

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
Escola de Veterinária  
Colegiado do Programa de Pós-Graduação

Rafael Santana Ferraz

**Monitoramento sanitário de bezerras leiteiras na fase de recria através de sistema de pesagem voluntária**

Belo Horizonte  
2021

Rafael Santana Ferraz

**Monitoramento sanitário de bezerras leiteiras na fase de recria através de sistema de pesagem voluntária**

Dissertação apresentada ao colegiado de Pós-graduação em Ciência animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Medicina e Cirurgia Veterinárias

Orientador: Rodrigo Melo Meneses

Coorientador: Antônio Último de Carvalho

Belo Horizonte  
2021

F381m

Ferraz, Rafael Santana, 1990 -  
Monitoramento sanitário de bezerras leiteiras na fase de recria através de sistema de  
pesagem voluntária / Rafael Santana Ferraz. – 2021.  
80 f. il

Orientador: Rodrigo Melo Menezes  
Coorientador: Antônio Último de Carvalho  
Dissertação (Mestrado) apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de  
Minas Gerais para obtenção do título de Mestre.  
Área de concentração: Medicina e Cirurgia Veterinárias  
Bibliografias: f. 74 a 80.

1. Bovino de leite - Teses - 2. Bovino - Melhoramento genético - Teses – 3. Bezerro – Teses -  
4. Bovino – Doenças – Teses – 5. Anaplasnose – Teses - I. Menezes, Rodrigo Melo – II. Carvalho,  
Antônio Último de – III. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária - IV. Título.

**CDD – 636.089**

Bibliotecária responsável Cristiane Patrícia Gomes – CRB2569  
Biblioteca da Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA  
COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO - RAFAEL  
SANTANA FERRAZ

Às 08:00 horas do dia 21 de maio de 2021, reuniu-se, na Escola de Veterinária da UFMG a Comissão Examinadora de Dissertação, para julgar, em exame final, a defesa da dissertação intitulada:

“MONITORAMENTO SANITÁRIO DE BEZERRAS LEITEIRAS NA FASE DE RECRIA ATRAVÉS DE UM SISTEMA DE PESAGEM VOLUNTÁRIA”

Como requisito final para a obtenção do Grau de **Mestre em Ciência Animal**, área de concentração em **Medicina e Cirurgia Veterinária**. Abrindo a sessão, o(a) Presidente da Comissão, **Rodrigo Melo Meneses**, após informar o aos presentes o teor das Normas Regulamentares da Defesa de Dissertação, passou a palavra ao candidato (a), para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do(a) candidato(a). Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do(a) candidato(a) e do público, para julgamento da dissertação, tendo sido atribuídas as seguintes indicações:

Examinador / Prof. (a) / Dr. (a)	Aprovado(a)	Reprovado(a)
Rodrigo Melo Meneses	X	
Elias Jorge Facury Filho	X	
Moisés Dias Freitas	X	
Luigi Francis Lima Cavalcanti	X	

Face os resultados, o (a) aluno (a) foi considerado(a):

Aprovado(a)	X	Reprovado(a)	
-------------	---	--------------	--

Para concluir o Mestrado, o(a) candidato(a) deverá entregar 01 volume encadernado da versão final da dissertação, acatando, se houver, as modificações sugeridas pela banca, e a comprovação de submissão de pelo menos um artigo científico em periódico recomendado pelo Colegiado dos Cursos. Para tanto, terá o prazo máximo de 60 dias a contar da data da defesa.

O resultado final, foi comunicado publicamente ao(a) candidato(a) pelo(a) Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o(a) Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ata, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora.

Belo Horizonte, 21 de maio de 2021.

Assinatura dos membros da banca:



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Melo Meneses, Professor do Magistério Superior**, em 21/05/2021, às 14:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luigi Francis Lima Cavalcanti, Usuário Externo**, em 23/05/2021, às 15:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Moisés Dias Freitas, Usuário Externo**, em 28/05/2021, às 16:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Elias Jorge Facury Filho, Professor do Magistério Superior**, em 31/05/2021, às 20:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0723402** e o código CRC **BFFBA867**.

## AGRADECIMENTOS

Acima de tudo a Deus, que sempre esteve ao meu lado, me capacitou e permitiu realizar coisas antes inimagináveis.

Aos meus pais que ao exemplo de Jesus e Nossa Senhora, me acompanharam por toda a caminhada com amor, apoio e cuidado. Dedico a eles esta conquista.

Aos meus avós, sinônimos de bondade, serviço e perseverança que muito e felizmente me influenciaram.

A todos os meus familiares que representam muito o que sou e intercederam por mim para chegar até aqui.

Ao meu orientador Rodrigo, que tenho o privilégio de chamar de amigo. Meu sincero muito obrigado por compartilhar comigo, há muitos anos, experiências, ensinamentos e todo o seu dom de construir conhecimento junto aos que te cercam.

Ao também meu orientador Antônio Último que me acolheu ainda no meu primeiro período de graduação e que já me orientava com ensinamentos que ainda hoje são inspiração e aprendizado.

Ao meu também orientador Elias Facury, Lobão, pelo exemplo pessoal e profissional ao qual tenho orgulho de falar em qualquer lugar que eu esteja, que fui e sou orientado por todo o meu caminho estudantil e profissional.

Aos amigos que deram a leveza, alegria e companheirismo necessário nesta longa caminhada.

Ao Maurício, Deni, Nascimento, Francieny, Markus, Pedro Fernando, Pedro Melo, Rayane e toda a equipe da Fazenda Santa Luzia agradeço a disponibilidade, apoio e boa vontade para construirmos este trabalho.

Ao Luigi, Marcelo e toda a equipe da Intergado, por prestar o suporte necessário durante todo o trabalho.

Ao Ernane e Matheus por toda a orientação e suporte profissional desde o início da minha carreira, aos quais sem eles, não seria possível realizar este trabalho.

Este estudo não é resultado apenas do meu trabalho, mas também dos meus orientadores, colegas de profissão, colegas de pós-graduação que me antecederam e apoiaram neste estudo. Agradeço a todos que de alguma forma durante essa jornada deram a sua contribuição para que ela fosse mais fácil e feliz. Muito Obrigado.

## RESUMO

O setor de criação de bezerras e novilhas é responsável pelo crescimento, reposição e melhoramento genético do rebanho, representando 20% dos custos totais de produção. Essa categoria representa alto investimento e obter sucesso na criação dos animais é fundamental para garantir eficiência no sistema de produção. Neste cenário, as doenças são a causa mais importante de mortalidade, causando grande impacto no setor de criação de bezerras e novilhas. No Brasil, a Tristeza Parasitária Bovina (TPB) e a Doença Respiratória Bovina (DRB) são responsáveis pela maior parte da mortalidade dos animais nessa categoria. Objetivou-se neste estudo avaliar métodos de monitoramento da saúde de bezerras leiteiras da raça Girolando entre 80 e 120 dias de vida para indicar a ocorrência de tristeza parasitária e doença respiratória. O experimento foi conduzido em uma fazenda localizada no município de Passos – Minas Gerais, que possui histórico de morbidade e mortalidade de animais na fase de recria por TPB e DRB. Foram utilizadas 50 bezerras. O monitoramento diário foi realizado através da confecção de esfregaços sanguíneos, temperatura retal e avaliação do escore respiratório clínico de Wisconsin. Além disso, foram instaladas nos cochos de água, balanças automáticas de precisão para aferição do peso corporal dos animais. Os animais apresentaram queda no ganho de peso nos dois dias anteriores ao diagnóstico de TPB e no dia do diagnóstico de DRB. O monitoramento por peso corporal demonstrou valores de sensibilidade (S), especificidade (E), valor preditivo positivo (VPP) e valor preditivo negativo (VPN), respectivamente, 73%, 72,7%, 77,7% e 67,5% para TPB e 67,3%, 80,2%, 66% e 81,1% para DRB. Esses valores podem ser ajustados de acordo com a estratégia de monitoramento da doença e o custo da ocorrência de falsos positivos e falsos negativos. Os resultados mostraram que o monitoramento da saúde dos animais através de balanças automáticas pode ser utilizado e tem melhor eficiência comparado ao método de monitoramento por temperatura retal.

**Palavras-chave:** tristeza parasitária bovina; doença respiratória bovina; balanças automáticas; ganho de peso; babesiose; anaplamose; pneumonia; bovinos.

## ABSTRACT

The dairy calf and heifer sector is responsible for the growth, replacement, and genetic improvement of the herd, representing 20% of the total production costs. This category represents high investment and acquire success in the rearing dairy calves and heifers is essential to ensure efficiency in the production system. In this scenario, diseases are the most important mortality cause, causing a high impact on the calf and heifer rearing sector. In Brazil, Tick-borne disease (TBD) and Bovine Respiratory Disease (BRD) are responsible for most of the mortality of animals in the category. The aim of this study was to evaluate methods for monitoring the health of Girolando dairy calves between 80 and 120 days of age to indicate the occurrence of tick-borne disease and bovine respiratory disease. The experiment was conducted on a farm in the municipality of Passos - Minas Gerais, which has a history of morbidity and mortality of animals in the growing phase by TBD and BRD. 50 calves were used. Daily monitoring was carried out by means of blood smears, rectal temperature and evaluation of the Wisconsin clinical respiratory score. In addition, automatic precision scales were installed in the water bins to measure the animals' body weight. The animals showed a drop in reduction gain in the two days prior to the diagnosis of TBD and on the day of the diagnosis of BRD. The monitoring by body weight showed values of sensibility (Se), specificity (Sp), positive predictive value (PPV) and negative predictive value NPV, respectively, 73%, 72.7%, 77.7% and 67.5% for TBD and 67.3%, 80.2%, 66% and 81.1% for BRD. These values can be adjusted according to the disease monitoring strategy and the cost of occurring false positives and false negatives. The results showed that the monitoring of animal health through automatic scales can be used and has better efficiency compared to the method of monitoring by rectal temperature.

**Keywords:** tick-borne disease; bovine respiratory disease; automatic scales; weight gain; babesiosis; anaplamosis; pneumonia; cattle.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Baía de parição onde foram realizados os cuidados iniciais com as bezerras recém-nascidas.....	32
Figura 2: Bezerreiro em sistema tropical onde os animais permaneceram até serem desaleitados (80 dias de vida) .....	32
Figura 3: Piquete onde os animais em recria permaneceram no experimento após o desaleitamento (> 80 dias de vida) .....	34
Figura 4: Método de Escore Respiratório de Wisconsin para avaliação de doença pulmonar adaptado de McGuirk (2008).....	36
Figura 5: Estimativa da parasitemia de Babesia spp. por escore de cruces de acordo com o número e frequência de hemoparasitos observados em esfregaço sanguíneo de ponta de cauda .....	37
Figura 6: Sistema de pesagem voluntária através de balanças automáticas de precisão. Intergado©.....	38
Figura 7: Pesagens do animal 25260 pelo sistema Intergado Cria Tech, durante os dias monitorados e modelo ajustado pelo algoritmo Intergado. Exemplo de ajuste através de um modelo linear paramétrico do peso de uma bezerra. ....	41
Figura 8: Pesagens do animal 25276 pelo sistema Intergado Cria Tech, durante os dias monitorados e modelo ajustado pelo algoritmo Intergado. Exemplo de ajuste através de um modelo não paramétrico do peso de uma bezerra.....	41
Figura 9: Esquema do estudo da capacidade do modelo logístico utilizado para predição de doença nos animais avaliados durante o período experimental.....	44
Figura 10: Representação gráfica do tamanho amostral, pelo software G*Power, para avaliação do monitoramento de sanidade de bezerras girolandas na fase de recria através da avaliação automática de peso pelo equipamento Intergado Cria tech.. ....	48
Figura 11: Média $\pm$ erro padrão do peso escalonado dos animais em função de dias relativos ao diagnóstico de Tristeza Parasitária Bovina.....	53
Figura 12: Média $\pm$ erro padrão do ganho de peso escalonado dos animais em função de dias relativos ao diagnóstico de Tristeza Parasitária Bovina. ....	53
Figura 13: Média $\pm$ erro padrão do ganho de peso bruto do período doente (-10 dias a -6 dias do diagnóstico) por Tristeza Parasitária Bovina comparado ao período saudável (-5 dias ao dia do diagnóstico). ....	54

Figura 14: Probabilidade predita pelo modelo estatístico ao identificar casos doentes ou sadios na base de treinamento para tristeza parasitária bovina e a representação gráfica da sua frequência (Densidade).....	56
Figura 15: Representação gráfica da matriz de confusão, com limiar ajustado no modelo a 50% de probabilidade para casos sadios ou doentes por Tristeza Parasitária Bovina. VP = Verdadeiro positivo, FP = Falso positivo, FN = Falso negativo, VN = Verdadeiro negativo .....	58
Figura 16: Média $\pm$ erro padrão do peso escalonado dos animais em função de dias relativos ao diagnóstico de Doença Respiratória Bovina.....	64
Figura 17: Média $\pm$ erro padrão do ganho de peso escalonado dos animais em função de dias relativos ao diagnóstico de Doença Respiratória Bovina .....	65
Figura 18: Média $\pm$ erro padrão do ganho de peso bruto do período doente (-10 dias a -6 dias do diagnóstico) por Doença Respiratória Bovina versus período saudável (-5 dias ao dia do diagnóstico) .....	66
Figura 19: Probabilidade predita pelo modelo estatístico ao identificar casos doentes ou sadios na base de treinamento para doença respiratória bovina e a representação gráfica da sua frequência (Densidade).....	67
Figura 20: Matriz de confusão, com limiar ajustado no modelo a 50% de probabilidade para casos sadios ou doentes por Doença Respiratória Bovina. VP = Verdadeiro positivo, FP = Falso positivo, FN = Falso negativo, VN = Verdadeiro negativo.....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Proporção de ingredientes e informações nutricionais da ração fornecida aos bezerros em aleitamento.....	33
Tabela 2: Composição da dieta total fornecida diariamente às bezerras na fase de pós-desaleitamento .....	34
Tabela 3: Descrição do conjunto de dados utilizados para as análises estatísticas, referentes ao monitoramento de 50 bezerras girolandas desmamadas durante o período experimental, coletados através do sistema de pesagem voluntária automática (CriaTech Intergado©). .....	40
Tabela 4: Número de animais determinados de acordo com o ponto de corte como doentes na leitura das lâminas de esfregaço sanguíneo, tratados de acordo com o agente causador da Tristeza Parasitária bovina e porcentagem dos casos que necessitaram de tratamentos de 50 bezerras girolando monitoradas durante o período experimental.....	50
Tabela 5: Número total esfregaços sanguíneos realizados e frequência percentual com ou sem a presença dos agentes causadores de Tristeza Parasitária Bovina identificados nas lâminas de esfregaço sanguíneo das 50 bezerras girolando monitoradas durante o período experimental. ....	50
Tabela 6: Avaliação dos resultados de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo da avaliação da temperatura retal no monitoramento de 50 bezerras girolando para casos de Tristeza Parasitária Bovina utilizando o esfregaço sanguíneo como teste de referência .....	51
Tabela 7: Diferença média de ganho de peso diário (GPD) escalonado do dia do modelo em comparação ao GPD do período saudável (-10 ao -6) para Tristeza Parasitária Bovina. Intervalo de confiança de 95% .....	54
Tabela 8: Avaliação dos resultados de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo da balança com ponto de corte de 50% de predição do modelo estatístico para os casos de Tristeza Parasitária Bovina utilizando o esfregaço sanguíneo como referência .....	58
Tabela 9: Análise de sensibilidade e especificidade geral com a comparação proporcional de custo entre Falso Positivo:Falso Negativo (FP:FN) para casos de Tristeza Parasitária Bovina .....	60
Tabela 10: Diferença média de ganho de peso diário (GPD) escalonado do dia do modelo (0 = data do diagnóstico) em comparação ao GPD médio do período saudável (-10 ao -6) para Doença Respiratória Bovina. Intervalo de confiança de 95% .....	66

Tabela 11: Avaliação dos resultados de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo da balança com ponto de corte de 0,5 de predição do modelo estatístico para os casos de Doença Respiratória Bovina utilizando o escore de Wisconsin como referência .....	68
Tabela 12: Análise de sensibilidade e especificidade geral com a comparação proporcional de custo entre Falso Positivo:Falso Negativo (FP:FN) para casos de Doença Respiratória Bovina .....	70

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

US\$	Dólares Americanos
°C	Grau centígrado
%	Porcentagem
£	Libra esterlina
abr	Abril
CA	Califórnia
CDRB	Complexo da Doença Respiratória Bovina
CEUA	Comitê de Ética no Uso de Animais
cm <sup>2</sup>	Centímetros quadrados
DRB	Doença Respiratória Bovina
E	Especificidade
FP	Falso Positivo
FN	Falso Negativo
GPD	Ganho de peso diário
h	Horas
HIS	Escore do Índice de Saúde
IL6/1 $\beta$	Interleucina do tipo 6 / tipo 1 Beta
Kg	Quilograma
Km	Quilômetros
L	Litros
m <sup>2</sup>	Metros quadrados
mar	Março
mg	Miligramas
MS	Matéria Seca
N	Número
NDT	Nutrientes digestíveis totais
p	Prevalência
PB	Proteína Bruta
S	Sensibilidade
TNF- $\alpha$	Fator de Necrose Tumoral Alfa
TPB	Tristeza Parasitária Bovina
VN	Verdadeiro Negativo

VP	Verdadeiro Positivo
VPN	Valor Preditivo Negativo
VPP	Valor Preditivo Positivo
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
WI	Wisconsin

## SUMÁRIO

RESUMO .....	4
ABSTRACT .....	5
1.INTRODUÇÃO.....	14
2.OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo Geral .....	17
2.2 Objetivos Específicos .....	17
3.REVISÃO DE LITERATURA .....	18
3.1 Tristeza Parasitária Bovina.....	18
3.2 Doença respiratória bovina em bezerros leiteiros.....	19
3.3 Alterações comportamentais de animais doentes no consumo de água e alimentos .....	20
3.4 Métodos de monitoramento da Tristeza Parasitária Bovina e da Doença Respiratória Bovina de bezerros leiteiros .....	22
3.4.1 Monitoramento da Tristeza Parasitária Bovina (TPB).....	22
3.4.2 Monitoramento da Doença Respiratória Bovina (DRB) .....	25
3.5 Automação na pecuária leiteira para detecção de doenças .....	28
3.6 Impacto da ocorrência de doença no ganho de peso animal.....	30
4.MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4.1 Local e período do experimento .....	31
4.2 Aprovação do comitê de ética .....	31
4.3 Animais Experimentais.....	31
4.4 Delineamento Experimental .....	35
4.5 Monitoramento dos animais .....	35
4.5.1 Aferição da temperatura retal .....	35
4.5.2 Escore respiratório de Wisconsin .....	35
4.5.3 Esfregaço de sangue da ponta da cauda .....	36
4.5.4 Pesagem corporal através do sistema CriaTech Intergado© .....	37
4.5.5 Observação de doença e tratamento .....	38
4.6 Análises estatísticas .....	39
4.6.1 Conjunto de dados .....	39
4.6.2 Análise de dados.....	40
4.6.3 Estudo do efeito da doença sobre o desempenho .....	42
4.6.4 Estudo da capacidade preditiva do sistema de pesagens eletrônicas.....	43

4.6.5 Modelo de predição com base no comparativo de custo .....	45
4.6.6 Poder estatístico e estimativa do tamanho amostral .....	46
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	49
5.1 Diagnóstico etiológico da tristeza parasitária bovina por esfregaço sanguíneo .....	49
5.1 Mensuração da temperatura retal diária para identificação de tristeza parasitária bovina .	51
5.3 Pesagem corporal diária dos animais para identificação da tristeza parasitária bovina .....	52
5.4 Utilização da regressão logística e da engenharia de características para predição de casos de doenças por tristeza parasitária bovina .....	55
5.5 Diagnóstico de doença respiratória bovina utilizando o escore de Wisconsin.....	61
5.6 Pesagem corporal diária dos animais para identificar doença respiratória bovina.....	63
5.7 Utilização da regressão logística e da engenharia de características para predição de casos de doença respiratória bovina.....	66
6.CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	71
7.CONCLUSÕES .....	73
8.REFERÊNCIAS .....	74

## 1. INTRODUÇÃO

A criação de bezerras e novilhas leiteiras é fundamental para a melhoria genética, crescimento do rebanho e reposição dos animais descartados. A maioria das bezerras leiteiras é destinada para reposição em rebanhos produtores de leite. Essa categoria implica um grande investimento, por se tratar de um período financeiro improdutivo, necessitando de um tempo significativo para ser pago e sua duração tem impactos diretos sobre o custo total de criação e o período que a novilha leva para retornar o capital investido (BOULTON et al., 2017; LOMBARD et al., 2019). Boulton et al. (2017) calcularam o custo médio de criação da bezerra do nascimento ao parto de £ 1.819 ou £ 2,31/dia. Nessas fazendas, o custo de criação das bezerras é pago em aproximadamente 1,5 lactações. Dentro dessa perspectiva, o setor de recria dos animais, que muitas vezes possui importância secundária dentro das propriedades leiteiras, deve ser considerado um foco da gestão da propriedade para garantir uma produção eficiente e economicamente viável. A reposição de novilhas leiteiras representa aproximadamente 20% das despesas totais dentro da atividade leiteira (GABLER et al., 2000). Para obter sucesso na criação de bezerras e conseqüentemente otimizar a eficiência financeira da atividade, algumas premissas devem ser seguidas, tais como maximização do ganho de peso e redução de doenças e da mortalidade.

Doenças consistem na causa mais importante de mortalidade de bezerras e novilhas leiteiras (MCGUIRCK, 2008). Apesar das taxas de mortalidade variarem amplamente em função de diversos fatores como transferência de imunidade passiva, sistema de produção, instalações, época do ano, manejo, região, entre outros, diarreia e doença respiratória bovina (DRB) são as principais causas de mortalidade de bezerras e novilhas na América do Norte, sendo a diarreia muito frequente em animais no primeiro mês de vida e a DRB em animais acima de 30 dias de idade (MEE, 2008; GORDEN e PLUMMER, 2010; LORENZ et al., 2011; WINDEYER et al., 2014).

No Brasil, a tristeza parasitária bovina (TPB) é responsável por grandes prejuízos na atividade pecuária, por apresentar alta frequência, redução de desempenho, abortos, queda na produção de leite e carne, além de gastos com medicamentos, representando uma causa importante da mortalidade nos rebanhos (BOCK et al., 2004; KOCAN et al., 2010; MOSQUEDA et al., 2012; VESPASIANO, 2016). Em se tratando de DRB, ela também é responsável por grande parte das causas de mortalidade e da ineficiência econômica na atividade leiteira, representando grande parte das mortes em bezerras desmamadas. As perdas econômicas associadas às DRB, incluem além da mortalidade, custos com prevenção, mão de

obra, tratamento e perda de produtividade. (KANEENE e HURD, 1990; SISCHO et al., 1990; USDA, 2007; GORDEN e PLUMMER, 2010; DUBROVSKY et al., 2019a).

A detecção da TPB na fazenda é complexa e baseia-se na observação do estado geral dos animais e no exame físico, além de exigirem habilidade e experiência do avaliador e demandar muito tempo para exercer a função de forma individual. Esta observação através da inspeção física do animal, principalmente através da avaliação de coloração de mucosas, tem baixa eficiência, pois como demonstrado por (COELHO, 2007) os sinais clínicos só se tornam mais evidentes no momento de maior intensidade da anemia e com correlação muito baixa entre coloração das mucosas e valor do hematócrito. Além disso, nos casos de anaplasnose, o tratamento dos animais leva aproximadamente dois dias para reduzir de forma gradativa a riquetsemia (FACURY-FILHO et al., 2012), podendo agravar os casos em que o diagnóstico é tardio. Portanto, estratégias que permitam a detecção precoce de TPB podem melhorar a eficiência do diagnóstico e do prognóstico do animal (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2018).

Em relação ao complexo das doenças respiratórias bovinas os sinais clínicos variam em relação as formas agudas e crônicas (RADOSTITS et al., 2006). Embora a prevenção da ocorrência da doença seja a o foco principal, os casos podem ser de difícil prevenção porque uma série de agentes etiológicos residem nas vias aéreas de bezerros saudáveis, além disso a apresentação sintomática da doença possui variáveis relacionadas ao agente causador e hospedeiro (LERUSTE et al., 2012; LOVE et al., 2016). Adicionalmente, o aumento do tamanho dos rebanhos leva a menor contato humano individual com os animais, podendo levar à redução do diagnóstico de enfermidades, com conseqüente redução no bem-estar animal e produção e aumento na mortalidade (LOWE et al., 2019).

A automação na pecuária leiteira já é uma realidade e tem por objetivo reduzir mão de obra, custos de produção e otimizar os processos dentro da atividade (DE KONING, 2010; RUTTEN et al., 2013). Nos últimos anos, várias estratégias automatizadas com foco na detecção precoce de doenças já vêm sendo empregadas através da avaliação de dados comportamentais e de consumo de alimentos dos animais. Em vacas leiteiras, o monitoramento do tempo de ruminação e atividade física tem sido utilizado na identificação de distúrbios metabólicos e digestivos (STANGAFERRO et al., 2016), já a termografia infravermelha na região ocular de bezerros de corte foi utilizada na identificação de animais acometidos por doença respiratória (SCHAEFER et al., 2012) e a radiofrequência em cochos de alimentação detectou alguma morbidade em novilhos confinados cerca de quatro dias antes dos métodos convencionais (QUIMBY et al., 2001). Em bezerros leiteiros, a utilização de cochos automáticos permitiu observar redução da ingestão de dieta no dia anterior ao diagnóstico de

tristeza parasitária, assim como redução diária de 24% na duração e de 27% no número de visitas ao cocho de alimentação (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2018), já o uso de alimentadores automáticos sinalizou mudanças no comportamento alimentar e redução do consumo de leite, antes e durante o diagnóstico, em bezerras com doença respiratória (SWARTZ et al., 2017).

Portanto, o monitoramento dos sinais clínicos, do comportamento e do desempenho animal representam oportunidades para automatizar a detecção de doenças de forma eficiente e precoce. Isto implica em redução de mortalidade, assim como na maximização do desempenho e bem-estar animal. Nesse sentido, objetivou-se com este estudo, avaliar o uso de balanças automáticas para mensuração do ganho de peso diário como forma de triagem na identificação dos animais doentes por tristeza parasitária e doença respiratória bovina e comparar o monitoramento de tristeza parasitária pela balança com o monitoramento por temperatura retal.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

- ✓ Realizar um estudo clínico observacional, longitudinal e prospectivo visando avaliar dois métodos de monitoramento da saúde de bezerras leiteiras entre 80 e 120 dias de vida para detectar casos da ocorrência de tristeza parasitária e doença respiratória.

### **2.2 Específicos**

- ✓ Monitorar o ganho de peso diário dos animais e associá-lo a ocorrência de TPB e DRB;
- ✓ Monitorar a temperatura retal diariamente e associar a hipertermia ao diagnóstico de TPB;
- ✓ Monitorar diariamente a ocorrência da TPB e da DRB, através de esfregaços sanguíneos e do escore respiratório de Wisconsin como métodos confirmatórios das duas enfermidades;
- ✓ Comparar a eficiência entre os métodos de acompanhamento do ganho de peso por balanças automáticas e a termometria na triagem para TPB.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Tristeza Parasitária Bovina

A tristeza parasitária bovina (TPB) consiste em um complexo de doenças causada por dois grandes grupos de agentes intraeritrocitários obrigatórios. No Brasil, os agentes etiológicos do complexo da TPB são *Anaplasma marginale*, *Babesia bovis* e *Babesia bigemina* (KESSLER e SCHENK, 1998). A TPB representa um dos maiores desafios no gerenciamento da sanidade de bovinos na atividade leiteira no Brasil. Em uma propriedade leiteira com 1600 vacas em lactação e 3500 animais totais em Minas Gerais, com sistema de criação das bezerras do tipo tropical sobre solo de terra, a frequência encontrada de TPB na forma clínica na fase de recria foi de 49% (MOREIRA, 2017).

*Anaplasma marginale* causa a anaplasmoze bovina e consiste numa riquetsia que possui como sítio de infecção as hemácias dos bovinos. A transmissão ocorre frequentemente de forma biológica através do repasto sanguíneo exercido por carrapatos *Rhipicephalus microplus* infectados e mecanicamente por meio de fômites e moscas hematófagas, assim como pela via transplacentária (GUGLIELMONE, 1995; KOCAN et al., 2003; KOCAN et al., 2010; AUBRY e GEALE, 2011; MENESES, 2013). Devido à remoção de hemácias infectadas, quadros de anemia branda à grave podem ocorrer, sem a presença de hemoglobinemia e hemoglobinúria. Entre outros, os sinais clínicos são febre, letargia, anorexia, adipsia, perda de peso, aborto e morte (KOCAN et al., 2003). A Babesiose é causada por protozoários intraeritrocitários *Babesia bovis* e *B. bigemina*, sendo transmitida biologicamente pelo carrapato *Rhipicephalus microplus*. A doença apresenta inicialmente um curso de febre seguida por inapetência, depressão, aumento da frequência respiratória e fraqueza. Ademais, os casos de hemoglobinúria, anemia e icterícia são frequentes nos casos mais prolongados (BOCK et al., 2004).

A detecção da TPB na fazenda exige muito trabalho e baseia-se na observação do estado geral dos animais, no exame físico e clínico. Nos quadros de anaplasmoze, é sabido que o pico da riquetsemia ocorre dois dias antes do pico da anemia e um dia antes do pico da temperatura retal, no entanto, os sinais clínicos só se tornam mais evidentes no momento de maior intensidade da anemia (COELHO, 2007). Desta forma, as observações dos sinais clínicos evidentes demonstram que a doença já se encontra num quadro grave, com anemia moderada a grave, o que dificulta a recuperação do animal. A alta incidência de anaplasmoze e babesiose observada em países de clima tropical e o desafio do diagnóstico da doença, contribuem para perdas extensas e reduz a produtividade animal (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2018). Melo (1999)

demonstrou em acompanhamento de animais da recria em Minas Gerais uma variação da ocorrência de anaplasmosse de acordo com as estações do ano. As condições climáticas influenciam diretamente o momento da primo-infecção devido ao aumento ou redução de vetores para a transmissão de tristeza parasitária de acordo com a época do ano. Animais nascidos entre março e junho apresentaram aumento na parasitemia média por *A. marginale* a partir de 90 dias de vida. Adicionalmente, (VESPASIANO, 2016) demonstrou queda de anticorpos colostrais anti-*A. marginale* em animais após o aleitamento, fase de alta susceptibilidade dos animais ao desenvolvimento de TPB.

A TPB causa grandes perdas econômicas ao sistema de produção leiteira devido à elevada morbidade e mortalidade. Adicionalmente, os custos devem-se também a abortos, redução de produção de leite e no ganho de peso, redução na produção de carne, aumento na idade ao primeiro parto, realização de medidas de controle de vetores, aquisição de vacinas e gastos com medicamentos (BOCK et al., 2004; KOCAN et al., 2003; MOREIRA, 2017).

Brown (1997) relatou perdas anuais devido à tristeza parasitária na América Latina de US\$ 875 milhões. Em outros países como a Tanzânia, estima-se perda de 94,9 milhões de dólares americanos anuais (KIVARIA, 2006) em decorrência de anaplasmosse e babesiose bovina.

### **3.2 Doença respiratória bovina em bezerros leiteiros**

O complexo da doença respiratória bovina (CDRB) é descrito como uma série de ocorrências clínicas de broncopneumonia e outras doenças respiratórias em bezerros e bovinos associados a uma variedade de patógenos que incluem vírus e bactérias (AMES, 2002).

Fatores comuns em sistemas de produção leiteira que também predis põem à ocorrência de DRB incluem o estresse, falhas na transferência de imunidade passiva, coinfeções de agentes causadores da doença, ar de baixa qualidade, outras doenças concomitantes e desidratação (VIRTALA et al., 1999; LAGO et al., 2006; SNOWDER, 2009; RIDPATH, 2010;).

Nos Estados Unidos, a DRB é a principal causa de morte em bezerras desmamadas e representa alta perda econômica na indústria pecuária, responsável por 22,5% das causas de mortalidade de bezerras em aleitamento e 46,5% das mortes em bezerras desmamadas (USDA, 2007; LOVE, 2014). No Brasil, um levantamento de banco de dados em 2021 de uma empresa de software de gestão de fazendas leiteiras (IDEAGRI – Índice Ideagri de Leite Brasileiro), demonstrou que 56% dos registros de mortes de bezerras leiteiras devem-se a três fatores: diarreia (21,00%), tristeza parasitária bovina (20,43%) e pneumonia (14,29%).

O trato respiratório superior de bovinos saudáveis é colonizado por uma variedade de patógenos bacterianos e bovinos possuem vários mecanismos de defesa inato. Entre eles, o aparelho mucociliar captura e remove partículas e agentes potencialmente causadores de doença, a resposta imune do tecido respiratório e a manutenção da microbiota comensal do trato respiratório que impede a proliferação exacerbada e inadequada de agente patogênicos. Microrganismos patogênicos possuem a capacidade de comprometer a atividade mucociliar e, assim, infecções virais iniciais e toxinas podem desencadear reações imunossupressoras e permitir o aumento da multiplicação de patógenos. Dessa forma, agentes infecciosos oportunistas naturalmente presentes em pequenos números nas vias aéreas de bezerros saudáveis podem tornar-se patogênicos devido a redução da capacidade de defesa dos hospedeiros (AMES, 2002; ACKERMANN et al., 2010; GORDEN e PLUMMER, 2010; LOVE et al., 2014).

Os sinais clínicos da DRB incluem febre alta, depressão, inapetência, tosse, aumento da frequência respiratória, ruídos respiratórios adventícios, dispneia e secreção nasal (RADOSTITS et al. 2006). A detecção da DRB é um desafio nos sistemas de criação de bezerros, pois o diagnóstico é comumente dependente da interpretação dos avaliadores dos sinais clínicos. Entretanto, os sinais clínicos são variáveis, inespecíficos e dependentes da intensidade da doença apresentada pelo animal (WITTUM, et al., 1996; GUTERBOCK, 2014). A precisão clínica no diagnóstico da DRB fica altamente dependente da habilidade e experiência do avaliador. Além disso, a correlação entre os sinais clínicos dos animais com doença respiratória e as lesões pulmonares dependem da gravidade, do momento da detecção e da duração da doença (LERUSTE et al., 2012).

A ocorrência de DRB em animais acima de três meses está relacionada com redução do peso corporal de até 30 kg aos 14 meses. Além disso, aumenta em 15 dias a idade ao primeiro parto e reduz a produção de leite em 525 kg na primeira lactação (VAN DER FELLS-KLERX et al., 2002; DUNN et al., 2018). As perdas econômicas associadas à ocorrência das doenças respiratórias para bezerros em aleitamento incluem custos com tratamento, prevenção, perda de produtividade e aumento na probabilidade de remoção do rebanho antes do segundo parto e variam de US\$ 9,84 a US\$ 42,15 por bezerro (KANEENE e HURD, 1990; SISCHO et al., 1990; GORDEN e PLUMMER, 2010; DUBROVSKY et al., 2019a).

### **3.3 Alterações comportamentais de animais doentes no consumo de água e alimentos**

O consumo de água e alimentos é influenciado por vários fatores fisiológicos, psicológicos, ambientais e de interação social que não são abordados de forma específica pela

pesquisa científica e podem ser sinalizados através do comportamento e sanidade individual dos animais (WEARY et al., 2009).

A redução do consumo é uma resposta do hospedeiro desencadeada pela ocorrência da doença e inclui uma série de sinais não específicos como resposta febril, fraqueza, apatia, redução na interação social e adipsia (PECCHI et al., 2009). Essas alterações associadas à doença podem ser relacionadas a um esforço do organismo para superar a enfermidade, disponibilizando todos os recursos do animal para eliminar o patógeno invasor (HART, 1988).

As doenças desencadeiam no hospedeiro uma resposta imunológica de defesa denominada “reação de fase aguda”, que está relacionada a alterações fisiológicas e comportamentais nos animais. Esse conjunto de sinais não específicos apresentados pelos animais são referidos como “comportamento doentio.” (PECCHI et al., 2009).

Esse comportamento padrão de um animal doente é, principalmente, ligado à ocorrência da reação febril (HART, 1988). A febre potencializa a reação imunológica a reações inespecíficas, estimula a proliferação do sistema imunológico e limita o crescimento e proliferação de microrganismos devido ao fato de que alguns patógenos possuem temperatura ótima de crescimento igual ou inferior a temperatura corporal normal dos hospedeiros infectados (HART, 1988; PECCHI et al., 2009).

Durante a infecção, células do sistema imunológico reconhecem componentes específicos dos microrganismos invasores e ativam receptores das células do sistema imune inato (ANDERSON, 2000). A ativação desses receptores leva síntese e liberação de citocinas inflamatórias, como interleucina-1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ), fator de necrose tumoral- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) e interleucina-6 (IL-6). Esses mediadores coordenam a resposta inflamatória local e sistêmica dos animais infectados (PECCHI et al., 2009).

Entre as citocinas inflamatórias a IL-1 $\beta$  parece ser a mais potente para induzir o comportamento doentio. A resposta febril ocorre devido à ação das citocinas desencadeando alterações hipotalâmicas, o que afeta o sistema termorregulador do animal (HART, 1988; KELLEY et al., 2003).

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 (ELSASSER et al., 2004; OLIVEIRA JÚNIOR, 2015). Diversos estudos têm demonstrado alterações no comportamento alimentar dos animais para prever a ocorrência de enfermidades. Oliveira Junior et al. (2018) identificaram bezerros doentes e febris devido à TPB com menor consumo de dieta quando comparado com bezerros saudáveis. Swartz et al. (2017) observaram mudanças no

comportamento alimentar e redução do consumo de leite, antes e durante o diagnóstico, utilizando alimentadores automáticos para avaliar doenças respiratória em bezerras leiteiras.

### **3.4 Métodos de monitoramento da Tristeza Parasitária Bovina e da Doença Respiratória Bovina de bezerros leiteiros**

#### **3.4.1 Monitoramento da Tristeza Parasitária Bovina (TPB)**

A TPB apresenta grande impacto na saúde e mortalidade de bovinos. Devido a isso, o diagnóstico e o monitoramento são ferramentas importantes para controle e prevenção da disseminação da doença (MOSQUEDA et al., 2012).

Os métodos utilizados para monitorar bezerros potencialmente doentes pela tristeza parasitária têm sido a observação física e clínica dos animais, mensuração da temperatura retal, avaliação do hematócrito, análise de lâminas de esfregaço sanguíneo a partir da coleta de sangue capilar e acompanhamento do comportamento alimentar (ICCA, 1987; BOCK et al., 2004; AUBRY E GEALE, 2011; MOSQUEDA et al., 2012; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2018; SOUZA et al., 2021).

Os métodos de monitoramento mais comumente utilizados são relacionados às observações das manifestações clínicas da doença, como alterações do comportamento, avaliação das mucosas, pelagem e condição corporal dos animais. Sendo assim, esses sinais são inespecíficos e podem estar relacionados a outras doenças, fatores associados ao manejo da propriedade e alterações climáticas (SOUZA et al., 2021). As manifestações clínicas da tristeza parasitária frequentemente são identificadas nos casos graves de anemia. Além disso, algumas avaliações clínicas possuem parâmetros altamente subjetivos, que podem variar de acordo com a experiência do examinador (COELHO, 2007).

O monitoramento através da temperatura retal é fundamental para a detecção precoce de doenças infecciosas e de eventos fisiológicos em bovinos. A mensuração da temperatura retal tem sido recomendada em programas de monitoramento como método de triagem na detecção precoce de TPB (SOUZA et al., 2021). Ela se mostra potencialmente benéfica no monitoramento da TPB, como observado por Coelho (2007), cujos animais apresentaram temperatura retal acima de 39,5°C, pelo menos dois dias antes do pico de ricketsemia de *A. marginale*, demonstrando relação entre o aumento da ricketsemia e o aumento na temperatura. Várias maneiras de mensuração da temperatura corporal têm sido aplicadas em diferentes localizações dos animais (LEE et al., 2015; IWASAKI et al., 2019). Entretanto, ela deve ser sensível o suficiente para não perder animais doentes e reduzir a ocorrência de alarmes

frequentes nos casos de animais sadios (LEE et al., 2015). Além disso, para a utilização dessa estratégia alguns cuidados são necessários, pois os resultados de temperatura corporal via mensuração retal podem ser influenciados pelo tipo de procedimento, por variação no tipo de termômetro e na profundidade de penetração (BURFEIND et al., 2010).

O hematócrito é um valor importante que contribui para o diagnóstico e monitoramento da TPB, tendo em vista ser uma doença que causa anemia. O hematócrito é um exame preciso da porcentagem de células vermelhas do sangue e possui pequena susceptibilidade de fatores externos, se processado corretamente (IICA, 1987; COELHO, 2007). Correlação negativa entre o hematócrito de animais experimentalmente infectados com *A. marginale* e as pontuações atribuídas ao exame físico foi observada por Coelho (2007), indicando maior comprometimento do estado geral do animal com a redução do hematócrito. Além disso, observou-se a redução gradual acompanhado pelo aumento da riquetsemia, o que demonstra a correlação negativa entre os valores de riquetsemia e de hematócrito.

O esfregaço sanguíneo foi um dos primeiros métodos para detecção de *Babesia* spp. em amostras clínicas. Essa ferramenta atualmente ainda é muito utilizada de forma eficiente na maioria dos laboratórios de diagnóstico (MOSQUEDA et al., 2012). Durante o estágio agudo da doença, o aumento de parasitos intraeritrocitários possibilita a detecção microscópica. Sendo assim, essa técnica ainda é uma das melhores e mais sustentáveis para diagnóstico e monitoramento da doença TPB e é indispensável no laboratório. Ela consiste na coleta de sangue diretamente de uma via capilar sanguínea e posteriormente espalhado em uma lâmina de vidro, seca ao ar, fixada e corada e os parasitos intraeritrocíticos são observados em microscópio usando uma objetiva 100X sob óleo de imersão. A técnica é fácil, barata e razoavelmente portátil, permitindo a identificação e diferenciação da espécie causadora da doença. Contudo, a precisão do diagnóstico depende do treinamento e habilidade do examinador. Um profissional experiente pode examinar efetivamente entre 100-150 amostras diariamente (BÖSE et al., 1995; MOSQUEDA, et al., 2012).

É importante ressaltar que o esfregaço sanguíneo é útil na detecção de hemácias infectadas apenas na fase aguda da doença, devido ao alto número de parasitos intraeritrocitários, suficiente para ser detectável pela microscopia (AL-HOSARY, 2006; ALVAREZ et al., 2019). No entanto, quando os animais se recuperam e tornam-se portadores com baixa parasitemia ou quando estão nos estágios iniciais da doença, a identificação dos parasitos utilizando este método torna-se extremamente difícil devido ao seu baixo número na corrente sanguínea, principalmente em infecções por *B. bovis* (BOCK et al., 2004; AMORIM et al., 2014; ALVAREZ et al., 2019). O método de esfregaço sanguíneo tem baixa sensibilidade

e especificidade, principalmente quando comparado com técnicas de diagnóstico moleculares (OLIVEIRA- SEQUEIRA et al., 2005; COSTA-JUNIOR et al., 2006; AMORIM et al., 2014; VESPASIANO, 2016).

Em um estudo com 25 vacas e 27 bezerros leiteiros foi detectado *B. bigemina* e *B. bovis* através de esfregaços sanguíneos quando a amostra havia entre 0,1% e 0,2% de eritrócitos parasitados por *B. bigemina* e menos de 0,1% nos casos de hemácias parasitadas por *B. bovis* (OLIVEIRA- SEQUEIRA et al., 2005). AL-Hosary (2006) utilizou o esfregaço sanguíneo como técnica diagnóstica e demonstrou parâmetros de sensibilidade, especificidade, valor preditivo negativo (VPN) e valor preditivo positivo (VPP). O esfregaço sanguíneo apresentou resultados de 30%, 100%, 80% e 100% respectivamente, utilizando como padrão ouro a técnica de *reverse line blot*.

A avaliação automatizada do comportamento alimentar dos animais tem sido estudada e aplicada à detecção automática precoce de doenças. Essas avaliações representam oportunidades para a automação do processo de triagem de doenças como a TPB, em especial após o desaleitamento, usualmente período de maior risco. Através da utilização de modelos de predições, o monitoramento de consumo de água, alimentos e o tempo gasto para realizar essas ações possibilita a identificação precoce de animais doentes, minimizando o tempo de redução do consumo de ração e água, que contribuem para o baixo desempenho e bem-estar de bezerros acometidos (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2018).

Entretanto, a variabilidade comportamental intrínseca e entre os animais requer avaliação adicional com um maior número de observações para determinação dos limiares de detecção. Oliveira Junior et al. (2018) identificaram redução no consumo de dieta um dia antes do diagnóstico de tristeza parasitária em bezerras leiteiras aos  $108 \pm 8$  dias de idade após o desaleitamento. Além disso, observaram menor frequência e duração das visitas ao cocho de água quatro dias antes do diagnóstico quando comparado ao seu período sadio. Assim, as avaliações comportamentais demonstram a possibilidade de se automatizar a triagem de animais potencialmente infectados por agentes causadores da TPB, permitindo diagnosticar e tratar precocemente os animais, com consequentes melhores prognósticos, tendo em vista a minimização da redução de consumo de nutrientes e, portanto, recuperação mais rápida.

Em manejos recentes a campo, tem sido recomendada a utilização de uma ou mais estratégias de monitoramento. Souza et al. (2021) recomendaram o monitoramento da temperatura retal como ferramenta de triagem de animais potencialmente doentes por TPB em adição à elaboração de esfregaço sanguíneo como técnica confirmatória. Com isso, o objetivo inicial é identificar o maior número de animais doentes e, posteriormente, confirmar o agente

causador da doença, tratando de forma assertiva e racional. Essa estratégia de monitoramento resultou em uma economia estimada de 78% dos gastos com medicamentos no tratamento da TPB. Mesmo após realizar investimentos necessários para implementação do monitoramento proposto, houve redução de 12% dos custos.

### **3.4.2 Monitoramento da Doença Respiratória Bovina (DRB)**

A DRB é uma das principais causas de mortalidade em animais após o aleitamento, representando 46,5% das causas de mortalidade dos animais desta categoria (USDA, 2007). O diagnóstico precoce da doença é relativamente complexo devido aos critérios de diagnóstico de baixa predição, sinais clínicos inconsistentes e ausentes. O diagnóstico tardio resulta em tratamento extenso com antibióticos, alta taxa de recidivas, desenvolvimento de abscessos pulmonares e animais crônicos (MCGUIRK, 2008; DUNN et al., 2018).

Os métodos de detecção e monitoramento da DRB mais utilizados são as avaliações dos sinais clínicos, utilização de sistemas de pontuação respiratória (MCGUIRK, 2008; LOVE et al., 2016), avaliação torácica via ultrassom (ABUTARBUSH et al., 2012; ANDRADE, 2017; CRAMER e OLLIVETT, 2019; CUEVAS-GÓMEZ et al., 2020) e monitoramento do comportamento alimentar (QUIMBY et al., 2001; SWARTZ et al., 2017).

A avaliação dos sinais clínicos é um método comum e subjetivo para detectar DRB. Ela inclui a avaliação de sinais respiratórios como tosse, secreção nasal, aumento da frequência respiratória e aumento do esforço respiratório e elevação na temperatura retal, além de verificação do comportamento e estado geral dos animais. Entretanto, essas avaliações possuem sensibilidade e especificidade limitadas, devido, principalmente, à ausência de sinais clínicos patognomônicos.

A variação da gravidade do próprio sinal clínico associadas à DRB podem levar a uma precisão reduzida no diagnóstico e a temperatura retal podem estar elevadas em indivíduos saudáveis ou variar dentro de limites aceitáveis para animais com DRB. Além disso, sinais como tosse e apatia frequentemente não são exibidos, assim como erros de mensuração de temperatura retal podem ser frequentes (WITTUM et al., 1996; MCGUIRK, 2008; BURFEIND et al., 2010; ABUTARBUSH et al., 2012).

Alguns sistemas de pontuação clínica foram desenvolvidos como teste de triagem e ferramenta diagnóstica para DRB em bezerros. O sistema de pontuação é baseado em escores clínicos de um único valor para avaliar de forma mais objetiva a doença em comparação a uma avaliação clínica não estruturada. Adicionalmente, ele indica a probabilidade da doença e o seu prognóstico (MCGUIRK e PEEK, 2014; LOVE et al., 2016). Dois sistemas de pontuação de

escores clínicos para bezerros leiteiros são amplamente utilizados, o escore respiratório clínico de Wisconsin (WI) (MCGUIRK, 2008) e o sistema de pontuação da Califórnia (CA) (LOVE et al., 2014).

O sistema de escore de WI avalia cinco sinais clínicos: secreção ocular, secreção nasal, temperatura retal, tosse induzida ou espontânea, posição das orelhas e cabeça. Para cada sinal clínico é atribuído 0 pontos para apresentação normal, e 1, 2, ou 3 pontos para apresentações anormais, com valores mais altos atribuídos às apresentações mais graves. Se a soma dos pontos para tosse, temperatura retal, descarga nasal, secreção ocular ou avaliações de posicionamento do ouvido e cabeça para um bezerro é igual ou maior que 5, conseqüentemente o bezerro é considerado positivo para DRB no escore de WI (MCGUIRK, 2008).

O escore da CA usa seis sinais clínicos: tosse espontânea, secreção nasal, secreção ocular, temperatura retal ( $> 39,2^{\circ} \text{C}$ ), posição da cabeça e da orelha (inclinação da orelha ou da cabeça), e qualidade respiratória (taquipneia ou dispneia). Ao contrário do escore de WI, cada sinal clínico possui apenas duas pontuações, normal ou anormal. Para as apresentações anormais são atribuídos pontos que variam entre 2 e 5, dependendo do quão grave é o sinal clínico. Os pontos para todos os seis sinais clínicos são somados e a bezerra também é diagnosticada positiva para DRB no escore da CA, se o valor é igual ou superior a 5 (LOVE et al., 2014).

As ferramentas de pontuação clínica podem ser utilizadas tanto como técnica de monitoramento dos animais, triagem para identificar animais potencialmente doentes e elegíveis a um teste clínico detalhado e para teste diagnóstico (BUCZINSKI et al., 2014; LOVE et al., 2016).

Alguns trabalhos mostram a sensibilidade e especificidade dos escores de pontuação clínica de DRB. Buczinski et al. (2014) utilizaram a consolidação pulmonar  $\geq 1$  centímetro via ultrassonografia torácica para determinar pneumonia e observaram sensibilidade do escore clínico de WI de 55,4% e especificidade de 58%. Já Love et al. (2016) encontraram sensibilidade do escore de WI de 71,1% e especificidade de 91,2% e sensibilidade de 72,6% e especificidade de 87,4% para o escore da CA utilizando também a ultrassonografia como padrão. Além disso, os escores de WI e CA apresentam uma excelente concordância (Kappa  $> 0,8$ ) (ALY et al., 2014; LOVE et al., 2014).

A pontuação respiratória faz parte de um programa de saúde, no qual os colaboradores responsáveis pela sanidade do rebanho fazem observações diárias ou duas vezes por semana identificando os bezerros individualmente, elegendo-os a passarem por um exame clínico mais detalhado (MCGUIRK e PEEK, 2014). Utilizando termômetros digitais, um exame individual

pode ser feito em menos de 2 minutos por bezerro. As pontuações de secreção nasal, olhos e ouvidos e a observação da tosse espontânea podem também ser identificados fora do ambiente dos animais (MCGUIRK, 2008).

Desvantagens relacionadas a essas abordagens em diagnóstico de doenças respiratórias através da pontuação de escores clínicos incluem tanto a subjetividade da classificação da pontuação quanto a dependência da presença de sinais clínicos (DUNN et al., 2018).

O uso de forma sistemática da ferramenta de pontuação respiratória melhora a detecção precoce da doença, monitora a ocorrência de novos casos, permite análise da eficiência de tratamentos, identifica animais que requerem exame clínico e tratamento adicional (MCGUIRK, 2008). Ela é uma ferramenta rápida para determinar DRB no rebanho e auxiliar em manejos (LOVE et al., 2016). A detecção precoce com testes de diagnóstico adequados e tratamentos eficazes irão reduzir o uso de antibióticos, recidivas e casos crônicos (MCGUIRK e PEEK, 2014).

Os métodos de detecção de DRB por imagem, além de serem uma ferramenta diagnóstica não invasiva, podem ser utilizados para o monitoramento da doença no rebanho de forma adequada, indicar prognósticos da doença pulmonar nos indivíduos e podem ser utilizados pela equipe da fazenda (BUCZINSKI et al., 2014; ANDRADE, 2017). A ferramenta fornece uma avaliação rápida e objetiva da saúde pulmonar, permitindo identificar as lesões pulmonares em casos clínicos e subclínicos, fornecendo embasamento epidemiológico da ocorrência de doenças no rebanho, indicadores de eficiência no tratamento e resultado de medidas de controle e prevenção da doença. Portanto, deve ser considerado um método primário para identificar lesão pulmonar para fins clínicos de diagnóstico (OLLIVETT et al., 2015; ANDRADE, 2017).

A avaliação ultrassonográfica torácica demonstra bons resultados de sensibilidade e especificidade. Em um estudo em bezerros com escore de WI < 5, foi encontrado sensibilidade de 94% e especificidade de 100% da ultrassonografia do tórax comparado ao exame *post mortem* (OLLIVETT et al., 2015). Buczinski et al. (2015) encontraram em duas populações de bezerros, uma com alta prevalência e outra com mediana prevalência para DRB, sensibilidade de 79,4% e especificidade 93,9% do exame ultrassonográfico.

Andrade (2017), encontrou sensibilidade de 52% da ultrassonografia pulmonar e 94% de especificidade, considerando a radiografia torácica como padrão de referência para o diagnóstico de doença pulmonar. Embora o método não seja perfeito, a ferramenta de ultrassonografia pulmonar demonstrou maior sensibilidade e especificidade em comparação com a pontuação de escore clínico de WI (BUCZINSKI et al., 2015). O ultrassom torácico tem

surgido em vários estudos como um teste *ante mortem* de referência para DRB (BUCZINSKI et al., 2014; BUCZINSKI et al., 2015; LOVE et al., 2016; Andrade, 2017). Entretanto, essa ferramenta requer treinamento e equipamentos caros para serem utilizados de forma eficiente. Além disso, a sua precisão na avaliação clínica pode variar de acordo com a técnica utilizada, as alterações consideradas patológicas, área pulmonar envolvida na patologia e a habilidade e experiência do avaliador (ABUTARBUSH et al., 2012; LOVE et al., 2016; ANDRADE, 2017).

O monitoramento de comportamentos individuais de alimentação animal para identificar mudanças, como redução no consumo alimentar, pode ser útil para prever o início da doença em bovinos antes que outros sinais clínicos se tornem evidentes (QUIMBY et al., 2001). Swartz et al., (2017), através da utilização de acelerômetros e alimentadores automáticos, monitorando o comportamento alimentar e a atividade de bezerros em aleitamento, identificaram bezerros doentes, os quais apresentavam doença respiratória. Bezerros doentes foram menos ativos e consumiram 1,6 L de leite a menos do que bezerros saudáveis antes ou no dia do diagnóstico. Redução no consumo de leite ou sucedâneo de bezerros doentes também foi observada em animais com alta oferta de dieta líquida em comparação a bezerros saudáveis.

Entretanto, ao avaliar animais com menor oferta de dieta líquida, bezerros doentes demonstraram apenas redução na duração da visita ao alimentador automático, sem diferença na ingestão (BORDERAS et al., 2009). Andrade (2017) acompanhou diariamente os animais durante o seu experimento e descreveu alterações no comportamento dos animais doentes como redução no consumo de concentrado e aumento no tempo para ingestão da mesma quantidade diária de leite. Quimby et al. (2001) monitoraram o comportamento alimentar de novilhos de corte recém-chegados ao confinamento através de radiofrequência e detectaram morbidades nos animais aproximadamente 4,1 dias antes da sua identificação por métodos tradicionais em um confinamento comercial.

Todas as ferramentas utilizadas atualmente a campo em propriedades leiteiras apresentam alguma limitação. Sendo assim, vários estudos têm sugerido benefícios na utilização combinada de mais de um método, com o objetivo de aumentar a eficiência na identificação da doença pulmonar, demonstrando complementaridade das ferramentas e a necessidade de um programa eficiente de controle de doenças respiratórias (ABUTARBUSH et al., 2012; BUCZINSKI et al., 2014; LOVE et al., 2016; ANDRADE, 2017).

### **3.5 Automação na pecuária leiteira para detecção de doenças**

Em todo o mundo e em diferentes sistemas de produção é percebido de forma contínua uma tendência de expansão das propriedades leiteiras (BEWLEY et al., 2010). Sistemas automatizados permitem que gestores e proprietários de fazenda gerenciem rebanhos maiores com mais eficiência e menos dependência de mão de obra. Dessa forma, a utilização de ferramentas automatizadas se encaixa com a propensão das fazendas em aumentar o rebanho (DE KONING, 2010; RUTTEN et al., 2013).

O uso de automação na pecuária leiteira é influenciado pela realidade econômica dos custos trabalhistas em relação ao custo de produção do leite (DE KONING, 2010). Fazendas leiteiras comumente têm se deparado com margens de lucro menores do que no passado. Sendo assim, pequenas mudanças em direção ao aumento da eficiência podem impactar a lucratividade da atividade (BEWLEY et al., 2010). Com isso, a automatização de processos faz parte do desenvolvimento da pecuária de precisão ou produção leiteira de precisão.

A produção de leite de precisão é o uso de tecnologias para medir fatores fisiológicos, comportamentais e de produtividade dos animais com o objetivo de melhorar estratégias de manejo e gerenciamento dentro da atividade leiteira. À medida que as propriedades leiteiras aumentam de tamanho, as tecnologias de produção leiteira de precisão tornam-se cada vez mais viáveis devido ao aumento da dependência de mão de obra menos qualificada e a capacidade de identificar oportunidades de ganho (BEWLEY et al., 2010).

A partir de meados da década de 1980, estudos foram realizados a partir da mensuração individual de indicadores da saúde da glândula mamária através de sensores automáticos (HOGEVEEN et al., 2010). Desde então, o número de dispositivos tecnológicos destinados à atividade leiteira para monitoramento e gerenciamento dos animais continua crescendo. Devido ao rápido desenvolvimento de novas tecnologias e suas aplicações gerenciais, tecnologias de produção leiteira de precisão estão se tornando mais viáveis e acessíveis aos produtores (BEWLEY et al., 2010).

Iwasaki et al. (2019) demonstraram que através de termômetros sem fio implantados em vacas, foi possível monitorar a temperatura corporal de vacas com boa correlação, automatizando a identificação de hipertermia nos animais, um dos principais sinais clínicos de morbidade em animais leiteiros (HART, 1988).

Stangaferro et al. (2016), a partir do uso de colares para mensuração de ruminação e *tags* de monitoramento de atividade, determinaram um escore do índice de saúde (HIS) e estabeleceram um ponto de corte para determinar o caso positivo de doença. Utilizando o ponto de corte  $HIS < 86$  (0 a 100), obtiveram sensibilidade do HIS de 93% para detectar animais com distúrbios metabólicos e digestivos. Além disso, o sistema foi capaz de identificar animais

doentes com três dias de antecedência à detecção clínica realizada pelo pessoal da fazenda de animais acometidos por deslocamento de abomaso e 1,6 dias para animais que apresentaram cetose.

Portanto, as ferramentas automatizadas como foco em detecção de animais doentes podem ser aplicáveis, comparando resultados de diferentes estratégias terapêuticas ou reduzindo tempo de detecção, bem como na identificação de bezerros que requerem um exame clínico complementar, acompanhamento ou tratamento farmacológico (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2018).

### **3.6 Impacto da ocorrência de doença no ganho de peso animal**

Vários estudos têm demonstrado a relação negativa entre a ocorrência de doença e ganho de peso diário dos animais acometidos (STANTON et al., 2012; CRAMER e OLLIVETT, 2019; CUEVAS-GÓMEZ et al., 2020). Em consequência disso, trabalhos demonstram redução na sobrevivência no primeiro parto (STANTON et al., 2012); aumento na idade ao primeiro parto (STANTON et al., 2012; MOREIRA, 2017) e redução na produção de leite na primeira lactação (DUNN et al., 2018). Oliveira Junior et al. (2018) identificaram bezerros doentes e febris com menor consumo de dieta quando comparado com bezerros saudáveis. Adicionalmente, Cramer e Ollivett (2019) identificaram redução de 0,114 kg/dia no ganho de peso de bezerros com consolidação pulmonar  $\geq 1$  cm<sup>2</sup> quando comparado com bezerros sem consolidação. Além disso, observaram redução de 0,097 kg/dia no ganho de peso de bezerros que apresentaram pelo menos dois dos cinco parâmetros avaliados (secreção ocular, secreção nasal, temperatura retal, tosse induzida ou espontânea, posição das orelhas e cabeça) no escore clínico respiratório (MCGUIRK, 2008) com pontuação igual ou maior a dois. Portanto, a ocorrência de doença leva à redução de peso corporal, redução na ingestão de água e alimento sólido, impactando negativamente no desempenho animal.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Local e período do experimento**

As atividades de campo do experimento foram desenvolvidas nos meses de março e abril de 2020, em uma fazenda especializada na atividade leiteira localizada no município de Passos/MG (Latitude: 20° 43' 13" Sul, Longitude: 46° 36' 36" Oeste), a 350km de Belo Horizonte. Durante o desenvolvimento das atividades a temperatura mínima foi de 15 e a máxima de 28 graus celsius, com pluviosidade de 50mm no período. Nesta fazenda, eram mantidas aproximadamente 1.700 vacas em lactação, com produção total diária média de 38.000 litros de leite, além de 450 vacas secas e 3.300 bezerras e novilhas da raça Girolando. Uma parte das vacas em produção eram confinadas em sistema de *Compost Barn* e outra parte em sistema de pastejo rotacionado. As bezerras, do nascimento ao desaleitamento, permaneciam em sistema tropical sob piso de terra e Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e as demais categorias eram mantidas em piquetes de tifton com suplementação de volumoso e concentrado no cocho. Essa propriedade possuía histórico de alta morbidade e mortalidade por tristeza parasitária bovina e doença respiratória bovina nos animais em recria, além disso, 48% das mortes após o desaleitamento foram causadas por TPB e 18% causadas por DRB.

### **4.2 Aprovação do comitê de ética**

As atividades desenvolvidas neste experimento pertencem ao projeto submetido e aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Minas Gerais sob o protocolo nº 214/2020.

### **4.3 Animais Experimentais**

Foram utilizadas 50 bezerras da raça Girolando, com idade inicial entre 80 e 100 dias (média de 87 dias). Todas as bezerras nasceram em baias de parição (Figura 1) de 25 m<sup>2</sup> onde suas mães foram individualizadas, com fonte de água e dieta total à disposição. As bezerras tiveram o umbigo curado com tintura de iodo 10% e receberam colostro em quantidade referente a 10% do seu peso vivo. O colostro foi ordenhado de forma higiênica da matriz e fornecido ao bezerro, através de mamadeira, em até uma hora após o nascimento. Na sequência da realização destes manejos, as bezerras foram movidas para o bezerreiro com instalações do tipo tropical, com aproximadamente duas horas após o parto.



Figura 1: Baía de parição onde foram realizados os cuidados iniciais com as bezerras recém-nascidas.



Figura 2: Bezerreiro em sistema tropical onde os animais permaneceram até serem desaleitados (80 dias de vida).

As bezerras foram criadas até completarem, em média, 80 dias de vida em sistema tropical, onde os animais eram individualizados em estrutura que permitia a sua movimentação em 11 m de comprimento e 1,5 m de largura sob terreno com terra e Tifton 85 (*Cynodon* spp.).

Nesta instalação, através de inspeção visual, não foi detectada a presença de carrapatos e moscas hematófagas nas instalações e nos animais (Figura 2).

Durante a fase de aleitamento, os bezerros até 42 dias de vida receberam 6 L de leite descartado pasteurizado divididos em duas refeições diárias, a primeira às 07 00 h e a segunda às 14 00 h. Entre 42 e 70 dias de vida, eles receberam 3 L em uma refeição pela manhã e, após os 70 dias de vida, os animais não receberam mais leite, entretanto permaneceram nas instalações até em média os 80 dias de vida visando aumento do consumo de dieta sólida. O leite era pasteurizado (DeLaval CMP 500) após a ordenha e refrigerado logo em seguida em tanque de expansão com capacidade para 1.000 L, sendo aquecido a 37 °C através de placas de troca de calor (DeLaval BMS), no momento de fornecimento aos bezerros. Água e concentrado formulado na fazenda foram fornecidas *ad libitum*. O concentrado era farelado e a sua composição de nutrientes está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 - Proporção de ingredientes e informações nutricionais da ração fornecida aos bezerros em aleitamento.

<b>Ingrediente</b>	<b>%</b>	<b>NDT (%)</b>	<b>PB (%)</b>
Milho moído fino <sup>1</sup>	52	43,6	4,6
Farelo de Soja	28,6	24,2	14,1
Farelo de Trigo	15	10,5	2,5
Minerais	4	0	0
Aditivo Palatabilizante <sup>2</sup>	0,4	0	0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>78,3</b>	<b>21,2</b>

Na fase após o desaleitamento foram formados grupos de 50 bezerras, as quais foram transferidas para piquetes sombreados, formados com Tifton 85 (*Cynodon spp*). Estes animais receberam diariamente, às 08 00h, dieta total (Tabela 2) formulada para a categoria, sem considerar a possibilidade da ingestão da gramínea.

<sup>1</sup> Granulometria < 5mm

<sup>2</sup> FlavoFix – © 2019 Agrocerec Multimix

Tabela 2 – Composição da dieta total fornecida diariamente às bezerras na fase de pós-desaleitamento.

<b>Dieta</b>	<b>%</b>	<b>kg (MS / animal)</b>	<b>NDT (%)</b>	<b>PB (%)</b>
Milho moído fino <sup>1</sup>	9,38	0,37	7,88	0,83
Farelo de Soja	19,9	0,81	16,85	9,71
Polpa Cítrica	6,5	0,27	5,13	0,46
Silagem de Milho	61,3	2,5	42,64	3,67
Ureia	0,6	0,025	0	1,71
Minerais <sup>3</sup>	2,32	0,1	0	0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>4,1</b>	<b>72,5</b>	<b>16,38</b>

Durante a visita diária a instalação onde os animais permaneceram durante todo o período experimental foi observado a presença de moscas hematófagas e carrapatos no piquete e nos animais (Figura 3).



Figura 3: Piquete onde os animais em recria permaneceram no experimento após o desaleitamento (> 80 dias de vida).

<sup>1</sup> Granulometria < 5mm

<sup>3</sup> AgCrescimento – © 2019 Agrocerec Multimix

#### **4.4 Delineamento Experimental**

As 50 bezerras utilizadas no experimento foram submetidas ao monitoramento diário, durante 20 dias através da aferição da temperatura retal, realização do escore respiratório de Wisconsin, confecção e leitura de lâminas de esfregaço sanguíneo e monitoramento das pesagens voluntária dos animais.

#### **4.5 Monitoramento dos animais**

##### **4.5.1 Aferição da temperatura retal**

A avaliação da temperatura retal foi realizada com termômetro digital (Termo Med-Digital Clinical Thermometer, Incoterm), diariamente, durante todo o período experimental, no centro de manejo da fazenda, em todos os animais do grupo, entre 05 00 h e 09 00 h para evitar a interferência da temperatura ambiente. Considerou-se como hipertermia os animais que apresentaram temperatura retal  $\geq 39,4^{\circ}\text{C}$  (Dirksen et al., 1993).

##### **4.5.2 Escore respiratório de Wisconsin**

Diariamente foi realizado o Escore Respiratório de Wisconsin de acordo com McGuirk (2008). A inspeção das bezerras era realizada a partir da condução dos animais para o curral de manejo e o escore era realizado através de uma pontuação baseada na interpretação dos seguintes sinais clínicos demonstrado na Figura 4: temperatura retal, secreção nasal, tosse, secreção ocular e posicionamento das orelhas. A graduação para cada item avaliado variou de 0 (zero) a 3 (três), sendo 0 (normal), 1 (levemente anormal), 2 (moderadamente anormal) e 3 (severamente anormal) (MCGUIRK e PEEK, 2014).

<b>Escore de saúde respiratória de bezerros</b>			
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Temperatura retal</b>			
37,7 - 38,2	38,3 - 38,8	38,9 - 39,3	≥ 39,4
<b>Escore de tosse</b>			
Ausente	Induzida e única	Presentes e repetidas quando induzidas ou ocasionais quando espontâneas	Presentes, repetidas e espontâneas
<b>Escore de narinas</b>			
Unilateral serosa	Pequena quantidade unilateral, pouco seroso	Quantidade excessiva, bilateral e mucosa	Bilateral mucopurulenta
			
<b>Escore Ocular</b>			
Normal	Pequena quantidade de secreção ocular	Secreção moderada bilateral	Secreção em grande quantidade
<b>Escore de Orelhas</b>			
Normal	Balançar de orelhas e movimentos curtos	Leve queda unilateral	Queda bilateral de orelhas e/ou inclinação da cabeça
			

Figura 4: Método de Escore Respiratório de Wisconsin para avaliação de doença pulmonar adaptado de McGuirk (2008).

#### 4.5.3 Esfregaço de sangue da ponta da cauda

Esfregaços sanguíneos foram realizados a partir de sangue capilar na ponta da cauda dos animais. Eles foram realizados diariamente durante todo o período experimental, entre às 05 00 h e 09 00 h da manhã, de todos os animais. Os esfregaços foram corados pelo kit Panótico Rápido® Laborclin e examinados para o diagnóstico dos agentes da tristeza parasitária bovina e quando positivos, era avaliada a riquetsemia de *Anaplasma marginale* e a parasitemia de *Babesia bigemina* e *Babesia bovis*. As pesquisas por hemopatógenos foram realizadas em microscópio ótico, observando-se campos inteiros em objetiva de 100× com óleo de imersão em campos sem sobreposição de células. A proporção de hemácias infectadas por *A. marginale*

(riquetsemia) foi realizada observando-se 40 campos com celularidade homogênea. O número de hemácias infectadas nos 40 campos foi dividido pelo valor total estimado de células presentes em todos os campos de acordo com Mendonça (2015). A parasitemia de *B. bigemina* e *B. bovis* foi estimada por cruces (Figura 5): nenhuma cruz (negativo), indicava a ausência do hemoparasito no esfregaço sanguíneo; uma cruz (+) indicava a eventual visualização do hemoparasito em um pequeno número de campos; duas cruces (++) indicava a visualização de um ou dois hemoparasitos por campo; três cruces (+++) indicava a visualização de mais de dois hemoparasitos por campo de acordo com Souza et al. (2021).

Número de cruces	Frequência de observação do hemoparasito no esfregaço sanguíneo	
0	Ausente	
1 (+)	Visualização eventual do hemoparasito em poucos campos	
2 (++)	Visualização de um ou dois hemoparasitos por campo	
3 (+++)	Visualização de mais de dois hemoparasitos por campo	

Figura 5: Estimativa da parasitemia de *Babesia* spp. por escore de cruces de acordo com o número e frequência de hemoparasitos observados em esfregaço sanguíneo de ponta de cauda (Souza, et al. 2021).

#### 4.5.4 Pesagem corporal através do sistema CriaTech Intergado©

Um sistema de balança automática para aferição do peso corporal foi instalado no piquete das bezerras posicionado em frente à única fonte de água disponível para os animais, desta forma, ao subirem voluntariamente na plataforma para ingerir água, o peso do bezerro foi registrado (Figura 6). O equipamento foi instalado e as bezerras tiveram acesso 14 dias antes do início do experimento, com o objetivo de obter informações sobre o ganho de peso do animal de forma individual, além de permitir a adaptação dos animais com a estrutura da balança antes do início das coletas diárias de informações (esfregaço sanguíneo, aferição da temperatura e escore respiratório). O sistema eletrônico identificava os animais através de *tags* colocadas nas orelhas no momento da entrada dos animais na balança, mensurava e registrava os pesos e

enviava os dados para servidor em nuvem. Os dados de pesagem corporal foram sumarizados a fim de obter o peso médio diário (Peso Intergado). O acompanhamento diário dessas variáveis permitiu a criação de parâmetros de normalidade por indivíduo, auxiliando na detecção de enfermidades associadas à queda de desempenho (redução do ganho de peso e/ou perda de peso).



Figura 6: Sistema de pesagem voluntária através de balanças automáticas de precisão Intergado©.

#### 4.5.5 Observação de doença e tratamento

Nos casos de anaplasnose, quando hemácias infectadas por *Anaplasma marginale* alcançaram contagens iguais ou superiores a 1% do total de hemácias, o animal foi considerado doente e tratado (IICA, 1987). O tratamento foi realizado com enrofloxacino 7,5 mg/kg de peso vivo, via intramuscular, dose única (FACURY-FILHO et al., 2012). Nos casos de babesiose devido a *Babesia bovis*, a doença e o tratamento foram determinados pela presença do agente. Os casos de infecção por *Babesia bigemina*, o tratamento foi realizado quando o escore de infecção era  $> 1$  (+), ou seja, presença de 1 – 2 hemácias parasitadas por *B. bigemina* em cada campo observado. Para ambos os casos de babesiose, foi realizado tratamento com 3,5 mg/kg de diacetato de diminazene, via intramuscular, dose única (MOSQUEDA et al., 2012). Nos casos de DRB, os bezerros com resultado total igual ou superior a 5 de acordo com a avaliação de escore de Wisconsin foram tratados para broncopneumonia utilizando-se tulatromicina 2,5 mg/kg de peso vivo, via subcutânea em dose única.

## 4.6 Análises estatísticas

### 4.6.1 Conjunto de dados

Apenas os dados de animais que foram possíveis identificar o primeiro dia do primeiro caso de doença durante o período experimental foram utilizados (37 eventos de doença de TPB e 33 de DRB). Os dados sobre pesagem voluntária durante a visita ao bebedouro de água foram coletados diretamente pelo sistema Intergado®.

Foram coletados os dados de uma série temporal de 10 dias, compreendidos entre o dia -10 (10 dias antes do diagnóstico) e o dia 0 (dia do diagnóstico). O número de dias coletados de cada animal variou de acordo com o momento do evento de doença dentro do período experimental, por exemplo, se o animal foi diagnosticado doente no quinto dia do período experimental, foram avaliados dados dos quatro dias antes do diagnóstico. Da mesma forma, se o animal foi diagnosticado no décimo quinto dia do período experimental, ele foi monitorado durante todos os dez dias anteriores ao dia do diagnóstico.

Todas as bezerras incluídas no conjunto de dados possuíam um intervalo sadio e um doente. Esta mesma série foi redividida em intervalos de período doente ou sadio de acordo com a análise realizada com o objetivo de desenvolver modelos capazes de detectar doença ou saúde. As análises foram realizadas de acordo com a doença diagnosticada.

Os animais que apresentaram o primeiro caso das duas doenças dentro do período experimental foram contabilizados dentro dos dois conjuntos de dados. Portanto, a série temporal foi dividida em informações relacionados aos primeiros casos de cada doença. Para a TPB foram utilizados 37 animais que apresentaram os primeiros casos de ocorrência da doença dentro do período experimental. Estes animais foram monitorados, em média, durante 18,8 dias e cada indivíduo obteve aproximadamente em média, 67 pesagens corporais voluntárias totais durante o período. Para a DRB foram utilizados 33 animais que apresentaram os primeiros casos de ocorrência da doença dentro do período experimental. Estes animais foram monitorados, em média, durante 20,6 dias e tiveram, em média, 72 pesagens corporais voluntárias totais (Tabela 3).

Tabela 3: Descrição do conjunto de dados utilizados para as análises estatísticas, referentes ao monitoramento de 50 bezerras girolandas desmamadas durante o período experimental, coletados através do sistema de pesagem voluntária automática (CriaTech Intergado®).

	<b>Tristeza Parasitária Bovina (TPB)</b>	<b>Doença Respiratória Bovina (DRB)</b>
<b>N animais – 1º caso</b>	37	33
<b>Dias monitorados por caso (média)</b>	18,8	20,6
<b>N Pesagens realizadas (média)</b>	67	72
<b>N Pesagens realizadas (mínimo)</b>	31	37
<b>N Pesagens realizadas (máximo)</b>	390	150

Para o mesmo conjunto de dados do monitoramento de TPB também foram realizadas 202 mensurações da temperatura retal. Considerou-se como doentes no modelo de predição os animais que apresentaram temperatura retal  $\geq 39,4^{\circ}\text{C}$  (Dirksen et al., 1993) e os resultados de temperatura retal  $< 39,4^{\circ}\text{C}$  foram considerados como animais sadios.

#### 4.6.2 Análise de dados

O sistema de balanças eletrônicas automáticas Intergado® obteve medidas de massa corporal em momento definidos pelo comportamento natural do animal de ir ao bebedouro. Esse tipo de medida decorre de uma variação na massa corporal do animal devido ao número de medidas do indivíduo por dia e o valor do peso medido pela balança a cada visita. O peso varia em curto prazo devido a eventos de esvaziamento e enchimento do trato digestivo e urinário, pesagens atípicas (animais que entram parcialmente na balança ou entrada de mais de um animal no equipamento) e a longo prazo devido ao crescimento do animal. Para controlar este efeito de curto prazo, as medições no mesmo dia foram consideradas amostras de peso em um dia e as pesagens atípicas foram automaticamente identificadas por algoritmos estatísticos e removidas, enquanto o peso ao longo de um período foi estimado por modelagem. Os modelos estatísticos usados foram paramétricos e não paramétricos. O primeiro, foi realizado com o objetivo de retornar os valores estimados para parâmetros que podem ter algum significado biológico e, em geral, geraram previsões de peso seguindo uma tendência esperada de linearidade (Figura 7). Já os modelos não paramétricos, geraram previsões mais precisas em uma perspectiva de curto prazo, pois permitem flutuações no ganho de peso diário (Figura 8). Esta abordagem é mais interessante para uma estimativa mais precisa do peso de cada dia, enquanto os modelos paramétricos são mais interessantes para estimar tendências de longo prazo, aproveitando o poder estatístico para estimar o ganho de peso. A modelagem utilizada

foi definida pela própria massa de dados, podendo ser ajustada pelo algoritmo com o objetivo de determinar o melhor modelo.

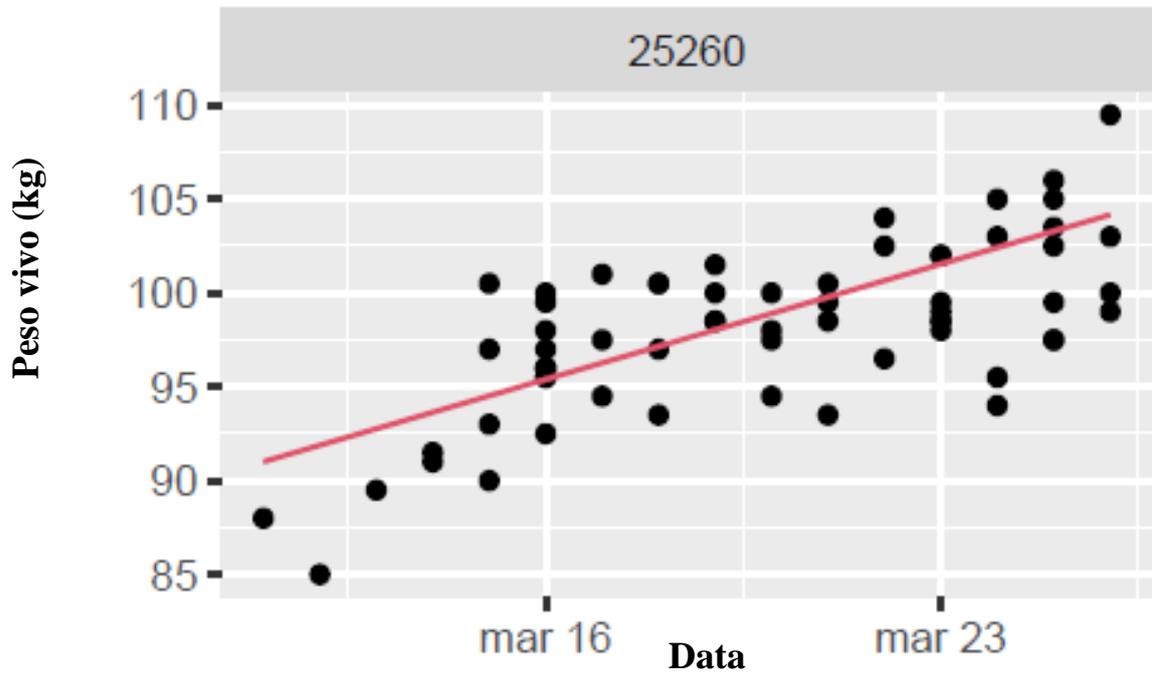


Figura 7: Pesagens do animal 25260 pelo sistema Intergado Cria Tech, durante os dias monitorados e modelo ajustado pelo algoritmo Intergado. Exemplo de ajuste através de um modelo linear paramétrico do peso de uma bezerra.

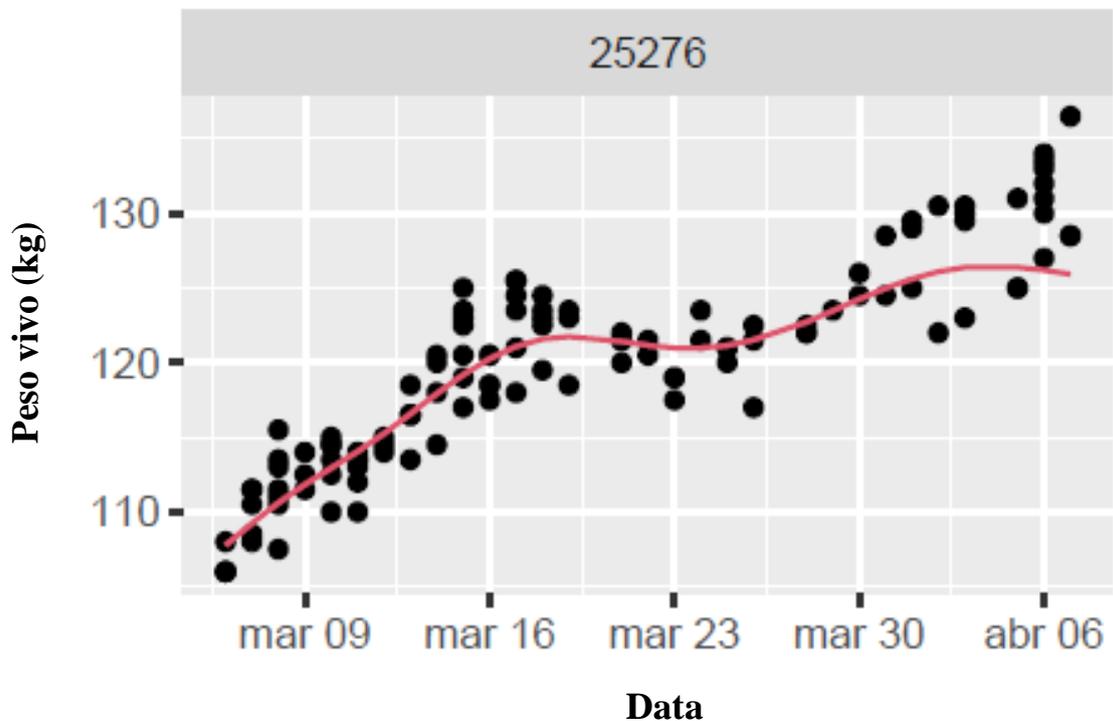


Figura 8: Pesagens do animal 25276 pelo sistema Intergado Cria Tech, durante os dias monitorados e modelo ajustado pelo algoritmo Intergado. Exemplo de ajuste através de um modelo não paramétrico do peso de uma bezerra.

### 4.6.3 Estudo do efeito da doença sobre o desempenho

A fim de avaliar o efeito da doença sobre os parâmetros de desempenho, de forma populacional, os dados foram submetidos à análise de variância considerando-se cada animal como uma unidade experimental e as medidas de peso, ganho de peso e demais variáveis observadas diariamente como medidas repetidas no tempo por indivíduo. Considerou-se como teste central o efeito do dia experimental (ou dia monitorado) sobre a variável ganho de peso. Os dados considerados no monitoramento da pesagem corporal e ganho de peso diário foram escalonados. O processo de escalonamento visou estabelecer uma padronização dos resultados por animal, evitando-se diferenças inerentes aos indivíduos, como peso inicial diferente e diferentes ganhos de peso. Fórmula geral para o escalonamento, onde  $X_i$  corresponde ao vetor da variável escalonado:

$$X_s = \frac{X_i - X_c}{S}$$

Onde:

$X_i$  corresponde ao  $i$ -ésimo valor da variável  $x$  escalonado para um certo animal;  $X_c$  corresponde ao centro de  $x$ , usualmente representado pela média;  $S$  corresponde à métrica de escala utilizada, sendo que caso o centro do escalonamento for a média,  $S$  será igual a um desvio padrão de  $x$ , ao passo que se o centro for outro valor qualquer,  $S$  corresponderá à raiz da soma dos quadrados das diferenças de cada valor e o valor central dividido por  $n-1$ , conforme fórmula a seguir:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_c - X_i)^2}{n-1}}$$

Portanto, se  $X_c$  for igual à média (i.e.,  $\bar{x}$ ), tem-se o mesmo que a fórmula tradicional para cálculo do desvio padrão (i.e.,  $\sigma$ ), assim o escalonamento como um todo seguiria a seguinte fórmula simplificada:

$$X_s = \frac{X_i - \bar{x}}{\sigma}$$

No presente estudo, uma vez que as séries temporais partiram de um ponto ou *plateau* inicial (i.e., período sadio) como referência, o qual tende a sofrer desvios (ou não) em função da evolução da doença, optou-se por utilizar o primeiro valor da série de cada indivíduo como ponto central e não a média, uma vez que esta dista do início da mensuração onde o animal foi

considerado sadio e aproxima-se da condição doente. O escalonamento foi feito animal a animal.

As avaliações de diferença de ganho de peso do dia do modelo foram realizadas em comparação à média de ganho de peso do período de referência ou sadio (-10 a -6 dias do diagnóstico), em que: Dia do modelo se referiu à data que foi realizada a mensuração do ganho de peso escalonado (ou queda) de acordo com o modelo estatístico, ou seja, a data que foi analisada a diferença de ganho entre o dia analisado e o período de referência.

#### **4.6.4 Estudo da capacidade preditiva do sistema de pesagens eletrônicas**

As informações geradas pelo monitoramento diário realizado pela balança permitiram a criação de uma referência temporal de dias em sequência relativos ao dia da análise. A partir dessa referência temporal foi possível estabelecer o período considerado como referência, definido como dia -10 ao -6 em relação ao dia da análise, e a partir desses, criaram-se as seguintes variáveis:

- 1) dia\_modelo = data pesagem – data atual;
- 2) diferença do peso bruto = diferença entre o peso bruto mediano do dia 0 (dia da análise) e dias -1, -2 e -3 em relação ao dia da análise;
- 3) diferença de desempenho entre período referência e período avaliado para ganho de peso estimado, bruto ou normalizado, peso estimado, bruto ou normalizado e peso bruto mediano.
- 4) dias em queda = quantidade de dias consecutivos em queda de peso
- 5) coeficientes  $\beta_1$  e  $\beta_2$  para regressão quadrática dos dias -5 a 0
- 6) diferença do coeficiente  $\beta_1$  entre os períodos referência e avaliado.

Tal procedimento proveu 12 variáveis diárias por animal, formando uma série temporal. Essas séries temporais foram ainda transformadas em novas variáveis através do uso de engenharia de características, gerando-se outras tais que ajudassem a discriminar as diferenças entre sadio e doente, totalizando-se 63 variáveis.

Algumas dessas variáveis foram descartadas quando apresentaram:

- ✓ Alta correlação entre si;
- ✓ Baixa variância.

Após esse procedimento, restaram 10 variáveis. A partir delas foi realizado o ajuste de uma regressão múltipla logística, com fins à predição do estado doente ou sadio sem levar em consideração o dia do diagnóstico, afinal, na prática, essa variável era desconhecida. O modelo logístico converteu um resultado binomial de 0 a 1 na escala logarítmica em uma probabilidade de acordo com o preditor. Em nosso estudo, os preditores foram representados pelas 10 variáveis selecionadas para TPB e 10 para DRB que não foram idênticas. Sendo assim, para cada observação desse conjunto de variáveis obteve-se uma predição que variou de 0 a 1 (probabilidade encontrada pelo modelo preditor). E para determinar se a observação era 0 (sadio) ou 1 (doente), estabeleceu-se um ponto de classificação para predizer se a observação era uma ocorrência de doença ou não.

A fim de tornar a modelagem avaliável, o banco de dados foi amostrado, criando-se uma base para treinamento e uma base para teste. A proporção de dados amostrados foi realizada com fins de garantir em ambas as bases a mesma frequência de casos doentes e sadios.

O treinamento do modelo foi realizado através de uma validação cruzada, sorteando aleatoriamente uma parcela do banco de dados do próprio trabalho e posteriormente avaliando a capacidade do modelo preditivo. Essa avaliação foi realizada na parte restante do banco de dados que não foram utilizadas para treinar o modelo. Esse processo foi realizado 10 vezes com o intuito de aumentar as chances de se construir um modelo robusto que poderia atender dados de outras realidades e não somente a deste estudo, assim como reduzir o efeito de um animal ou conjunto de dados atípicos sobre a estimativa dos parâmetros. A Figura 9 apresenta um esquema do estudo da capacidade do modelo logístico.

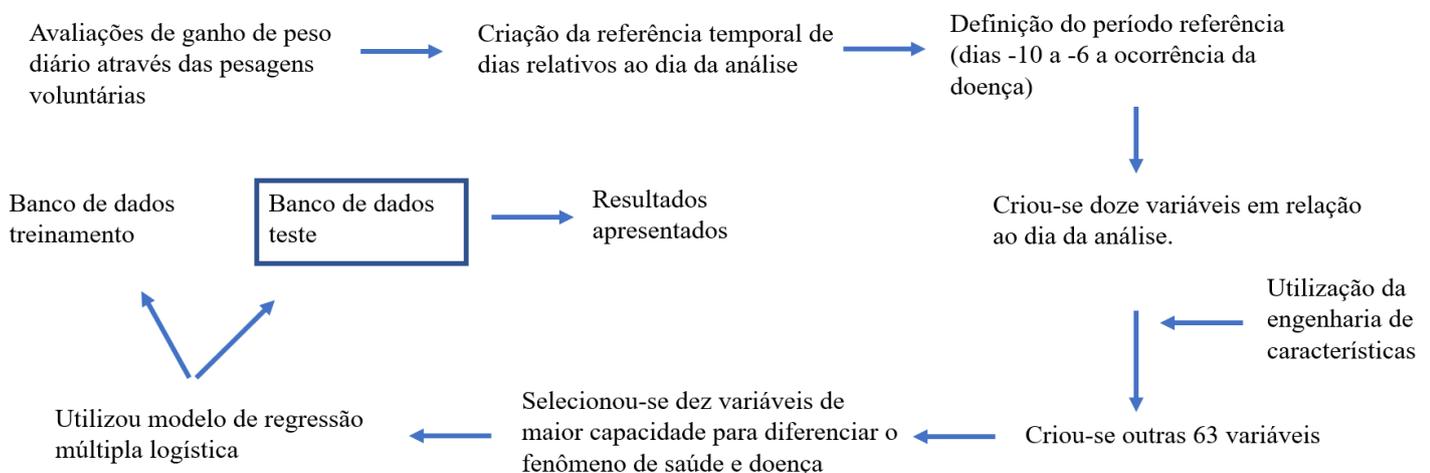


Figura 9: Esquema do estudo da capacidade do modelo logístico utilizado para predição de doença nos animais avaliados durante o período experimental

Para avaliar o desempenho do modelo de predição e da mensuração temperatura retal como ferramentas indicativas de doença foram calculados os valores de sensibilidade (s), especificidade (e), valor preditivo positivo (VPP) e valor preditivo negativo (VPN) usando as seguintes equações:

$$s = VP/(VP + FN),$$

$$e = VN/(VN + FP),$$

$$VPP = VP/(VP + FP),$$

$$VPN = VN/(VN + FN).$$

Onde:

- VP é verdadeiro positivo, para TPB, no teste de esfregaço sanguíneo determinando a doença (*B. bigemina* > 1(+); *B. bovis* ≥ 1 (+); *A. marginale* ≥ 1,0% das hemácias infectadas) e para DRB, o escore de Wisconsin ≥ 5 e com indicação da ferramenta utilizada como animal positivo;
- VN é verdadeiro negativo, para TPB, no teste de esfregaço sanguíneo (*B. bigemina* ≤ 1 (+) ou negativo; *B. bovis* negativo e *A. marginale* < 1,0%) e para DRB, o escore de Wisconsin < 5 e com indicação da ferramenta utilizada como animal negativo;
- FP é falso positivo, para TPB, o esfregaço de sangue não determinando a doença, para DRB, o escore de Wisconsin < 5 e a ferramenta utilizada indicando o animal como positivo;
- FN é falso negativo, para TPB, esfregaço de sangue determinando a doença, para DRB, escore de Wisconsin ≥ 5 e a ferramenta utilizada indicando o animal como negativo.

Portanto, os resultados da leitura do esfregaço sanguíneo e escore clínico de Wisconsin foram considerados referência para o diagnóstico de TPB e DRB, respectivamente. Além disso, comparados com os resultados obtidos usando a medição da temperatura na fazenda e o resultado de pesagem corporal dos animais.

#### **4.6.5 Modelo de predição com base no comparativo de custo**

Com o objetivo de analisar diferentes cenários do modelo preditivo para favorecer a redução ou aumento de predições do tipo falso negativo ou falso positivo de acordo com a avaliação de custo da ocorrência de cada caso falso positivo ou falso negativo, utilizou a seguinte equação:

$$\text{Custo} = (\text{FP}\% \times \text{Sadios}_n \times \text{FPcusto}) + (\text{FN}\% \times \text{Doentes}_n \times \text{FNCusto}).$$

Onde:

- FP% e FN% representam a taxa de falsos positivos e falsos negativos, respectivamente;
- Sadios<sub>n</sub> e Doentes<sub>n</sub> representam a quantidade casos reais negativos e positivos, respectivamente;
- FPcusto e FNCusto representam o custo financeiro ou relativo de uma classificação falsa positiva e negativa, respectivamente.

Para avaliar o impacto de tais custos, foram montados cinco cenários, variando-se a proporção de custo de 1:1 a 1:5, para a relação FP:FN.

#### 4.6.6 Poder estatístico e estimativa do tamanho amostral

Devido ao caráter observacional do experimento, considerou-se a prevalência esperada da enfermidade na propriedade bem como valores obtidos em projetos pilotos, literatura e dados fornecidos pela empresa Intergado respectivos à variável ganho de peso diário individual gerado pelo sistema CriaTech como indicadores para análise de poder estatístico e estimativa do tamanho amostral. Realizou-se uma análise de potência *a priori*, e assumiu-se o poder estatístico de 0,95, probabilidade de erro  $\alpha$  igual a 0,05, correlação entre medidas de 0,6 e tamanho de efeito igual 0,14. Este foi calculado em função da variância do ganho de peso explicada pela variável “dias monitorados” por indivíduo, conforme experimentos prévios realizados pela empresa Intergado, utilizando sistema CriaTech. Considerou-se o mínimo de 15 dias válidos experimentais.

Utilizando-se todos esses parâmetros, obteve-se a estimativa de tamanho amostral (37 indivíduos). Assumiu-se uma prevalência de 80% da doença na faixa etária dos animais, chegando-se ao número de 46 animais mínimos para ocorrência de pelo menos 37 casos. Havendo ainda a probabilidade somada de 10% de perdas de dados devido a mortalidade, perda de informações em função de falhas dos equipamentos ou manejos da fazenda, aproximou-se o tamanho amostral para 50 animais.

A estimativa do tamanho amostral foi computada resolvendo-se analiticamente para N, utilizando-se o grupo de equações a seguir (1 a 5), por meio do software G\*Power 3.1.9.4 (FAUL et al., 2007). Ademais, foi apresentada a curva de tamanho amostral em função do poder estatístico almejado (Figura 10).

$f = \frac{\sigma_{\mu}}{\sigma}$	[1]
$\lambda = f^2 u N$	[2]
$u = \frac{m}{1 - \rho}$	[3]
$df_1 = (m - 1)\varepsilon$	[4]
$df_2 = (N - k)(m - 1)\varepsilon$	[5]

Onde:

$f$  = Tamanho de efeito;

$\sigma$  = Desvio padrão populacional;

$\sigma_{\mu}$  = Desvio padrão do efeito;

$\lambda$  = Parâmetro de não centralidade F;

$N$  = Tamanho amostral;

$m$  = Número de fatores;

$\rho$  = Correlação entre amostras;

$df_1, df_2$  = Numerador e denominador de graus de liberdade, respectivamente;

$k$  = Número de grupos;

$\varepsilon$  = Fator de correção.

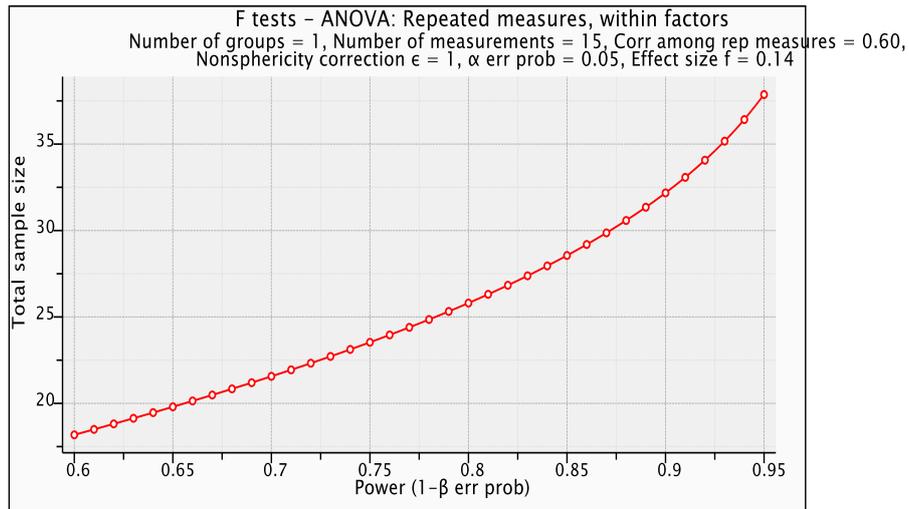


Figura 10 – Representação gráfica do tamanho amostral, pelo software G\*Power, para avaliação do monitoramento de sanidade de bezerras girolandas na fase de recria através da avaliação automática de peso pelo equipamento Intergado Cria tech.

## 5.RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Diagnóstico etiológico da tristeza parasitária bovina por esfregaço sanguíneo

Foram realizados 942 esfregaços sanguíneos dos 50 animais durante todo o período experimental. Essa técnica permitiu identificar 37 novos casos de tristeza parasitária bovina.

Doença causada pela *Babesia bovis* determinou o tratamento em 89,2% dos casos de TPB, doença causada por *B. bigemina* em 8,1% e por ambos os agentes estavam presentes em 2,7% dos casos (Tabela 4). *Babesia* spp. estava presente em 23,9% dos esfregaços sanguíneos, *Anaplasma marginale* em 13,2% e ambos os agentes em 3,1% deles.

Apesar de somente os casos de tristeza parasitária por babesiose terem determinado o tratamento, os resultados demonstraram um número considerável de animais com *Anaplasma marginale*, porém com ricketsemia abaixo de 1% em todos os esfregaços, não suficiente para determinar o tratamento.

A baixa frequência de casos tratáveis de *A. marginale* em comparação a *Babesia* spp., provavelmente está relacionado ao período pré-patente médio da anaplasnose de 25 dias (Coelho, 2007), enquanto o de *Babesia* spp. é, em média, de 12 dias (Callow, 1984). Como o período experimental foi de 20 dias e houve intenso contato com carrapatos e moscas, isso pode ter influenciado o nível de parasitemia não tratável da anaplasnose em comparação à babesiose.

Vários autores relataram a baixa capacidade do esfregaço sanguíneo de identificar agentes causadores de TPB em animais com baixa parasitemia e esses resultados potencialmente foram subestimados. Entretanto, o tratamento de casos positivos sem apresentação de sinais clínicos não tem sido indicado (BOCK et al., 2004; OLIVEIRA-SEQUEIRA et al., 2005; COSTA-JUNIOR et al., 2006; AL-HOSARY, 2006; ALVAREZ et al., 2019; SOUZA et al., 2021). Uma vez que a TPB é endêmica em nosso meio, é frequente bezerros apresentarem baixas parasitemias e se recuperarem espontaneamente. Assim, quando estipulamos o ponto de corte de 1% de ricketsemia de anaplasma, estamos objetivando a formação de resposta imune e o uso racional de antibióticos.

Tabela 4: Número de animais determinados de acordo com o ponto de corte como doentes na leitura das lâminas de esfregaço sanguíneo, tratados de acordo com o agente causador da Tristeza Parasitária bovina e porcentagem dos casos que necessitaram de tratamentos de 50 bezerras girolando monitoradas durante o período experimental.

	<b>Animais doentes por <i>Babesia</i> <i>bovis</i></b>	<b>Animais doente por <i>Babesia</i> <i>bigemina</i></b>	<b>Animais doentes por <i>B.bovis/B.bigemina</i></b>	<b>Total</b>
<b>N</b>	33	3	1	37
<b>%</b>	89,2%	8,1%	2,7%	100%

Tabela 5: Número total esfregaços sanguíneos realizados e frequência percentual com ou sem a presença dos agentes causadores de Tristeza Parasitária Bovina identificados nas lâminas de esfregaço sanguíneo das 50 bezerras girolando monitoradas durante o período experimental.

	<b>Número de esfregaços realizados (942)</b>	<b>Frequência de agentes (%)</b>
<b>Presença de agente causador de TPB</b>	378/942	40,13%
<b>Negativo</b>	564/942	59,87%

A frequência de agentes apresentada é resultado das características inerentes ao próprio sistema de criação dos animais e podem ocorrer variações em casos de mudanças no sistema. Algumas características como idade dos animais, desafio intenso através do contato com vetores, sazonalidade, época de nascimento e situação epidemiológica da fazenda podem afetar a ocorrência da doença (MELO, 1999; MOREIRA, 2017).

Neste estudo, durante a fase pós-desaleitamento (entre 80 e 100 dias de vida), os animais entraram em contato com intensa população de vetores, permitindo a visualização de grande número de carrapatos por todo o corpo do animal e nos pastos onde os animais permaneciam. Além disso, a presença, facilmente observada, de moscas hematófagas nas instalações e com contato frequente com os animais durante todo o período experimental. Amorim et al. (2014) analisaram fatores de risco para ocorrência de TPB e identificaram como os principais componentes que caracterizavam os animais positivos a presença de carrapatos e a idade dos animais, demonstrando dois importantes fatores de risco a qual os animais deste estudo foram submetidos.

Souza et al. (2021) encontraram resultados similares ao deste estudo, nos quais 34,56% dos esfregaços sanguíneos foram positivos para *Babesia* spp. e 18,65% positivos para *A. marginale* em animais entre 3 e 14 meses de idade. Esses animais tiveram seu primeiro contato com carrapatos e moscas hematófagas a partir dos 60 dias de idade, desenvolvendo os primeiros casos da doença na faixa etária aproximada a deste estudo. Isto pode indicar uma situação epidemiológica parecida com a fazenda deste estudo quanto ao aumento na intensidade do

contato com vetores da TPB, aumentando o risco da doença (AMORIM et al., 2014). Além disso, as características climáticas de temperatura e umidade ao longo do ano são parecidas, favorecendo o desenvolvimento e proliferação dos vetores da TPB em épocas semelhantes.

## 5.2 Mensuração da temperatura retal diária para identificação de tristeza parasitária bovina

Os dados referentes à sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo da temperatura retal estabelecendo o ponto de corte para considerar hipertermia, os animais com temperatura retal  $\geq 39,4^{\circ}\text{C}$  com relação ao esfregaço sanguíneo, considerado padrão ouro, encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6: Avaliação dos resultados de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo da avaliação da temperatura retal no monitoramento de 50 bezerras girolando para casos de Tristeza Parasitária Bovina utilizando o esfregaço sanguíneo como teste de referência.

Teste	VP	VN	FP	FN	S	E	VPP	VPN
<b>Esfregaço sanguíneo</b>	41	161	0	0	100	100	100	100
<b>Temperatura retal</b>	15	112	49	26	36,6	69,6	23,4	81,2

VP= Verdadeiro positivo; VN= Verdadeiro negativo; FP= Falso positivo; FN= Falso negativo; S= sensibilidade; E = especificidade, VPP = valor preditivo positivo; VPN=valor preditivo negativo.

Os resultados de sensibilidade da temperatura retal, tomando-se como referência o esfregaço sanguíneo, demonstraram que foi possível em 36,6% dos casos, a identificação de animais realmente doentes e em 69,6% dos casos, identificar animais realmente saudáveis. Desta forma, o teste tem baixa probabilidade de apresentar resultados positivos em uma população doente, mas moderada capacidade de indicar como negativos os animais saudáveis. Sendo assim, a temperatura retal precisa de técnicas diagnósticas para conduzir de forma adequada o monitoramento da doença (KAWAMURA, 2002; SOUZA et al., 2021). Isso é fundamental, pois de acordo com a população estudada, a estratégia de monitoramento deve ser avaliada com cautela para indicar o diagnóstico.

A sensibilidade e a especificidade encontrada neste estudo foram muito próximas às encontradas por Souza et al. (2021), cujos valores foram 41,09% e 69,44%, respectivamente. Provavelmente estes resultados se devem à semelhança das características do sistema de criação dos animais. Em ambos os estudos, devido as estratégias da propriedade, os animais tiveram pouco contato com vetores de TPB durante a fase de aleitamento e intenso contato após o desaleitamento, momento em que ambos os trabalhos iniciaram o monitoramento e

conhecidamente como uma fase de risco para o desenvolvimento da TPB (VESPASIANO, 2016; AMORIM et al., 2014).

Os parâmetros utilizados para tratamento de tristeza parasitária, especialmente para as infecções por *Babesia* spp., provavelmente foram muito rígidos e/ou precoces, de forma que vários animais foram tratados sem apresentar hipertermia. O monitoramento adotado neste estudo foi mais intensivo do que usualmente é praticado a campo. A realização de lâminas de esfregaço sanguíneo com intervalos de 24 horas para o diagnóstico da doença, podem ter antecedido a sinalização clínica dos animais. A estratégia de monitoramento a campo tem sido recomendada com realização de mensuração da temperatura retal e elaboração de esfregaço sanguíneo entre duas a três vezes semanais e portanto, o monitoramento deste estudo poderia ter sido menos intensivo. Sendo assim, tratamentos desnecessários possivelmente foram realizados, o que pode levar à resistência das drogas comumente utilizadas (TUVSHINTULGA et al., 2019).

### **5.3 Pesagem corporal diária dos animais para identificação da tristeza parasitária bovina**

Os resultados da pesagem corporal escalonada dos animais apresentaram uma curva de peso diário com 10 dias de antecedência relativos à data do diagnóstico de tristeza parasitária dos animais. A Figura 11 mostra o aumento na média do peso corporal escalonado de todos os animais até os três dias antes do diagnóstico de tristeza parasitária por esfregaço sanguíneo. Após isso, o peso se apresentou de forma estável. No entanto, o ganho de peso diário apresentou queda durante todo o período avaliado que antecedeu o diagnóstico, acentuando-se a partir de sete dias anterior ao diagnóstico (Figura 12). Além disso, maior dispersão dos valores foram observadas ao aproximar do dia do diagnóstico, refletindo maior variabilidade entre o peso e o ganho de peso dos animais nessa fase. Isto demonstra que o comportamento não é uniforme entre os animais, ou seja, alguns casos de doença podem levar a maior ou menor perda de peso diário, o que provavelmente está associado à severidade da doença, agente causador e/ou à resistência animal à enfermidade.

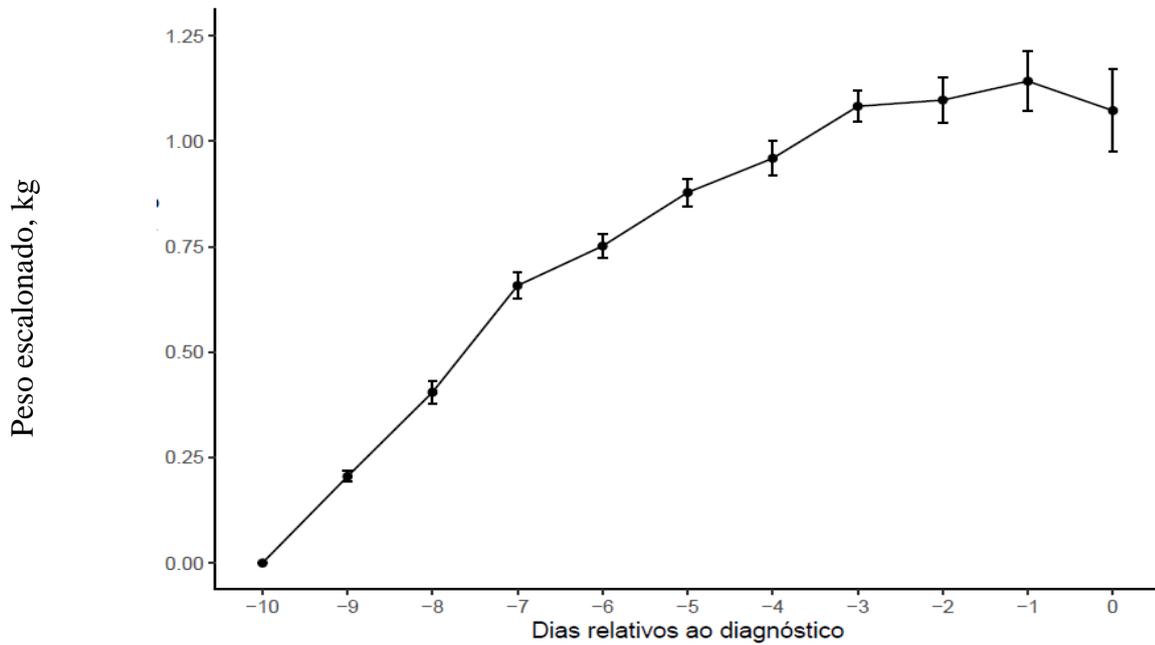


Figura 11: Média  $\pm$  erro padrão do peso escalonado dos animais em função de dias relativos ao diagnóstico de Tristeza Parasitária Bovina.

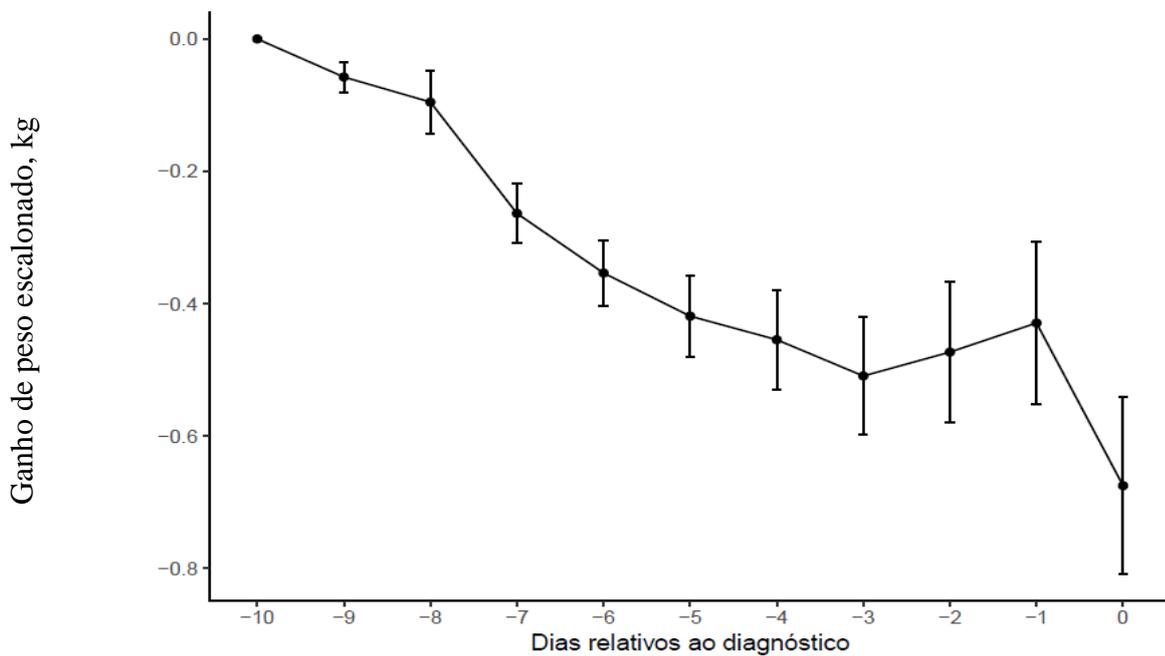


Figura 12: Média  $\pm$  erro padrão do ganho de peso escalonado dos animais em função de dias relativos ao diagnóstico de Tristeza Parasitária Bovina.

Tendo em vista que foi considerado o intervalo de -10 a -6 dias anteriores ao diagnóstico da doença como período sadio do animal e o período entre -5 dias ao dia do diagnóstico (dia 0) o período doente, o ganho de peso dos animais doentes foi, em média, de 0,639 kg menor ( $p < 0,001$ ) que dos sadios (Figura 13). Além disso, foi significativa ( $p < 0,01$ ) a diferença entre

o ganho de peso escalonado observado no dia do modelo comparado a média de ganho de peso no período sadio, dois dias antes do diagnóstico por esfregaço sanguíneo. (Tabela 7).

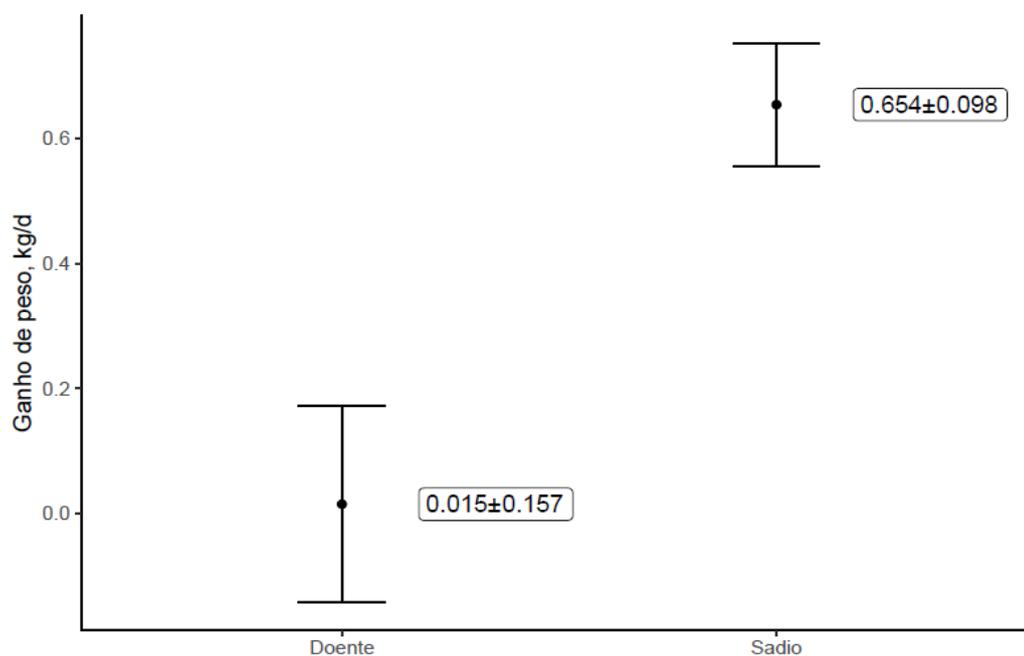


Figura 13: Média  $\pm$  erro padrão do ganho de peso bruto do período doente (-10 dias a -6 dias do diagnóstico) por Tristeza Parasitária Bovina comparado ao período saudável (-5 dias ao dia do diagnóstico).

Tabela 7: Diferença média de ganho de peso diário (GPD) escalonado do dia do modelo em comparação ao GPD do período saudável (-10 ao -6) para Tristeza Parasitária Bovina. Intervalo de confiança de 95%.

	Dia do modelo					
	-5	-4	-3	-2	-1	0
<b>Período</b>	-0,205	-0,486	-0,341	-0,578	-0,632	-0,729
<b>Saudável</b>	(-0,672; 0,262)	(-0,892; 0,081)*	(-0,761; 0,079)	(-0,943; 0,214)**	(-0,995; 0,27)**	(-1,043; 0,415)***

\*(p<0,05); \*\*(p<0,01); \*\*\*(p<0,001)

Esses resultados sugerem que a utilização da balança tem potencial para identificar animais doentes por tristeza parasitária precocemente. Entretanto, quando a ferramenta sinaliza a queda no ganho de peso do animal doente, não foi possível identificar os agentes causadores da tristeza parasitária no esfregaço sanguíneo. Essa sinalização precoce identifica animais que necessitam de serem examinados para diagnosticar potenciais enfermidades e, portanto, atuar como uma forma de monitoramento intensivo.

Dessa forma, a balança poderá atuar como ferramenta de triagem e esfregaços sanguíneos poderão ser feitos de forma seletiva, ou seja, apenas nos animais que a balança tenha predito doença. Essa estratégia é vantajosa devido ao comportamento agudo da infecção por tristeza parasitária, principalmente *B. bovis*, que desafiam o sistema imunológico dos animais

acometidos rapidamente (BOCK et al., 2004). Nos casos de infecções em bezerros, geralmente menos agudas, causadas por *A. marginale*, a balança permitirá o acompanhamento do animal e o desenvolvimento da doença para que o tratamento seja realizado apenas nos casos em que o sistema imune do animal não controle a infecção de forma adequada e o mesmo desenvolva sinais clínicos da doença.

Vários autores identificaram alterações no comportamento alimentar de animais anteriormente à ocorrência de doença (QUIMBY et al., 2001; BORDERAS et al., 2009; SWARTZ et al., 2017; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2018). Os animais doentes perdem a capacidade de investigação do ambiente, interação social e passam por períodos de anorexia e adipsia (PECCHI et al., 2009). A sintomatologia clínica da TPB inclui febre, apatia e emagrecimento (BOCK et al., 2004), possibilitando a sinalização da ocorrência dessa doença através da redução no ganho de peso diário.

Neste estudo, os animais monitorados encontravam-se na fase de pós-desaleitamento, com idade média de 87 dias e, historicamente na propriedade, esta é uma fase de alto risco para tristeza parasitária e doença respiratória. Portanto, a maioria das ocorrências de desvios no ganho de peso dos animais provavelmente foram causadas pela tristeza parasitária e/ou pneumonia neste grupo de animais avaliados. Vespasiano (2016), avaliando a epidemiologia de TPB do sistema de recria de uma fazenda em Minas Gerais, verificou o mesmo comportamento, ou seja, a categoria após o aleitamento apresenta alta frequência de animais susceptíveis a TPB e com início da ocorrência dos casos clínicos da enfermidade.

Conhecer características de manejo, do sistema de produção, histórico de doenças, sazonalidade e epidemiologia da doença auxiliarão em direcionar a categoria a ser monitorada de forma assertiva, realização de exames complementares e diagnósticos diferenciais (LOMBARD et al., 2019).

O sistema utilizado não tem o objetivo de diagnosticar a doença, e sim indicar o potencial animal doente a ser avaliado por colaboradores capacitados. A partir daí, de acordo com o quadro clínico do animal, protocolos previamente estabelecidos por um médico veterinário deverão ser seguidos, como a coleta de material para realização de exames complementares e estabelecimento de diagnósticos diferenciais.

#### **5.4 Utilização da regressão logística e da engenharia de características para predição de casos de doenças por tristeza parasitária bovina**

A partir das variáveis utilizadas no modelo logístico de regressão na base de dados de teste, a Figura 14 apresenta os resultados de probabilidade de predição de casos sadios ou

doentes para tristeza parasitária. Neste modelo, convencionou-se como animal doente a predição (ou probabilidade) maior que 0,5 ou 50% e como sadio menor que 0,5 ou 50% (OLIVEIRA, 2016).

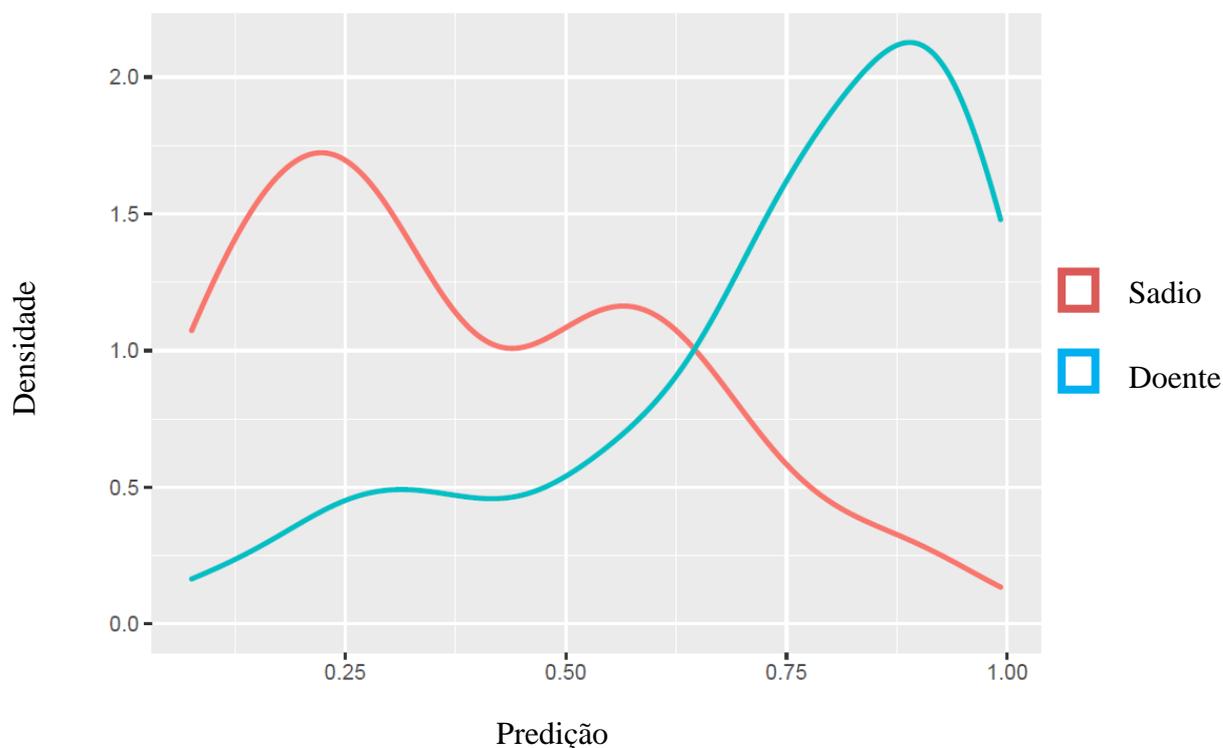


Figura 14: Probabilidade predita pelo modelo estatístico ao identificar casos doentes ou sadios na base de treinamento para tristeza parasitária bovina e a representação gráfica da sua frequência (Densidade).

A Figura 14 demonstra o resultado do modelo para os animais cujo esfregaço sanguíneo determinou como doente ou sadio. Ou seja, demonstra a capacidade discriminante do modelo em prever animais doentes ou sadios. À medida em que o valor predito pelo modelo aumenta, também pode ser observado o aumento da frequência de animais doentes e consequentemente a redução da frequência de casos de animais sadios. As áreas da figura abaixo de ambas as linhas, está representada a frequência dos casos de falsos negativos e falsos positivos, por exemplo, na área do gráfico anterior a 0,5 de predição e abaixo a linha azul (doente) representa-se a frequência dos casos de falso negativo. Em contrapartida, a área do gráfico posterior a 0,5 de predição e abaixo da linha vermelha (sadio) é representada pela frequência de casos falso positivos. A densidade é demonstrada graficamente pela área abaixo da linha azul e vermelha. Cada área abaixo da sua respectiva linha totaliza 1 ou 100%. A densidade representa a frequência relativa de casos, por exemplo, toda a área abaixo da linha vermelha totaliza 1 e o aumento ou redução da densidade refere-se ao aumento ou redução da frequência relativa de

casos sadios ou doentes. Em determinada área do gráfico do ponto de predição, a densidade ultrapassa 1,5 e em outras áreas, se aproxima de 0, mas no somatório de toda a área, o resultado é sempre igual a 1 ou 100%.

Cada dia monitorado dos animais que tiveram os primeiros 37 casos avaliados foi inserido na base de cálculo como dia sadio ou doente. Assim, um animal acompanhado durante 20 dias, que foi realizado o primeiro diagnóstico de tristeza parasitária, teve 19 dias saudáveis e 1 dia doente. Portanto, considerando todos os animais avaliados, obteve-se 37 dias como doentes e 703 dias como sadios.

Devido à elevada frequência de dias saudáveis dentro da base de cálculo, o modelo teve pouca chance de identificar um fenômeno que possui frequência muito baixa dentro do banco de dados. Por exemplo, considerando-se um dia como doente para cada animal, se o modelo fizesse sempre a predição como negativa em 100% das vezes, ele erraria somente em 5% dos casos. Desta forma o modelo alcançaria 95% de acurácia. Além disso, os gráficos de ganho de peso, demonstraram que esta variável sofreu uma queda dia após dia até o dia zero, o que dificultou muito a discriminação do modelo, por exemplo, entre uma queda do ganho de peso do dia -5 para o -4 e outra queda do dia -1 para o dia do diagnóstico da doença. Ou seja, para o modelo, o animal apresenta queda do ganho de peso ao passar dos dias e ele precisa de um sinal de que essa queda, de fato, é associada a doença. Se o sinal de queda de peso é frequente, porém, na maioria das vezes, não é um caso de doença, apresentar apenas um dia de doença (dia 0) dificulta a detecção do modelo.

Para elevar a sensibilidade do modelo, foi fundamental aumentar o número de dias de animais doentes, em comparação ao número de dias saudáveis. Para isso, a ampliação de dias doentes considerando o dia do diagnóstico (dia 0) e o dia anterior (dia -1) foi necessária para balancear o número de dias da ocorrência dos fenômenos, de forma que o modelo não ficasse tendencioso a prever como sadio a maioria dos animais.

Levando-se em consideração o limiar de 0,5 ou 50%, os valores de S, E, VPP e VPN do teste foram, respectivamente, 73%, 72,7%, 77,7% e 67,5% obtidos a partir da Tabela 8.

Tabela 8: Avaliação dos resultados de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo da balança com ponto de corte de 50% de predição do modelo estatístico para os casos de Tristeza Parasitária Bovina utilizando o esfregaço sanguíneo como referência.

Teste	VP	VN	FP	FN	S	E	VPP	VPN
<b>Esfregaço sanguíneo</b>	100	77	0	0	100	100	100	100
<b>Balança, ponto de corte 50%</b>	73	56	21	27	73	72,7	77,7	67,5

VP= Verdadeiro positivo; VN= Verdadeiro negativo; FP= Falso positivo; FN= Falso negativo; S= sensibilidade; E = especificidade, VPP = valor preditivo positivo; VPN=valor preditivo negativo.

Em regressões logísticas, adota-se como padrão o valor 0,5 ou 50% de probabilidade predita como o critério para classificação do fenômeno (KUTNER et al., 2004; OLIVEIRA, 2016). No entanto, esse valor pode ser alterado com o objetivo de favorecer a redução ou aumento de predições do tipo falso negativo ou falso positivo. A otimização para esse valor pode ser realizada pela avaliação do custo (econômico ou relativo) da incidência de falsos positivos e falsos negativos.

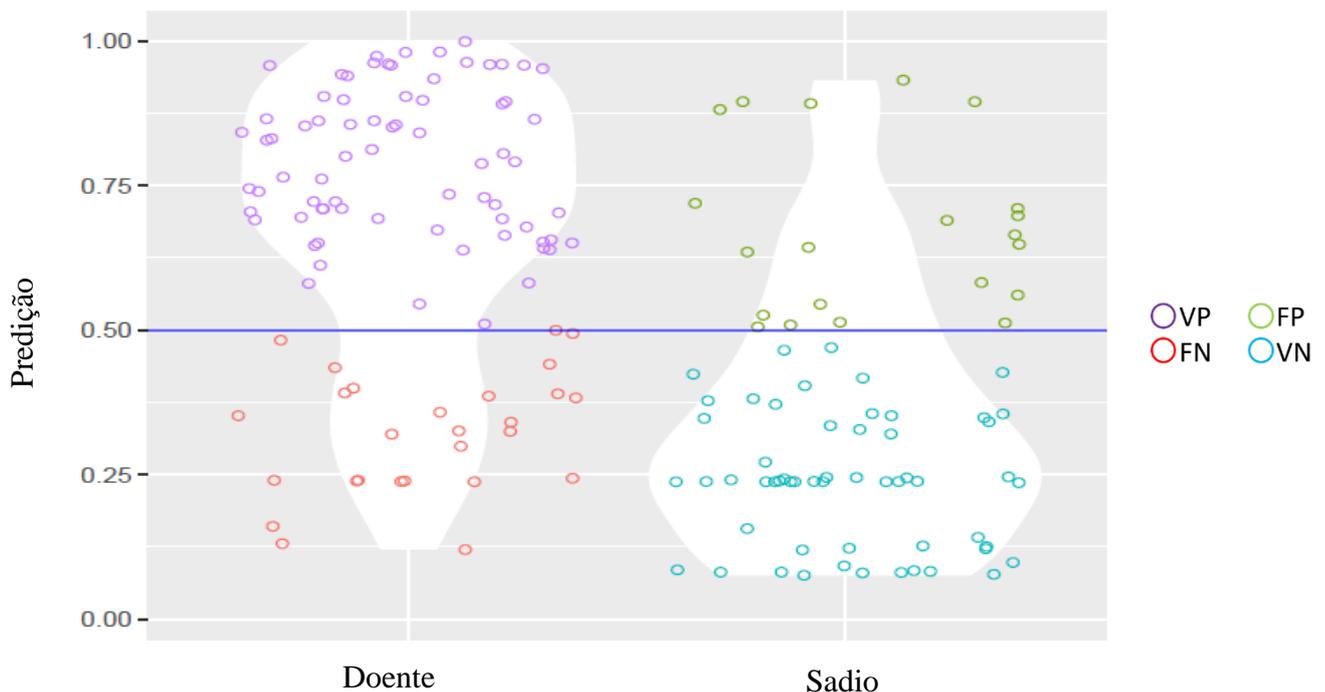


Figura 15: Representação gráfica da matriz de confusão, com limiar ajustado no modelo a 50% de probabilidade para casos sadios ou doentes por Tristeza Parasitária Bovina. VP = Verdadeiro positivo, FP = Falso positivo, FN = Falso negativo, VN = Verdadeiro negativo.

Ao analisar a representação gráfica da matriz de confusão (Figura 15), os animais considerados positivos estão representados acima da linha e os negativos, abaixo. Os verdadeiros positivos foram aqueles cuja predição foi superior a 0,5 e eram positivos no

esfregaço sanguíneo. Já os falsos positivos foram os animais cuja predição foi superior a 0,5, porém com resultado negativo no esfregaço. Os verdadeiros negativos foram aqueles cuja predição foi inferior a 0,5 e eram negativos no esfregaço sanguíneo, enquanto os falsos negativos foram animais em que a predição foi inferior a 0,5, entretanto com resultado positivo no esfregaço. Em geral, a predição estabelecida em 0,5 apresentou maior frequência de casos verdadeiro positivos e verdadeiros negativos quando comparado aos casos falso positivos e falso negativos, preconizado para testes de triagem que tem como objetivo identificar o maior número possível de animais verdadeiramente doentes (OLIVEIRA, 2016).

A sensibilidade de 73% da balança é altamente superior ao resultado à sensibilidade da temperatura retal (36,6%), demonstrando maior capacidade de identificar animais doentes. Não somente isso, a balança apresenta outras vantagens consideráveis. A primeira delas é a redução da necessidade de manejar animais frequentemente para identificação de potenciais enfermidades. Nos sistemas de monitoramento de tristeza parasitária modernos, a frequência recomendada de mensuração da temperatura retal de todos os animais são duas ou mais vezes por semana (Souza et al., 2021). Com a utilização da balança, seriam submetidos a exames físicos e complementares apenas animais que a balança automaticamente faria a triagem e identificaria como potenciais animais doentes.

A segunda vantagem é a redução de mão de obra destinada para realizar monitoramentos frequentes e identificar doenças nos grupos de risco da fazenda. Outra vantagem da utilização da balança é a não necessidade de uma estrutura específica (canzils, troncos de contenção), necessária para alocar grande quantidade de animais visando otimizar o tempo e a quantidade de mão de obra. Já para o monitoramento através da balança, as instalações podem ser mais simples.

Considerando-se o custo da realização de exames diagnósticos complementares, custo da utilização de mão de obra, impacto no desempenho animal da ocorrência de doença não diagnosticada e morte do animal não diagnosticado, os pontos de corte para valores de predição foram alterados e montados em cinco cenários, variando a proporção de custo de 1:1 a 1:5 para a relação Falso Positivo:Falso Negativo (FP:FN; Tabela 9), ou seja, ao estimar cenários que aumentariam proporcionalmente o custo do caso falso negativo em relação ao falso positivo qual cenário resultaria em melhor custo benefício.

O cenário da relação FP:FN de 1:1 elevou o ponto de corte de predição do modelo para 58,05%, obtendo sensibilidade de 70% e especificidade de 81,82%. À medida que a proporção de custo do falso negativo continua a aumentar em detrimento ao falso positivo, a sensibilidade do teste aumenta. Isto ocorre devido à maior necessidade de reduzir a ocorrência de casos falsos

negativos, aumentando, conseqüentemente, a capacidade de sensibilidade do teste, mas reduzindo a especificidade devido ao aumento dos falsos positivos. Portanto nos cenários com relação 1:2, 1:3, 1:4 e 1:5 para FP:FN são desejáveis nos casos em que a diferença entre o custo do falso positivo é muito menor do que o custo (econômico ou relativo) do falso negativo e por isso é necessário alta sensibilidade do teste. Entretanto a capacidade do teste de identificar indivíduos saudáveis é reduzida.

Por exemplo, no caso em que a morte do animal por tristeza parasitária não diagnosticada (Falso negativo) apresentasse um custo relativo de 600 e testar o animal indicado como positivo pelo modelo, quando na verdade este animal é verdadeiramente sadio (Falso positivo) apresentasse um custo relativo de 200, o cenário de 1:3 para FP:FN seria o mais indicado devido ao custo-benefício.

Tabela 9: Análise de sensibilidade e especificidade geral com a comparação proporcional de custo entre Falso Positivo: Falso Negativo (FP:FN) para casos de Tristeza Parasitária Bovina.

Modelo	S (%)	E (%)	VPP (%)	VPN (%)
<b>Balança, ponto de corte 50%</b>	73	72,73	77,66	67,47
<b>Balança, relação FP:FN 1:1, ponto de corte 58,05%</b>	70	81,82	83,33	67,74
<b>Balança, relação FP:FN 1:2, ponto de corte 23,88%</b>	94	38,96	66,67	83,33
<b>Balança, relação FP:FN 1:3, ponto de corte 23,79%</b>	95	35,06	65,52	84,37
<b>Balança, relação FP:FN 1:4, ponto de corte: 12,02%</b>	99	15,58	60,37	92,31
<b>Balança, relação FP:FN 1:5, ponto de corte: 12,02%</b>	99	15,58	60,37	92,31
<b>Temperatura</b>	36,59	69,57	23,44	81,16

S = sensibilidade; E = especificidade, VPP = valor preditivo positivo; VPN = valor preditivo negativo.

No presente estudo, o modelo comparativo foi em relação à prática de aferição da temperatura retal dos animais diariamente. No entanto, esta prática é realizada comumente em fazendas comerciais apenas de duas a três vezes por semana devido à grande necessidade de tempo para realizar o manejo e de mão de obra. Dessa forma, o monitoramento automático e diário através da balança é altamente vantajoso. Um grande benefício do monitoramento dos animais, independente da forma que é feito, é que ele permite não somente reduzir o número de mortes dos animais, mas também diminuir a capacidade de transmissão da doença no rebanho

(KOCAN et al., 2003). Ao diminuir a frequência de animais com alta parasitemia devido ao diagnóstico e tratamento precoce, a transmissão do patógeno é reduzida.

A balança apresentou resultados melhores do que a ferramenta comumente utilizada nas estratégias de monitoramento de TPB para sensibilidade e especificidade (Tabela 9). Mesmo realizando o monitoramento diário da temperatura retal, diferentemente do que acontece na prática do campo, onde a frequência é menor (SOUZA et al., 2021). O monitoramento diário via esfregaço sanguíneo diagnosticou com precisão e precocidade casos de tristeza parasitária, apresentando uma estratégia eficiente para melhorar o prognóstico dos animais.

Além disso, a maioria dos casos diagnosticados e tratados foram decorrentes de infecção por *Babesia bovis*, que possui um caráter agudo de desenvolvimento e por isso, necessita de um tratamento rápido (BOCK et al., 2004). Por outro lado, o fato de todos os casos de *Babesia* spp. terem sido rapidamente identificados e tratados no monitoramento diário, podem ter contribuído para uma menor sensibilidade da temperatura retal e até mesmo da balança. Ou seja, o monitoramento diário potencialmente pode ter influenciado a sinalização de quadros clínicos mais evidentes.

Casos de anaplasmose, provavelmente apresentarão desenvolvimento e sintomatologia clínica diferentes das encontradas neste estudo, devido ao seu período pré-patente ser mais longo e frequentemente menos agudo em animais jovens (COELHO, 2007; AUBRY e GEALE, 2011; VESPASIANO, 2016), fornecendo mais sinais para a detecção da balança, por exemplo através de dias consecutivos de redução no ganho de peso e potencialmente facilitando a detecção dos animais doentes pela balança.

### **5.5 Diagnóstico de doença respiratória bovina utilizando o Escore de Wisconsin**

Foram realizados 966 escores respiratórios durante todo o período experimental. Dos escores realizados, 96 (9,94%) apresentaram valores iguais ou superiores a 5, classificando os animais como doentes. Essa técnica permitiu identificar 33 (66% dos animais) primeiros casos clínicos de DRB dentro do período experimental. A frequência da doença apresentada neste estudo é resultado de características multifatoriais relacionadas ao próprio sistema de criação dos animais e relacionadas à época do ano. A frequência de testes positivos para DRB encontrada neste estudo, corrobora com a frequência encontrada por Andrade (2017) que monitorou 39 bezerros leiteiros dos três aos 59 dias de vida e dentre as 237 avaliações realizadas, identificou uma frequência de 11,82% de testes realizados com resultados iguais ou superiores a 5, utilizando o escore de Wisconsin. Apesar de faixa etária monitorada, tipo de

instalações em que os animais permaneceram alojados durante o estudo e estratégia de agrupamento dos animais serem diferentes entre os estudos, a estratégia de monitoramento diária e a ferramenta diagnóstica foram as mesmas, podendo justificar a semelhança na frequência apresentada em ambos os estudos.

Fatores como estação de nascimento, concentração de imunoglobulinas séricas no bezerro após a colostragem, estratégias de biossegurança, tamanho do grupo durante o crescimento do animal e características das instalações onde os animais permanecem alojados durante a fase de crescimento são preponderantes para determinar a ocorrência de DRB no rebanho.

Após o nascimento, garantir a concentração sérica adequada de imunoglobulinas a partir da transferência de imunidade passiva aos bezerros, tem sido demonstrado por vários estudos como fator importante para redução na morbidade de doenças respiratórias em bezerros leiteiros. Com isso, novas metas de concentração sérica mínima de imunoglobulinas têm sido recomendadas para reduzir a ocorrência de doenças e mortalidade (WINDEYER et al., 2014; URIE et al., 2018; LOMBARD et al., 2020). Apesar de não relatados em nosso estudo, os parâmetros de eficiência de colostragem estabelecidos por Lombard et al., (2020) são alcançados com excelência pela propriedade, apresentando mais de 80% dos animais com níveis excelentes de colostragem.

Adicionalmente, estratégias de segurança apresentadas como ferramentas práticas e úteis (VILLARROEL et al., 2007), medidas como restrição do trânsito de pessoas e veículos não relacionados a operação diária de criação dos animais e a não introdução de novos animais externos ao rebanho, são utilizadas pela propriedade com o objetivo de evitar a introdução e disseminação de agentes causadores de doenças, visando garantir a saúde do rebanho.

Estudos relacionados ao efeito do tamanho do grupo sobre a saúde dos animais apresentam resultados variados, mostrando em alguns casos aumento do risco de doenças e em outros estudos demonstrando nenhuma diferença ou algum benefício (COSTA et al., 2016). Em nosso estudo, o grupo com 50 animais potencialmente pode apresentar um risco devido ao grande contato entre os animais, principalmente relacionado as doenças respiratórias. Svensson e Liberg (2006) demonstraram aumento na incidência de doença respiratória quando alojaram bezerros em grupos de 12 a 16 animais, quando comparado a grupos de 6 a 9 animais.

Por outro lado, os fatores relacionados as instalações são observadas nos casos em que a estrutura conta com sistemas de ventilação cruzada, que apresentaram 2,2 vezes mais chances de desenvolver doença, especialmente as relacionadas a doenças respiratórias, quando comparados a animais em sistemas com ventilação natural (URIE et al., 2018).

Devido ao sistema de piquetes em que os animais permaneceram alojados durante o estudo, este fator pode ter contribuído para reduzir a ocorrência da doença. Como apresentado, existem vários e diferentes fatores nas propriedades responsáveis por reduzir ou aumentar a ocorrência da doença dentro do rebanho, por isso, determinar ou relacionar a ocorrência de DRB em uma fazenda mediante apenas a um fator específico é imprudente. Desta forma, reforça-se a ideia da importância do monitoramento adequado e bem estruturado dos animais durante a fase de crescimento.

O escore clínico de Wisconsin tem sido utilizado como ferramenta diagnóstica de doença respiratória (OLLIVETT et al., 2011; BUCZINSKI et al., 2014; MCGUIRK e PEEK, 2014; LOVE et al., 2016) e tem apresentado resultados entre 55,4% e 58% de sensibilidade e e 71,1% e 91,2% de especificidade, utilizando como referência o exame ultrassonográfico (BUCZINSKI et al., 2014; LOVE et al., 2016). Buczinski et al., (2014) identificaram evidências ultrassonográficas de consolidação pulmonar em bezerros que não foram anteriormente detectados como doentes pelos proprietários. Desta forma, a ultrassonografia potencialmente é capaz de identificar doença respiratória em estágios iniciais e em animais que podem não apresentar sintomatologia clínica. Ao utilizar a ultrassonografia como teste de referência, em comparação ao escore de Wisconsin, isso pode reduzir a sensibilidade e especificidade do escore por ser um teste que depende da apresentação de sintomatologia clínica. Em nosso estudo, ao utilizarmos o escore de Wisconsin como teste de referência, os resultados do monitoramento de pesagem corporal potencialmente podem ter o seu desempenho impactado devido ao teste apresentar alguma variação e moderada sensibilidade e especificidade em alguns casos. Entretanto, essa ferramenta adequava-se muito bem ao delineamento estruturado para este estudo devido à praticidade em identificar animais acometidos por DRB (MCGUIRK, 2008). Além disso, a doença respiratória bovina é descrita em estudos norte americanos como uma doença de alta ocorrência nos animais pós-desaleitamento e com maior mortalidade nesta categoria (USDA, 2007). Sendo assim, o escore de Wisconsin foi utilizado como ferramenta de monitoramento da DRB e como diagnóstico diferencial para a TPB, devido a sua razoável sensibilidade para detecção de casos clínicos e a sua facilidade de execução.

### **5.6 Pesagem corporal diária dos animais para identificar doença respiratória bovina**

Uma curva do peso corporal dos animais considerando os 10 dias anteriores ao dia do diagnóstico de DRB foi realizada. A Figura 13 demonstra aumento no peso corporal dos animais até dois dias antes do diagnóstico de DRB. Após isso, o peso corporal apresentou estabilidade e, no dia do diagnóstico, queda. Isso pode ser justificado pelo comportamento do

ganho de peso diário. O ganho de peso apresentou queda no dia 9 anterior ao diagnóstico de doença respiratória, acentuando-se no dia 3 anterior ao dia do diagnóstico e nos dias subsequentes (Figura 17), impactando o peso corporal dos animais (Figura 16).

A análise de diferença do ganho de peso diário dos animais (Tabela 10) apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em relação ao ganho de peso no período sadio, no dia do diagnóstico. Houve tendência ( $p = 0,062$ ) de redução do ganho de peso de 0,375 kg no período doente (-5 ao dia do diagnóstico da doença) comparado ao período sadio (-10 a -6 dias antes do diagnóstico de doença) (Figura 18). Esses resultados sugerem que a utilização da balança tem potencial para identificar animais doentes por doença respiratória juntamente ao dia do diagnóstico clínico. Essa sinalização permitirá identificar diariamente animais que necessitam ser examinados para diagnosticar potenciais enfermidades, atuando como ferramenta de triagem. Desta forma, exames diagnósticos poderão ser feitos de forma seletiva, ou seja, apenas nos animais que a balança tenha indicado doença.

Outros estudos também demonstraram menor peso corporal e redução no ganho de peso diário em animais que desenvolvem DRB durante a fase de recria (STANTON et al., 2012; CRAMER e OLLIVETT, 2019). Isso justifica-se, entre outros fatores, devido à alteração no comportamento dos animais, que se apresentam apáticos e inapetentes e com redução do consumo alimentar durante os episódios de DRB (BORDERAS et al., 2009; SWARTZ et al., 2017). Em bezerros de corte confinados o consumo médio da dieta e a frequência de visitas ao cocho foi reduzido sete dias antes ao diagnóstico de DRB, demonstrando o impacto da ocorrência da doença no consumo alimentar e conseqüentemente no peso e ganho de peso (WOLFGER et al., 2015a).

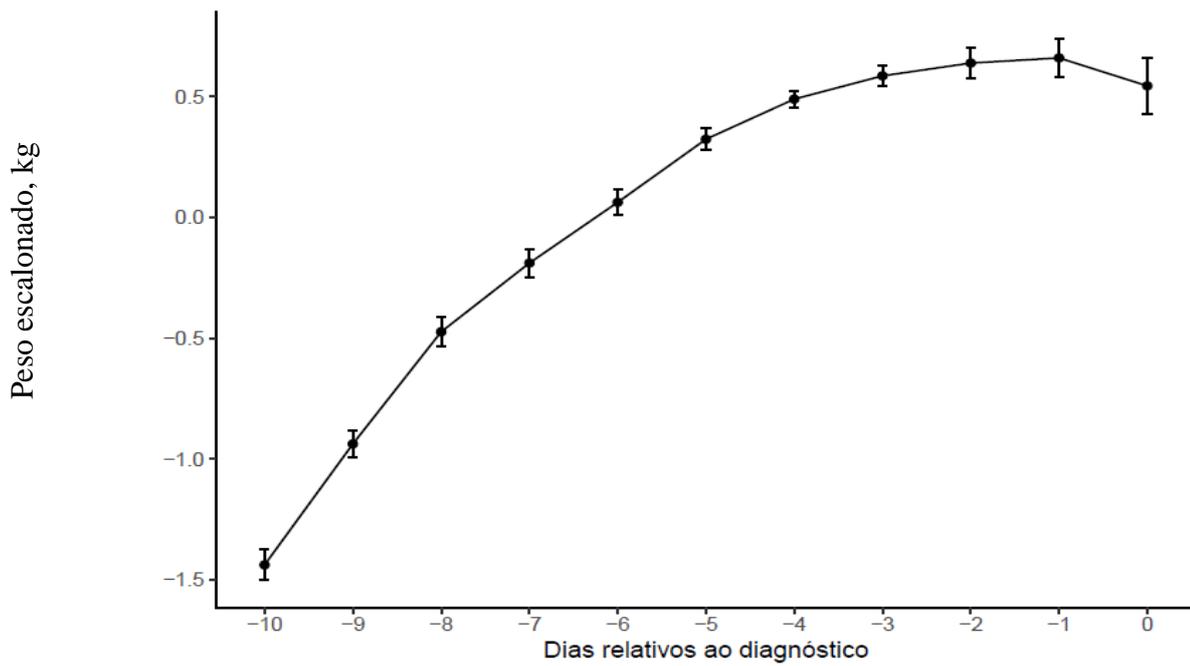


Figura 16: Média  $\pm$  erro padrão do peso escalonado dos animais em função de dias relativos ao diagnóstico de Doença Respiratória Bovina.

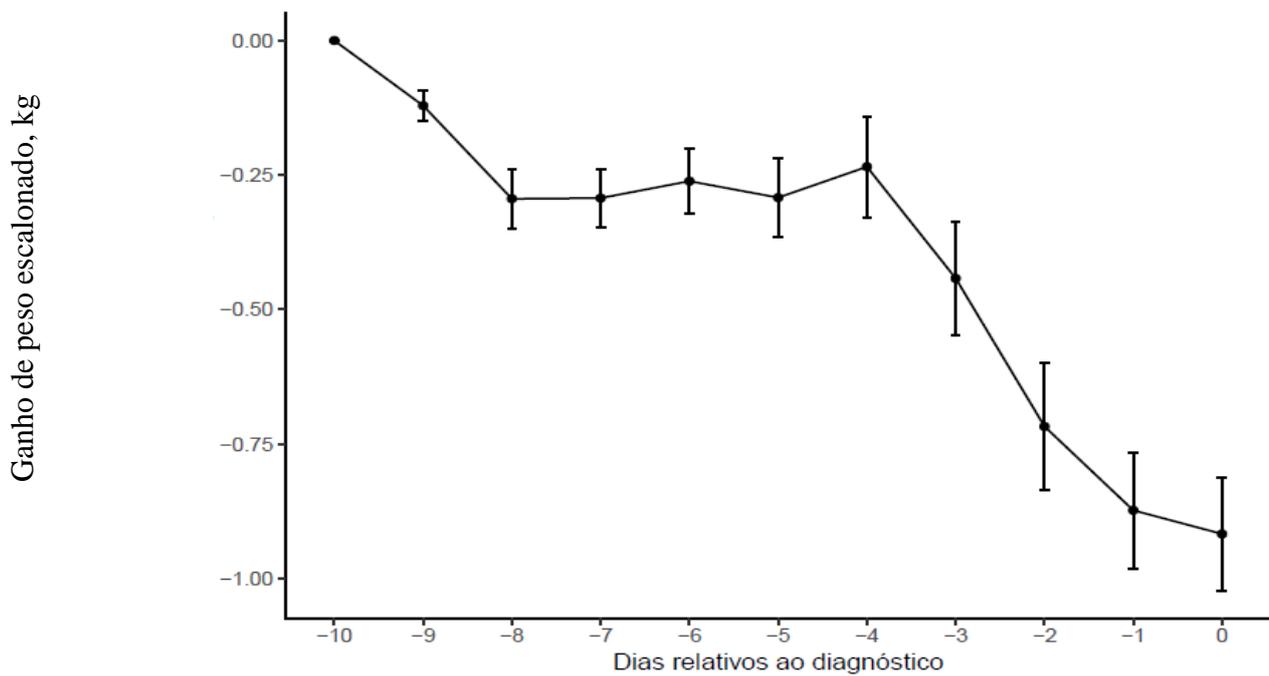


Figura 17: Média  $\pm$  erro padrão do ganho de peso escalonado dos animais em função de dias relativos ao diagnóstico de Doença Respiratória Bovina.

Tabela 10: Diferença média de ganho de peso diário (GPD) escalonado do dia do modelo (0 = data do diagnóstico) em comparação ao GPD médio do período saudável (-10 ao -6) para Doença Respiratória Bovina. Intervalo de confiança de 95%.

	Dia do Modelo					
	-5	-4	-3	-2	-1	0
<b>Período</b>	-0,474	-0,312	-0,344	-0,256	-0,334	-0,618
<b>Saudável</b>	(-1,264; 0,316)	(-1,006; 0,382)	(-0,921; 0,234)	(-0,795; 0,283)	(-0,993; 0,264)	(-1,168; -0,067)*

\*( $p < 0,05$ )

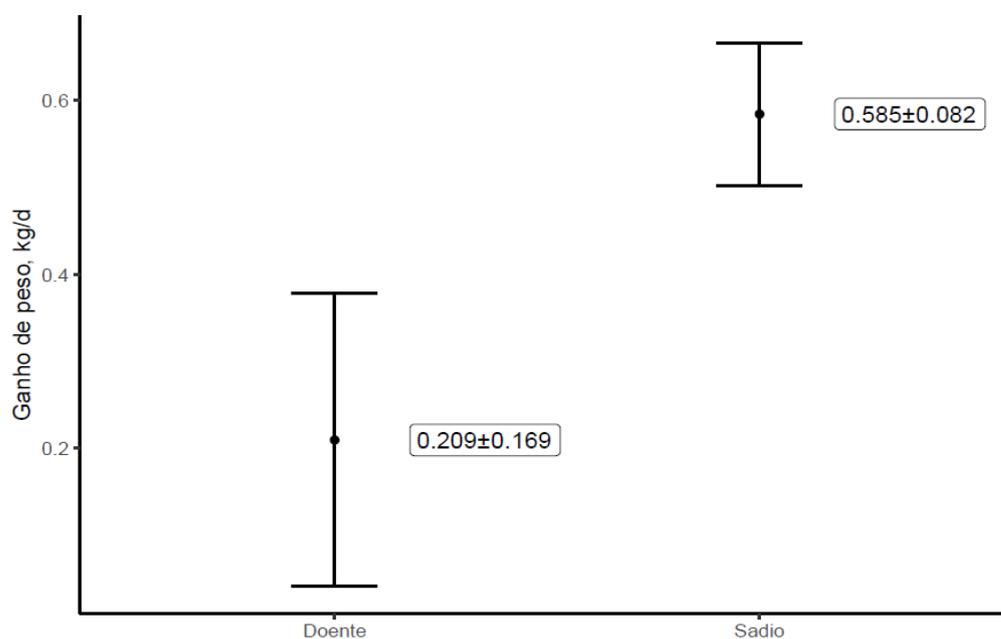


Figura 18: Média  $\pm$  erro padrão do ganho de peso bruto de bezerros durante o período que sem encontravam saudáveis (-5 dias ao dia do diagnóstico) e doentes (-10 dias a -6 dias do diagnóstico) devido a Doença Respiratória Bovina.

### 5.7 Utilização da regressão logística e da engenharia de características para predição de casos de doença respiratória bovina

A partir das variáveis utilizadas no modelo logístico de regressão na base de dados de teste, a Figura 16 apresenta os resultados de probabilidade de predição de casos de animais sadios ou doentes para doença respiratória. Neste modelo, também se convencionou como animal doente a predição (ou probabilidade) maior que 0,5 e como sadio menor que 0,5 (OLIVEIRA, 2016).

A Figura 19 demonstra o resultado do modelo para os animais cujo escore respiratório de Wisconsin determinou como doente ou sadio. Ou seja, demonstra a capacidade discriminante do modelo em prever animais doentes ou sadios. À medida em que o valor predito pelo

modelo aumenta, também pode ser observado o aumento da frequência de animais doentes e consequentemente a redução da frequência de casos de animais sadios. As áreas da figura abaixo de ambas as linhas, está representada a frequência dos casos de falsos negativos e falsos positivos. A área do gráfico anterior a 0,5 de predição e abaixo a linha azul (doente) representa a frequência dos casos de falso negativo. E posterior a 0,5 de predição e abaixo da linha vermelha (sadio) é representada pela frequência de casos falso positivos. A densidade é demonstrada graficamente pela área abaixo de cada linha, a área totaliza 1 ou 100%. Em determinados pontos de predição a densidade ultrapassa 1,5 que demonstra o aumento da frequência e em outros, se aproxima de 0, demonstra redução da frequência e no somatório de toda a área, o total é sempre igual a 1 ou 100%.

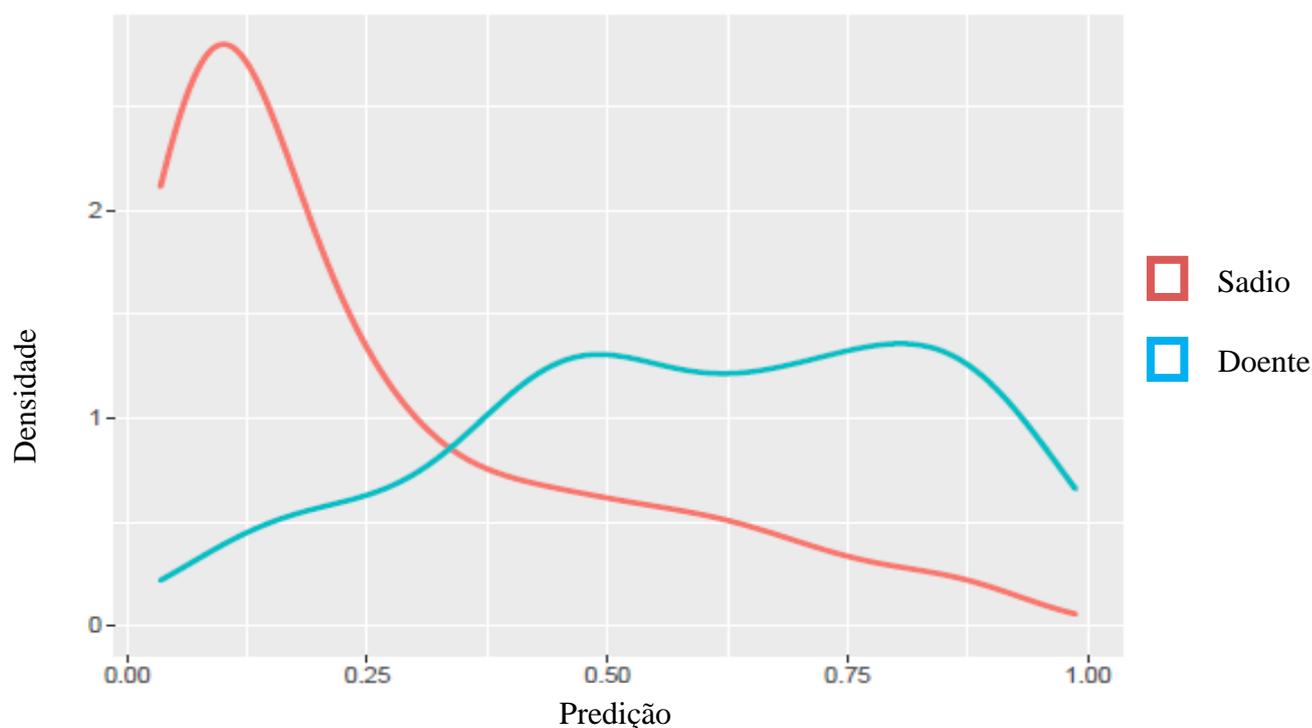


Figura 19: Probabilidade predita pelo modelo estatístico ao identificar casos doentes ou sadios na base de treinamento para doença respiratória bovina e a representação gráfica da sua frequência (Densidade).

Cada dia monitorado dos 33 animais avaliados foi inserido na base de cálculo como sadio ou doente. Da mesma forma como realizado para o modelo preditivo nos casos de TPB, com o objetivo de aumentar a sensibilidade do modelo e facilitar a detecção do fenômeno de doença, foi ampliado os dias dos animais como doentes. Também nesta análise, além do dia do diagnóstico (dia 0), o dia anterior ao diagnóstico (dia -1) foi considerado como dia doente.

Desta forma equilibrou-se a ocorrência dos fenômenos, reduzindo a potencial tendência do modelo em prever como sadio a maioria dos animais. Sendo assim, ao levar em consideração o ponto de corte de 50% de predição, os valores de sensibilidade (S), especificidade (E), valor preditivo positivo (VPP) e valor preditivo negativo (VPN) do teste foram, respectivamente, 67,3%, 80,2, 66% e 81,1% (Tabela 11). É importante destacar que o resultado do Escore de Wisonsin, utilizado como teste referência impacta diretamente nos resultados do teste da balança, já que a determinação dos casos verdadeiramente positivos, verdadeiramente negativos, falso positivos e falso negativos do teste são considerados como diagnósticos confirmatórios. O Escore de Wisonsin é um sistema de pontuação de sinais clínicos associados a DRB para avaliar a doença de forma objetiva em comparação a uma avaliação clínica não estruturada. Entretanto, essas avaliações possuem sensibilidade e especificidade limitadas, devido, principalmente, à ausência de sinais clínicos patognomônicos. A principal limitação desta análise é a falta de um padrão ouro *ante mortem* para definir um animal verdadeiramente afetado por DRB, o que impacta, mas não inviabiliza, a capacidade de avaliar a sensibilidade e especificidade da balança neste estudo para detectar potenciais animais acometidos pela DRB. O verdadeiro padrão ouro para DRB é a avaliação patológica imediatamente após a morte, porém há limitações econômicas em estudos de campo (WOLFGER et al., 2015b).

Tabela 11: Avaliação dos resultados de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo da balança com ponto de corte de 0,5 de predição do modelo estatístico para os casos de Doença Respiratória Bovina utilizando o escore de Wisonsin como referência.

<b>Teste</b>	<b>VP</b>	<b>VN</b>	<b>FP</b>	<b>FN</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>VPP</b>	<b>VPN</b>
<b>Escore clínico de Wisonsin</b>	91	52	0	0	100	100	100	100
<b>Balança, ponto de corte 0,5</b>	35	73	18	17	67,3	80,2	66	81,1

VP= Verdadeiro positivo; VN= Verdadeiro negativo; FP= Falso positivo; FN= Falso negativo; S= sensibilidade; E = especificidade, VPP = valor preditivo positivo; VPN=valor preditivo negativo.

Visando favorecer a redução ou aumento das predições do tipo falso negativo e falso positivo do modelo logístico, assim como utilizado para os casos de TPB, foram realizadas simulações nos valores de probabilidade predita como critério para classificar o fenômeno de doença ou saúde. Seguindo os mesmos critérios de avaliação de custo para determinar o melhor valor para a predição, a Figura 20 demonstra os resultados com o padrão de 0,5 ou 50% de predição, cuja representação consistem nos positivos acima da linha e os negativos abaixo da linha. Os verdadeiros positivos são representados com predição superior a 0,5 e que foram positivos no escore de Wisonsin. Já os falsos positivos foram os animais também com predição acima de 0,5, mas com o resultado negativo no escore clínico de Wisonsin. Os verdadeiros negativos, são representados pelos animais cuja predição foi menor que 0,5 e foram negativos

no escore respiratório. Já os falsos negativos foram animais em que a predição foi inferior a 0,5, entretanto com resultado positivo no escore respiratório e os falso positivos foram os animais em que a predição foi superior a 0,5, mas com o resultado negativo do escore respiratório. Em geral, a predição estabelecida em 0,5 apresentou maior frequência de casos verdadeiro positivos e verdadeiros negativos quando comparado a frequência de casos falso positivos e falso negativos, preconizado para testes de triagem que tem como objetivo identificar o maior número possível de animais verdadeiramente doentes (OLIVEIRA, 2016).

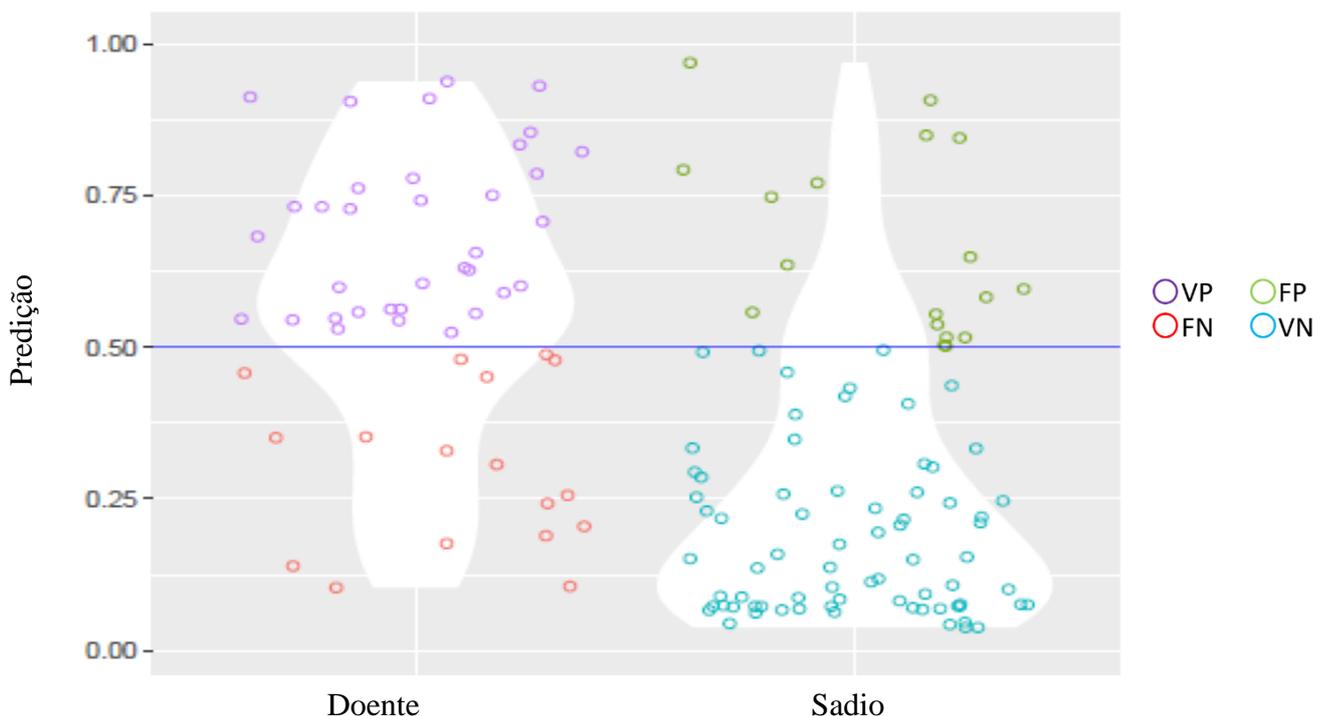


Figura 20: Representação gráfica da matriz de confusão, com limiar ajustado no modelo a 50% de probabilidade para casos sadios ou doentes por Doença Respiratória Bovina. VP = Verdadeiro positivo, FP = Falso positivo, FN = Falso negativo, VN = Verdadeiro negativo

Considerando-se o custo da realização de exames diagnósticos complementares, custo da utilização de mão de obra, impacto no desempenho animal da ocorrência de doença não diagnosticada e morte do animal não diagnosticado por doença respiratória bovina, os pontos de corte para valores de predição foram alterados e simulados em cinco cenários, variando a proporção de custo de 1:1 a 1:5 para a relação Falso Positivo:Falso Negativo (FP:FN; Tabela 12), ou seja, ao estimar cenários que aumentariam proporcionalmente o custo do caso falso negativo em relação ao falso positivo qual cenário resultaria em melhor custo benefício. À medida que a proporção de custo do falso negativo continua a aumentar em detrimento ao falso positivo, a sensibilidade do teste aumenta. Isto ocorre devido ao crescimento significativo da

necessidade em reduzir a ocorrência de casos falsos negativos, aumentando significativamente a capacidade de sensibilidade do teste, entretanto reduzindo a sua especificidade. Portanto nos cenários com relação 1:2, 1:3, 1:4 para FP:FN são desejáveis nos casos em que a diferença entre o custo do falso positivo é muito menor do que o custo (econômico ou relativo) do falso negativo. Por exemplo, no caso em que a morte do animal por doença respiratória não diagnosticada (Falso negativo) apresentasse um custo relativo de 800 e testar o animal indicado como positivo pelo modelo, quando na verdade este animal é verdadeiramente sadio (Falso positivo) apresentasse um custo relativo de 200, o cenário de 1:4 para FP:FN seria o mais indicado devido ao custo-benefício. Porém, neste banco de dados, em determinado ponto do limiar de predição não houve benefício em reduzir a frequência de casos falso negativo, mesmo aumentando a proporção do custo entre FP e FN como podemos observar nas proporções de 1:4 para 1:5.

Tabela 12: Análise de sensibilidade e especificidade geral com a comparação proporcional de custo entre Falso Positivo:Falso Negativo (FP:FN) para casos de Doença Respiratória Bovina.

<b>Modelo</b>	<b>S (%)</b>	<b>E (%)</b>	<b>VPP (%)</b>	<b>VPN (%)</b>
<b>Balança, ponto de corte 50%</b>	67,31%	80,22%	66,04%	81,11%
<b>Balança, relação FP:FN 1:1, ponto de corte 52,43%</b>	65,38%	84,62%	70,83%	81,05%
<b>Balança, relação FP:FN 1:2, ponto de corte 45,09%</b>	75%	75,82%	63,93%	84,15%
<b>Balança, relação FP:FN 1:3, ponto de corte 30,65%</b>	82,69%	65,93%	58,11%	86,96%
<b>Balança, relação FP:FN 1:4, ponto de corte 10,36%</b>	98,08%	34,07%	45,95%	96,88%
<b>Balança, relação FP:FN 1:5, ponto de corte 10,36%</b>	98,08%	34,07%	45,95%	96,88%

S= sensibilidade; E = especificidade, VPP = valor preditivo positivo; VPN=valor preditivo negativo.

Portanto, para a detecção de animais com DRB, a balança também foi capaz de identificar animais doentes. No entanto, para esta enfermidade, foi identificado diferença no ganho de peso dos animais doentes simultaneamente à apresentação do resultado de Escore Respiratório de Wisconsin  $\geq 5$ . Isto permitiu a triagem diária dos animais que necessitam de serem examinados e, conseqüentemente, direcionados a exames complementares, diagnósticos e tratamentos assertivos de forma automatizada pela balança. Assim, a balança se mostra altamente vantajosa, pois reduz a mão de obra necessária para realizar os escores respiratórios

em todos os animais sob o risco, reduz variação, imprecisão e dependência de colaboradores na observação dos sinais clínicos da doença respiratória (LERUSTE et al., 2012) e reduz a frequência de animais portadores da doença atuando como fonte de infecção dentro do rebanho. A balança demonstrou ser uma boa ferramenta de triagem para doença respiratória, apresentando resultados próximos ou superiores de sensibilidade e especificidade quando comparado a outros resultados de estudos que também objetivaram avaliar diferentes tecnologias e métodos para detecção precoce de DRB (SCHAEFER et al., 2012; WOLFGER et al., 2015a).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento diário de TPB através de esfregaço sanguíneo foi eficiente em identificar a doença, entretanto seus resultados devem ser avaliados com cuidado devido a sua sensibilidade diagnóstica em casos não agudos da doença. Nos casos em que a balança sinaliza o animal potencialmente doente, mas não é possível identificar o agente causador da doença através do esfregaço sanguíneo ou a parasitemia vigente não é indicativo de tratamento, monitorar o animal é fundamental para um tratamento precoce e evitar uma prolongada e acentuada redução no ganho de peso.

A mensuração da temperatura corporal dos animais para identificação de animais doentes apresentou baixa sensibilidade, possivelmente influenciada pela situação experimental, na qual o diagnóstico foi diário através de esfregaço sanguíneo e não dependia da hipertermia para sinalizar animais possivelmente doentes.

Através da diferença no ganho de peso, as balanças foram eficientes em identificar animais potencialmente doentes devido à TPB dois dias antes do diagnóstico através do esfregaço sanguíneo. A fase de manejo de criação das bezerras no sistema de produção no qual o estudo foi realizado, cujos animais saíram de uma fase e instalações com baixo desafio por TPB e entraram em um sistema com alto desafio, favoreceu a detecção das doenças e, conseqüentemente o valor preditivo da balança devido, principalmente, à alta frequência de animais doentes. Além disso, a ferramenta apresentou sensibilidade muito superior quando comparada à mensuração da temperatura retal.

A balança foi capaz de identificar diferença no ganho de peso dos animais acometidos por DRB no dia do diagnóstico da doença, com boa sensibilidade e especificidade. Entretanto, esses resultados devem ser avaliados com cautela devido ao teste utilizado como referência apresentar variada sensibilidade e especificidade na literatura. Com isso, o teste da balança é diretamente impactado com variação no seu resultado de sensibilidade e especificidade. Caso os resultados da balança fossem obtidos a partir de um teste de referência mais sensível e específico, o seu resultado de sensibilidade e especificidade, conseqüentemente, seria maior.

O modelo logístico utilizado permite adequar a sua classificação de fenômeno doente ou sadio com foco no aumento ou redução de casos falso positivos ou falso negativos de acordo com os custos e estratégias definidas pela fazenda. Desta forma, permite-se ajustes que podem ser personalizados para cada realidade e sistema de criação de animais jovens.

Em situações a campo o sistema de pesagem voluntária pode ser utilizado como ferramenta de triagem de forma estratégica nos grupos de animais conhecidamente sob maior risco de

ocorrência de TPB e DRB. Diariamente, o sistema atuará selecionando os animais a serem examinados de forma detalhada com a utilização combinada de exames diagnósticos, como o esfregaço sanguíneo para direcionamento assertivo do tratamento, na prática, o monitoramento da doença é menos frequente comparado ao deste estudo e provavelmente dará a oportunidade ao animal de sinalizar a doença mais dias ao sistema de pesagem, reduzindo o número de animais falsos positivos e falsos negativos.

## 7. CONCLUSÕES

A TPB e a DRB causam alterações no ganho de peso diário das bezerras;

O esquema de monitoramento através de pesagens voluntárias automáticas acopladas ao cocho de água, foi capaz de detectar diferença no ganho de peso e identificar animais doentes com tristeza parasitária bovina dois dias antes da detecção dos agentes no esfregaço sanguíneo, assim como foi capaz de detectar diferença no ganho de peso em animais acometidos por doença respiratória bovina no dia do diagnóstico realizado através do escore clínico respiratório de Wisconsin.

O esquema de monitoramento através de pesagens voluntárias automáticas acopladas ao cocho de água, para os casos de TPB, tem capacidade de triagem superior ao método de mensuração da temperatura retal.

O monitoramento de TPB através da temperatura retal obteve baixa probabilidade de apresentar resultados positivos em uma população doente e moderada capacidade de indicar como negativos os animais sadios, indicando a necessidade de técnicas diagnósticas para conduzir de forma adequada o monitoramento da doença, como, o esfregaço sanguíneo.

O monitoramento dos animais através do esfregaço sanguíneo para detecção de TPB foi eficiente, identificando e diferenciando os agentes potencialmente causadores de doença.

O monitoramento dos animais através do escore clínico respiratório de Wisconsin para detecção de DRB, permitiu identificar a doença clínica dos animais acompanhados durante o período experimental. A balança, para os casos de DRB, obteve sensibilidade e especificidade próximas ou superiores a outras tecnologias e métodos que objetivaram detecção precoce de doença respiratória.

Entende-se com os resultados apresentados de sensibilidade e especificidade que a balança identifica animais potencialmente doentes com eficiência. A ferramenta é prática e adequada e pode auxiliar no diagnóstico de tristeza parasitária e doença respiratória nos sistemas de produção leiteiros.

O sistema de pesagem voluntária automática, de forma personalizada, pode ajustar a sua classificação metodológica de forma a favorecer ou desfavorecer a ocorrência dos casos falsos positivos ou falsos negativos. A triagem automática e diária da balança permite a otimização da mão de obra e direcionamento para exames complementares apenas nos animais selecionados.

## 8. REFERÊNCIAS

- ABUTARBUSH, S. M.; POLLOCK, C. M.; WILDMAN, B. K et al. Evaluation of the diagnostic and prognostic utility of ultrasonography at first diagnosis of presumptive bovine respiratory disease. *Can J Vet Res*, v. 76, p. 23–32, 2012.
- ACKERMANN, M.; R.; DERSCHEID, R.; ROTH, J.; A. Innate immunology of bovine respiratory disease. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 215-28, 2010.
- AL-HOSARY, A. A. T. Comparison between conventional and molecular methods for diagnosis of bovine babesiosis (*Babesia bovis* infection) in tick infested cattle in upper Egypt. *J Parasit Dis*, 41(1), 243–246. 2016.
- ALVAREZ J.A.; ROJAS C.; FIGUEROA J.V. Diagnostic tools for the identification of *Babesia* sp. in persistently infected cattle. *Pathogens*, 8:143. 2019.
- ALY, S. S.; LOVE, W. J.; WILLIAMS, D. R.; et al. Agreement between bovine respiratory disease scoring systems for pre-weaned dairy calves. *Anim. Health Res. Rev*, v. 15, n. 2, p. 148–150, 2014.
- AMES, T. R. The bronchopneumonias (respiratory disease complex of cattle, sheep, and goats). In: Smith BP, *Large Animal Internal Medicine*. 3rd ed. Philadelphia PA: Mosby, 551–570. 2002.
- AMORIM, L. S.; WENCESLAU, A. A.; CARVALHO, F. S. et al. Bovine babesiosis and anaplasmosis complex: diagnosis and evaluation of the risk factors from Bahia, Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet*, 23(3), 328–336. 2014.
- ANDERSON, K. V. Toll signaling pathways in the innate immune response. *Curr Opin Immunol*, 12(1), 13–19. 2000.
- ANDRADE, J. P. Métodos de diagnóstico na avaliação pulmonar de bezerros. 2017. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- AUBRY, P.; GEALE, D. W. A review of bovine anaplasmosis. *Transb. Emerg. Dis.*, v.58, p.1-30. 2011.
- BEWLEY, J. Precision dairy farming: Advanced analysis solutions for future profitability. *First North Am. Conf. Precis. Dairy Manag.* 16. 2010.
- BOCK, R.; JACKSON, L.; DE VOS, A. et al. Babesiosis of cattle. *Parasitology*, v. 129, supl. S1, p. S247-S269, 2004.
- BORDERAS, T. F.; RUSHEN, J.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. et al. Automated measurement of changes in feeding behavior of milk-fed calves associated with illness. *J Dairy Sci*. 92(9), 4549–4554. 2009.
- BÖSE, R.; JORGENSEN, W. K.; DALGLIESH, R. J. et al. Current state and future trends in the diagnosis of babesiosis. *Vet. Parasitol*, 57(1-3), 61–74. 1995.

- BOULTON, A. C., RUSHTON, J., & WATHES, D. C. An empirical analysis of the cost of rearing dairy heifers from birth to first calving and the time taken to repay these costs. *Animal*, 11(08), 1372–1380. 2017.
- BROWN, C. G. D. Dynamics and impact of tick-borne diseases of cattle. *Trop. Anim. Health Prod.* 29(S4), 1S–3S.1997.
- BUCZINSKI, S.; FORTÉ, G.; FRANCOZ, D. et al. Comparison of thoracic auscultation, clinical score, and ultrasonography as indicators of bovine respiratory disease in preweaned dairy calves. *J. Vet. Intern. Med.*, v. 28, n. 1, p. 234–242, 2014.
- BUCZINSKI, S.; OLLIVETT, T.; DENDUKURI, N. Bayesian estimation of the accuracy of the calf respiratory scoring chart and ultrasonography for the diagnosis of bovine respiratory disease in pre-weaned dairy calves. *Prev. Vet. Med.* 119:227–231. 2015.
- BURFEIND, O.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D. M. et al. Short communication: Repeatability of measures of rectal temperature in dairy cows. *J Dairy Sci*, 93(2), 624–627. 2010.
- CALLOW, L. L. Piropasms. In: *Animal Health in Australia*, Protozoal and Rickettsial Diseases, vol. 5. Animal Health in Australia, pp. 121–160. Canberra, Australian Bureau of Animal Health, AGPS. 1984.
- COELHO, L.C.T. Anaplasmosse bovina: parâmetros clínicos e de patologia clínica em bezerros infectados experimentalmente. 2007. 65p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- COSTA, J. H. C.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D. M. Invited review: Effects of group housing of dairy calves on behavior, cognition, performance, and health. *J Dairy Sci*, 99(4), 2453–2467. 2016.
- CRAMER, M. C.; OLLIVETT, T. L. Growth of preweaned, group-housed dairy calves diagnosed with respiratory disease using clinical respiratory scoring and thoracic ultrasound—A cohort study. *J Dairy Sci*, 2019.
- CUEVAS-GÓMEZ I.; MCGEE M.; MCCABE M. et al. Growth performance and hematological changes of weaned beef calves diagnosed with respiratory disease using respiratory scoring and thoracic ultrasonography. *J Anim Sci.*; 98(11):345. 2020.
- DE KONING, C. J. A. M. Automatic milking—Common practice on dairy farms. Page 52–67 in Proc. First North Am. Conf. Precision Dairy Management, Toronto, Canada. 2010.
- DIRKSEN, G.; GRÜNDER, H.D.; STÖBER, M. *Rosenberger: Exame Clínico dos Bovinos*. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 1993, 419p.
- DUBROVSKY, S. A.; VAN EENENNAAM, A. L.; ALY, S. S. et al. Preweaning cost of bovine respiratory disease (BRD) and cost-benefit of implementation of preventative measures in calves on California dairies: The BRD 10K study. *J Dairy Sci*. 2019a.
- DUBROVSKY, S. A.; VAN EENENNAAM, A. L.; KARLE, B. M. et al. Bovine respiratory disease (BRD) cause-specific and overall mortality in preweaned calves on California dairies: The BRD 10K study. *J Dairy Sci*. 2019b.

- DUNN, T. R.; OLLIVETT, T. L.; RENAUD, D. L. et al. The effect of lung consolidation, as determined by ultrasonography, on first-lactation milk production in Holstein dairy calves. *J Dairy Sci.*, 101(6), 5404–5410. 2018.
- 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.
- FACURY-FILHO, E.J.; DE CARVALHO, A.Ú.; P.M. FERREIRA P. M. et al. Effectiveness of enrofloxacin for the treatment of experimentally-induced bovine anaplasmosis. *Rev. Bras. Parasitol. Veterinária* 21:32–36. 2012.
- FAUL, F.; ERDFELDER, E.; LANG, A.-G. et al. G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods* 39, 175–191. 2007.
- GABLER, M. T.; TOZER, P. R.; HEINRICHS, A. J. Development of a Cost Analysis Spreadsheet for Calculating the Costs to Raise a Replacement Dairy Heifer. *J Dairy Sci*, 83(5), 1104–1109. 2000.
- GORDEN, P. J.; PLUMMER, P. Control, Management, and Prevention of Bovine Respiratory Disease in Dairy Calves and Cows. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.*, 26(2), 243–259. 2010.
- GUGLIELMONE, A. A. Epidemiology of babesiosis and anaplasmosis in South and Central America. *Vet. Parasitol.*, v. 57, p. 109-119, 1995.
- GUTERBOCK, W. M. The impact of BRD: the current dairy experience. *Anim. Health Res. Rev.* 15(02), 130–134. 2014.
- HART, B. L. Biological basis of the behavior of sick animals. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 12(2), 123–137. 1988.
- HOGVEEN, H.; KAMPHUIS, C.; STEENEVELD, W. et al. Sensors and Clinical Mastitis—The Quest for the Perfect Alert. *Sensors*, 10(9), 7991–8009. 2010.
- ICCA - INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA – IICA. Técnicas para el Diagnostico de Babesiosis y anaplasmosis. San Jose, Costa Rica: IICA; 1987.
- IWASAKI, W.; ISHIDA, S.; KONDO, D. et al. Monitoring of the core body temperature of cows using implantable wireless thermometers. *Comput Electron Agr*, 163, 104849. 2019.
- KANEENE J. B.; HURD S. The national animal health monitoring system in Michigan. III. Cost estimates of selected dairy cattle diseases. *Prev Vet Med*; 8:127–40. 4. 1990.
- KAWAMURA, T. Interpretação de um teste sob a visão epidemiológica: eficiência de um teste. *Arq. Bras. Cardiol.*, São Paulo, v. 79, n. 4, p. 437-441, 2002.
- KELLEY, K. W.; BLUTHE, R. M.; DANTZER, R. et al. Cytokineinduced sickness behavior. *Brain Behav Immun*;17(Suppl 1):S112–118. 2003.

- KESSLER, R. H.; SCHENK, M. A. M. Tristeza parasitária dos bovinos (TPB): conceito, etiologia, transmissão, epidemiologia, diagnóstico e controle. In: KESSLER, R. H.; SCHENK, M. A. M. (Ed.). Carrapato, tristeza parasitária e tripanossomose dos bovinos. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; 1998; p. 47-67.
- KIVARIA, F. M. Estimated direct economic costs associated with tick-borne diseases on cattle in Tanzania. *Trop Anim Health Prod.*, 38(4), 291–299. 2006.
- KOCAN K.M.; DE LA FUENTE J.; GUGLIELMONE A.A. et al. Antigens and alternatives for control of *Anaplasma marginale* infection in cattle. *Clin Microbiol Rev*, v. 16, n. 4, p. 698–712, 2003.
- KOCAN, K.M.; DE LA FUENTE, J.; BLOUIN, E.F. et al. The natural history of *Anaplasma marginale*. *Vet Parasitol*, v.167, p.95-107, 2010.
- KUTNER, M.; NACHTSHEIM, C. J.; NETER, J. et al. 2004. Applied linear statistical models. 5rd ed. McGraw-Hill/Irwin. 2004.
- LAGO, A.; MCGUIRK, S. M.; BENNETT, T. B. et al. Calf Respiratory Disease and Pen Microenvironments in Naturally Ventilated Calf Barns in Winter. *J Dairy Sci*, 89(10), 4014–4025. 2006.
- LEE, Y.; BOK, J. D.; LEE, H. J. et al. Body Temperature Monitoring Using Subcutaneously Implanted Thermo-loggers from Holstein Steers. *Asian Australas J Anim Sci*, 29(2), 299–306. 2015.
- LERUSTE, H.; BRSCIC, M.; HEUTINCK, L. F. et al. The relationship between clinical signs of respiratory system disorders and lung lesions at slaughter in veal calves. *Prev Vet Med*; 105: 93–100. 2012.
- LOMBARD, J. E.; GARRY, F. B.; URIE, N. J. et al. Proposed dairy calf birth certificate data and death loss categorization scheme. *J. Dairy. Sci.* 2019.
- LOMBARD, J.; URIE, N.; GARRY, F. et al. Consensus recommendations on calf- and herd-level passive immunity in dairy calves in the United States. *J Dairy Sci*. Aug;103(8):7611-7624. 2020.
- LORENZ, I.; FAGAN, J.; MORE, S. J. Calf health from birth to weaning. II. Management of diarrhoea in pre-weaned calves. *Ir Vet J*. 64(1), 9. 2011.
- LOVE, W. J.; LEHENBAUER, T. W.; KASS, P. H. et al. Development of a novel clinical scoring system for on-farm diagnosis of bovine respiratory disease in pre-weaned dairy calves. *PeerJ* 2:e238. 2014.
- LOVE, W. J.; LEHENBAUER, T. W.; VAN EENENNAAM, A. L. et al. Sensitivity and specificity of on-farm scoring systems and nasal culture to detect bovine respiratory disease complex in preweaned dairy calves. *J Vet Diagn Invest*. 28(2), 119–128. 2016.
- LOWE, G.L.; SUTHERLAND, M.A.; WAAS, J.R. et al. Physiological and behavioral responses as indicators for early disease detection in dairy calves. *J. Dairy. Sci.*, 102, 5389–5402. 2019.

MCGUIRK, S. M. Disease Management of Dairy Calves and Heifers. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.*, v. 24, n. 1, p. 139–153, 2008.

MCGUIRK, S. M.; PEEK, S. F. Timely diagnosis of dairy calf respiratory disease using a standardized scoring system. *Anim. Health Res. Rev.*, v. 15, n. 2, p. 145–147, 2014.

MEE, J. F. Newborn Dairy Calf Management. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.*, 24(1), 1–17. 2008.

MELO, V.S.P. Infecção natural por *Anaplasma marginale* em bezerras de fazendas 26 leiteiras da região metalúrgica, Minas Gerais. 1999. 30f. Dissertação (Mestrado em 27 Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MENDONÇA, F. L. M. Utilização de isolados de *Anaplasma marginale* de baixa virulência em protocolos de imunização de bezerros: análise dos efeitos pós-vacinais e proteção contra o desafio natural. 2015. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MENESES, R. M. Isolamento e caracterização molecular de *Anaplasma marginale* de origem congênita e avaliação da virulência em bezerros experimentalmente infectados. 2013. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MOREIRA, G. H. F. A. Fatores de risco e impacto da tristeza parasitária bovina. 2017. 63p. Tese (Doutorado em Ciência animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MOSQUEDA, J.; OLVERA-RAMIREZ, A.; AGUILAR-TIPACAMU, G. et al. Current Advances in Detection and Treatment of Babesiosis. *Curr Med Chem*, 19(10), 1504–1518. 2012.

OLIVEIRA, A. R. Comparação de algoritmos de aprendizagem de máquina para construção de modelos preditivos de diabetes não diagnosticado. 2016. 92f. Dissertação - Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

OLIVEIRA JÚNIOR, B. R. Validação de sistema automático de monitoramento de comportamento alimentar e efeito da tristeza parasitária sobre o consumo de alimentos em bezerros. 2015. 90f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

OLIVEIRA JÚNIOR B. R.; SILPER B. F.; RIBAS M. N. et al. Short communication: Tick-borne disease is associated with changes in feeding behavior in automatically fed weaned dairy calves *J Dairy Sci.*, 101:1–6. 2018.

OLLIVETT, T. L.; BUCZINSKI, S. On-Farm Use of Ultrasonography for Bovine Respiratory Disease. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.*, 32(1), 19–35. 2016.

OLLIVETT, T.L.; BURTON, A.J.; BICALHO, R.C. et al. Use of rapid thoracic ultrasonography for detection of subclinical and clinical pneumonia in dairy calves. In, American Association of Bovine Practitioners Annual convention, 2011.

- OLLIVETT, T. L.; CASWELL, J. L.; NYDAM, D. V. et al. Thoracic Ultrasonography and Bronchoalveolar Lavage Fluid Analysis in Holstein Calves with Subclinical Lung Lesions. *J. Vet. Int. Med.*, 29(6), 1728–1734. 2015.
- PECCHI, E.; DALLAPORTA, M.; JEAN, A. et al. Prostaglandins and sickness behavior: Old story, new insights. *Physiol. Behav.*, 97(3-4), 279–292. 2009.
- QUIMBY, W. F.; SOWELL, B. F.; BOWMAN, J. G. P. et al. Application of feeding behaviour to predict morbidity of newly received calves in a commercial feedlot. *Can. J. Anim. Sci.*, 81(3), 315–320. 2001.
- RADOSTITS O. M.; GAY C. C.; HINCHCLIFF K. W. et al. Veterinary medicine e-book: a textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats. Amsterdam: Elsevier; 2006.
- RIDPATH, J. The contribution of infections with bovine viral diarrhoea viruses to bovine respiratory disease. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*; 26:335–348. 2010.
- RUTTEN, C. J.; VELTHUIS, A. G. J.; STEENEVELD, W. et al. Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *J. Dairy. Sci.*, 96(4), 1928–1952. 2013.
- SAMPAIO, I. B. M. Estatística aplicada à experimentação animal. 3o ed. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2007.
- SCHAEFER, A. L.; COOK, N. J.; BENCH, C. et al. The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography. *Res Vet Sci*, 93(2), 928–935. 2012.
- SISCHO W. M.; HIRD D. W.; GARDNER L. A. et al. Economics of disease occurrence and prevention on California dairy farms: a report and evaluation of data collected for the National Animal Health Monitoring System, 1986–1987. *Prev Vet Med*; 8:141–56.1990.
- SNOWDER, G. Genetics, environment and bovine respiratory disease. *Anim Health Res Rev*; 10:117–119. 2009.
- SOUZA, R. S.; RESENDE, M. F. S.; FERREIRA, L. C. A. et al. Monitoramento da Tristeza Parasitária Bovina em fazenda leiteira: avaliação da eficiência e seu efeito econômico. *J Dairy Sci*. 2021.
- STANGAFERRO, M. L.; WIJMA, R.; CAIXETA, L. S. et al. Use of rumination and activity monitoring for the identification of dairy cows with health disorders: Part I. Metabolic and digestive disorders. *J Dairy Sci*, 99(9), 7395–7410. 2016.
- STANTON, A. L.; KELTON, D. F.; LEBLANC, S. J. et al. The effect of respiratory disease and a preventative antibiotic treatment on growth, survival, age at first calving, and milk production of dairy heifers. *J. Dairy Sci*, 95(9), 4950–4960, 2012.
- SVENSSON, C.; LIBERG, P. The effect of group size on health and growth rate of Swedish dairy calves housed in pens with automatic milk-feeders. *Prev Vet Med*; 73(1), 43–53. 2006.
- SWARTZ, T. H.; FINDLAY, A. N.; PETERSSON-WOLFE, C. S. Short communication: Automated detection of behavioral changes from respiratory disease in pre-weaned calves. *J. Dairy Sci*. 100:9273–9278. 2017.

THRUSFIELD, M., AND R. CHRISTLEY. *Veterinary Epidemiology*. 4th ed. Wiley-Blackwell. 2018.

TUVSHINTULGA, B.; SIVAKUMAR, T.; YOKOYAMA, N. et al. Development of unstable resistance to diminazene aceturate in *Babesia bovis*. *Int. J. Parasitol. Drugs Drug Resist.* 9:87–92. 2019.

URIE, N. J.; LOMBARD, J. E.; SHIVLEY, C. B. et al. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part V. Factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves. *J. Dairy Sci.* 2018.

USDA. Dairy 2007, Heifer Calf Health and Management Practices on U.S. Dairy Operations, 2007. Fort Collins, CO: USDA:APHIS:VS:CEAH, NATIONAL ANIMAL HEALTH MONITORING SYSTEM (NAHMS), 2007. No.: 550.0110.

VAN DER FELSKLERX, H.; SAATKAMP, H.; VERHOEFF, J. et al. Effects of bovine respiratory disease on the productivity of dairy heifers quantified by experts. *Livest Prod Sci.*, 75(2), 157–166. 2002.

VESPASIANO, L.; C. Dinâmica da tristeza parasitária bovina em um sistema intensivo de produção de leite em Minas Gerais. 2016. 55f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

VILLARROEL, A.; DARGATZ, D. A.; LANE, V. M. et al. Suggested outline of potential critical control points for biosecurity and biocontainment on large dairy farms. *J Am Vet Med Assoc*, 230(6), 808–819. 2007.

VIRTALA, A. M.; GRÖHN, Y.; MECHOR, G. et al. The effect of maternally derived immunoglobulin G on the risk of respiratory disease in heifers during the first 3 months of life. *Prev Vet Med*, 39(1), 25–37. 1999.

WEARY, D. M.; HUZZEY, J. M.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. BOARD-INVITED REVIEW: Using behavior to predict and identify ill health in animals<sup>1</sup>. *J Anim Sci.*; 87(2), 770–777. 2009.

WINDEYER, M. C.; LESLIE, K. E.; GODDEN, S. M. et al. Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age. *Prev Vet Med*, 113(2), 231–240. 2014.

WITTUM T. E.; WOOLLEN N. E.; PERINO L. J. et al. Relationships among treatment for respiratory tract disease, pulmonary lesions evident at slaughter, and rate of weight gain in feedlot cattle. *J Am Vet Med Assoc*. 209(4):814-818. 1996.

WOLFGER, B.; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; BARKEMA, H. W. et al. Feeding behavior as an early predictor of bovine respiratory disease in North American feedlot systems<sup>1</sup>. *J Anim Sci*, 93(1), 377–385. 2015a.

WOLFGER, B.; TIMSIT, E.; WHITE, B. J. et al. A Systematic Review of Bovine Respiratory Disease Diagnosis Focused on Diagnostic Confirmation, Early Detection, and Prediction of Unfavorable Outcomes in Feedlot Cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 31(3), 351–365. 2015b.