



Bezerros leiteiros: Bem-estar e ambiência nas instalações de abrigo

Dairy calves: Welfare and ambience in shelter facilities

RESUMO

O bem-estar dos bezerros é uma questão central na produção de bovinos leiteiros, com implicações tanto para a saúde dos animais quanto para a futura eficiência da produção de leite. Este artigo de revisão de literatura examina a pesquisa recente relacionada ao bem-estar de bezerros e à influência da ambiência das instalações em que são abrigados, além das técnicas de avaliação que podem ser usadas. Inicialmente, foi realizada a abordagem das principais preocupações em relação ao bem-estar dos bezerros, incluindo aspectos como alimentação, conforto, saúde e comportamento. A segunda parte deste artigo se concentra na influência da ambiência das instalações nas condições de vida dos bezerros. Discutiu-se a importância da ventilação, temperatura, umidade e qualidade do ar nas instalações, bem como os impactos desses fatores no bem-estar e na saúde dos bezerros. Por fim, este artigo destacou a pesquisa existente tão como áreas promissoras para futuras investigações, visando aprimorar o bem-estar de bezerros e a ambiência das instalações de abrigo.

Palavras-chave: Ambiente. Comportamento. Bovino de leite. Bezerreiro. Estresse.

ABSTRACT

Calf welfare is a central issue in dairy cattle production, with implications for both animal health and the future efficiency of milk production. This literature review article examines recent research related to calf welfare and the influence of the ambience of the facilities in which they are housed, as well as the assessment techniques that can be used. Initially, the main concerns regarding calf welfare were addressed, including aspects such as feeding, comfort, health, and behavior. The second part of this article focuses on the influence of the facilities' ambience on calves' living conditions. It discusses the importance of ventilation, temperature, humidity, and air quality in the facilities, as well as the impact of these factors on the well-being and health of calves. Finally, this article highlighted the gaps in existing research as well as promising areas for future research to further improve calf welfare and the ambience of housing facilities.

Keywords: Environment. Behavior. Dairy cattle. Calves housing. Stress.

M.V.B. Santos *

<https://orcid.org/0009-0000-9129-2077>

Curso de graduação em Medicina Veterinária, Universidade Brasil, campus Descalvado-SP, Brasil.

G.M.P. Melo

<https://orcid.org/0000-0002-1634-4145>

Universidade Brasil, campus Descalvado-SP, Brasil.

W.Y. Melo

<https://orcid.org/0000-0003-2683-0347>

Universidade Brasil, campus Descalvado-SP, Brasil.
Universidade Estadual Paulista, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP, Brasil.

M.H.C. Leite

AGRINDUS S.A. Letti, Descalvado, SP, Brasil

L.M.A. Bertipaglia

<https://orcid.org/0000-0001-5811-7816>

Universidade Brasil, campus Descalvado-SP, Brasil.

*Autor correspondente



1 Introdução

A ambiência das instalações desempenha um papel crítico na promoção do bem-estar de bezerros leiteiros. Garantir que esses animais sejam abrigados em condições ambientais ideais não apenas os beneficia como também resulta em animais mais saudáveis, mais produtivos e, em última análise, em uma indústria leiteira mais sustentável e ética.

Produtores e gestores devem reconhecer a importância de investir em sistemas adequados de ambiência nas instalações, incluindo o controle de temperatura, umidade relativa do ar, ventilação, espaço e luminosidade para os bezerros. Esses esforços não apenas melhoram a qualidade de vida dos animais, mas também podem aumentar a eficiência da produção e a qualidade do produto, contribuindo para uma indústria leiteira mais responsável e voltada para o bem-estar animal.

O bem-estar animal é o estado de harmonia entre o animal e seu ambiente, caracterizado por ótimas condições físicas e fisiológicas e alta qualidade de vida (Kondo; Hurnik, 1988). O bem-estar, dentre muitas definições, está associado a adaptação do local onde os animais vivem de forma a melhorar a qualidade de vida, conseqüentemente, contribuindo para melhor desempenho produtivo.

Neste sentido, pode-se inferir que o bem-estar engloba o conjunto de condições em que um animal vive e a maneira como ele é tratado. No contexto dos bezerros leiteiros, isso inclui aspectos como alimentação adequada, saúde, comportamento natural e, crucialmente, as condições ambientais em que são mantidos.

A avaliação da ambiência nas instalações para animais de produção é uma tarefa complexa e crucial para garantir o bem-estar e o desempenho. A combinação de métodos tradicionais e inovadores oferece meio para monitorar as condições ambientais, uma vez que para garantir condições ideais, deve-se avaliar e monitorar regularmente a ambiência.

2 Estado da Arte do Assunto

1. Ambiência

A ambiência refere-se ao conjunto de condições ambientais em que os animais são mantidos, incluindo temperatura, umidade, ventilação, luminosidade, espaço físico e qualidade do ar. Como observado por Baêta e Souza (2010), o ambiente físico é compreendido pelas instalações, seus equipamentos, luz e som e, o ambiente social que pode ser caracterizado pela densidade populacional, comportamento e fatores de dominância.



Paranhos da Costa (2000) complementou a definição de ambiência ao incluir ao meio físico, o fator psicológico dos animais no ambiente onde estão envolvidos. O ambiente de criação de um animal pode ser constituído do ambiente físico em si, da presença do homem e dos animais que integram o grupo (Paranhos da Costa, 2002).

2. Importância da Ambiência e Bem-estar para Bezerros Leiteiros

2.1. Saúde

Dentre as doenças predominantes que causam mortalidade e morbidade em bezerros lactentes estão a enterite no primeiro mês de vida do animal e, pneumonia após o primeiro mês. Essas doenças representam altos custos relacionados ao tratamento, redução na eficiência alimentar, no desempenho e, no desenvolvimento do animal ao longo prazo. Associados a estes últimos aspectos tem-se o sentimento de dor e sofrimento devido à doença e suas consequências que afetam negativamente o bem-estar dos bezerros. Sendo assim, minimizar o risco e a propagação de doenças no ambiente do abrigo é essencial ao bem-estar destes animais (Abuelo et al., 2021; Boulton et al., 2017; Ortiz-Pelaez et al., 2008; McGuirk, 2008).

Diante da ocorrência de doenças e morbidade em bezerros lactentes alojados em grupo, em relação aos bezerros alojados individualmente, Breen et al. (2023) demonstraram que o alojamento em grupo apresentou risco significativo para a maior ocorrência da doença respiratória bovina (BRD). Os bezerros alojados em grupo compartilharam o espaço e, sendo assim, tiveram maior contato com os seus pares. O risco para o desenvolvimento de doenças aumentou à medida em que um indivíduo representou reservatório de infecção para outros bezerros no mesmo espaço.

Gulliksen et al. (2009) sugeriram que pode haver aumento na incidência de BRD e diarreia, em condição de elevada umidade relativa e temperatura mais baixa, em baias de confinamento. Ou seja, o sistema de criação e o tipo da instalação onde os animais foram mantidos pôde influenciar a ocorrência de doenças.

Nessa condição, em função da necessidade de se alojar bezerros em grupo, em sistema de confinamento, as instalações deveriam ser projetadas para proporcionar ambiente saudável. Vários animais mantidos dentro de um espaço físico compartilharam o mesmo ar, o que aumentou o risco de transmissão de doenças (Islam et al., 2020).

A densidade populacional nos bezerreiros é um fator importante na higiene das instalações, pois tem sido reportada a significativa influência nos níveis de bactérias transportadas pelo ar e persistentes nas superfícies do piso ou paredes. Foi observado que o aumento da densidade



populacional nos bezerreiros (grupos de 6 a 9 bezerros em relação a grupos de 12 a 18 bezerros) aumentou a morbidade dos animais, embora o aumento do estresse social devido à superlotação também passou impactar negativamente na saúde (Lago et al., 2006; Bendali et al., 1999; Proudfoot et al., 2015). Abdelfattah et al. (2013) indicaram que o número de bezerros num grupo (grupo 1= 2 bezerros por baia e grupo 2= 8 bezerros por baia), quando lhe foi dado o mesmo espaço, não afetou a produção e os indicadores fisiológicos de bem-estar, mas teve um efeito transitório na saúde, durante o período de terminação de 5 meses. Segundo os autores, se o aumento das brincadeiras e do contato social e a diminuição da agressividade forem considerados indicadores primários de bem-estar, o tamanho do grupo não alterou o bem-estar dos bezerros.

O tipo e situação higiênica do piso influenciam a saúde dos bezerros em sistema de confinamento e os componentes estruturais da parte interna do bezerreiro podem ter implicações negativas no bem-estar dos animais. Brown et al. (2023) observaram que as baias em que o piso era impermeável (alvenaria) tinham maior probabilidade de estar dentro da faixa alvo de contagem total de coliformes fecais, quando comparadas com baias de piso permeável (areia). Segundo os autores, esta descoberta pode ser contrária ao conceito de que uma melhor drenagem reduz a umidade do chão e da cama e, subsequentemente, reduz a viabilidade dos microrganismos patogênicos.

Nordlund e Halbach (2019) confirmaram que a drenagem ou higienização inadequada podem causar acúmulo de excrementos seguido de aumento do crescimento bacteriano, levando eventualmente às complicações de saúde em bezerros. Sendo assim, nos casos em que a matéria orgânica não foi removida ou a superfície não foi desinfetada, o processo de higienização não foi eficaz. Isso resultou na persistência de patógenos, causando maior desafio para bezerros jovens, além de que a falha na remoção desses microrganismos das instalações e equipamentos também pôde evitar uma quebra no ciclo da doença no ambiente e no animal.

2.2. Desempenho

O ganho de peso médio diário é considerado uma métrica apropriada para avaliar o crescimento e a saúde durante o período lactente. Shivley et al. (2018) ressaltaram que bezerros que sofreram pelo menos um evento de doença ganharam 0,07 kg/dia menos do que os bezerros que permaneceram saudáveis.

Diante dessa situação, o tipo de manejo coletivo ou individual dos bezerros nas instalações, pode influenciar o desempenho e o desenvolvimento desses animais. Abrigar bezerros em um grupo promoveu melhoria tanto no crescimento, quanto no comportamento social, uma vez que os animais que foram alojados em grupos apresentaram maior ingestão de alimento e, por sua vez, alcançaram



16,0% a mais de ganho de peso, comparado aos bezerros alojados individualmente. Esse fato foi relacionado ao aprendizado social que promoveu o aumento na frequência e quantidade consumida de alimentos mais sólidos, o que, por sua vez, promoveu ganho de peso nos animais (Valníčková et al., 2015).

O tamanho do grupo pode ser um fator de influência no desempenho de bezerros. Segundo Svensson e Liberg (2006), bezerros em baias com 12 a 18 indivíduos tiveram maior incidência de doenças respiratórias e cresceram 0,022 cm/dia a menos do que bezerros alojados em grupos de 6 a 9 animais (equivalente a aproximadamente 40 g/dia). Com relação aos riscos da contaminação no caso de diarreia, os pesquisadores não detectaram diferenças entre bezerros mantidos nos grupos de pequeno porte comparados aos de grande porte, concluindo, desta forma, que alojar bezerros em grupos com menos de 10 bezerros é preferível do ponto de vista da saúde e do crescimento. De acordo com os autores, na propagação do vírus, o contato direto entre os animais foi mais eficiente do que a transmissão por aerossol e, portanto, teve impacto maior no desenvolvimento de doenças. O número reduzido de bezerros em contato direto nos currais de pequeno porte em comparação aos de grande porte, de acordo com os autores, foi a explicação mais provável para a diferença detectada entre os grupos.

Jensen (2004) demonstrou evidências de um aumento da competição em bezerros em grupos de 24 animais, em comparação com grupos menores (12 bezerros). Como resultado do aumento da competição, os bezerros dos grupos maiores aumentaram a velocidade de consumo e passaram menos tempo nas baias de alimentação do que os bezerros dos grupos menores.

A área acessível aos animais influencia a extensão em que os bezerros realizam brincadeiras locomotoras. Segundo Jensen et al. (1998), um nível aumentado de brincadeiras locomotoras retardou o crescimento. A maior área disponível para os bezerros contribuiu para a menor taxa de crescimento, aproximadamente 40 g/dia menor do que a observada nos bezerros dos grupos com menor área. O aumento da competição pelo alimento também pôde ser outro fator que contribuiu para a redução da taxa de crescimento no grupo com maior número de indivíduos.

2.3. Estresse por Calor

Bezerros são sensíveis às variações extremas de temperatura. O estresse por calor ocorre quando a temperatura ambiente está muito alta, enquanto o estresse por frio ocorre em temperaturas muito baixas. Ambos os tipos de estresse afetam negativamente o crescimento, o consumo de alimentos e a saúde. Assim, no ambiente onde os bezerros serão mantidos, muita atenção deve estar voltada para os fatores climáticos que proporcionarão conforto térmico aos animais. Nesse sentido,



deve ser ressaltado que a termogênese é a produção de calor por mecanismos fisiológicos, tais como o metabolismo celular e consumo de alimento. É preciso equilíbrio entre o calor produzido e o externo do ambiente para que o animal mantenha a homeostasia diante das alterações externas (Medeiros; Vieira, 1997). Os mesmos autores observaram que os animais menores tiveram maior superfície corporal, por isso, necessitaram produzir mais calor por unidade de peso que animais maiores, a fim de manterem a homeostase.

Por meio de uma compensação entre calor adquirido e produzido, com o que é eliminado para o ambiente, o animal homeotérmico consegue equilibrar sua temperatura corporal interna (Prado; Prado, 2018). O calor é transferido por esses meios quando a temperatura corporal é maior que a do ambiente, e também quando for preciso ganhar calor, sendo que, se o meio não favorece condições (sombra, ventilação) a regulação da temperatura corporal do animal fica prejudicada (Medeiros; Vieira, 1997). O conforto térmico é alcançado quando os mecanismos de perda de calor evaporativos não precisam ser ativados para manter homeostasia térmica (Montaldo et al., 2010).

As condições ambientais que promovem o estresse térmico são representadas pelo Índice de Temperatura e Umidade (THI), um índice que compreende os efeitos da temperatura ambiente e a umidade relativa. O THI considerado para caracterizar a condição que excede o limite de conforto de bovinos leiteiros foi o índice maior que 72. Segundo Armstrong (1994), o índice entre 72 e 79 foi indicado como estresse por calor leve, 80 e 90 como estresse por calor moderado e, >90 como estresse térmico severo. Segundo De Rensis et al. (2015) um THI <68 pôde ser considerado aquele fora da zona de perigo térmico para vacas leiteiras e, ainda, sinais leves de estresse térmico foram observados em THI de 68 a 74, e um THI ≥ 75 causou reduções drásticas no desempenho da produção.

Também, o estresse térmico em condições de frio torna-se importante em algumas regiões. Nabenishi e Yamazaki (2017) reforçam que a incidência média de doença em bezerros (pneumonia e diarreia) foi significativamente maior no ambiente que apresentou THI ≤ 50 , quando comparado ao THI ≥ 71 .

O estresse por calor pós-natal em bezerros leiteiros pré-desmame desencadeou respostas fisiológicas como taxas respiratórias elevadas (Carter et al., 2014), menor ingestão de nutrientes (Broucek et al., 2009; López et al., 2018) e reduzido ganho de peso médio (Hill et al., 2011; López et al., 2018). Ainda, segundo Reynolds et al. (2019), existe a hipótese de que os estressores pré-natais proporcionam consequências a longo prazo na estrutura e função dos órgãos, nos períodos pós-natal, deixando a prole suscetível a doenças e disfunções fisiológicas.



2.4. Eficiência no Aproveitamento de Nutrientes

A quantidade e a qualidade da dieta durante os primeiros dias de vida estão positivamente associadas ao desempenho de crescimento, saúde e resultados de desempenho futuro dos animais (Koch et al., 2019). Frequentemente tem sido revisada a quantidade de leite a ser fornecida aos bezerros leiteiros, observando-se aumento nessa quantidade, ao longo dos anos. Esse fato foi justificado pelo melhor desempenho no crescimento e, pelo desempenho da futura lactação das fêmeas na vida adulta (Rauba et al., 2019).

O declínio na ingestão voluntária de alimentos sob condições hiper-térmicas é um indicador comportamental bem conhecido de estresse térmico, porque a aclimação ao estresse térmico promove redução da ingestão de energia e geração de calor. West (2003), diante da avaliação do consumo de alimento pelos bezerros leiteiros sob estresse térmico revelou que houve redução na ingestão de sucedâneo do leite, particularmente no final da manhã, uma vez que esses animais consumiram menos, por visita ao comedouro automático. Segundo o autor, existe uma relação inversa entre a temperatura ambiente elevada e o consumo de ração em vacas leiteiras em lactação, parcialmente, devido às altas cargas metabólicas de calor.

Neste contexto, Dado-Senn et al. (2022) propuseram implicações de manejo para os produtores de leite, uma vez que a ambiência empregada para a redução do estresse térmico pode maximizar o consumo de sucedâneo pelos bezerros em um sistema de alimentação automática e alojamento em grupo. Manter ou melhorar a ingestão através de manejo estratégico, segundo os autores, também poderia beneficiar o bem-estar dos bezerros, tão como das respostas produtivas imediatas e de longo prazo.

A temperatura ambiente afeta diretamente o gasto energético dos bezerros. Em temperaturas extremamente altas ou baixas, o corpo dos bezerros gasta mais energia para manter a temperatura corporal, reduzindo a energia disponível para o crescimento e a produção de leite futura. Um ambiente confortável permite que os bezerros utilizem a maior parte de sua energia para o desenvolvimento.

2.5. Comportamento

Um ambiente adequado contribui para o comportamento natural dos bezerros. Espaço adequado e conforto térmico promovem o exercício e o comportamento social saudáveis. Bezerros em ambientes desconfortáveis podem desenvolver comportamentos estereotipados, como lambar ou morder objetos como forma de aliviar o estresse, além da possibilidade de sentirem e expressarem dor, dada as condições do abrigo (instalações).



Mahendran et al. (2023) avaliaram os efeitos do manejo dos bezerros alojados individual e coletivamente, na saúde e no comportamento a curto prazo, em uma fazenda comercial leiteira. Observaram que os animais mantidos em grupo ou individuais apresentaram tempo similar de repouso, com média de 18 horas e 11 minutos por dia, deitados. Porém o índice de movimento foi maior entre os bezerros alojados coletivamente, potencialmente devido ao comportamento mais lúdico e social. Também, observaram nesse mesmo grupo, que os bezerros dividiram seu tempo expressando comportamentos orais não nutritivos igualmente entre objetos inanimados e no corpo de seus companheiros de curral. Por outro lado, os bezerros alojados individualmente passaram mais tempo com a cabeça para fora da frente do curral e se envolveram mais nas atividades de autolimpeza, em relação aos bezerros alojados em pares, possivelmente devido à falta de socialização.

Com relação à autolimpeza praticada pelos bezerros, em um nível basal, foi considerada como uma atividade normal e, potencialmente, um bom indicador do bem-estar. Esses níveis são reduzidos em bezerros doentes, e níveis excessivos de autolimpeza transformam em comportamento oral anormal (Borderas et al., 2008). Níveis aumentados de autolimpeza em bezerros alojados individualmente podem ser interpretados como uma forma de os bezerros satisfazerem a sua necessidade de socialização. Sugere-se que o comportamento, quando é deslocado ou fora da normalidade, pode ser consequência de situações estressantes e, tem sido usado como uma medida de capacidade de resposta comportamental (Mahendran et al., 2023).

A observação do comportamento dos bezerros pode fornecer informações valiosas sobre as interações entre os mesmos e seu ambiente, bem como sobre as práticas de manejo às quais estão sujeitos (Rushen e De Passillé, 2014). O comportamento lúdico, por exemplo, quando realizado dentro dos limites normais, foi considerado um bom indicador de bem-estar (Jensen et al., 1998). Esses pesquisadores relataram níveis mais elevados de comportamento lúdico entre bezerros mantidos na área com 4 e 3 m²/ bezerro, em comparação com bezerros mantidos em 2,2 e 1,5 m²/ bezerro.

De acordo com Jensen et al. (1998), existem dois argumentos para se usar o comportamento lúdico como um indicador de bem-estar de bezerros. Em primeiro, os jovens ficaram altamente motivados para brincar quando as suas necessidades primárias foram satisfeitas, enquanto, na segunda situação, em que aqueles indivíduos que sofreram de subnutrição, doença, lesões ou estresse térmico não estavam motivados para brincar. Em essência, isso significa que o comportamento lúdico pôde indicar ausência ou presença de bem-estar.

Deve ser considerado, também, o comportamento termorregulador, comumente medido em bovinos leiteiros, segundo o comportamento de ficar em pé e deitado, por exemplo. Estudos indicaram



que o tempo em pé ou a frequência das sessões deitadas, sob condições de estresse térmico, indicaram aumento do desconforto (Kamal et al., 2016; Kovács et al., 2018). Para West (2003), quando os bezerros vivenciaram condição de estresse por calor durante o dia, permanecem na posição em pé, durante o período noturno, quando o THI é menor, na tentativa de otimizar a perda de calor, após o acúmulo interno de calor durante o dia.

De modo geral, o ato de deitar-se reflete na menor exposição da área de superfície corporal, no entanto, certos comportamentos, como procurar o frescor (ou seja, deitar-se perto de fontes de sombra, água ou movimento de ar), postura decúbito e evitar companheiros de baia, podem promover a perda de calor (Van Os, 2019).

3. Medidas para Melhorar a Ambiência

A ambiência adequada é essencial para garantir a saúde, o bem-estar e o desenvolvimento saudável dos bezerros leiteiros. Os produtores de gado leiteiro devem monitorar as condições ambientais e implementar medidas para otimizar a ambiência nas instalações, promovendo assim a produtividade e a qualidade de vida dos animais. As principais medidas são destacadas na sequência.

Controle de Temperatura e Umidade relativa do Ar

Para o controle da temperatura deve-se instalar sistemas de aquecimento ou resfriamento, se necessário, para manter a temperatura dentro de uma faixa adequada de conforto térmico para a categoria animal. Nas instalações, com o intuito de reduzir a temperatura do ambiente, promove-se o uso de ventiladores para facilitar a movimentação do ar e aumentar a convecção, e desta forma, atenuar o estresse térmico (Armstrong, 1994).

O uso de nebulizadores que proporcionam névoa sob alta pressão injetada (gotas pequenas de água) em ventiladores ou, de sistemas de aspersão de baixa pressão (grandes gotas de água) que molham completamente o animal, tende a reduzir a temperatura corporal retal dos animais (West, 2003).

Ventilação Adequada

Garantir uma boa circulação de ar é necessário para reduzir a concentração de umidade, gases e patógenos. As doenças do trato respiratório são causadas, principalmente, por infecções virais e a transmissão do vírus se dá por aerossol. O fluxo de ar foi citado como uma forma de proteger a



saúde dos bezerros em termos de regulação de temperatura, umidade, concentração de gases (por exemplo, amônia) e microrganismos, o que é benéfico para o bem-estar geral (Roe, 1982).

Além do aspecto sanitário, a ventilação adequada é importante na renovação do ar quente e na redução da concentração de gases (amônia) de dentro das instalações de confinamento. De modo geral, deve-se evitar a exposição de animais alojados à amônia, sendo que os limites para a concentração segura de amônia é de 15 a 20 ppm.

A ventilação natural é usada regularmente em alojamentos para bezerros. Os bezerreiros localizados nas regiões de clima quente e que usam o recurso da ventilação natural, geralmente, atendem às recomendações para a abertura de beiral, o que permitem que os ventos predominantes forcem a entrada de ar fresco na instalação, além de aberturas de cumeeira, que permitem a saída do ar aquecido, seja pelo efeito Venturi em condições de vento, ou por fluuabilidade térmica, durante condições amenas da corrente de ar (Albright, 1990).

Ainda, para aproveitar o recurso da ventilação natural, os pesquisadores Barrington et al. (1994) e Christiaens (1994) descobriram que os efeitos térmicos podem ser negligenciados em galpões durante a maior parte do ano e que o fluxo de ar através da instalação é afetado, principalmente, pela orientação geográfica da construção, em relação à direção predominante do vento. Conseqüentemente, o clima no interior da instalação apresentou grandes variações, que muitas vezes representaram efeito prejudicial, tanto na qualidade do ar como no conforto do animal.

Buczinski et al. (2018) observaram que a velocidade do ar ao nível da panturrilha do bezerro foi importante para determinar exposição a correntes de ar prejudiciais. Segundo os autores, velocidades do ar $>0,3$ m/s levaram ao aumento da perda de calor, o que foi útil durante os períodos de verão para mitigar o estresse térmico. No entanto, velocidades do ar $>0,5$ m/s foram associadas aos maiores riscos de se obter sons pulmonares moderados a graves na ausculta (Lundborg et al., 2005), e velocidades $>0,8$ m/s foram associadas à consolidação pulmonar (van Leenen et al., 2020).

Espaço Físico

Com relação ao espaço adequado para bezerros, além de permitir a movimentação e o comportamento natural, a densidade é um fator determinante para a qualidade da instalação dos bezerros, e tem um grande impacto sobre o ambiente onde os animais permanecem, inclusive, sobre a superfície onde se deitam. Segundo Kenneth et al. (2018), a recomendação para currais ou baias que abrigam bezerros é de mínimo de $3,3$ m² de área de cama por bezerro.



Luz Natural ou Artificial

Manter uma iluminação adequada no ambiente onde os bezerros estão mantidos deve ser uma preocupação, pois a duração e intensidade do lux são estímulos ao comportamento e a ingestão de alimentos. A influência da intensidade da luz no comportamento de bezerros foi avaliada por Dannenmann et al. (1985). Os pesquisadores observaram que o comportamento de repouso foi mais distinto no estábulo melhor iluminado, do que naquele com menos iluminação. Também ocorreram diferenças no comportamento alimentar, que durou mais tempo com maior intensidade de luz, sendo que níveis abaixo de 100 lux foram associados à redução do comportamento alimentar e social. Ressaltaram que a influência da luz foi mais evidente no comportamento social e, principalmente, no comportamento lúdico. A duração e a frequência das brincadeiras de luta e das brincadeiras solitárias aumentaram com maior intensidade de luz.

3.1. Métodos Tradicionais de Avaliação da Ambiência

Medições de Temperatura e Umidade

Medir a temperatura do ar e a umidade relativa é uma abordagem básica, mas importante, para monitorar as condições ambientais. Termômetros e higrômetros são dispositivos comuns usados para coletar essas informações (Tyson, 2011). De modo geral, a temperatura do alojamento é afetada pela densidade populacional, isolamento e ventilação da instalação, além, da temperatura no exterior da instalação. Neste contexto, deve-se sempre levar em consideração que a zona termoneutra de um bezerro é considerada entre 10 e 20°C. As altas e baixas temperaturas, bem como as grandes variações diurnas exercem efeitos negativos sobre a saúde e desempenho dos bezerros (Seedorf et al., 1998).

Controle da Qualidade do Ar

A avaliação da qualidade do ar inclui a medição de gases como amônia (NH₃), metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) e poeira. Altas concentrações desses poluentes podem afetar a saúde dos animais. Ngwabie et al. (2011) estudaram os efeitos da atividade animal e da temperatura do ar que influenciaram nas emissões de CH₄ e NH₃. Eles descobriram que as emissões diárias de CH₄ aumentaram significativamente com a atividade das vacas ($r = 0,61$) e diminuíram quando a temperatura do ar no interior do *freestall* aumentou ($r = -0,84$), enquanto as emissões diárias de NH₃ aumentaram significativamente com as temperaturas do ar no interior da instalação ($r = 0,66$). Nesse estudo, os autores comentaram sobre a atividade das vacas diminuir com o aumento da temperatura interna e, aumentar as emissões de CH₄. Quanto às emissões de NH₃, foram mais influenciadas pela



temperatura do ar do que pela atividade animal.

Registros de Comportamento Animal

Observar o comportamento dos animais pode fornecer *insights* valiosos sobre a ambiência, tão como o bem-estar. Mudanças no comportamento, como aumento da agitação, podem indicar desconforto térmico ou problemas ambientais. Comumente, as estratégias comportamentais de enfrentamento ao estresse térmico por calor incluem a modificação do consumo de água e de alimentos (por exemplo, aumento da ingestão de água e mudança dos horários de alimentação para períodos mais frescos do dia), aumento do tempo em permanência em pé e procura por sombra e, diminuição da atividade e movimentação (De Rensis e Scaramuzzi, 2003). De modo geral, os animais diminuem o tempo deitados e a atividade de caminhada, expondo mais área de superfície para redução de calor, perda sensível de água, área de superfície radiante e movimento de ar via convecção (Allen et al., 2015).

O fornecimento de sombra, no caso de vacas em lactação sob condições de estresse térmico, é um componente essencial do manejo do calor e resulta em aumento da proporção de animais ruminando (de 19 para 24%) (Blackshaw e Blackshaw, 1994). Por outro lado, quando há competição por sombra entre os animais expostos ao sol, observou-se o aumento do comportamento agressivo nos bovinos leiteiros (Vizzotto et al., 2015).

Com relação à dor, a avaliação pode ser realizada de forma subjetiva ou não. A avaliação subjetiva da dor pode ser feita por meio de etogramas ou escalas de dor, e também pelas alterações da expressão facial. O inconveniente da avaliação subjetiva da dor é a dependência da experiência do observador. Por outro lado, na avaliação ou descrição objetiva da dor, utiliza-se de biomarcadores sanguíneos por exemplo, o cortisol, do uso de algometria para medir os limiares nociceptivos mecânicos, das medições de atividade por meio de acelerômetros e pedômetros, do uso de termografia infravermelha e da avaliação de parâmetros fisiológicos, como a frequência cardíaca e respiratória, além da frequência e intensidade da ingestão de ração e água ou ganho de peso (Tschoner, 2021).

Para Glerup et al. (2015), pode-se descrever a face dos bezerros com dor, em função da expressão facial, pois sofre diversas alterações devido à dor, como por exemplo, a posição das orelhas, a tensão dos músculos faciais e dos músculos acima dos olhos e as narinas dilatadas. Segundo os autores, os padrões da doença, a prevalência de dor aguda ou crônica e a idade podem influenciar a sensibilidade e a especificidade da face da dor bovina.



Avaliação das Condições do Abrigo

Examinar as instalações com relação às características estruturais e, também, em busca de vazamentos, isolamento inadequado e outras falhas é uma abordagem tradicional. Essa avaliação pode revelar pontos críticos que afetam a ambiência. Um exemplo ocorreu em galpões com ventilação natural, caracterizados por grandes aberturas laterais, onde os parâmetros climáticos exteriores influenciaram o ambiente interno da instalação devido à elevada troca de ar interior-exterior (Arcidiacono, 2018).

Avaliação de Parâmetros Fisiológicos e de Desempenho Animal

Segundo Mylostyva et al. (2022), bovinos expostos ao estresse térmico apresentam imunidade reduzida e processos fisiológicos comprometidos. E, de acordo com Purwanto et al. (1990), as respostas dos animais ao estresse térmico incluem redução da ingestão de ração, aumento do consumo de água, alterações na taxa metabólica, aumento das perdas por evaporação, alterações no nível de hormônios no sangue e aumento da temperatura corporal central.

A regulação da respiração e da frequência cardíaca são técnicas utilizadas pelos bovinos para diminuir ou liberar o calor recebido externamente e, deste modo, as frequências cardíaca e respiratória podem ser usadas para determinar como esses animais reagem às mudanças na temperatura e umidade externas (Manica et al., 2022). Em vacas leiteiras, as estratégias fisiológicas de enfrentamento ao estresse térmico por calor incluem aumento da frequência respiratória, respiração ofegante e sudorese, redução da produção de leite e desempenho reprodutivo (West, 2003).

A temperatura retal em vacas leiteiras normalmente varia de 38,2°C a 39,10°C e, em bezerros, a faixa ideal está entre 38,0 °C e 39,3 °C, e pode ser utilizada como indicador para identificar o início do estresse térmico. As taxas respiratórias normais de bezerros e vacas leiteiras adultas variam de 20 a 40 e 15 a 35 respirações/ min, respectivamente (Skibieli et al., 2022).

Segundo Dado-Senn et al. (2022), o estresse térmico pode ser confirmado pela elevação da frequência respiratória e da temperatura retal da mãe pré-natal e do bezerro pós-natal. Os pesquisadores delinearam estudo em que os bezerros holandeses nasceram de mães que sofreram estresse térmico (HT; sombra de um celeiro *freestall*) ou resfriamento (CL; sombra, ventiladores e banhos de imersão) durante o final da gestação (~44 dias antes do parto, THI médio diário de 78). Eles foram posteriormente expostos ao estresse térmico pós-natal (sombra e ventilação natural de um celeiro aberto) ou ao resfriamento (sombra do celeiro e ventilação forçada por ventiladores) desde o nascimento até o desmame (56 dias; THI médio diário de 77). Os pesquisadores ressaltam os seguintes resultados da pesquisa: a) Vacas gestantes sob estresse por calor apresentam gestação



prolongada em relação àquelas mantidas em sistemas com resfriamento ambiental; b) O estresse térmico pós-natal reduz a ingestão de substitutos do leite dos bezerros, principalmente no final da manhã; c) Bezerros sob estresse térmico pós-natal alteram posturas termorreguladoras, deitadas, durante a noite.

Deve ser ressaltado que, segundo Bewley et al. (2008), as avaliações de temperatura corporal (vaginal ou retal) ou a frequência respiratória (frequência ofegante) são impraticáveis para monitorar consistentemente em grande escala de produção, e tempos de amostragem descontínuos podem não representar com precisão a experiência de carga de calor do animal.

Com relação ao desempenho, uma redução do apetite causada pelo estresse térmico e um declínio na disponibilidade de nutrientes para o organismo resultaram na significativa perda de peso corporal e, conseqüentemente baixo escore corporal e um balanço energético negativo (Rhoads et al., 2009).

3.2. Métodos Inovadores de Avaliação de Ambiência

Sensores, Tecnologia IoT e Inteligência artificial

Quanto ao uso de sensores, estes podem ser classificados em dois tipos: dispositivos vestíveis e sensores baseados no ambiente. Sensores vestíveis são dispositivos conectados diretamente ao animal. Eles podem rastrear parâmetros fisiológicos (por exemplo, frequência cardíaca, temperatura corporal), características comportamentais (por exemplo, padrões de alimentação, movimento) e outros indicadores relevantes da saúde e bem-estar de um animal (Neethirajan et al., 2021).

Para Neethirajan et al. (2021), o melhor método para medir emoções e, assim, garantir o melhor bem-estar dos animais é um sistema de monitoramento que utiliza múltiplos sensores, cada um registrando métricas diferentes. Os sensores que trabalham em conjunto, como um pacote, podem fornecer dados detalhados sobre múltiplos parâmetros fisiológicos e comportamentais, permitindo aos pecuaristas manterem melhor bem-estar do seu gado. Para compreender completamente o estado emocional de um animal, provavelmente será preciso integrar dados (comportamentais e fisiológicos) de diferentes sensores.

No que se refere aos sensores baseados no ambiente, Mendes et al. (2015) propuseram o uso de sensor infravermelho não dispersivo (NDIR) de baixo custo para monitoramento intensivo das concentrações espaciais de CO₂, em galpão de vacas leiteiras com ventilação natural. De acordo com os autores, os sensores NDIR CO₂ foram adequados para monitoramento multiponto das



concentrações de CO₂, sendo uma alternativa viável para os métodos usados no monitor de gás de espectroscópio fotoacústico (PAS) e um laser de caminho aberto (laser OP) para monitorar concentrações espaciais de CO₂ de ponto único ou médias em galpões para os bovinos.

O termo Internet das Coisas (IoT) refere-se à conexão de múltiplos objetos heterogêneos, como máquinas, veículos ou edifícios, com dispositivos eletrônicos como sensores e atuadores, através de diferentes protocolos de comunicação, a fim de coletar e extrair dados (Kethareswaran; Ram, 2017) Os sensores inteligentes monitoram em tempo real uma série de parâmetros ambientais, incluindo temperatura, umidade, gases e movimento dos animais. Esses dispositivos fornecem dados contínuos e podem enviar alertas automáticos.

Na agricultura inteligente “Smart Farming” é proporcionada uma análise exaustiva de informações, realiza ações precisas (ex. informação de apoio à decisão, notificações de alertas ou automatização de tarefas), tendo em conta a localização de ativos, bovinos ou humanos, e outros dados enriquecidos pelo histórico, informações em tempo real (“real time”) e conhecimento de tempo e previsão (Wolfert et al., 2017).

Dutta et al. (2022) relataram o desenvolvimento e implantação do "MOOnitor", um dispositivo IoT inteligente montado no pescoço das vacas para monitoramento. De acordo com os autores, o dispositivo facilitou a classificação de atividades importantes do gado através de sensores posicionados adequadamente. MOOnitor é uma integração de um sensor de temperatura, um módulo de sistema de posicionamento global (GPS) e um acelerômetro de 3 eixos em um gabinete leve, que foi conectado a um cabresto que permite a transmissão de dados para um servidor IoT usando um microcontrolador e, um módulo celular GSM. Após adquirir as informações sensoriais necessárias, as características mais significativas foram extraídas estrategicamente para melhor interpretação dos dados. Posteriormente, os classificadores, *Xtreme Gradient Boosting* (XGBoost) e *Random Forests*, foram implementados para classificar atividades como “em pé”, “deitado”, “em pé e ruminando”, “deitado e ruminando”, “caminhando” e “caminhando e pastando”. Dado que a natureza da atividade de um animal está fortemente relacionada com a sua saúde e bem-estar, tal metodologia permite aos pecuaristas monitorarem melhor o gado.

Benaissa et al. (2018) propuseram um sistema de monitoramento animal no qual um algoritmo simples de árvore de decisão foi desenvolvido para classificação em tempo real dos comportamentos de alimentação e ruminação de vacas leiteiras. Em detalhe, os dados utilizados como entrada do modelo foram coletados usando um acelerômetro montado no pescoço. Cada vaca foi equipada com dois dispositivos: um cabresto RumiWatch (Agroscope, Suíça) e um acelerômetro.



Imagens Termográficas

Câmeras de imagem termográfica podem ser usadas para detectar variações de temperatura nas instalações, identificando pontos quentes ou frios que podem afetar o conforto dos animais. Uma câmera térmica é um dispositivo sem contato que detecta a energia infravermelha (calor) e a converte em uma imagem visual. Os termovisores fazem fotos do calor, ou seja, capturam energia infravermelha (Short Wave Infrared – SWIR – 1,3-2,5 μm) e usam os dados para criar imagens. As especificações importantes a serem consideradas ao escolher uma câmera térmica incluem resolução, alcance, campo de visão, foco, sensibilidade térmica e alcance espectral. Como exemplo, pode-se destacar a câmera termográfica FLIR por detectar pequenas diferenças de calor (0,01°C) e exibi-las em tons de cinza ou com diferentes paletas de cores (Flir, 2020).

Foi demonstrado que a termografia de infravermelho pode ser usada para indicar estresse térmico nos animais. Pesquisadores indicaram que a região dos olhos pode ser uma área alvo ou preditiva para a tomada de temperatura (imagem termográfica). Explicam que, especificamente, a temperatura de pequenas áreas ao redor da borda posterior da pálpebra e da carúncula lacrimal, têm ricas camadas capilares e respondem com confiança às mudanças no fluxo sanguíneo corporal (Cook et al., 2005).

Monitoramento Comportamental Automatizado

O uso de câmeras de vídeo e software de análise de imagem permite rastrear automaticamente o comportamento dos animais, identificando mudanças sutis que podem indicar estresse ou desconforto. Segundo Coelho et al. (2018), o uso de câmeras de vídeo e programas de processamento de imagens, onde os animais são considerados biossensores em resposta às condições ambientais, auxilia no processo de tecnificação da avaliação do comportamento animal e permite rapidamente a interpretação das respostas comportamentais, de forma precisa e não invasiva.

A análise de imagens é o conjunto de métodos e técnicas por meio dos quais sistemas computacionais podem ser capazes de interpretar imagens, fornecendo medidas precisas baseadas na contagem de pixels (Marques Filho e Vieira Neto, 1999). É necessário que algoritmos específicos sejam usados na análise e interpretação de imagens. Gonzalez e Woods (1992) ressaltaram que a precisão dos diferentes modelos diminuiu à medida que o número de categorias de classificação aumentou.

Medições comportamentais automatizadas podem ter valor na determinação do efeito de diferentes sistemas de alojamento e manejo em bezerros leiteiros (Swartz et al., 2016).

O comportamento pode evidenciar problemas de saúde do animal. Foi constatado que os



bezerros diminuíram comportamentos não essenciais antes de adoecerem para conservarem energia no organismo e constituírem uma resposta imunológica adequada. Segundo Cantor e Costa (2022), “visitas não recompensadas”, ou seja, as visitas aos comedouros automatizados, porém, sem a ingestão do alimento, podem ser um excelente comportamento a ser monitorado em bezerros para o desenvolvimento de algoritmos. Os dados de cada bezerro (ingestão de leite, a ingestão de concentrado e as visitas aos comedouros de leite) eram relatados em um resumo diário, produzido, pelo software do alimentador automatizado, e transmitidos para a “nuvem”. Esta metodologia pode proporcionar a identificação da relação entre medidas fisiológicas e o estado da doença em bovinos e, por isso, os autores sugeriram que dispositivos tecnológicos de precisão em conjunto com técnicas de aprendizado de máquina têm o potencial de monitorar múltiplas mudanças comportamentais que podem identificar bezerros em risco de desenvolver um ataque de BRD, por exemplo.

3 Considerações finais

Buscou oferecer uma visão abrangente das complexas interações entre o bem-estar dos bezerros e as condições ambientais em que são criados. Ao longo desta revisão, foram examinados os principais aspectos relacionados ao bem-estar animal, como alimentação, conforto, saúde e comportamento, bem como a influência direta da ambiência das instalações na vida desses animais. Ressaltou-se as principais técnicas usadas para a avaliação clássica e moderna da ambiência, bem-estar e comportamento animal. Este artigo destacou as lacunas na pesquisa existente, tão como áreas promissoras para futuras investigações, visando aprimorar ainda mais o bem-estar de bezerros e a ambiência das instalações de abrigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDELFATTAH, E. M.; SCHUTZ, M. M.; LAY, D. C.; MARCHANT-FORDE, J. N.; EICHER, S. D. Effect of group size on behavior, health, production, and welfare of veal calves. **Journal of Animal Science**, n. 91, n. 11, p. 5455–5465, 2013.
- ABUELO, A.; CULLENS, F.; BRESTER, J.L. Effect of preweaning disease on the reproductive performance and first-lactation milk production of heifers in a large dairy herd. **Journal of Dairy Science**, v. 104, p. 7008–7017, 2021.
- ALBRIGHT, L. D. Environment control for animals and plants. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, Michigan, 1990.
- ALLEN, J.D.; HALL, L.W.; COLLIER, R.J.; SMITH, J.F. Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 118-127, 2015.



- ARCIDIACONO, C. Engineered solutions for animal heat stress abatement in livestock buildings. **CIGR Journal**, 18 set. 2018. Disponível: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/4705>. Acesso: Ago. 2023.
- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 2044-2050, 1994.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais conforto animal**. 2. ed., Viçosa: UFV., 2010. 246p.
- BARRINGTON, S.; ZEMANCHIK, N.; CHOINIE` RE, Y. Orienting livestock shelters to optimize natural summer ventilation. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 37, n. 1, p.251–255, 1994.
- BENAISSA, S.; TUYTTENS, F. A.; PLETS, D.; CATTRYSSSE, H.; MARTENS, L.; VANDAELE, L.; JOSEPH, W.; SONCK, B. Classification of ingestive-related cow behaviours using rumiwatch halter and neck-mounted accelerometers. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 211, p. 9–16, 2018.
- BENDALI, F.; SANAA, M.; BICHET, H.; SCHELCHER, F. Risk factors associated with diarrhoea in newborn calves. **Veterinary Research**, v. 30, p.509–522, 1999.
- BEWLEY, J. M.; EINSTEIN, M. E.; GROTT, M. W.; SCHUTZ, M. M. Comparison of reticular and rectal core body temperatures in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 91, p. 4661-4672, 2008.
- BLACKSHAW, J. K.; BLACKSHAW, A. W. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behavior: a review. **Animal Production Science**, v. 34, p. 285-295, 1994.
- BORDERAS, T. F.; DE PASSILLÉ, A. M.; RUSHEN, J. Behavior of dairy calves after a low dose of bacterial endotoxin. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 2920–2927, 2008.
- BOULTON, A.; RUSHTON, J.; WATHES, D. An empirical analysis of the cost of rearing dairy heifers from birth to first calving and the time taken to repay these costs. **Animal**, v. 11, p. 1372–1380, 2017.
- BREEN, M. J.; WILLIAMS, D. R.; ABDELFATTAH, E. M.; KARLE, B. M.; BYRNE, B. A.; LEHENBAUER, T. W.; ALY, S. S. Effect of group housing of preweaned dairy calves: health and fecal commensal antimicrobial resistance outcomes. **Antibiotics**, v. 12, n.6, p.1019, 2023.
- BROUCEK, J.; KISAC, P.; UHRINCAT, M. Effect of hot temperatures on the hematological parameters, health and performance of calves. **International Journal of Biometeorology**, v. 53, p. 201–208, 2009
- BROWN, A.; SCOLEY, G.; O’CONNELL, N.; ROBERTSON, J.; BROWNE, A.; MORRISON, S. Pre-weaned calf rearing on Northern Irish dairy farms: part 1: a description of calf management and housing design. **Animals**, v. 11, p. 1954, 2021.
- BROWN, A. J.; SCOLEY, G.; O’CONNELL, N.; GORDON, A.; LAWATHER, K.; HUWS, S.A.; MORRISON, S. J. Pre-weaned calf rearing on Northern Irish dairy farms: part 2: the impact of hygiene practice on bacterial levels in dairy calf rearing environments. **Animals**, v. 13, p. 1109, 2023.



- BUCZINSKI, S.; BORRIS, M.; DUBUC, J. Herd-level prevalence of the ultrasonographic lung lesions associated with bovine respiratory disease and related environmental risk factors. **Journal of Dairy Science**, v.101, p. 2423-2432, 2018.
- CANTOR, M. C.; COSTA, J. H. C. Daily behavioral measures recorded by precision technology devices may indicate bovine respiratory disease status in preweaned dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 7, p. 6070-6082, 2022.
- CARTER, B. H.; FRIEND, T. H.; GAREY, S. M.; SAWYER, J. A.; ALEXANDER, M. B.; TOMAZEWSKI, M. A. Efficacy of reflective insulation in reducing heat stress on dairy calves housed in polyethylene calf hutches. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, p. 51–59, 2014.
- CHRISTIAENS, J. Airflow patterns in animal houses as influenced by wind direction. *In: CIGR, General Secretariat, Merelbeke, Belgium, 1994. v. 1.*
- COELHO, D. R.; SOUSA, F. C.; BAPTISTA, F.; CRUZ, V. F.; TINOCO, I. F.; SOUZA, C. F. Use of analysis and processing of digital images for evaluation and control of animal behavior in hot climates. **CIGR Journal**, 18 set. 2018. Disponível: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/4698>. Acesso: ago. 2023.
- COOK, N. J.; CHURCH, J. S.; SCHAEFER, A. L.; WEBSTER, J. R.; M ATTHEWS, L. R.; SUTTIE, J. M. Stress and pain assessment of velvet antler removal from Elk (*Cervus elaphus canadensis*) and Reindeer (*Rangifer tarandus*). **Online Journal of Veterinary Research**, v. 9, p. 13–25, 2005.
- DANNENMANN, K.; BUCHENAUER, D.; FLIEGNER, H. The behaviour of calves under four levels of lighting. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 13, p. 243–258, 1985.
- DE RENSIS, F.; GARCIA-ISPIERTO, I.; LÓPEZ-GATIUS, F. Seasonal heat stress: clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. **Theriogenology**, v. 84, p. 659-666, 2015.
- DE RENSIS, F.; SCARAMUZZI, R. J. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow: a review. **Theriogenology**, v. 60, p. 1139-1151, 2003.
- DUTTA, D.; NATTA, D.; MANDAL, S.; GHOSH, N. MOOnitor: an IoT based multi-sensory intelligent device for cattle activity monitoring, sensors and actuators A: **Physical**, v. 333, p. 113271, 2022.
- FLIR, Thermography Cameras. Disponível: <https://www.flir.com/browse/professionaltools/thermography-cameras/>. Acesso: jul. 2020.
- GLEERUP, K. B.; ANDERSEN, P. H.; MUNKSGAARD, L.; FORKMAN, B. Pain evaluation in dairy cattle. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 171, p. 25–32, 2015.
- GONZALEZ, C. Rafael; WOODS, E. Richard. **Processamento de imagens digitais**. São Paulo: São Paulo, 2000.
- GULLIKSEN, S.M.; LIE, K.I.; LØKEN, T.; ØSTERÅS, O. Calf mortality in norwegian dairy herds. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 2782–2795, 2009.
- HILL, T. M.; BATEMAN, H. G.; ALDRICH, J. M.; SCHLOTTERBECK, R. L. Comparisons of housing, bedding, and cooling options for dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 2138–2146, 2011.



- ISLAM, M. A.; IKEGUCHI, A.; NAIDE, T. Influence of temperature and humidity on the dynamics of aerosol numbers and airborne bacteria in a dairy calf house. **Biosystems Engineering**, v. 194, p. 213–226, 2020.
- JENSEN, M.B. Computer-controlled milk feeding of dairy calves: the effects of number of calves per feeder and number of milk portions on use of feeder and social behavior. **Journal of Dairy Science**, v. 87, p. 3428-3438, 2004.
- JENSEN, M. B.; VESTERGAARD, K. S.; KROHN, C. C. Play behaviour in dairy calves kept in pens: the effect of social contact and space allowance. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 56, p. 97-108, 1998.
- KAMAL, R.; DUTT, T.; PATEL, M.; DEY, A.; CHANDRAN, C.; BHARTI, P.K.; BARARI BEHAVIOURAL, S.K. Biochemical and hormonal responses of heat-stressed crossbred calves to different shade materials. **Journal of Applied Animal Research**, v. 44, p. 347-354, 2016.
- KENNETH, V.; NORDLUND, C.; HALBACH, E. Calf barn design to optimize health and ease of management, veterinary clinics of North America. **Food Animal Practice**, v. 35, n. 1, p. 29-45, 2019.
- KETHARESWARAN, V.; RAM, C.S. An indian perspective on the adverse impact of internet of things (IoT). **The Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal**, v. 6, n. 4, p. 35-40, 2017.
- KOCH, C.; GERBERT, C.; FRIETEN, D.; DUSEL, G.; EDER, K.; ZITNAN, R.; HAMMON, H.M. Effects of ad libitum milk replacer feeding and butyrate supplementation on the epithelial growth and development of the gastrointestinal tract in Holstein calves. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 8513-8526, 2019.
- KONDO, S.; HURNIK, J. F. Behavioral and physiological responses to spatial novelty in dairy cows. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 68, n. 2, p.339–343, 1988.
- KOVÁCS, L.; KÉZÉR, F. L.; BAKONY, M.; JURKOVICH, V.; SZENCI, O. Lying down frequency as a discomfort index in heat stressed Holstein bull calves. **Scientific Reports**, v. 8, Art.15065, 2018.
- LAGO, A.; MCGUIRK, S.; BENNETT, T.; COOK, N.; NORDLUND, K. Calf respiratory disease and pen microenvironments in naturally ventilated calf barns in winter. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 4014–4025, 2006.
- LÓPEZ, E.; MELLADO, M.; MARTÍNEZ, A. M.; VÉLIZ, F. G.; GARCÍA, J. E.; DE SANTIAGO, A.; CARRILLO, E. Stress-related hormonal alterations, growth and pelleted starter intake in preweaning Holstein calves in response to thermal stress. **International Journal of Biometeorology**, v. 62, p. 493–500, 2018.
- LUNDBORG, G. K.; SVENSSON, E. C.; OLTENACU, P. A. Herd-level risk factors for infectious diseases in Swedish dairy calves aged 0–90 days. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 68, p. 123-143, 2005.
- MAHENDRAN S.A.; WATHES D. C.; BOOTH R. E.; BAKER N.; BLACKIE N. Effects of individual and pair housing of calves on short-term health and behaviour on a UK commercial dairy farm. **Animals**, v. 13, n. 13, p. 2140, 2023.



- MANICA, E.; COLTRI, P. P.; PACHECO, V. M.; MARTELLO, L. S. Changes in the pattern of heat waves and the impacts on Holstein cows in a subtropical region. **International Journal of Biometeorology**, v. 66, n. 12, p. 2477–2488, 2022.
- MARQUES FILHO, Ogê; VIEIRA NETO, Hugo. **Processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999.
- McGUIRK, S.M. Disease management of dairy calves and heifers. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 24, p. 139–153, 2008.
- MEDEIROS, L. F. D.; VIEIRA, D. H. **Bioclimatologia animal**. 1997. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/bioclimatologiaanimal/files/2011/03/Apostila-de-BioclimatologiaAnimal.pdf>. Acesso: jul. 2023.
- MENDES, L. B.; OGINK, N. W. M.; EDOUARD, N.; VAN DOOREN, H. J. C.; TINÔCO, I. D. F. F.; MOSQUERA, J. N. D. I. R. Gas sensor for spatial monitoring of carbon dioxide concentrations in naturally ventilated livestock buildings. **Sensors**, v. 15, n. 5, p. 11239–11257, 2015.
- MONTALDO, Y. C.; FERRO, F. R. A.; CAVALCANTI NETO, C. C. et al. Efeito do estresse calórico no desempenho reprodutivo de vacas leiteiras. **Revista Verde**. v. 5, n. 5, p. 1-25, 2010.
- MYLOSTYVA, D.; PRUDNIKOV, V.; KOLISNYK, O.; LYKHACH, A.; BEGMA, N.; KALINICHENKO, O.; KHMELEVA, O.; SANZHARA, R.; IZHBOLDINA, O.; MYLOSTYVYI, R. Biochemical changes during heat stress in productive animals with an emphasis on the antioxidant defense system. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 10, n. 1, Art.22009, 2022.
- NABENISHI, H.; YAMAZAKI, A. Effects of temperature–humidity index on health and growth performance in Japanese black calves. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, p. 397–402, 2017.
- NEETHIRAJAN, S.; REIMERT, I.; KEMP, B. Measuring farm animal emotions—Sensor-based approaches. **Sensors**, v. 21, p. 553, 2021.
- NGWABIE, N.; JEPPSSON, K. H.; GUSTAFSSON, G.; NIMMERMARK, S. Effects of animal activity and air temperature on methane and ammonia emissions from a naturally ventilated building for dairy cows. **Atmospheric Environment**, v. 45, p. 6760–6768, 2011.
- NORDLUND, K. V.; HALBACH, C. E. Calf barn design to optimize health and ease of management. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 35, n.1, p. 29-45, 2019.
- ORTIZ-PELAEZ, A.; PRITCHARD, D. G.; PFEIFFER, D. U.; JONES, E.; HONEYMAN, P.; MAWDSLEY, J. J. Calf mortality as a welfare indicator on British cattle farms. **Veterinary Journal**, v. 176, p. 177–181, 2008.
- PARANHOS DA COSTA, M.J.R. Ambiência na produção de bovinos de corte a pasto. *In: Anais de Etologia*, v. 18, p. 26-42, 2000. Disponível em: https://grupoetco.org.br/arquivos_br/pdf/ambiprodbo.pdf. Acesso em: ago. 2023.
- PARANHOS DA COSTA, M.J.R. (2002). Ambiência e qualidade de carne. *In: JOSAHKIAN, L.A. (ed.) Anais do 5o Congresso das Raças Zebuínas*. Uberaba, MG: ABCZ, 2002. p. 170-174. Disponível em: https://www.grupoetco.org.br/arquivos_br/pdf/ambiequali.pdf. Acesso em: ago. 2023.



- PRADO, Glenda Alves Ferreira; PRADO, Gilmar Ferreira. **Criação e manejo de aves poedeiras**. Disponível em: <http://bigsal.com.br/cartilha/CRIACAO-E-MANEJO-DE-AVESPOEDEIRAS.pdf>. Acesso em: ago. 2023.
- PROUDFOOT, K.; HABING, G. Social stress as a cause of diseases in farm animals: current knowledge and future directions. **Veterinary Journal**, v. 206, p. 15–21, 2015.
- PURWANTO, B. P.; ABO, Y.; SAKAMOTO, R.; FURUMOTO, F.; YAMAMOTO, S. Diurnal patterns of heat production and heart rate under thermoneutral conditions in Holstein–Friesian cows differing in milk production. **Journal of Agricultural Science**, v. 114, n. 2, p.139–142, 1990.
- RAUBA, J.; HEINS, B. J.; CHESTER-JONES, H.; DIAZ, H. L.; ZIEGLER, D.; LINN, J.; BROADWATER, N. Relationships between protein and energy consumed from milk replacer and starter and calf growth and first-lactation production of Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 301-310, 2019.
- REYNOLDS, L. P.; BOROWICZ, P. P.; CATON, J. S.; CROUSE, M. S.; DAHLEN, C. R.; WARD A. K. Developmental Programming of Fetal Growth and Development. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 35, p. 229–247, 2019.
- RHOADS, M. L.; RHOADS, R. P.; VANBAALE, M. J.; COLLIER, R. J.; SANDERS, W. S. R.; WEBER, J.; CROOKER, B. A.; BAUMGARD, L. H. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 1986-1997, 2009.
- ROE, C. A review of the environmental factors influencing calf respiratory disease. **Agricultural Meteorology**, v. 26, p. 127–144, 1982.
- RUSHEN, J.; DE PASSILLÉ, A.M. Locomotor play of veal calves in an arena: are effects of feed level and spatial restriction mediated by responses to novelty? **Applied Animal Behaviour Science**, v. 155, p. 34–41, 2014.
- SEEDORF, J.; HARTUNG, J.; SCHRÖDER, M.; LINKERT, K. H.; PEDERSEN, S.; TAKAI, H.; JOHNSEN, J. O.; METZ, J. H. M.; GROOT KOERKAMP, P. W. G.; UENK, G. H.; PHILLIPS, V. R.; HOLDEN, M. R.; SNEATH, R. W.; SHORT, J. L.; WHITE, R. P.; WATHES C. M. Temperature and moisture conditions in livestock buildings in Northern Europe. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 70, p. 49-57, 1998.
- SHIVLEY, C. B.; LOMBARD, J. E.; URIE, N. J.; KOPRAL, C. A.; SANTIN, M.; EARLEYWINE, T. J.; OLSON, J. D.; GARRY, F. B. Prewaned heifer management on US dairy operations: Part VI. Factors associated with average daily gain in preweaned dairy heifer calves. **Journal Dairy Science**, v. 101, p. 9245–9258. 2018.
- 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. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 73, n. 1, p. 43-53, 2006.
- SWARTZ, T.H.; MCGILLIARD, M.L.; PETERSSON-WOLFE, C.S. Technical note: the use of na accelerometer for measuring step activity and lying behaviors in dairy calves. **Journal Dairy Science**, v. 99, n. 11, p. 9109-9113, 2016.
- TSCHONER, T. Methods for pain assessment in calves and their use for the evaluation of pain during different procedures—a review. **Animals**, v. 11, n. 5, p. 1235, 2021.



TYSON, J. **Calves and heat stress**. College of Agricultural Sciences, Penn State, University Park ,2011. Disponível:

<http://www.das.psu.edu/researchextension/dairy/capitalregion/newsletter/articles/df-201008-03>.

Acesso em: set. 2023.

URBAIN, B.; GUSTIN, P.; PROUVOST, J. F.; ANSAY M. Quantitative assessment of aerial ammonia toxicity to the nasal mucosa by use of the nasal lavage method in pigs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 55, p. 1335-1340, 1994.

VALNÍČKOVÁ, B.; STĚHULOVÁ, I.; ŠÁROVÁ, R.; ŠPINKA, M. The effect of age at separation from the dam and presence of social companions on play behavior and weight gain in dairy calves. **Journal Dairy Science**, v. 98, p. 5545–5556, 2015.

VAN LEENEN, K.; JOURET, J.; DEMEYER, P.; VAN DRIESSCHE, L.; DE CREMER, L.; MASMEIJER, C.; BOYEN, F.; DEPREZ, P.; PARDON, B. Associations of barn air quality parameters with ultrasonographic lung lesions, airway inflammation and infection in group-housed calves. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 181, Art. 105056, 2020.

VAN OS, J.M.C. Considerations for cooling dairy cows with water. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 35, p. 157-173, 2019.

VIZZOTTO, E. F.; FISCHER, V.; THALER NETO, A.; ABREU, A. S.; STUMPF, M. T.; WERNCKE, D.; SCHMIDT, F. A.; MCMANUS, C. M. Access to shade changes behavioral and physiological attributes of dairy cows during the hot season in the subtropics. **Animal**, v. 9, p. 1559-1566, 2015.

WEST, J.W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, v. 86, p. 2131-2144, 2003.

WOLFERT, S.; GE, L.; VERDOUW, C.; BOGAARDT, M.-J. Big data in smart farming—a review. **Agricultural Systems**, v. 153, p. 69-80, 2017.