Behav.**, v. 6, p. 147-154, 1958.

EIBL-EIBESFELDT, I. Etology: the biology of behavior. 2.ed. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1970. 530p.

ELSASSER, T. H.; KAHL, S.; MACLEOD, C. *et al.* Mechanisms underlying growth hormone effects in augmenting nitric oxide production and protein tyrosine nitration during endotoxin challenge. **Endocrinology**, v. 145, p. 3413-3423, 2004.

ERADUS, W. J.; JANSEN, M. B. Animal identification and monitoring. **Comput. Electron. Agr.**, v. 24, p. 91-98, 1999.

FACURY FILHO, E. J.; CARVALHO, A. Ú.; FERREIA, P. M. *et al.* Effectiveness of enrofloxacin for the treatment of experimentally-induced bovine anaplasmosis. **Rev. Bras. Parasitol. Vet.**, v. 21, p. 32-36, 2012.

FINCK, B.N.; JOHNSON, R.W. Anorexia, weight loss, and increased plasma interleukin-6 induced by chronic intracerebroventricular infusion of interleukin-1beta in the rat. **Brain Res.**, v. 761, p. 333–337, 1997.

FITZSIMONS, C.; KENNY, D. A.; DEIGHTON, M. *et al.* Methane emissions and rumen fermentation variables of beef heifers differing in phenotypic residual feed intake. **J. Anim. Sci.**, v. 91, p. 5789-5800, 2013.

FITZSIMONS, C.; KENNY, D. A.; MCGEE, M. Visceral organ weights, digestion and carcass characteristics of beef bulls differing in residual feed intake offered a high concentrate diet. **Animal**, v. 8, p. 949–959, 2014.

FORBES, J. M. Physiological aspects of the control of food intake. **Ann. Zootech.**, v. 29, p. 189-196, 1980.

FORBES, J. M. Metabolic aspects of the regulation of voluntary food intake and appetite. **Nutr. Res. Rev.**, v. 1, p. 145-168, 1988.

FORBES, J. M.; BARRIO, J. P. Abdominal chemo- and mechanosensitivity in ruminants and its role in the control of food intake. **Exp. Physiol.**, v. 77, p. 27-50, 1992.

FORBES, J.M. Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. **J. Anim. Sci.**, v. 74, p. 3029-3035, 1996.

FORBES, J.M. Voluntary feed intake. *In*: FORBES, J.M., FRANCE, J. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Cambridge: University Press, 2007.

FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O.; GUIROY, P.J. 2001. Determining feed intake and feed efficiency of individual cattle fed in groups. Proceedings of the 2001 Beef Improvement Federation Meeting, San Antonio, TX.

FRIEDHOFF, K. T. Transmission of Babesia. *In: Babesiosis of domestic animals and man.* Ed. Ristic, M., Boca Raton, Florida, CRC Press, Inc, 1988. p. 23-52.

GRANT, R. J.; ALBRIGHT, J. L. Feeding behavior. *Farm animal metabolism and nutrition.* CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK, 2000. p. 365-382.

GRANT, R. J.; ALBRIGHT, J. L. Effect of animal grouping on feeding behavior and intake of dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, v. 84, p. 156-163, 2001.

GIARDINA, S.; ASO, P.M.; BRETANA, A. Antigen recognition on anaplasma marginale and bovine erythrocytes: an electron microscopy study. **Vet. Immun. Imunopathol.**, v. 38, p. 183-191, 1993.

GIBB, D. J.; McALLISTER, T. A.; HUISMA, C. *et al.* Bunk attendance of feedlot cattle monitored with radio frequency technology. *Can. J. Anim. Sci.*, v. 78, p. 707-710, 1998.

GOLDHAWK, C.; CHAPINAL, N.; VEIRA, D. M. Parturition feeding behavior is an early indicator of subclinical ketosis. **J. Dairy Sci.**, v. 92, p. 4971–4977, 2009.

GONZÁLEZ, L. A.; FERRET, A.; MANTECA, X. *et al.* Performance, behavior, and welfare of Friesian heifers housed in pens with two, four, and eight individuals per concentrate feeding place. **J. Anim. Sci.**, v. 86, p. 1446-1458, 2008a.

GONZÁLEZ, L.A.; TOLKAMP, B.J.; COFFEY, M.P. *et al.* Changes in feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows. **J. Dairy Sci.**, v. 91, p. 1017-1028, 2008b.

GRISI, L.; MASSARD, C.L.; MOYA-BORJA, G.E. *et al.* Impacto econômico das principais ectoparasitoses em bovinos no Brasil. **A Hora Veterinária**, v. 21, n. 125, p. 8-10, 2002.

GROUT, A. S.; VEIRA, D. M.; WEARY, D. M. *et al.* Differential effects of sodium and magnesium sulfate on water consumption by beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 84, p. 1252–1258, 2006.



HARRIS, L. J.; CLAY, J.; HARGREAVES, F. J. *et al.* Appetite and choice of diet. The ability of the vitamin B deficient rat to discriminate between diets containing and lacking the vitamin. **Proc. Roy. Soc.**, v. 113b, p. 161-190, 1933.

HUZZEY, J.M.; VIERA, D.M.; WEARY, D.M.; von KEYSERLINGK, M.A.G. Prepartum behavior and dry matter intake identify dairy cows at risk for metritis. **J. Dairy Sci.**, v. 90, p. 3220-3233, 2007.

HOFFMAN, M. P.; SELF, H. L. Behavioral traits of feedlot steers in Iowa. **J. Anim. Sci.**, v. 37, p. 1438-1445, 1973.

ILLIUS, A. W.; JESSOP, N. S. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. **J. Anim. Sci.**, v. 74, p. 3052-3062, 1996.

INGVARTSEN, K. Models of voluntary food intake in cattle. **Livest. Prod. Sci.**, v. 39, p. 19-38, 1994.

JAIN, N.C. Schalm's: veterinary hematology. 4<sup>a</sup> ed., Philadelphia: Lea & Febiger, 1986. p. 589-626.

JOHNSON, R.W. Immune and endocrine regulation of food intake in sick animals. **Domest. Anim. Endocrinol.**, v. 15, p. 309-318, 1998.

JOHNSON, R.W. The concept of sickness behavior: a brief chronological account of four key discoveries. **Vet. Immunol. Immunopathol.**, v. 87, p. 443-450, 2002.

KATZ, D. *Animals and men: studies in comparative psychology.* London, 1937.

KELLY, A. K.; MCGEE, M.; CREWS JR., D.H. *et al.* Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables and body composition traits in growing beef heifers. **J. Anim. Sci.**, v. 88, p. 109-123, 2010.

KESSLER, R. H.; SCHENK, M. A. M. Tristeza parasitária dos bovinos (TPB): conceito, etiologia, transmissão, epidemiologia, diagnóstico e controle. *In: Carrapato, tristeza parasitaria e tripanossomose dos bovinos. Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 1998.

KETELAARS, J.J.H.M., and TOLKAMP, B. J. Oxygen efficiency and the control of energy flow in animals and humans. **J. Anim. Sci.**, v. 74, p. 3036-3051, 1996.

KIESER, S. T.; ERIKS, I. S.; PALMER, G. H. Cyclic rickettsemia during persistent anaplasma marginale infection of cattle. **Infect. Immun.**, v. 58, p. 1117-1119, 1990.

KLUGER, M. J. Fever: role of pyrogens and cryogens. **Physiol. Rev.**, v. 71, p. 93-127, 1991.

KLUGER, M. J. Fever revisited. **Pediatrics**, v. 90, p. 846-850, 1992.

KNOTT, S.A.; CUMMINS, L.J.; DUNSHEA, F.R. *et al.* Feed efficiency and body composition are related to cortisol response to adrenocorticotropin hormone and insulin-induced hypoglycemia in rams. **Domest. Anim. Endocrinol.**, v. 39, p. 137-146, 2010.

KOCH, R. M.; SWIGER, L. A.; CHAMBERS, D. *et al.* Efficiency of feed use in beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 22, p. 486-494, 1963.

KONSMAN, J.P.; PARNET, P.; DANTZER, R. Cytokine-induced sickness behaviour: mechanisms and implications. **Trends Neurosci.**, v. 25, p. 154-159, 2002.

KOCAN, K. M.; FUENTE, J.; GUGLIELMONE, A. A. *et al.* Antigens and alternatives for control of anaplasma marginale infection in cattle. **Clin. Microb. Rev.**, v. 16, p. 698-712, 2003.

KOCAN, K. M.; FUENTE, J.; BLOUIN, E. F.; *et al.* The natural history of anaplasma marginale. **Vet. Parasitol.**, v. 167, p. 95-107, 2010.

KRAMER, E.; STAMER, E.; MAHLKOW, K. *et al.* Relationship between water intake, dry matter intake and daily milk yield on a german research farm. **Livest. Sci.**, v. 115, p. 99-104, 2008.

KYRIAZAKIS, I.; TOLKAMP, B.J.; HUTCHINGS, M.R. Towards a functional explanation for the occurrence of anorexia during parasitic infections. **Anim. Behav.**, v. 56, p. 265-274, 1998.

LANCASTER, P. A.; CARSTENS, G. E.; CREWS, D. H. *et al.* Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake with performance and ultrasound carcass traits in brangus heifers. **J. Anim. Sci.**, v. 87, p. 3887-3896, 2009.

LARDNER, H. A.; KIRYCHUK, B. D.; BRAUL L. *et al.* The effect of water quality on cattle performance on pasture. **Aust. J. Agric. Res.**, v. 56, p. 1–8, 2005.

LAWRENCE, P.; KENNY, D. A.; EARLEY, B. *et al.* Grazed grass herbage intake and performance of beef heifers with predetermined phenotypic residual feed intake classification. **Animal**, v. 6, p. 1648–1661, 2012.

LITTLE, W.; COLLIS, K. A.; GLEED, P. T. *et al.* Effect of reduced water intake by lactating dairy cows on behaviour, milk yield and blood composition. **Vet. Rec.**, v. 106, p. 547–551, 1980.

LOOPER, M. L.; WALDNER, D. N. Water for dairy cattle. Cooperative Extension Service College of Agriculture and Home Economics, 2007.

LOSOS, G.J. Rickettsial Diseases: anaplasmosis. *In: Infectious tropical diseases of domestic animals*. 1<sup>a</sup> ed., New York: Churchill Livingstone Inc., 1986. p. 742-795.

LUKAS, J.M.; RENEAU, J.K.; LINN, J.G. Water intake and dry matter intake changes as a feeding management tool and indicator of health and estrus in dairy cows. **J. Dairy Sci.**, v. 91, p. 3385-3394, 2008.

MADRUGA, C. R.; MARQUES, A. P. C.; LEAL, C. R. B. *et al.* Evaluation of a enzyme linked immunosorbent assay to detect antibodies against *Anaplasma marginale*. **Pesq. Vet. Bra.**, v. 20, p. 109-112, 2000.

MAHONEY, D. F. The application of epizootiological principals in the control of babesiosis in cattle. **Bulletin of Office International Des Epizooties**, v. 81, p. 123–138, 1974.

McLEOD, R.; KRISTJANSON, P. Final report of joint esys/ILRI/ACIAR tick cost project – economic impact of ticks and tick-borne diseases to livestock in Africa, Asia and Australia. International Livestock Research Institute, Nairobi, 1999.

MEI, N. Intestinal chemosensitivity. **Physiol. Rev.**, v. 65, p. 211-237, 1985.

MELÉNDEZ, R.D. Phagocytosis of anaplasma marginale infected and uninfected erythrocytes by bovine peripheral blood leucocytes. **Rev. Cient.**, v. 15, p. 305-309, 2005.

MENDES, E. D. M.; CARSTENS, G. E.; TEDESCHI, L. O. et al. Validation of a system for monitoring feeding behavior in beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 89, p. 2904-2910, 2011.

MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **J. Anim. Sci.**, v. 64, p. 1548-1558, 1987.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fibre requirements of dairy cows. **J. Dairy Sci.**, v. 80, p. 1463-1481, 1997.

MEYER, D.J.; COLES, E.H.; RICH, L.J. Medicina de laboratório veterinária: interpretação e diagnóstico. 1ª ed. São Paulo: Roca LTDA, 1995. 308p.

MEYER, U.; EVERINGHOFF, M.; GADEKEN, D. *et al.* Investigations on the water intake of lactating dairy cows. **Livest. Prod. Sci.**, v. 90, p. 117– 121, 2004.

MILLMAN, S. T. Sickness behaviour and its relevance to animal welfare assessment at the group level. **Anim. Welf.**, v. 16, p. 123-125, 2007.

MORANDO, A.; GELINSKI, J. M. L. N. Estudo preliminar do desenvolvimento embrionário in vitro de rhipicephalus (boophilus) microplus. **Unoesc & Ciência-ACBS**, v. 1, p. 23-28, 2010.

MULLBACHER, A. Hyperthermia and the generation and activity of murine influenza-immune cytotoxic t cells in vitro. **J. Virol.**, v. 52, p. 928-931, 1984.

MURPHY, M. R.; DAVIS, C. L.; McCOY, G.C. Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. **J. Dairy Sci.**, v. 66, p. 35-38, 1983.

NASCIMENTO, G.A.J; DANTAS, M.O.; LIMA, S.M. et al. Ocorrências de babesiose e anaplasmose no brejo paraibano. Disponível em: <[http://www.agronline.com.br/agrociencia/pdf/public\\_48.pdf](http://www.agronline.com.br/agrociencia/pdf/public_48.pdf)> Acesso em 17 de setembro de 2014.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Water requirements. *In*: Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC, 2001. p. 178-183.

NKRUMAH, J. D.; BASARAB, J. A.; WANG, Z. *et al.* Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 85, p. 2711-2720, 2007.

NOLLER, C.H.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; QUEIROZ, D.S. Exigências nutricionais de animais em pastejo. *In*: SIMPÓSIO DE MANEJO DE PASTAGENS, v.13, 1996, Piracicaba. Anais ... Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 319-352.

OKINE, E. K.; BASARAB, J. A.; GOONEWARDENE, L. A. *et al.* Residual feed intake and feed efficiency: Differences and implications. *In*: Proceedings of Florida Ruminant Nutrition Symposium, Gainesville, FL. UFL, 2004. p. 27-38.

OSAKI, S. C.; VIDOTTO, O.; MARANA, E. R. M.; *et al.* Ocorrência de anticorpos anti babesia bovis e estudo sobre a infecção natural em bovinos da raça nelore, na região de Umuarama, Paraná, Brasil. **Rev. Bras. Parasitol. Vet.**, v. 11, p. 77-83, 2002.

PLATA-SALAMAN, C.R.; SONTI, G.; BORKOSKI, J.P. *et al.* Anorexia induced by chronic central administration of cytokines at estimated pathophysiological concentrations. **Physiol. Behav.**, v. 60, p. 867–875, 1996.

POTGIETER, F. T.; ELS, H. J. An electron microscopic study of intra-erythrocytic stages of babesia bovis in the brain capillaries of infected splenectomized calves. **Onderstepoort J. Vet. Res.**, v. 46, p. 41–49, 1979.

POTGIETER, F.T.; STOLTSZ, W.H. Anaplasmosis. *In*: COETZER, J.A.W., THOMPSON, G.R., TUSTIN, R.C. (Eds.), *Infectious Diseases of Livestock - With Special Reference to Southern Africa*. Oxford University Press, Cape Town, South Africa, 1994. p. 408–430.

PROUDFOOT, K. L.; HUZZEY, J. M.; KEYSERLINGK, M. A. G. The effect of dystocia on dry matter intake and behavior of Holstein cows. **J. Dairy Sci.**, v. 92, p. 4937–4944, 2009.

PROVENZA, F. D. Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. **J. Range Manage.**, v.48, p. 2-17, 1995.

QUIGLEY, J.D.; WOLFE, T.A.; ELSASSER, T.H. Effects of additional milk replacer feeding on calf health, growth, and selected blood metabolites in calves. **J. Dairy Sci.**, v. 89, p. 207-216, 2006.

QUIMBY, W. F.; SOWELL, B. F.; BOWMAN, J. G. P. Application of feeding behaviour to predict morbidity of newly received calves in a commercial feedlot. **Can. J. Anim. Sci.**, v. 81, p. 315-320, 2001.

RADOSTITS, O. M.; GAY, C. C.; BLOOD, D. C. *et al.* *Clínica veterinária: um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e equinos*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002a. p. 1132-1136.

RADOSTITS, O. M.; GAY, C. C.; BLOOD, D. C. *et al.* *Clínica veterinária: um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e equinos*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002b. p. 1156-1202.

RIBEIRO, M. F. B.; LIMA, J. D.; GUIMARÃES, A. M. *et al.* Transmissão congênita da anaplasmosse bovina. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 47, p. 297-304, 1995.

ROBERTS, N. J. Impact of temperature elevation on immunologic defenses. **Rev. Infect. Dis.**, v. 13, p. 462-472, 1991.

ROBINSON, D.L.; ODDY, V. H. Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behaviour of feedlot finished beef cattle. **Livest. Prod. Sci.**, v. 90, p. 255–270, 2004.

ROBLES, V.; GONZÁLEZ, L. A.; FERRET, A. *et al.* Effects of feeding frequency on intake, ruminal fermentation, and feeding behavior in heifers fed high-concentrate diets. **J. Anim. Sci.**, v. 85, p. 2538-2547, 2007.

ROUDA, R. R.; ANDERSON, D. M.; WALLACE, J. D. *et al.* Free-ranging water consumption in southcentral New Mexico. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, v. 39, p. 29-38, 1994.

SANTOS, V.F. dos. Métodos Agronômicos para estimativa de consumo e de disponibilidade de forragem na Zona da Mata, Viçosa-MG. Viçosa: UFV, 155p. 1997. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

SANTOS, H. Q.; LINHARES, G. F. C.; MADRUGA, C. R. Estudo da prevalência de anticorpos anti babesia bovis e anti babesia bigemina em bovinos de leite da microrregião de goiânia determinada pelos testes de imunofluorescência indireta e elisa. **Ciênc. Anim. Bras.**, v. 2, p. 133-137, 2001.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; HUISMA, C.; McALLISTER, T. A. Validation of a radio frequency identification system for monitoring the feeding patterns of feedlot cattle. **Livest. Prod. Sci.**, v. 60, p. 27-31, 1999.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; BEAUCHEMIN, K. A.; GIBB, D. J. *et al.* Effect of bunk management on feeding behavior, ruminal acidosis and performance of feedlot cattle: a review. **J. Anim. Sci.**, v. 81, p. 149-158, 2003.

SONTI, G.; ILYIN, S.E.; PLATA-SALAMAN, C.R. Anorexia induced by cytokine interactions at pathophysiological concentrations. **Am. J. Physiol.**, v. 270, p. 1394-1402, 1996.

SOUZA, J. C. P.; SOARES, C. O.; MASSARD, C. L. *et al.* Soroprevalência de anaplasma marginale em bovinos na mesorregião norte fluminense. **Pesq. Vet. Bras.**, v. 20, p. 97-101, 2000.

SOUZA, F. A. L.; BRAGA, J. F. V.; PIRES, L. V. *et al.* Babesiosis and anaplasmosis in dairy cattle in Northeastern Brazil. **Pesq. Vet. Bras.**, v. 33, p. 1057-1061, 2013.

SOWELL, B. F.; BOWMAN, J. G. P.; BRANINE, M. E. *et al.* Radio frequency technology to measure feeding behavior and health of feedlot steers. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, v. 59, p. 277-284, 1998.

STAPLEDON, R. G. Pastures old and new: the animal's point of view. **J Ministry Agric.**, v. 55, p. 231-234, 1948.

SVENSSON, C.; JENSEN, M.B. Short communication: Identification of diseased calves by use of data from automatic milk feeders. **J. Dairy Sci.**, v. 90, p. 994-997, 2007.

THRALL, A.M. Veterinary hematology and chemical chemistry 1st ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2004, p. 301-328.

TRIBE, D. E. The behaviour of the grazing animal: a critical review of present knowledge. **Grass and Forage Sci.**, v. 5, p. 209-224, 1950.

UILENBERG, G. International collaborative research: significance of tick-borne hemoparasitic diseases to world animal health. **Vet. Parasitol.**, v. 57, p. 19-41, 1995.

UILENBERG, G. Babesia: a historical overview. **Vet. Parasitol.**, v. 138, p. 3-10, 2006.

URTON, G.; WEARY, D.M.; von KEYSERLINGK, M.A.G. Feeding behavior identifies dairy cows at risk for metritis. **J. Dairy Sci.**, v. 88, p. 2843-2849, 2005.



VIEIRA, M.I.B.; LEITE, R.C.; MARTINS, J.R. *et al.* Resposta imune humoral contra anaplasma marginale em bovinos submetidos a distintas estratégias de controle do carrapato vetor boophilus microplus. **Rev. Bras. Parasitol., Vet.** v. 11, p. 71-76, 2002.

WANDURAGALA, Z.; RISTIC, M. Anaplasmosis. *In: Rickettsial and chlamydial diseases of domestic animals.* 1<sup>a</sup> ed., New York: Pergamon Press Inc., 1993, p. 65-87.

WEARY, D.M.; HUZZEY, J.M.; von KEYSERLINGK, M.A.G. Board-invited review: using behaviour to predict and identify ill health in animals. **J. Anim. Sci.**, v. 87, p.770-777, 2009.

WILLMS W. D.; COLWELL, D. D.; KENZIE, O. Water from dugouts can reduce livestock performance. Research Station Weekly Newsletter. n. 3099, 1994.

WILLMS, W.D.; KENZIE, O. R.; McALLISTER, T.A. *et al.* Effects of water quality on cattle performance. **J. Range Manage.**, v. 55, p. 452–460, 2002.

YANG, Z.; KOSEKI, M.; MEGUID, M.M. *et al.* Synergistic effect of rhTNF-alpha and rhIL-1 alpha in inducing anorexia in rats. **Am. J. Physiol.**, v. 267, p. 1056-1064, 1994.

## 4. CAPÍTULO 1

### TECHNICAL NOTE: MONITORING SYSTEM FOR YOUNG CATTLE

**Interpretive summary: Technical note: Validation of a radio frequency system for monitoring individual feeding and drinking behavior and intake in young cattle.** *By Oliveira Junior et al.* The devices evaluated in this study are the first to be developed for the category of growing cattle in Brazil and represent an advance in precision farming having potential for adoption and use in properties, mainly in research centers in the country. The objective was to validate the automatic feed and water bins Intergado® (Intergado Ltd., Contagem, Minas Gerais, Brazil) based on radio frequency technology, for animals in the growth stage.

***Technical note: Validation of a radio frequency system for monitoring individual feeding and drinking behavior and intake in young cattle***

**B. R. Oliveira Júnior, \* M. N. Ribas, † F. S. Machado, ‡ J. A. M. Lima, ‡ L. F. L. Cavalcanti, † M. L. Chizzotti, § and S. G. Coelho\*<sup>1</sup>**

\*Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 30.161-970

†CNPq, RHA E – SEVA Engenharia, Projeto Intergado, Contagem, Minas Gerais, Brazil, 32280-300

‡Embrapa Dairy Cattle, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil, 36038-330

§Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil, 36570-900

<sup>1</sup>Corresponding author: sandragesteiracoelho@gmail.com

**ABSTRACT:** The objective was to validate a radio frequency identification (RFID) system for monitoring individual feeding and drinking behavior and intake in young cattle housed in group. Thirty-five Holstein-Gyr crossbred heifers (body weight,  $180 \pm 52$  kg; age,  $121.5 \pm 32.5$  days), fitted with an ear tag containing a unique passive transponder, were distributed in three groups of 12, 12 and 11 animals per period and had free access to 12 electronic feed bins and two electronic water bins (Intergado® Ltd., Contagem, Brazil). The system documented the visit frequency and duration, and feed and water intakes by recording animal's identification tag, bin number, initial and final times of visits, and the difference of feed/water weight at start and end for each bin visit. Feed bins were monitored by time-lapse video recording over four days and the water bins over six days. Video data on animal behavior were compared with those generated by the system. Feed and water intakes were measured using an external scale. For each feed bin, two feeding events were monitored using manual weighings immediately before and after the animal's visit and the difference between them was assumed as feed intake ( $n = 24$  observations). For the water bins, 60 manual weighings were made. These data were compared to those recorded by the RFID system. Video and manual weighing data were regressed on the electronic feeding and drinking behavior and intakes data to evaluate system's precision and accuracy. The system showed high specificity (98.98 and 98.56% for the feed and water bins, respectively) and sensitivity (99.25 and 98.74%, respectively) for identifying animal's presence or absence. Duration of feed and water bins visits, and feed and water consumption per visit estimated by the system were highly-correlated and precise when compared to the observed video and manual weighing data ( $R^2 = 0.917, 0.963, 0.973$  and  $0.986$ , respectively). Feed and water daily intake per visit registered electronically and through manual weighing differed by less than 12 g and 0.12kg, respectively. It was concluded that Intergado

system is a useful tool for monitoring feeding and drinking behavior, and water and feed intakes in young cattle housed in group.

**Key Words:** electronic monitoring, precision farming, radiofrequency identification.

### Technical Note

The study of feeding and drinking behavior is difficult to implement when the evaluation of a group of animals is necessary (Eradus e Jansen, 1999). It has been traditionally done by direct observation and indirect observation on time-lapse video recordings. The radio frequency identification (RFID) systems allow the simultaneous evaluation of multiple animals, making the measurement of individual characteristics of a specific animal easier.

This technology has been used on individual measurement of intake, efficiency and feeding behavior of animals housed in groups (Lancaster et al., 2009), as well as for selection of more efficient animals. It may also be valuable in early identification of diseases, such as, respiratory diseases (Quimby et al., 2001; González et al., 2008), metritis (Weary et al., 2009) and acidosis (Robles et al., 2007).

The Intergado system developed to young cattle provides automatic measures of feed and water intake and feeding and drinking behavior for animals housed in groups with free access to the bins. To date, no data that validate measures from this system for young cattle have been published. The objective was to validate the measures of feeding and drinking behavior and intake electronically collected from the Intergado system by comparison to time-lapse video recordings and manual feed/water intake measurements.

All animal care and handling procedures were approved by the Universidade Federal de Minas Gerais Animal Care and Use Committe (CEUA/UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil) under protocol no. 306 / 2013.

Thirty-five Hosltein-Gyr crossbred heifers, with an average body weight of  $180 \pm 52$  Kg and an age of  $121.5 \pm 32.5$  days, were distributed in three groups of 12, 12 and 11 animals per period and had free access to 12 electronic feed bins and two electronic water bins on the “Brejo Alegre” commercial farm (Itaúna, Minas Gerais, Brazil). The heifers were fed ad libitum a TMR consisting of 60% corn silage, 10% chopped sugar cane, and 30% commercial concentrate on a DM basis (DM:  $40.7 \pm 2.45\%$ ; CP:  $14.1 \pm 0.98\%$  of DM and NDF:  $55.8 \pm 3.65\%$  of DM; analysis based on AOAC International, 1990), twice a day (0830 and 1600 h).

Each heifer received an ear tag with a passive transponder (FDX - ISO 11784/11785; Allflex; Joinville, SC, Brazil) in the right ear. They were also identified by paint markings made on the head. Video cameras (Car Rear View Camera 1/4 "CCD OV136, RUI-LON, Guangzhou, China) were placed in the roof in order to simultaneously capture events in two equipments. The images were recorded on a video recorder (DVR Stand Alone H.264; SPYA Express, Sao Paulo, Brazil). Fluorescent lamps (100W) were used to facilitate the animal identification on the video recording captured at night. The clocks of the video recorder and of the Intergado® monitoring system were synchronized.

The equipment has load cells to measure consumption and, in the access to the bins, there are located antennas coated with rubberized material. The feed and water bins were 0.80m wide, 0.70m long, and 0.30 m deep. The load cells on the feed bins have capacity of 100 kg with precision of  $\pm 25$ g. In the water bins the capacity of the load cells are about 55kg, with an accuracy of  $\pm 25$ g. The feed bins (AF 1000 Junior) have pedals with mechanical sensors (reed switch) coupled to the input that, when pressed, allow the identification of the ear tag by the antenna. The water bins (WD-1000 Junior) are coupled to body weighing platforms (0.60 m wide, 1.20 m long and 1.2 m high; weighing capacity of  $500 \pm 0,5$  Kg), and the live weight of animals was registered each time they accessed the water bins. The refueling of the water bins was done automatically when the water mass was reduced to less than 20 kg, as long as there

was no animal on the platform, in order to avoid the concomitant occurrence of consumption and refueling, which would impair the measurement of consumption.

For each bin visit, the system documented the visit duration and feed and water intake by recording animal's identification tag, bin number, initial and final times of visits, and the difference of feed and water weight at start and end for each bin visit. These data were continuously registered using a data collector via network cable and transferred to the Intergado web software via a general packet radio service. The system included a backup battery with up to 5 h of energy in case the main power fails.

To validate system's ability to monitor feed and water intake per visit, an independent scale (BPS15, Filizola, Brazil and 2096 DO/IV, Toledo, São Paulo, Brazil, respectively) was used. For each feed bin, two feeding events were monitored using manual weighing immediately before and after the animal's visit and the difference between them was assumed as feed intake ( $n = 24$  observations). For the water bins, 60 independent weighings were made. For each single bin visit, the feed or water was manually removed and weighed; the bin was refilled thereafter. The feed and water intakes registered by monitoring system were compared with the manually measured feed and water intake (initial weight minus final weight determined using the external scale).

Feed bins were monitored by time-lapse video recording over four days and the water bins over six days to evaluate the bin visit duration. The time-lapse video recordings were assessed by a trained observer. The animals were tagged as present or absent at the bins when their head passed over the panel. Video data on animal behavior were compared with those generated by the system.

Feed and water intake and visit duration computed by Intergado's system were evaluated by fitting linear models where the independent measurements (independent scale and time-lapse video, *i.e.* observed) were regressed over Intergado's measurements (*i.e.* predicted).

For feed bins, due to the larger number of units, a mixed approach was used to evaluate the whole system usage, in which feed bins units were assigned as a random term. This approach would render a more reliable evaluation system and less dependent on each feed bin behavior. Confidence intervals for the estimative of intercept and slope were evaluated in order to compare whether they would contain the values of 0 and 1, respectively. Mean squared prediction error (MSPE,  $s^2$ ), Root MSPE (s) and mean bias (%) of each fitted model were computed to evaluate system's accuracy, whereas the correlation (r) and the coefficient of determination ( $r^2$ ) were used to evaluate system's precision (Tedeschi, 2006). All analysis were performed in R environment (R Core Team, 2014), by means of NLME and hydroGOF packages (Pinheiro and Bates, Zambrano-Bigiarini, 2013).

As described by DeVries et al. (2003), the sensitivity (represented by the ability to predict consumption or animal presence when it is in fact present or consuming) and the specificity (represented by system's ability to predict animal absence or absence of consumption when it is in fact absent or not consuming) were evaluated comparing presence and absence in the feed bins (and in the water bins) by the methods of direct observation (video) and indirect observation (system's electronic records). The visit events were defined as animal presence (with subsequent output) in the feed bins, or in the water bins, over the days of observation.

The average feed intake per visit, as well as the average water intake per visit, measured by the monitoring system ( $240 \pm 27$  g and  $1.67 \pm 0.16$  Kg, respectively) were similar to the manual measuring in external scale ( $252 \pm 28$  g and  $1.79 \pm 0.16$  Kg, respectively) (Table 1). The regression coefficient was higher for feed and water intakes (0.973 and 0.986, respectively) (Table 1; Figure 1). Furthermore, considering that the margin of error allowed for equipment is  $\pm 25$  g (accuracy of load cells), there was a reduced percentage of errors outside this range.

In a total of 26 bin visits, Bach et al. (2004) observed no difference ( $P = 0.99$ ) when comparing the electronic data with the external weighing data. Chapinal et al. (2007) compared data of feed intake and of water intake per visit generated by a RFID system with data obtained by direct observation in the digital display of the equipment and found no difference between the methods ( $R^2 = 1$  and  $0.99$  for feed and water bins, respectively).

The system detected 4,129 visits to the feeding bins, however 4,118 records were observed on the videos. In 31 events (0.75% in 4,129), one specific animal was present in the bin and detected in the video, but not on the monitoring system, representing a sensitivity of 99.25%. In 42 events (1.02% of 4,129) recorded by the electronic system there was no presence detected by recordings, representing specificity of 98.98%. In six records (0.15% of total) the animal identified by the system differ from the one identified on the video. The system detected 557 visits to the water bins. On video records, 556 visits were observed. Seven events (1.26% of 557) detected on the videos were not recorded by the system (98.74% sensitivity), eight events (1.44% of 556) registered by the system were not observed on the videos (specificity 98.56%). There was no disagreement about animal detection; in other words, the animals identified by the system were the same as the one identified on the videos.

The discrepant events observed in the water bins were due to the fact that the system considers the animal as present when they climb on the weighing platform. The animal is considered as absent only after the its complete exit, i.e., when its four feet are out of the platform surface. On the video, the animal is considered present only after its head goes through the opening, and it is considered as off at the moment that it removes the head completely. The seven events detected on the video, but not by the system, were attributed to events in which animals took off the head of the window, but remained on the weighing platform and, then, returned after a while, being usually shorter events. The eight events detected by the system, but not in the videos, were related to events in which the animals climbed on deck, getting close



enough to the window to be detected, however, without passing the head through the window of the bin, and for this reason, not being detected by the video.

Other studies using similar equipment were made in the last decade. DeVries et al. (2003) detected a sensitivity and specificity of 87.7 and 99.2%, respectively, for an electronic feeding behavior system. Bach et al. (2004) reported a sensitivity and specificity of 99.6 and 98.8%, respectively, for an electronic system that monitored feeding behavior and intake. Chapinal et al. (2007) detected a sensitivity and specificity of 100% for an electronic feeding system, and 99.76 and 100%, respectively, for an electronic drinking system. Mendes et al. (2011) determined a sensitivity and specificity of 86.4 and 99.6%, respectively, for an electronic feeding behavior monitoring. .

The time spent in the feed bin determined using the monitoring system was similar ( $P > 0.05$ ) to data from video recording ( $157 \pm 2.6$  sec and  $154.4 \pm 2.5$  sec, respectively) (Table 1; Figure 2). The confidence interval of the intercept and slope did not differ from 0 and 1, respectively, showing satisfactory approximation between systems. Moreover, the high values of correlation and coefficient of determination indicates that the equipment was accurate in detecting the visits. Although it was not detected high bias, the mean square error found can be explained by a few isolated events observed in the device 413, which showed rupture of the springs of the pedals, making it impossible to detect the end of the event (*i.e.*, bin visit).

As a result, multiple events generated by different animals have been interpreted by the system as a single long-term event generated by a single animal. Another possible fault associated with the pedals may have been caused by reed switch sensors, since they can be activated by external magnetic fields of low or high intensity (Luechinger et al., 2002). This peculiarity of equipment 413 was confirmed by the adjusted model, in which it was estimated a random slope and a random intercept about 9 times higher than to the ones estimated for the others.

The time spent in the water bin determined using the monitoring system was similar to data from video recording ( $213 \pm 7$  sec and  $183 \pm 7$  sec, respectively;  $R^2 = 0.963$ ) (Table 1; Figure 2). Although it seems that the monitoring system overestimate the time to visit the water bins in 20 seconds, this difference was not significant ( $P > 0.05$ ). The differences observed in the duration of visits to the water bins recorded by the monitoring system in relation to the direct observation of the recorded images are due to the longer time spent by the animal to step down completely from the weighing platform connected to the water bin. Moreover, in some events the animals remained on the platform for a long time without even demonstrating intent to drink, but only performing natural behavior of exploration. These events justify the estimated confidence intervals for the intercept and slope of this variable.

The mean error value was 2.55 s, which indicates that the mean difference between the two methods was 2.55 s. This difference is considered insignificant and indicates that the system was effective in detecting the start and the end of visits. The observed mean bias value (Table. 2) indicates that the system Intergado® overestimates the time at 1.7. The rupture of the pedal springs, seen in the equipment 413, prevented the detection of the end of the events in which breakage occurred, as well as detection of other events that followed, until the moment when the spring was repaired. As a result, multiple events generated by different animals have been interpreted by the system as a single long-term event generated by a single animal. Another possible failure associated with the pedals may have been caused by reed switch sensors, since they can be activated by external magnetic fields of low or high intensity (Luechinger et al., 2002).

The regression coefficients for duration of visits to the feed bins observed by DeVries et al. (2003), Chapinal et al. (2007) and Mendes et al. (2011) were, respectively, 0.98, 1.0 and 0.82. Mendes et al. (2011) calculated the mean bias of 1,1% and the mean squared prediction error of  $72 \text{ s}^2$ .

It can be concluded that the Intergado system can be a useful tool in the detection of feeding behavior, as well as in detection of feed intake and of water intake; however, some flaws identified in this study decreased the accuracy and precision of the equipment, and must therefore be targeted for future improvements.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACH, A.; IGLESIAS, C.; BUSTO, I. Technical Note: a computerized system for monitoring feeding behavior and individual feed intake of dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, v. 87, p. 4207-4209, 2004.

CHAPINAL, N.; VEIRA, D. M.; WEARY, D. M. *et al.* Technical Note: validation of a system for monitoring individual feeding and drinking behavior and intake in group-housed cattle. **J. Dairy Sci.**, v. 90, p. 5732-5736, 2007.

DeVRIES, T. J.; von KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D. M. *et al.* Technical Note: validation of a system for monitoring feeding behavior of dairy cows. **J. Dairy Sci.**, v. 86, p. 3571-3574, 2003.

ERADUS, W. J.; JANSEN, M. B. Animal identification and monitoring. **Comput. Electron. Agr.**, v. 24, p. 91-98, 1999.

GONZÁLEZ, L.A.; TOLKAMP, B.J.; COFFEY, M.P. *et al.* Changes in feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows. **J. Dairy Sci.**, v. 91, p. 1017-1028, 2008.

LANCASTER, P. A.; CARSTENS, G. E.; CREWS, D. H. *et al.* Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake with performance and ultrasound carcass traits in brangus heifers. **J. Anim. Sci.**, v. 87, p. 3887-3896, 2009.

LUECHINGER, R.; DURU, F.; ZEIJLEMAKER, V. A. *et al.* Pacemaker reed switch behavior in 0.5, 1.5, and 3.0 tesla magnetic resonance imaging units: are reed switches always closed in strong magnetic fields? **Pace.**, v. 25, n. 10, p. 1419-1423, 2002.

MENDES, E. D. M.; CARSTENS, G. E; TEDESCHI, L. O. *et al.* Validation of a system for monitoring feeding behavior in beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v. 89, p. 2904-2910, 2011.

QUIMBY, W. F.; SOWELL, B. F.; BOWMAN, J. G. P. Application of feeding behavior to predict morbidity of newly received calves in a commercial feedlot. **Can. J. Anim. Sci.**, v. 81, p. 315-320, 2001.

R CORE TEAM: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2014.

ROBLES, V.; GONZÁLEZ, L. A.; FERRET, A. *et al.* Effects of feeding frequency on intake, ruminal fermentation, and feeding behavior in heifers fed high-concentrate diets. **J. Anim. Sci.**, v. 85, p. 2538-2547, 2007..

WEARY, D.M.; HUZZEY, J.M.; von KEYSERLINGK, M.A.G. Board-invited review: using behaviour to predict and identify ill health in animals. **J. Anim. Sci.**, v. 87, p.770-777, 2009.

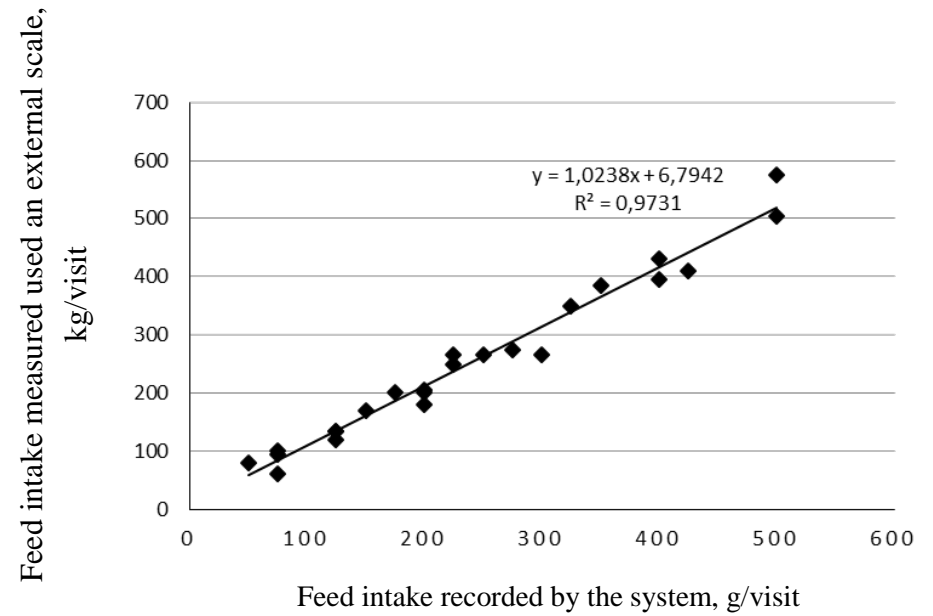
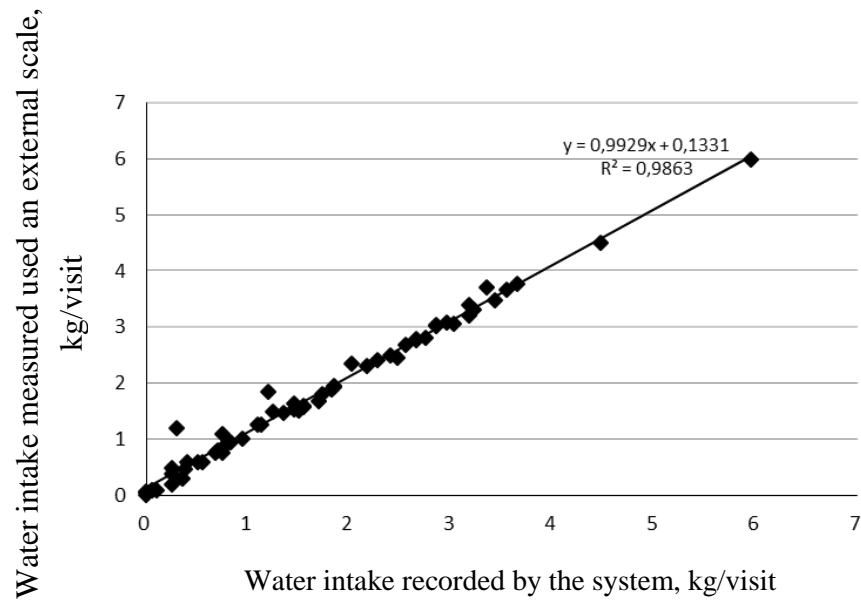
ZAMBRANO-BIGIARINI, M. HydroGOF: goodness-of-fit functions for comparison of simulated and observed hydrological time series, 2013.

**Table 1.** Average, maximum and minimum values for feed intake per visit (g), visit duration to the feed bins (s), water intake per visit (kg) and visit duration to the water bins, estimated by the electronic registers (electronic observations) and manual weighing and video observations (direct observations).

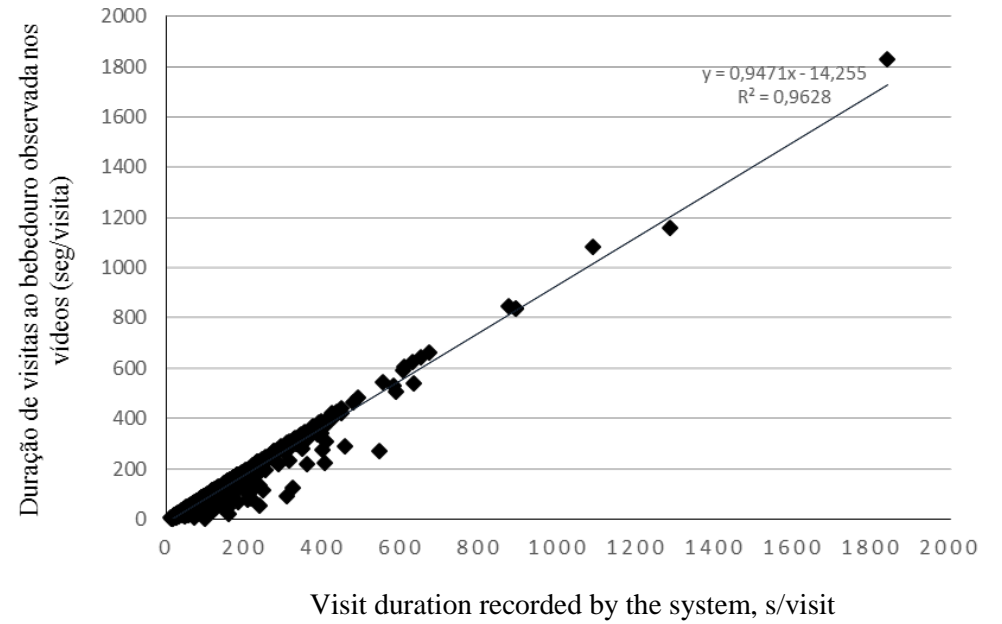
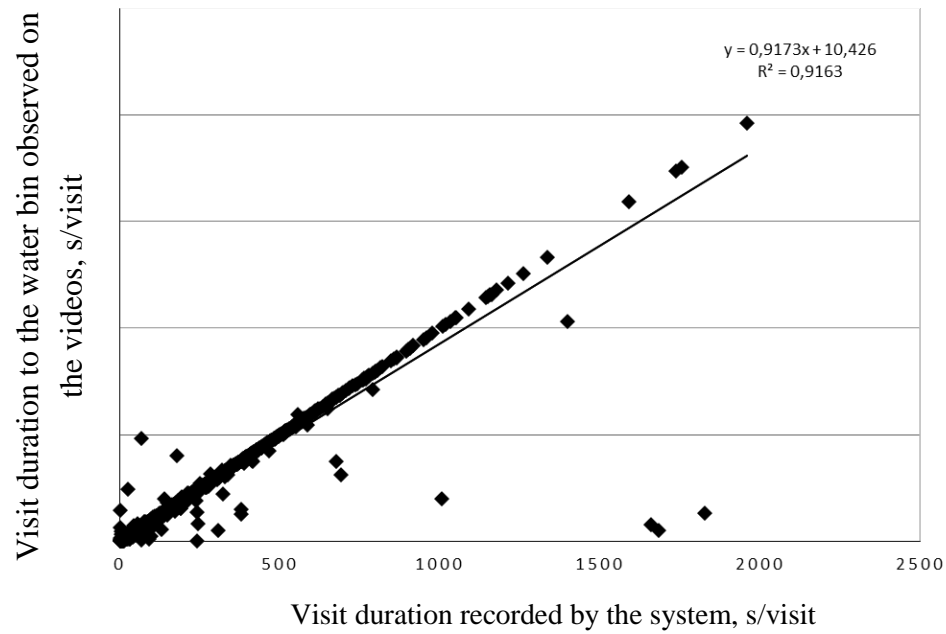
Variable	N	Direct observation			Electronic observation		
		Average	Minimum	Maximum	Average	Minimum	Maximum
<b>Feed bin</b>							
Intake <i>kg/visit</i>	24	252± 28	60	575	240± 27	50	500
Visit duration <i>sec/visit</i>	4081	154.4± 2.5	1.0	1960.0	157.0± 2.6	1.0	1960.0
<b>Water bin</b>							
Intake <i>kg/visit</i>	60	1.79± 0.16	0.00	5.98	1.67± 0.16	0.00	5.95
Visit duration <i>sec/visit</i>	549	183± 7	2	836	213± 7	14	892

**Table 2.** Evaluation of the registers Intergado compared to the observed in the independent systems for feed intake per visit (g), visit duration to the feed bins (s), water intake per visit (kg) and visit duration to the water bins (s)

<b>Variable</b>	<b>Intercept</b>	<b>Slope</b>	<b>MSPE</b>	<b>RMSPE</b>	<b>% Bias</b>	<b>r</b>	<b>r<sup>2</sup></b>
<b>Feed bin</b>							
Intake							
Visit duration	7.035 (-5.28 – 19.35)	0.945 (0.86 – 1.02)	2381.20	48.80	1.70	0.96	0.92
<b>Water bin</b>							
Intake							
Visit duration	-14.255 (-17.65 – -10.85)	0.947 (0.93 – 0.96)	1425.10	37.75	17.4	0.98	0.96



**Figure 1.** Water intake (A) and feed intake (B) measured used an external scale vs. water intake and feed intake recorded by the system<sup>1</sup>Coefficient of determination ( $R^2$ ).



**Figure 2.** Visit duration to the feed bin (A) and the water bin (B) observed on the videos vs. visit duration recorded by the system. <sup>1</sup>Coefficient of determination ( $R^2$ ).



## 5. CAPÍTULO 2

### AVALIAÇÃO AUTOMATIZADA DE MUDANÇAS NO COMPORTAMENTO ALIMENTAR ASSOCIADAS À TRISTEZA PARASITÁRIA EM BEZERRAS

**Interpretative summary: Effect of tick-borne disease infections (anaplasmosis and babesiosis) on feeding and drinking behavior and intake of Holstein-Gyr crossbred heifers.** *Oliveira Júnior et al.* Introduction; Material and Methods; Results and Discussion, 1. Intake, 1.1 Feed intake, 1.2 Water intake, 2. Duration of visits, 2.1. Feed bin visits, 2.2 Water bin visits, 3. Number of visits; Conclusions; Acknowledgements; References.

Running Head: ELECTRONIC MONITORING, SICKNESS BEHAVIOUR

**Effect of tick-borne disease infections (anaplasmosis and babesiosis) on feeding and drinking behavior and intake of Holstein-Gyr crossbred heifers**

**B. R. Oliveira Júnior<sup>\*</sup>, M. N. Ribas<sup>†</sup>, F. S. Machado<sup>§</sup>, J. A. M. Lima<sup>§</sup>, L. F. L. Cavalcanti<sup>†</sup>, R.B. Reis<sup>\*</sup>, H.M. Saturnino<sup>\*</sup>, S. G. Coelho<sup>\*,1</sup>**

<sup>\*</sup>Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 6627 Avenida Antônio Carlos POBox 567, Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brazil; CEP: 30123-970

<sup>†</sup> CNPq, RHAE – SEVA Engenharia, Projeto Intergado, Contagem, Minas Gerais, Brasil, 32280-300

<sup>§</sup> Embrapa Dairy Cattle, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil, 36038-330

<sup>1</sup>Corresponding author: sandragesteiracoelho@gmail.com

**RESUMO:** O consumo de alimentos e o comportamento ingestivo estão diretamente relacionados ao desempenho produtivo, sendo atualmente também estudado para predição de doenças. Objetivou-se avaliar o comportamento alimentar e o consumo individual de alimentos e água em bezerras acometidas naturalmente por tristeza parasitária quatro dias antes e quatro dias depois do diagnóstico da doença. Trinta e cinco bezerras mestiças Holandês-Gir (peso corporal,  $180 \pm 52$  kg; idade,  $121.5 \pm 32.5$  dias), fitted com brinco contendo transponder passivo único, foram distribuídas em três grupos de 12, 12 e 11 animais por período (4 semanas). Os animais tiveram livre acesso a 12 cochos e dois bebedouros eletrônicos baseados na tecnologia RFID instalados em piquete com baixa cobertura vegetal. O diagnóstico de tristeza parasitária foi realizado por acompanhamento do volume globular (**VG**) e exame clínico. Os dados de consumo e comportamento alimentar foram coletados diretamente do software dos equipamentos. Um modelo de medidas repetidas foi ajustado utilizando abordagem mista linear. Médias preditas foram comparadas emparelhadas usando ajuste de Tukey-Kramer para valores  $P$ . As diferenças foram declaradas significativas para  $P \leq 0.05$ . Durante o período avaliado 12 animais foram acometidos pela tristeza parasitária e tiveram o consumo e comportamento alimentar avaliado 4 dias antes e depois do diagnóstico da doença (d-4 a d4). De d-3 a d4 o número diário de visitas aos cochos de alimentação e o tempo total gasto nestas visitas foi reduzido. Nos d-3 e d2 a quantidade de alimento ingerida a cada visita aumentou. O consumo de alimentos total diário foi menor do d-1 ao d1. O número de visitas aos bebedouros foi menor no d1 e o tempo gasto nestas visitas foi aumentado. O consumo de água por visita foi menor do d-3 a d2, nos dias d0 e d1 o consumo diário de água foi menor que nos outros dias. Todas as variáveis estudadas estão alteradas durante a tristeza parasitária e algumas delas se alteram antes do início dos sinais clínicos da doença e podem ser ferramentas de diagnóstico precoce, úteis no monitoramento da enfermidade. A alteração do consumo com redução de

ingestão diária de alimentos igual ou superior a 35.5% pode ser um indicador precoce de tristeza parasitária.

Palavras-chaves: anaplasrose, consumo de alimentos, novilhas, identificação por radiofrequência, consumo de água, comportamento do animal doente.

**ABSTRACT:** The consumption of food and water is directly related to the productive performance, currently being studied also for prediction of disease. This study aimed to evaluate the feeding behavior and water and feed intakes in calves naturally affected by tick fever four days before and four days after the diagnosis of illness. Thirty-five crossbred Holstein-Gir calves (body weight,  $180 \pm 52$  kg; age,  $121.5 \pm 32.5$  days), fitted with an ear tag containing a unique passive transponder, were distributed in three groups of 12, 12 and 11 animals per period (4 weeks). Animals had free access to 12 electronic feed bins and to two electronic water bins based on RFID technology installed in picket with low vegetation. The diagnosis of tick fever occurred by monitoring cell volume (VG) and clinical examination. The feeding behavior data were collected directly from the software equipment. A model of repeated measures was adjusted using linear mixed approach. Predicted averages were pairwise compared using Tukey-Kramer adjustment for  $P$  values. Differences were declared significant at  $P \leq 0.05$ . During the evaluation period 12 animals were affected by tick fever and had the consumption and feeding behaviour evaluated 4 days before and after the diagnosis of illness (d-4 to d4). In d-3 to d4 the daily number of visits to the feeding bins and the total time spent on these visits has reduced. In d-3 and d2 the amount of food ingested at each visit increased. The total daily feed intake was lower in d-1, d0 and d1. The number of water bin visits was lower in d1 and the time spent on these visits was gradually increasing. The water intake per visit was lower in d-3 to d2, and in days d0 and d1 the daily water intake was lower than in other days. All studied

variables are changed during the tick-borne disease and some of those changes before the onset of clinical signs of the disease and may be early diagnosis tools, useful in monitoring disease. The alteration of consumption with daily feed intake decrease of 35.5% ,or more, may be an early indicator of tick-borne disease.

Keywords: anaplasmosis, feed consumption, heifers, radiofrequency identification, water intake, sickness behaviour.

## INTRODUÇÃO

Os prejuízos causados por altas taxas de morbidade e mortalidade afetam a produtividade e a lucratividade da produção de bovinos. No Brasil, entre as enfermidades mais relevantes durante a fase cria, destacam-se a babesiose e anaplasmoses bovinas. A infecção por *A. marginale* em conjunto com a babesiose gera o complexo de doença hemolítica denominada tristeza parasitária bovina, doenças clínicas e epidemiologicamente similares (Bock et al., 2004; Kocan et al., 2010) responsáveis por significativas perdas econômicas na pecuária mundial. Os carrapatos são os principais transmissores dessas doenças (Connell, 1974), entretanto, na anaplasmoses a transmissão pode ocorrer também por meio de vetores mecânicos (Losos, 1986).

O consumo de alimentos, determinado pela interação de vários fatores fisiológicos, psicológicos e sociais, que ainda não são completamente elucidados, assim como o comportamento animal são parâmetros que podem ser utilizados como ferramenta sinalizadora da saúde animal. Segundo Johnson (2002) a observação do comportamento de consumo pode ser importante no diagnóstico precoce de enfermidades uma vez que, a redução do consumo pode ser uma resposta à doença sendo, frequentemente, o primeiro sinal de que o animal está doente (Johnson, 2002). Variáveis como o tempo gasto no cocho de alimentação ou mudanças

no comportamento de deitar-se, podem indicar risco para distocia (Proudfoot et al., 2009), cetose subclínica (Goldhawk et al., 2009), e metrite (Huzzey et al., 2007).

O consumo e o comportamento de ingestão de alimentos estão relacionados e podem ser avaliados por métodos tradicionais, tais quais, avaliações visuais, por vídeo ou, com maior facilidade, por meio do uso de equipamentos eletrônicos de monitoramento (Erasmus e Jansen, 1999). Os equipamentos baseados na tecnologia de RFID para a captação de dados tem sido utilizados em diversos estudos (De Vries et al., 2003; Bach et al., 2004; Chapinal et al., 2007; Svensson e Jensen, 2007; Lancaster et al., 2009) e podem auxiliar a detecção, e mesmo prever, o aparecimento de doenças tais quais, afecções respiratórias (Quimby et al., 2001), metrite (Urton et al., 2005; Huzzey et al., 2007; Weary et al., 2009), acidose (Robles et al., 2007), mastite (Lukas et al., 2008), cetose e claudicação (González et al., 2008).

De acordo com Konsman et al. (2002), os componentes fisiológicos e comportamentais da doença representam, juntamente com a resposta febril e mudanças neuroendócrinas associadas, uma estratégia altamente organizada do organismo para combater a infecção. Tal estratégia recebe a denominação “comportamento do animal doente”. Esse por sua vez é induzido pela conexão do sistema imune com o sistema nervoso central (SNC) via polipeptídeos denominados citocinas, liberadas por células fagocíticas mononucleares ativadas durante a doença, capazes de reduzir a motivação do animal por comida (Johnson, 1998; Millman, 2007; Weary et al., 2009). A expressão de citocinas sinalizadoras do sistema imune no SNC, principalmente interleucina-1 ( $IL-1\alpha$  e  $IL-1\beta$ ), interleucina-6 ( $IL-6$ ) e o fator de necrose tumoral alfa ( $TNF-\alpha$ ), produzidas por células fagocíticas periféricas, é o fator causador da queda do consumo, assim como várias outras alterações comportamentais comumente associadas no animal doente (Konsman et al., 2002).

Pouco se sabe sobre como as doenças afetam o comportamento dos animais jovens e, ainda menos, sobre o comportamento que esses indivíduos apresentam diante de uma doença limitante, como a tristeza parasitária.

Com o auxílio de alimentadores eletrônicos baseados na tecnologia de RFID, objetivou-se avaliar e comparar o comportamento de ingestão de alimentos e água em bezerras, mestiças, antes e após o serem acometidas naturalmente por tristeza parasitária.

## MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos utilizados neste trabalho foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFMG) Protocolo nº. 306 / 2013.

Durante o período de Agosto de 2013 e Janeiro de 2014, 35 novilhas mestiças Holandês-Gir, com idade média de  $121.5 \pm 32.5$  dias e peso corporal médio de  $180 \pm 52$  kg, foram aleatoriamente selecionadas na fazenda comercial “Brejo Alegre” (Itaúna, Minas Gerais, Brazil). Os animais foram distribuídos em três grupos de 12, 12 e 11 animais por período de 4 semanas cada e alojados em piquetes com baixa cobertura vegetal. As novilhas foram brincadas com *tags* auriculares contendo *transponder* passivo único (FDX – ISSO 11784/11785; Allflex; Joinville, SC, Brasil) na orelha do lado direito e tiveram livre acesso a 12 cochos eletrônicos (AF 1000 Junior, Intergado® Ltda., Contagem, Brasil) e a dois bebedouros eletrônicos (WD 1000 Junior, Intergado® Ltda., Contagem, Brasil). O equipamento registrava automaticamente a duração das visitas e o consumo de alimentos e de água por meio da leitura dos *tags* auriculares de identificação animal, da leitura do número do cocho ou do bebedouro, do registro do tempo inicial e final das visitas e da diferença de peso dos alimentos e da água presentes nos equipamentos no início e ao final de cada visita.

As novilhas foram tratadas duas vezes ao dia (0830 e 1600 h), com dieta composta por 60% de silagem de milho, 10% de cana-de-açúcar picada, e 30% de concentrado comercial na

base MS (MS:  $40.7 \pm 2.45\%$ ; PB:  $14.1 \pm 0.98\%$  da MS e FDN:  $55.8 \pm 3.65\%$  da MS; análises baseadas na AOAC International, 1990) ofertada *ad libitum*.

Na semana anterior a entrada no experimento, todos os animais foram submetidos à coleta de sangue pela manhã, para a determinação do volume globular (VG), que foi considerado valor basal. O sangue foi obtido em tubos capilares e processado em centrífuga de micro hematócrito (SPIN 1000, MICRO SPIN®, São Paulo, Brasil) a 14.490g durante 15 minutos, com leitura posterior por meio de régua graduada para determinação de VG percentual. Os animais também foram submetidos a exame clínico com mensuração da temperatura retal, aferição do grau de desidratação segundo Wattiaux (2005), coloração de mucosas, além de preparo de esfregaço sanguíneo para identificação do agente etiológico da tristeza parasitária (Protozoário do gênero *Babesia* e/ou de rickettsia do gênero *Anaplasma*) como exame confirmatório. As avaliações de VG e exame clínico foram realizadas semanalmente.

Os animais doentes foram tratados com injeções intramusculares de enrofloxacina na concentração de 10% (Kinetomax®, Bayer, São Paulo, Brasil) e dosagem de 10 mg/kg de peso vivo, administradas por 2 dias com intervalo de 48h entre a primeira e a segunda aplicação. Cinco mL de Vitamina B12 na concentração de 0.001 mg/mL (Monovin B12®, Bravet, Rio de Janeiro, Brasil), 10mL de dipirona sódica na concentração de 500 mg/mL (D 500®, Fort Dodge, Campinas, Brasil) e injeções subcutâneas de dipropionato de imidocarb (Imizol®, Intervet Schering-Plough Animal Health, Cruzeiro, Brasil) na dosagem de 1.2 mg/kg de peso vivo.

Os dados individuais de consumo de alimento por visita e de consumo de alimento diário (na base MN), assim como os de consumo individual de água por visita e consumo diário de água, e os dados de número de visitas e de duração das visitas aos cochos e aos bebedouros foram extraídos do software do sistema eletrônico de monitoramento (Intergado® Ltda., Contagem, Brasil).

Os animais acometidos pela tristeza parasitária tiveram o consumo e comportamento alimentar avaliados 4 dias antes e depois do diagnóstico da doença (d-4 a d4).

A definição de período sadio ou período doente para cada animal foi conduzida de acordo com o seguinte protocolo: bezerras foram diagnosticadas em intervalos aproximados de 1 semana com base nos sinais clínicos e no VG, sendo que o VG confirmava a doença desde que os animais apresentassem valor absoluto para esse indicador menor que 25%. Períodos sadios foram considerados como o intervalo de tempo entre dois ou mais diagnósticos negativos sem nenhum diagnóstico positivo entre eles. Enquanto que os períodos doentes foram considerados como sendo os nove dias no entorno de um diagnóstico positivo. Para realização de comparações diárias, o dia do diagnóstico positivo foi assumido como sendo o dia zero. Contrastes entre dias sadios e dias doentes, para as variáveis de comportamento individual de ingestão de alimentos e de água, foram mensurados pelo estudo da variável resposta para cada animal em cada dia doente (em relação ao dia 0) comparado aos dados obtidos para a mesma variável estimada pela média dos dias sadios. Esse cálculo pode ser melhor compreendido pelo modelo seguinte:  $|X_{ij} - \bar{X}_j^*|$  em que  $X$  representa a variável resposta no dia doente  $i$  (que variou de -4 a 4) para a bezerra  $j$  e  $X^*$  representa a média da mesma variável para o animal  $j$  no período em que este estava sadio.

Um modelo de medidas repetidas foi ajustado utilizando abordagem mista linear. O modelo consistiu em período do diagnóstico (doente *versus* sadio), dias doentes (d-4 até d4) e suas interações, bem como os grupos aos quais pertencem (1, 2 ou 3) como efeitos fixos, enquanto que os animais foram considerados como sendo efeitos aleatórios no modelo. Visto que o Critério de Informação de Akaike e o Critério de Informação Bayesiana foram reduzidos, uma estrutura de covariância autoregressiva foi usado para contabilizar a dependência de erro. Todos os modelos de qualidade do ajuste foram exaustivamente analisadas, assim como a sua normalidade e homocedasticidade. Médias preditas foram comparadas emparelhadas usando



ajuste de Tukey-Kramer para valores  $P$ . As diferenças foram declaradas significativas para  $P \leq 0.05$ . Todas as análises estatísticas foram conduzidas em ambiente R (R Core Team, 2014) usando os seguintes pacotes: *nlme* (Pinheiro et al., 2013) e *predict means* (Luo et al., 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período avaliado, 12 animais (34.3%) foram acometidos pela tristeza parasitária. Foram comparados os dados de comportamento e de ingestão de alimentos e de água, obtidos por meio dos cochos e dos bebedouros, durante o período considerado saudável e doente.

Conforme detalhado adiante, todas as variáveis estudadas se mostraram alteradas durante a tristeza parasitária.

### 1. Consumo

#### 1. 1. Consumo de Alimentos

O consumo diário (total) de alimentos foi menor no dia anterior ao diagnóstico (d-1), no dia do diagnóstico (d0) e um dia após o diagnóstico (d1) ( $P < 0.05$ ) (Figura 1). Durante os períodos de doença observou-se que os animais consumiram 35.5% menos em relação a suas próprias médias de consumo nos períodos saudáveis.

A redução no consumo de alimentos ocorreu um dia antes do aparecimento dos sinais clínicos da doença. Esses resultados reforçam as observações de outros pesquisadores que, ao estudar as mudanças no comportamento alimentar de bezerros (Quimby et al., 2001) e/ou de vacas, puderam prever a ocorrência de afecções respiratórias (Quimby et al., 2001), metrite (Urton et al., 2005; Huzzey et al., 2007), mastite (Lukas et al., 2008), cetose e claudicação (González et al., 2008). Nesses estudos as alterações do consumo de alimentos ocorreram de semanas a dias antes do diagnóstico das doenças.

Nos dias d-3 (antes do diagnóstico da doença) e d2 (após tratamento) o consumo de alimentos/visita foi maior que nos outros dias ( $P < 0.05$ ) (Tabela 1). A maior ingestão por visita

no d2 pode ser entendida como início de recuperação do animal, com restabelecimento do apetite. Entretanto, sob o ponto de vista comportamental, essa maior ingestão por visita não pôde ser explicada no d-3.

## 1. 2. Consumo de Água

O consumo diário (total) de água apresentou-se modificado no d0, um dia mais tarde do que o consumo diário de alimentos, permanecendo alterado até o d1. Talvez essa sinalização, relativamente mais tardia, possa estar relacionada à maior complexidade do papel da água no indivíduo doente, ainda não totalmente conhecido. A redução do consumo diário de água manteve-se no dia subsequente ao diagnóstico e tratamento dos animais (d1). Isso pode ser devido simplesmente ao “padrão” de queda no consumo diário de água devido ao avanço da doença e a correlação direta com o consumo de alimentos. Entretanto, pode ainda ter havido influência do tratamento utilizado, uma vez que este reduz a hipertermia, e conseqüentemente, pode ter reduzido a busca animal por água como forma de regulação térmica e homeostática nesse dia.

O consumo de água/visita foi menor a partir do dia d-3 com retorno à normalidade somente no d3 ( $P < 0.05$ ) (Tabela 1). Esses dados revelam que a variável sofre modificações relevantes durante a doença antes de qualquer alteração no volume de água ingerido no decorrer do dia.

## 2. Duração das Visitas

### 2. 1. Visitas aos Cochos de Alimentação

A duração total de visitas aos cochos de alimentação foi reduzida a partir do d-3, com menor valor absoluto (ápice) no dia subsequente ao tratamento (d1). A variável permaneceu reduzida até o último dia de análise (d4) (Figura 1). Esse comportamento sugere que essa variável é, dentre as estudadas, uma das mais susceptíveis a alterações significativas, sendo que,

tais alterações começam a surgir nas imediações do aparecimento dos primeiros sinais da tristeza parasitária, o que possivelmente indica maior precocidade na detecção da patologia.

Foi observado que no dia subsequente ao dia do diagnóstico e tratamento (d1), a duração média das visitas aos cochos foi maior ( $P < 0.05$ ) nos animais doentes quando comparada à média dos mesmos animais nos dias em que estavam saudáveis (Tabela 1). Acredita-se que no d1, em virtude do tratamento realizado no d0, os animais tenham passado mais tempo no cocho a cada visita realizada devido à recuperação gradual do apetite (primeiros sinais de procura de alimento). Essa recuperação gradual, porém, não foi suficiente para resultar em aumento significativo de consumo neste dia, mas apenas no subsequente (d2).

## 2. 2. Visitas aos Bebedouros

A duração total de visitas aos bebedouros (tempo total gasto por dia nos bebedouros) foi menor para os animais doentes no dia seguinte ao diagnóstico e tratamento (d1) ( $P < 0.05$ ). Por outro lado, a duração média das visitas aos bebedouros foi maior no mesmo dia ( $P < 0.05$ ) (Tabela 1).

## 3. Número de Visitas

O número (diário) de visitas aos cochos foi menor do d-3 até o último dia de observação (d4) nos períodos de doença ( $P < 0.05$ ) (Tabela 1). O comportamento desta variável foi similar ao observado para a variável duração total de visitas aos cochos de alimentação. Acredita-se que tais alterações do comportamento dos animais doentes possam estar relacionadas à menor disposição destes em buscar alimentos e/ou competir com os demais por alimento. Podem, ainda, estar associadas aos efeitos dos sinalizadores imunológicos circulantes, capazes de alterar os padrões de comportamento dos indivíduos.

Embora essa variável (visitas ao cocho) tenha se mostrado alterada antes de qualquer mudança no consumo diário de alimentos, e seja, portanto, mais precoce que este na predição da tristeza parasitária, sua alteração prolongada pode tornar mais difícil a precisão de

identificação da doença, requerendo maior atenção e cautela, uma vez que pode indicar um animal que está adoecendo, que já está doente ou que está se recuperando de uma enfermidade.

O número (total diário) de visitas aos bebedouros foi menor para os animais doentes no dia seguinte ao diagnóstico e tratamento (d1) ( $P < 0.05$ ). Pode-se afirmar, portanto, que neste dia os animais doentes passaram menos tempo nos bebedouros, visitando-os menos vezes ao longo do dia, entretanto, em cada uma das visitas realizadas permaneceram por maior tempo nos bebedouros sem, contudo, beber volume de água satisfatório (em comparação aos dias saudáveis).

É plausível admitir que, o comportamento observado tanto para as variáveis relacionadas ao comportamento de ingestão de alimentos quanto para o de ingestão de água, tenha sido parte de uma estratégia fisiológica, no sentido de compensar o reduzido número de visitas visto, em maior escala, nos cochos de alimentação (d-3 até d4) e, em menor, nos bebedouros (d-1). Entretanto, a compensação não foi suficiente, já que o consumo final (total) de alimento (d-1, d0 e d1) e de água (d0 e d1), assim como o consumo de água/visita (d-3 até d2), permaneceram aquém do observado durante os intervalos livres da doença, embora o comportamento da variável consumo de alimentos/visita tenha sido inverso (maior no d-3 e d2) e pouco compreendido.

## CONCLUSÕES

Os parâmetros estudados são importantes no comportamento animal e estão alterados quando os indivíduos apresentam tristeza parasitária. A compreensão dessas variáveis envolve múltiplos fatores e requer mais estudos. Algumas delas se alteram antes do início dos sinais

clínicos da doença e podem ser ferramentas de diagnóstico precoce, úteis no monitoramento da enfermidade.

Com base nos resultados do presente estudo, pode-se concluir que a alteração do consumo com redução de ingestão diária de MN (matéria natural) igual ou superior a 35.5% pode ser um indicador precoce de tristeza parasitária em bezerros alojados em grupos.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores são gratos à Fazenda Brejo Alegre por permitir o uso de suas instalações e animais, assim como, por fornecer suporte e recursos humanos para a realização deste estudo e a Empresa Intergado pela doação dos equipamentos eletrônicos de avaliação de consumo.

### **REFERÊNCIAS**

- Bach, A., C. Iglesias, and I. Busto. 2004. Technical Note: a computerized system for monitoring feeding behavior and individual feed intake of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 87:4207-4209.
- Bock, R., L. Jackson, A. De Vos, and W. Jorgensen. 2004. Babesiosis in cattle. *Parasitology.* 129:247-269.
- Chapinal, N., D. M. Veira, D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2007. Technical Note: validation of a system for monitoring individual feeding and drinking behavior and intake in group-housed cattle. *J. Dairy Sci.* 90:5732-5736.
- Connell, M. 1974. Transmission of *Anaplasma marginale* by the cattle tick *Boophilus microplus*. *J. Agr. An. Sci.* 31:185-195.
- DeVries, T. J., M. A. G. von Keyserlingk, D. M. Weary, and K. A. Beauchemin. 2003. Technical Note: validation of a system for monitoring feeding behavior of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:3571-3574.

- Eradus, W. J., and M. B. Jansen. 1999. Animal identification and monitoring. *Comput. Electron. Agr.* 24:91-98.
- Goldhawk, C., N. Chapinal, and D. M. Veira. 2009. Parturition feeding behavior is an early indicator of subclinical ketosis. *J. Dairy Sci.* 92:4971–4977.
- González, L. A., B. J. Tolkamp, M. P. Coffey, A. Ferret, and A. Kyriazakis. 2008. Changes in feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91:1017-1028.
- Grisi, L., C. L. Massard, G. E. Moya-Borja, and J. B. Pereira. 2002. Impacto econômico das principais ectoparasitoses em bovinos no Brasil. *A Hora Veterinária.* 21:8-10.
- Huzzey, J. M., D. M. Viera, D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2007. Parturition behavior and dry matter intake identify dairy cows at risk for metritis. *J. Dairy Sci.* 90:3220-3233.
- Johnson, R. W. 1998. Immune and endocrine regulation of food intake in sick animals. *Domest. Anim. Endocrinol.* 15:309-318.
- Johnson, R. W. 2002. The concept of sickness behavior: a brief chronological account of four key discoveries. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 87:443-450.
- Konsman, J. P., P. Parnet, and R. Dantzer. 2002. Cytokine-induced sickness behaviour: mechanisms and implications. *Trends Neurosci.* 25:154-159.
- Kocan, K. M., J. Fuente, E. F. Blouin, J. F. Coetzee, and S. A. Ewing. 2010. The natural history of *Anaplasma marginale*. *Vet. Parasitol.* 167:95-107.
- Lancaster, P. A., G. E. Carstens, D. H. Crews, T. H. Welsh Junior, T. D. A. Forbes, D. W. Forrest, L. O. Tedeschi, R. D. Randel, and F. M. Rouquette. 2009. Phenotypic and

- genetic relationships of residual feed intake with performance and ultrasound carcass traits in Brangus heifers. *J. Anim. Sci.* 87:3887-3896.
- Losos, G.J. Rickettsial Diseases: anaplasmosis. In: *Infectious tropical diseases of domestic animals*. 1<sup>a</sup> ed., New York: Churchill Livingstone Inc., 1986. p. 742-795.
- Lukas, J. M., J. K. Reneau, and J. G. Linn. 2008. Water intake and dry matter intake changes as a feeding management tool and indicator of health and estrus in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91:3385-3394.
- Luo, D., S. Ganesh, and J. Koolaar. *Predictmeans: calculate predicted means for linear models*, 2014.
- McLeod, R., P. Kristjanson. 1999. Final report of joint esys/ILRI/ACIAR tick cost project – economic impact of ticks and tick-borne diseases to livestock in Africa, Asia and Australia. International Livestock Research Institute, Nairobi.
- Millman, S. T. 2007. Sickness behaviour and its relevance to animal welfare assessment at the group level. *Anim. Welf.* 16:123-125.
- Pinheiro, J.; Bates, D.; Debroy, S. et al. *nlme: linear and nonlinear mixed effects models: R Package Version, 3.1-110*, 2013.
- Proudfoot, K. L., J. M. Huzzey, and M. A. G. Keyserlingk. 2009. The effect of dystocia on dry matter intake and behavior of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 92:4937–4944.
- Quimby, W. F., B. F. Sowell, and J. G. P. Owman. 2001. Application of feeding behaviour to predict morbidity of newly received calves in a commercial feedlot. *Can. J. Anim. Sci.* 81:315-320.

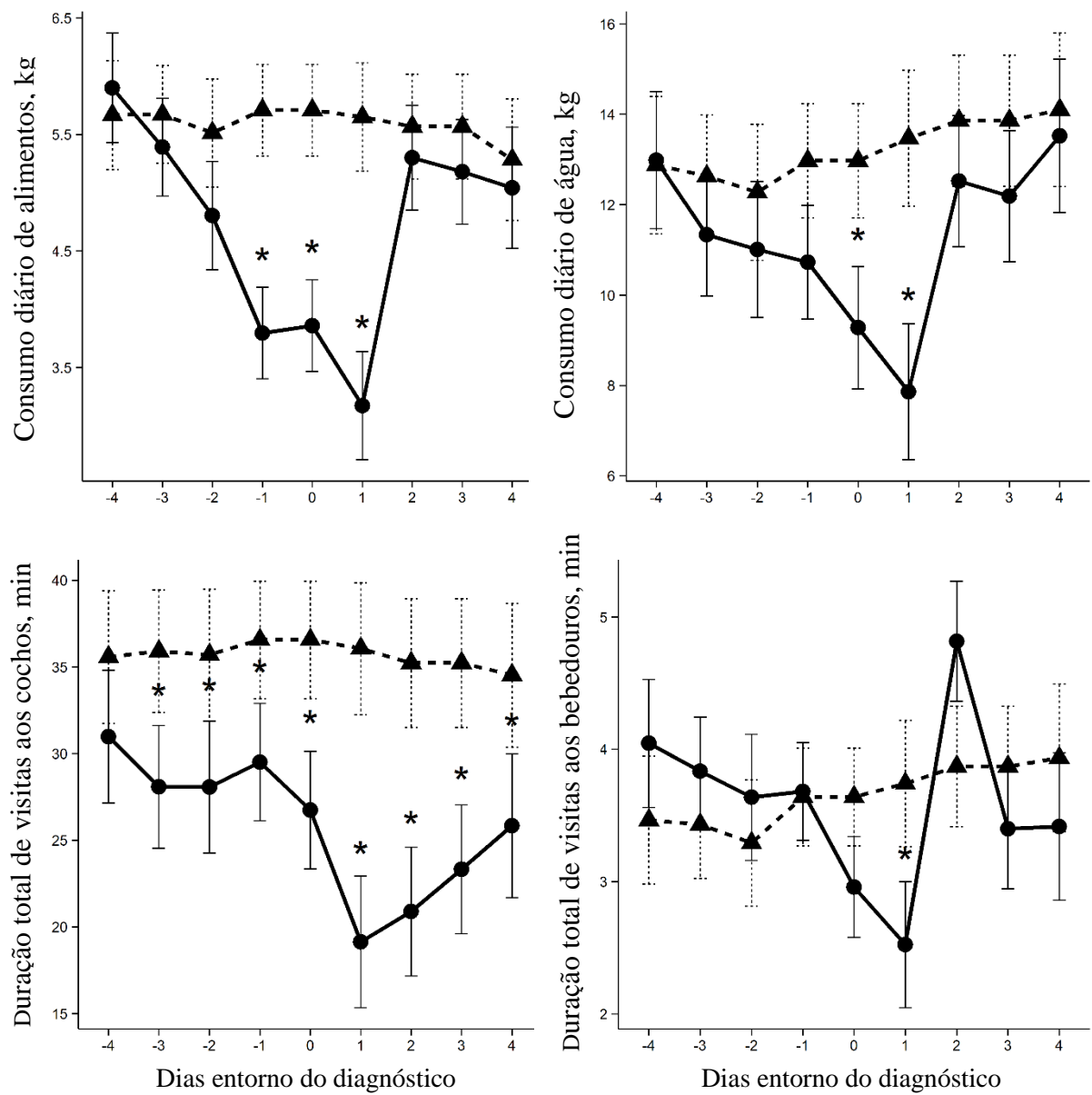
- Robles, V., L. A. González, A. Ferret, X. Manteca, J. L. Ruiz-de-la-Torres, and S. Calsamiglia. Effects of feeding frequency on intake, ruminal fermentation, and feeding behavior in heifers fed high-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 85:2538-2547, 2007.
- Svensson, C., and M. B. Jensen. 2007. Short communication: Identification of diseased calves by use of data from automatic milk feeders. *J. Dairy Sci.* 90:994-997.
- Urton, G., D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2005. Feeding behavior identifies dairy cows at risk for metritis. *J. Dairy Sci.* 88:2843-2849.
- Wattiaux, M. A. Heifer raising - birth to weaning. Neonatal diarrhea. Babcock Institute for International Dairy Research and Development. 2005. University of Wisconsin-Madison.
- Weary, D. M., J. M. Huzzey, and M. A. G. von Keyserlingk. 2009. Board-invited review: using behaviour to predict and identify ill health in animals. *J. Anim. Sci.* 87:770-777.



**Tabela 1.** Médias de consumo de alimentos (kg) e de água (L), número e duração de visitas aos cochos de alimentos e aos bebedouros

Variável	Média Sadios	Dias entorno do diagnóstico								
		-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
N experimental		6	9	6	12	12	7	7	7	4
Consumo de alimentos/visita, kg	0.12 (0.01)	0.13 (0.01)	0.15 (0.01)*	0.12 (0.01)	0.12 (0.01)	0.11 (0.01)	0.10 (0.01)	0.17 (0.01)*	0.14 (0.01)	0.13 (0.01)
Duração média visitas aos cochos, s	27.76 (0.69)	27.95 (0.75)	28.89 (0.63)	27.92 (0.74)	27.10 (0.55)	28.76 (0.55)	30.11 (0.74)*	28.69 (0.70)	27.78 (0.70)	28.34 (0.88)
Visitas aos cochos	77.43 (7.56)	66.92 (7.85)	57.96 (7.23)*	60.02 (7.79)*	64.08 (6.91)*	55.62 (6.91)*	39.75 (7.79)*	44.73 (7.60)*	51.23 (7.60)*	56.29 (8.52)*
Consumo de água/visita, kg	2.16 (0.19)	2.05 (0.20)	1.60 (0.17)*	1.70 (0.20)*	1.65 (0.15)*	1.48 (0.17)*	1.56 (0.20)*	1.59 (0.19)*	2.00 (0.20)	2.01 (0.23)
Duração média visitas aos bebedouros, s	29.73 (1.82)	32.71 (1.98)	31.87 (1.63)	29.29 (1.95)	27.35 (1.44)	27.06 (1.50)	36.66 (1.94)*	31.29 (1.84)	26.72 (1.83)	29.41 (2.32)
Visitas aos bebedouros	7.33 (0.78)	7.30 (0.84)	7.49 (0.72)	7.28 (0.83)	7.91 (0.66)	6.33 (0.67)	4.44 (0.82)*	9.15 (0.79)	7.15 (0.79)	7.43 (0.96)

Médias em dias doente seguidas por \* diferem da resposta média nos intervalos saudáveis pelo teste de Tukey-Kramer ( $P \leq 0.05$ ).



**Figura 1.** Consumo diário de alimentos (kg), consumo diário de água (kg) e duração total de visitas aos cochos de alimentação e aos bebedouros de água (min) mensurados, individualmente, em intervalos em que os animais encontravam-se doentes (linha contínua) ou saudáveis (linha tracejada).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No âmbito de pesquisa, o uso de equipamentos baseados em RFID pode auxiliar a observação e melhorar entendimento do comportamento alimentar, de grupos ou de indivíduos, e já tem se mostrado útil na identificação precoce de diversas enfermidades. Modificações no comportamento de ingestão de alimentos podem ser observadas antes da visualização clínica de patologias como metrite, mastite, cetose, e tristeza parasitária. A campo, o monitoramento pode, além de melhorar os diagnósticos e consequentemente tratamentos de doenças, servir na identificação de indivíduos mais eficientes, uma vez que os dados de consumo e ganho de peso são automaticamente gerados e armazenados diariamente. Animais mais eficientes resultam em maior lucratividade ao produtor e menor impacto ambiental devido a menor eliminação de metano. Ademais, indivíduos mais eficientes vêm sendo apontados como menos susceptíveis às condições estressantes do ambiente, o que por si só é uma característica desejável para os animais de produção.

O sistema avaliado foi acurado e preciso na detecção de comportamento e ingestão de alimentos e água. Os dados gerados pelos equipamentos foram úteis na avaliação do comportamento alimentar e na predição de desvios no comportamento de consumo de alimentos e água. Muitos dos parâmetros estudados neste trabalho são importantes no comportamento animal e estão alterados quando os indivíduos apresentam tristeza parasitária. O consumo de água, o consumo de alimentos, duração e número de visitas aos cochos e bebedouros estão alterados antes do aparecimento de sinais clínicos da tristeza parasitária e podem ser utilizados com sucesso no monitoramento da doença. Queda de consumo igual ou superior a 35,5% pode ser um indicador precoce da tristeza parasitária em bezerros alojados em grupo.