UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

LARISSA MORAES FELIZARDO

AVALIAÇÃO DO BEM-ESTAR E DAS CONDIÇÕES DE AMBIÊNCIA DE VACAS LEITEIRAS EM SISTEMA COMPOST BARN POR MEIO DE INDICADORES FISIOLÓGICOS, ZOOTÉCNICOS E AMBIENTAIS

ALEGRE
ESPÍRITO SANTO
2026

LARISSA MORAES FELIZARDO

AVALIAÇÃO DO BEM-ESTAR E DAS CONDIÇÕES DE AMBIÊNCIA DE VACAS LEITEIRAS EM SISTEMA COMPOST BARN POR MEIO DE INDICADORES FISIOLÓGICOS, ZOOTÉCNICOS E AMBIENTAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Gercílio Alves de Almeida Júnior.

ALEGRE
ESPÍRITO SANTO
2026

LARISSA MORAES FELIZARDO

AVALIAÇÃO DO BEM-ESTAR E DAS CONDIÇÕES DE AMBIÊNCIA DE VACAS LEITEIRAS EM SISTEMA COMPOST BARN POR MEIO DE INDICADORES FISIOLÓGICOS, ZOOTÉCNICOS E AMBIENTAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Aprovado em 17 de julho de 2026.

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br
GERCILIO ALVES DE ALMEIDA JUNIOR
Data: 23/07/2026 17:00:46-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Gercílio Alves de Almeida Júnior
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Documento assinado digitalmente
gov.br
ISMAIL RAMALHO HADDADE
Data: 25/07/2026 08:23:16-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Ismail Ramalho Haddade
Instituto Federal do Espírito Santo

Documento assinado digitalmente
gov.br
FLAVIO ALVES DAMASCENO
Data: 25/07/2026 19:26:52-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Flávio Alves Damasceno
Universidade Federal de Lavras

EPÍGRAFE

"O Senhor é o meu pastor, nada me falta...Restaura minhas forças, guia-me pelo caminho certo, por amor do seu nome. Se eu tiver que andar por vale escuro, não temerei mal nenhum, pois comigo estás."

Salmos 23, 1-4

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, pela saúde, pela força, pela coragem e por todas as oportunidades que Ele me concedeu. Agradeço por ter me fortalecido durante todo processo e por não ter me deixado desistir nos momentos difíceis. Sem a Sua graça, eu não teria conseguido. Hoje, compreendo que os planos d'Ele eram muito maiores e mais lindos do que os meus.

Agradeço à minha mãe, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando, incentivando e torcendo por mim. Dividindo comigo o peso desse processo, tornando essa caminhada mais leve. Ela sempre fez tudo por mim, muito mais do que poderia e sonhou os meus sonhos comigo como se fossem dela também. Ao meu pai, agradeço por todo apoio, incentivo e confiança. Por sempre estar ao meu lado, em todas as fases da graduação, nas viagens e nos diversos compromissos, sempre me dando suporte, acreditando e torcendo por mim.

Agradeço também aos meus irmãos e sobrinhos, que sempre estiveram do meu lado. Que foram meu combustível para seguir em frente, me incentivando, apoiando e cuidando de mim, muitas vezes sem nem perceberem.

Ao Daniel, meu namorado, agradeço por todo apoio, pelas palavras de incentivo, por sempre acreditar no meu potencial, por me tranquilizar nos momentos de insegurança e por todo amor, carinho e companheirismo.

Agradeço, de forma muito especial, aos meus avós, que sempre sonharam esse sonho comigo. Mesmo sem terem tido a oportunidade de estudar, foram os meus maiores incentivadores. Sempre se orgulharam de cada passo que eu dei, torceram por mim e fizeram muitas orações, pedindo para que Deus me protegesse e me livrasse de todo mal. Hoje, não tenho meus avôs comigo para compartilhar essa conquista, mas eu sei que eles estariam ainda mais felizes e orgulhosos do que eu por estar concluindo mais essa etapa e por estar tornando realidade um sonho que também era deles.

Agradeço ao meu orientador, Dr. Gercílio Alves de Almeida Júnior, pela paciência, dedicação, orientação, ensinamentos e por ser um grande incentivador da minha formação acadêmica.

Por fim, agradeço a todos os meus amigos, que tornaram esse processo mais leve. Obrigada por compartilharem essa etapa comigo, pelo acolhimento, pelo carinho e por todo apoio e amizade ao longo dessa trajetória.

RESUMO

O compost barn (CB) tem se destacado como sistema de confinamento de gado leiteiro no Espírito Santo. Neste sentido, objetivou-se, por meio deste estudo, avaliar as condições de bem-estar de vacas girolando mantidas em sistema compost barn, por meio de indicadores fisiológicos, zootécnicos e ambientais. A pesquisa foi conduzida em um confinamento no município de Jerônimo Monteiro, sul do Espírito Santo, por um período de doze meses, utilizando vacas girolando, distribuídas em três lotes, de acordo com o estágio de lactação. Foram monitorados: temperatura corporal superficial (TCS), frequência respiratória (FR), escore de condição corporal, escore de locomoção (EL), escore de higiene (EH) e escore de fezes (EF), as variáveis microclimáticas do galpão, densidade animal, índice de conforto, temperatura de globo negro, umidade relativa, índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), velocidade do vento, temperatura e umidade da cama. Como procedimentos estatísticos optou-se pela análise descritiva dos dados realizada utilizando o software R studio. A TCS manteve-se próxima de 36,5°C nos três lotes, enquanto a FR aumentou nos períodos de maior ITGU, evidenciando a influência das condições ambientais sobre a resposta fisiológica dos animais. Em geral, os animais apresentaram escores de condição corporal acima do recomendado, porém os escores de locomoção, higiene e fezes indicaram boas condições de bem-estar. A área disponível por animal foi menor do que a recomendada em literatura, o que pode ter afetado o índice de conforto, principalmente no lote mais produtivo. O valor médio de ITGU foi 74, caracterizando condição de conforto térmico, a temperatura da cama foi adequada e a umidade da cama ficou próxima do limite inferior ideal. Conclui-se que o sistema proporcionou condições satisfatórias de conforto e bem-estar às vacas leiteiras, embora os indicadores fisiológicos tenham acompanhado as variações climáticas sazonais. Os indicadores ambientais, exceto a área por vaca, permaneceram dentro das faixas recomendadas. A avaliação integrada dos indicadores fisiológicos, zootécnicos e ambientais mostrou-se uma ferramenta importante para o monitoramento de conforto e bem-estar em sistemas CB em ambientes tropicais.

Palavras chaves: Bovinocultura de leite. Confinamento de vacas. Conforto térmico.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS viii
LISTA DE FIGURAS ix
LISTA DE ABREVIAÇÕES E SIGLAS x
1 INTRODUÇÃO 1
1.1 Objetivos 2
1.1.1 Objetivo geral 2
1.1.2 Objetivos específicos 2
2 REVISÃO DE LITERATURA 3
2.1 Bem-estar em vacas leiteiras confinadas 3
2.2 Manejo da área da cama em compost barn 4
2.3 Estresse térmico e índices bioclimáticos 5
2.4 Indicadores fisiológicos 6
2.5 Indicadores zootécnicos 7
2.6 Índice de conforto 8
3 MATERIAL E MÉTODOS 10
3.1 Localização e caracterização da propriedade 10
3.2 Galpão 11
3.3 Coleta de dados 12
3.4 Indicadores zootécnicos avaliados 12
3.4.1 Temperatura corporal superficial e frequência respiratória 12
3.5 Indicadores zootécnicos avaliados 13
3.5.1 Escore de condição corporal 13
3.5.2 Escore de locomoção 14
3.5.3 Escore de higiene 15
3.5.4 Escore de fezes 17
3.6 Indicadores ambientais avaliados 18
3.6.1 Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) 18
3.6.2 Índice de conforto 19
3.6.3 Variáveis microclimáticas do ambiente 19

3.6.4 Temperatura e umidade da cama 20
3.7 Análise estatística 21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 22
5 CONCLUSÕES 36
6 REFERÊNCIAS 37
APÊNDICE – Croqui do galpão compost barn Sítio 3E 46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estatísticas descritivas dos indicadores fisiológicos e zootécnicos avaliados nos três lotes de vacas em sistema compost barn.....22
Tabela 2. Estatísticas descritivas dos indicadores ambientais avaliados nos três lotes de vacas em sistema compost barn.....30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Compost barn, Sítio 3E 10
Figura 2. Planta baixa esquemática do galpão compost barn Sítio 3E 11
Figura 3. Termômetro infravermelho digital 12
Figura 4. Pontos anatômicos utilizados para mensuração da temperatura superficial das vacas leiteiras 13
Figura 5. Escores de condição corporal 14
Figura 6. Escores de locomoção 15
Figura 7. Escores de higiene 16
Figura 8. Avaliação do escore de higiene em vacas leiteiras 16
Figura 9. Escores de fezes em bovinos 17
Figura 10. Globo negro instalado no interior do galpão compost barn para avaliação do ITGU 18
Figura 11. Data logger (a), anemômetro digital (b) 20
Figura 12. Termômetro digital de haste Incoterm® 20
Figura 13. Distribuição da temperatura corporal superficial (°C) dos três lotes de vacas em sistema compost barn 23
Figura 14. Frequência respiratória média mensal (mov./min.) dos três lotes de vacas em sistema compost barn 25
Figura 15. Relação entre a frequência respiratória e o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) em vacas mantidas em sistema compost barn 26
Figura 16. Variação mensal do índice de conforto nos três lotes de vacas leiteiras mantidas em sistema compost barn 31

LISTA DE ABREVIAÇÕES E SIGLAS

ECC – Escore de condição corporal

EF – Escore de fezes

EH – Escore de higiene

EL – Escore de locomoção

FR – Frequência respiratória

IC – Índice de conforto

ITGU – Índice de temperatura de globo negro e umidade

TCS – Temperatura corporal superficial

1 INTRODUÇÃO

A bovinocultura leiteira é uma atividade fundamental para a economia e para a segurança alimentar brasileira (LINS et al., 2025). O Brasil ocupa o terceiro lugar na produção mundial de leite, com produção anual superior a 34 bilhões de litros e a atividade está presente em aproximadamente 98% dos municípios brasileiros (BRASIL, 2026). Dados recentes do IBGE confirmaram que houve tendência ao crescimento na produção anual no biênio 2024-2025, sendo o eixo Sul-Sudeste o responsável por 40,7% e 35,9% da captação nacional de leite, respectivamente (IBGE, 2025).

Nesse contexto, os sistemas de confinamento se destacam como uma alternativa para aumentar a eficiência produtiva e a competitividade da cadeia. Entre eles, destaca-se o compost barn, desenvolvido nos Estados Unidos na década de 1980 e introduzido no Brasil em 2011 (BEWLEY et al., 2017; EMBRAPA, 2016). A adesão a esse sistema de produção tem crescido e ganhado preferência nas fazendas leiteiras brasileiras, sendo atualmente, um dos principais sistemas de confinamento, usados no Brasil. No ano de 2025, o confinamento do tipo compost barn, foi utilizado por 39 dos 100 maiores produtores de leite brasileiros, no ranking Top 100 Milkpoint, sendo superado, por pequena diferença, apenas pelo sistema free-stal, presente em 46 propriedades do mesmo ranking (MILKPOINT, 2026).

Diversos estudos apontam benefícios associados ao compost barn. Segundo Barberg et al. (2007), vacas alojadas nesse tipo de instalação apresentaram melhor desempenho e saúde, além de maior consumo de matéria seca, refletindo em aumento da produção de leite. Fregonesi e Leaver (2001) ressaltaram que o tempo em que as vacas permanecem deitadas é um importante indicador de bem-estar, diretamente influenciado pelas condições de alojamento. Dessa forma, o compost barn pode contribuir para melhorias na longevidade do rebanho, no conforto térmico e na eficiência do sistema produtivo.

No cenário capixaba, a bovinocultura de leite é um pilar socioeconômico do meio rural, com base produtiva historicamente concentrada nas regiões sul e noroeste do estado. O relevo do Espírito Santo combina a baixada litorânea e o interior serrano, onde a atividade agropecuária é desenvolvida em sua maior parte por propriedades de agricultura familiar, geralmente administradas por descendentes de italianos e alemães, marcadas por pequena produção, baixa produtividade por animal e grande variação no volume produzido ao longo do ano. A produção

de leite capixaba foi estimada em 437 milhões de litros em 2006, com taxa média de crescimento de 3,8% ao ano, e as microrregiões de Itapemirim, Cachoeiro de Itapemirim e Alegre representavam uma parcela expressiva do volume estadual (ZOCCAL, 2007).

No estado do Espírito Santo, a cadeia produtiva do leite é uma das mais importantes atividades pecuárias do estado é uma fonte de renda contínua aos produtores rurais, auxiliando na permanência das famílias no campo, além de contribuir para o desenvolvimento local, gerando emprego e renda. Estimou-se que, em 2020, aproximadamente 50% dos sistemas de produção compost barn estavam localizados na região sul do estado. No total existiam cerca de 45 propriedades rurais distribuídas em 28 municípios (CONEXÃO SAFRA, 2020).

Diante disso, essa pesquisa se justifica pela importância da bovinocultura leiteira e pela ausência de estudos em produção de leite intensiva na região sul do Espírito Santo. Dessa forma, tornam-se relevantes estudos relacionados ao bem-estar animal e à avaliação de parâmetros que auxiliem nas tomadas de decisão por parte dos produtores.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar, ao longo de um período de doze meses, por meio de indicadores fisiológicos, zootécnicos e ambientais, as condições de bem-estar de vacas girolando mantidas em sistema de confinamento do tipo compost barn.

1.1.2 Objetivos específicos

Avaliar a temperatura corporal superficial dos animais;

Avaliar a frequência respiratória dos animais;

Avaliar os escores de condição corporal, de locomoção, de higiene e de fezes das vacas;

Determinar as condições de conforto térmico através do índice de temperatura do globo negro e umidade (ITGU);

Avaliar o índice de conforto das vacas no galpão;

Analisar a relação entre os indicadores e as respostas fisiológicas dos animais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Bem-estar animal em vacas leiteiras confinadas

Historicamente, a avaliação do bem-estar animal limitava-se a garantir a ausência de sofrimento físico e psíquico. Atualmente, a literatura adota uma postura muito mais ampla, onde o conceito passou pela consolidação das tradicionais "Cinco Liberdades" até alcançar o modelo atual dos "Cinco Domínios", que incorpora o estado mental positivo como dimensão central da avaliação, indo além de apenas evitar o sofrimento (MELLOR, 2016; MASSI, 2021). Em sistemas intensivos de bovinos, os princípios de saúde, conforto, nutrição adequada e possibilidade de expressar comportamentos naturais da espécie, têm sido empregados para orientar a avaliação do bem-estar (MASSI, 2021).

Em confinamento, o bem-estar é determinado pelas condições fisiológicas do animal e pelos ambientes físico e social, onde o ambiente físico abrange clima local, instalações, cama e materiais, ruídos e práticas de manejo, enquanto o ambiente social diz respeito à estrutura do grupo (MARCONDES et al., 2024). Sua avaliação exige indicadores que captem tanto as condições do ambiente quanto a resposta dos animais. Sendo assim, o protocolo Welfare Quality® é uma das ferramentas mais utilizadas para essa finalidade, organizando a avaliação em torno de princípios como boa alimentação e bom alojamento (WELFARE QUALITY, 2023).

Em um sistema misto no Uruguai, vacas holandesas mantidas em compost barn permaneceram mais tempo deitadas e ingerindo alimento, e apresentaram melhores indicadores bioquímicos de bem-estar do que vacas mantidas em piquetes descobertos de solo, atribuindo o resultado à superfície de repouso mais confortável (PONS et al., 2025). Quanto à saúde da glândula mamária, quando bem manejado, o sistema contribui para reduzir a contagem de células somáticas e a incidência de problemas de casco e de pernas, além de diminuir o odor e a presença de moscas (RIBEIRO, 2022).

2.2 Manejo da área de cama em compost barn

No compost barn, a área de descanso é formada por uma cama coletiva de material orgânico poroso, que recebe continuamente as fezes e a urina dos animais. O princípio do sistema é a compostagem do material da cama e dos dejetos, que, ao serem revolvidos, são decompostos por microrganismos aeróbios, processo que gera calor e ajuda a manter a superfície seca. Manter a compostagem ativa depende de alguns fatores que precisam estar em equilíbrio, como a oxigenação proporcionada pelo revolvimento, a temperatura gerada pela atividade microbiana, a umidade do material e a relação entre carbono e nitrogênio do substrato (EBERL et al., 2026). Quando esses fatores são mantidos em faixas adequadas, a cama permanece seca e estável, em contrapartida quando se desequilibram, a compostagem perde eficiência, o material acumula umidade e aumentam os riscos para o conforto e a sanidade dos animais (DANIELI et al., 2018).

Nesse sentido, a densidade animal e a área de cama por vaca influenciam diretamente o funcionamento do sistema, e menores áreas exigem maior frequência de reposição de material (MARCONDES et al., 2024). Em um levantamento de 30 propriedades da região subtropical brasileira, observou-se área média de cama de cerca de 750 m² e disponibilidade média de aproximadamente 15 m² por animal, com matéria seca da cama de 47,8% e temperatura a 20 cm de profundidade em torno de 43°C. Esse estudo também relatou o uso parcial do compost barn, utilizado apenas nas horas mais quentes do dia ou em períodos chuvosos em parte das propriedades (RADAVELLI, 2018).

O manejo da cama é o aspecto mais crítico do sistema, utilizando inicialmente serragem seca e moída fina. A umidade da cama deve ser mantida em torno de 50 a 60% para que o processo de compostagem ocorra de forma equilibrada entre bactérias benéficas e patogênicas (MARCONDES et al., 2024). Existe uma relação direta entre a qualidade da cama com a ventilação e a densidade animal. Portanto, o uso de equipamentos de refrigeração pode minimizar os sinais de estresse térmico frequentes na realidade brasileira (DANIELI et al., 2018). Em relação a outras variáveis físico-químicas, as temperaturas de 45 a 55°C são consideradas adequadas para a atividade microbiana (EBERL et al., 2026).

Além do manejo, a qualidade do material de cama tem impacto direto sobre a compostagem e sobre a saúde dos animais. Os substratos mais utilizados são serragem, maravalha e casca de arroz, mas uma diversidade de materiais carbonáceos vem sendo testada, incluindo

casca de café e biomassa florestal. Sendo assim, a reposição periódica de materiais ricos em carbono é parte essencial do manejo, e os resíduos agroindustriais disponíveis localmente tornam-se alternativas econômicas e sustentáveis ao substrato tradicional. Entre eles, a casca ou palha de café destacam-se em regiões cafeeiras como o Espírito Santo, pois trata-se de um material fibroso, de boa capacidade de absorção e rico em carbono, capaz de ajudar a equilibrar a relação C:N da cama, e seu uso isolado ou combinado à maravalha, já foi relatado em instalações de compost barn no Brasil (EBERL et al., 2026).

2.3 Estresse térmico e índices bioclimáticos

Quando a vaca leiteira recebe uma carga de calor maior do que consegue dissipar, sua homeotermia é comprometida. É nesse momento que se instala o estresse térmico, forçando o animal a acionar respostas fisiológicas e comportamentais para tentar compensar o desconforto (PIZZATTO et al., 2017). Em vacas leiteiras o problema é agravado pelo metabolismo intenso associado à síntese de leite, que gera grande quantidade de calor endógeno, tornando a dissipação uma demanda constante mesmo em condições moderadas. Os limites de temperatura corporal considerados normais para bovinos situam-se entre 38 e 39,5°C e a zona de conforto térmico para animais de origem europeia fica em torno de 4 a 26°C, enquanto zebuínos toleram temperaturas mais elevadas (RADAVELLI, 2018).

Para avaliar o conforto térmico, a literatura dispõe de índices bioclimáticos que combinam variáveis ambientais. O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é um dos mais utilizados e é calculado a partir da temperatura e da umidade relativa do ar, com valores em torno de 72 a 74 considerados ideais para vacas em lactação (RADAVELLI, 2018). Como o ITU não incorpora a velocidade do vento nem a radiação solar, propôs-se o Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), que substitui a temperatura de bulbo seco pela temperatura de globo negro, sendo considerado mais adequado para avaliações no interior de instalações (RADAVELLI, 2018; MOTA et al., 2019).

Aplicando modelagem geoestatística no interior de um galpão compost barn no sudeste do Brasil, Mota et al. (2019) mapearam ITU, ITGU, carga térmica radiante e entalpia ao longo do verão e do inverno, com e sem ventilação. No verão, os valores médios de ITGU situaram-se em torno de 80 a 83, com máximos na faixa de perigo para os animais, e a ventilação forçada

reduziu o ITGU nas áreas centrais do galpão, próximas aos ventiladores (MOTA et al., 2019). De forma coerente, no levantamento de 30 propriedades subtropicais, o ITGU interno médio foi de 76,99, inferior ao externo (83,90), evidenciando o efeito atenuante da instalação sobre a carga térmica (RADAVELLI, 2018).

Diante desses achados, é evidente que o controle do ambiente térmico é indispensável, sobretudo em regiões onde calor e umidade se combinam boa parte do ano. A avaliação da variabilidade espacial das condições térmicas no interior de um galpão compost barn identificou regiões distintas de conforto e de estresse, conforme a temperatura do ar e da cama e a velocidade do ar, reforçando a necessidade de controle ambiental rigoroso, especialmente nas estações quentes, para evitar a formação de pontos de calor na instalação (VIEIRA et al., 2021).

Como medida de manejo, a ventilação forçada é a principal estratégia, auxiliando na remoção de calor e umidade e na secagem da cama. O uso dessa abordagem é recomendado de forma generalizada para o sistema, situando-se entre 1,4 e 2,2 m/s (BAÊTA e SOUZA, 1997; DANIELI et al., 2018; MOTA et al., 2019). A aspersão de água, embora também utilizada como recurso de resfriamento, deve ser restrita ao corredor de alimentação e nunca aplicada diretamente sobre a cama, pois o aumento da umidade do substrato compromete a compostagem e eleva o risco de mastite (EBERL et al., 2026).

2.4 Indicadores fisiológicos

Entre as estratégias de monitoramento, a avaliação de indicadores fisiológicos é uma das formas mais diretas de verificar a resposta dos animais às condições ambientais, visto que, quando exposto ao calor, o organismo aciona mecanismos de termorregulação, como a vasodilatação e o resfriamento evaporativo pela sudorese e pelo aumento da frequência respiratória, que geram alterações mensuráveis na temperatura corporal e na respiração. A temperatura retal é o parâmetro de referência por refletir a temperatura central, situando-se entre 38 e 39,5°C em bovinos adultos saudáveis, sendo recomendável padronizar o horário de aferição para captar os picos de carga térmica do dia (RADAVELLI, 2018). Alternativamente, a temperatura corporal superficial (TCS), aferida com termômetro infravermelho nas regiões da costela, flanco, garupa e pata, constitui método menos invasivo e factível em campo, dispensando a contenção do animal (RADAVELLI, 2018).

A frequência respiratória é outro indicador sensível às variações térmicas, e valores acima de 60 movimentos por minuto indicam estresse por calor, exigindo medidas para amenizar a carga térmica (RADAVELLI, 2018). Avaliando a termorregulação de vacas holandesas e mestiças (3/4 holandês) em compost barn no sudoeste do Paraná, Pizzatto et al. (2017) observaram que a frequência respiratória aumentava nas horas mais quentes, com picos concentrados entre cerca de 12 e 17 horas e valores máximos de 75 mov./min. nas holandesas e 74 mov./min. nas mestiças. A pequena diferença foi atribuída à melhor capacidade de dissipação de calor das mestiças, com glândulas sudoríparas mais desenvolvidas e couro mais fino. A contagem dos movimentos respiratórios pode ser feita visualmente, avaliando os movimentos do flanco sem necessidade de equipamento específico.

2.5 Indicadores zootécnicos

Na prática zootécnica, o estado nutricional dos animais ao longo do ciclo produtivo é frequentemente monitorado pelo escore de condição corporal (ECC) na escala de 1 a 5 (WILDMAN et al., 1982). Essa ferramenta baseia-se na inspeção visual e palpação de regiões estratégicas, como a garupa, a inserção da cauda e as costelas. Nesse contexto, o ECC é um indicador do estado nutricional dos animais e está diretamente relacionado ao metabolismo, mobilização das reservas corporais, a saúde e ao desempenho reprodutivo. Dessa forma, tanto o excesso quanto a deficiência de condição corporal podem comprometer a adaptação metabólica dos animais no início da lactação (EMBRAPA, 2021).

A claudicação é um dos maiores problemas de bem-estar em rebanhos confinados, com reflexos sobre produção, reprodução e longevidade, e o escore de locomoção é um dos métodos mais adotados para essa avaliação, recomendando que seja feita periodicamente, em superfície plana e na saída da sala de ordenha, de preferência (MARCONDES et al., 2024). Ao avaliarem 50 propriedades do sul do país, Costa et al. (2018) verificaram prevalência de 42,5% para a claudicação clínica e de 21,2% para a forma severa, com os menores valores observados justamente nas instalações de compost barn. Essa vantagem pode ser atribuída à superfície macia da cama, que reduz a pressão sobre os dígitos em comparação com pisos de concreto (MARCONDES et al., 2024).

Em compost barn com ventilação em um túnel em Minas Gerais, os escores de

locomoção e de higiene foram bons em duas estações avaliadas, com apenas 1,8% dos animais apresentando claudicação severa (EBERL et al., 2026). Entretanto, mesmo nesse sistema, os corredores de alimentação costumam ser pavimentados, o que exige atenção ao acabamento da superfície e ao casqueamento periódico (ANDRADE et al., 2022).

Nesse aspecto, metodologias norte-americanas sugerem a avaliação do escore de higiene corporal em escala crescente em relação à quantidade de sujidade em diferentes pontos do corpo do animal, funcionando como indicador indireto das condições de limpeza do alojamento e do risco de infecção da glândula mamária, visto que a higiene das instalações correlaciona-se com os índices de mastite (MARCONDES et al., 2024). A manutenção da cama em boas condições de umidade e temperatura é o principal determinante da higiene no compost barn. Além disso, o acúmulo de resíduos por revolvimento insuficiente cria um ambiente propício a patógenos causadores de mastite (RIBEIRO, 2022; EBERL et al., 2026).

2.6 Índice de conforto

O índice de conforto (IC) é calculado pela razão entre o número de animais em decúbito e o total de vacas alojadas, sendo um dos mais utilizados em auditorias de bem-estar por ser simples de se obter e por ter relação direta com aspectos fisiológicos relevantes. O comportamento de deitar é fundamental para vacas leiteiras que passam grande parte do dia em decúbito quando dispõem de condições adequadas de descanso. Esse repouso favorece o fluxo sanguíneo para o úbere e o desempenho produtivo, além de contribuir para a saúde dos cascos e para o bem-estar do rebanho (MARCONDES et al., 2024).

Para o compost barn, recomendam-se valores elevados de IC, uma vez que a área coletiva e a superfície confortável deveriam favorecer o decúbito de forma mais espontânea do que em baias individuais. Para isso, como parâmetro prático de manejo espera-se que decorridas duas horas da ordenha a grande maioria das camas já esteja ocupada. Nesse sistema, os animais tendem a passar mais tempo deitados e a adotar posturas naturais de descanso, reproduzindo cerca de dois terços do repertório comportamental que teriam a pasto, o que sinaliza conforto quando o manejo é adequado (MARCONDES et al., 2024). Estudos em sistema misto confirmam a tendência de que vacas mantidas em compost barn permaneceram mais tempo deitadas do que aquelas mantidas em piquetes descobertos (PONS et al., 2025).

A interpretação do IC exige cuidado com o horário de coleta, pois as vacas apresentam ritmo circadiano de decúbito e tendem a permanecer em estação próximo aos horários de ordenha e alimentação. Adicionalmente, em condições de temperatura elevada os animais permanecem menos tempo deitados e ruminando, fazendo com que o escore de limpeza e o comportamento de descanso observados em diferentes momentos do dia funcionem como indicadores da adequação do manejo da cama (MARCONDES et al., 2024).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da propriedade

O experimento foi desenvolvido em um confinamento no Sítio 3E, município de Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, latitude 20º72’48” Sul, longitude 41º38’68” Oeste e altitude aproximada de 108 m. A propriedade possui área total de 12 hectares.

O confinamento alojava 93 vacas girolando (½ sangue), em lactação, ordenhadas três vezes ao dia e divididas em três lotes separados por cerca elétrica, de acordo com o estágio de lactação, ocupando áreas iguais dentro do galpão, sendo o lote 1 com os animais em início de lactação, o lote 2 com os de média lactação e o lote 3 com os de final de lactação. As vacas foram alimentadas com ração total à base de silagem de milho (50% da matéria seca) e ração concentrada (50% da matéria seca). A produção diária média do rebanho foi de aproximadamente 2.976 litros de leite, correspondendo a uma média de 32 litros por vaca por dia.

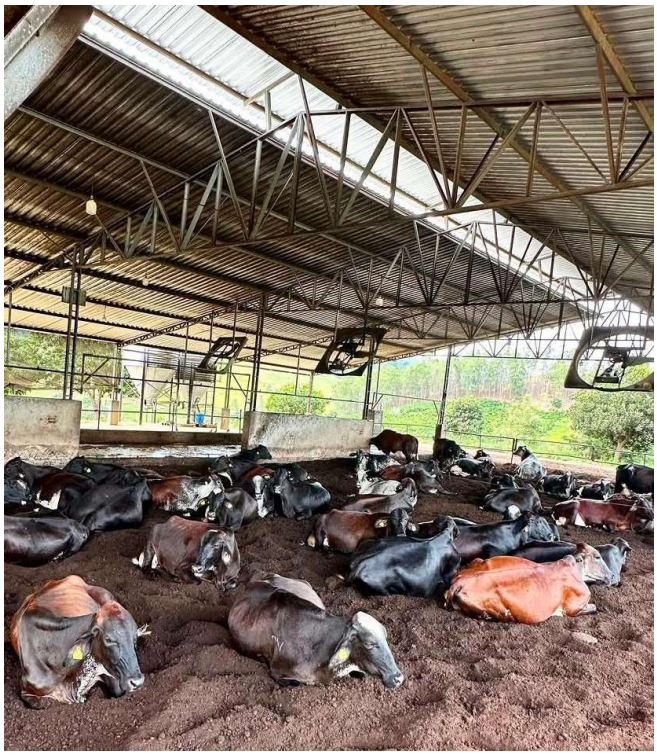


Figura 1 – Compost barn Sítio 3E

Fonte: Sítio 3E (2024).

3.2 Galpão

O galpão do tipo Compost Barn (Figura 2), foi construído no sentido Leste–Oeste, com área total de 900 m² (25 m de largura x 36 m de comprimento), sendo 504 m² (14 m largura x 36 m comprimento) destinados à área de cama de compostagem. O galpão possui pé-direito de 5 m e altura na cumeeira de 7 m, com lanternim de 1,5 m de largura. O corredor de alimentação possui 4 m de largura e o restante da largura é ocupado por corredores externos destinados ao trânsito de trator para arraçoamento e ao deslocamento dos animais até a sala de ordenha. Nove ventiladores GEA modelo Magnum 60® estão distribuídos em duas linhas no sentido Leste–Oeste, sendo seis sobre a área de cama e três sobre o corredor de alimentação.

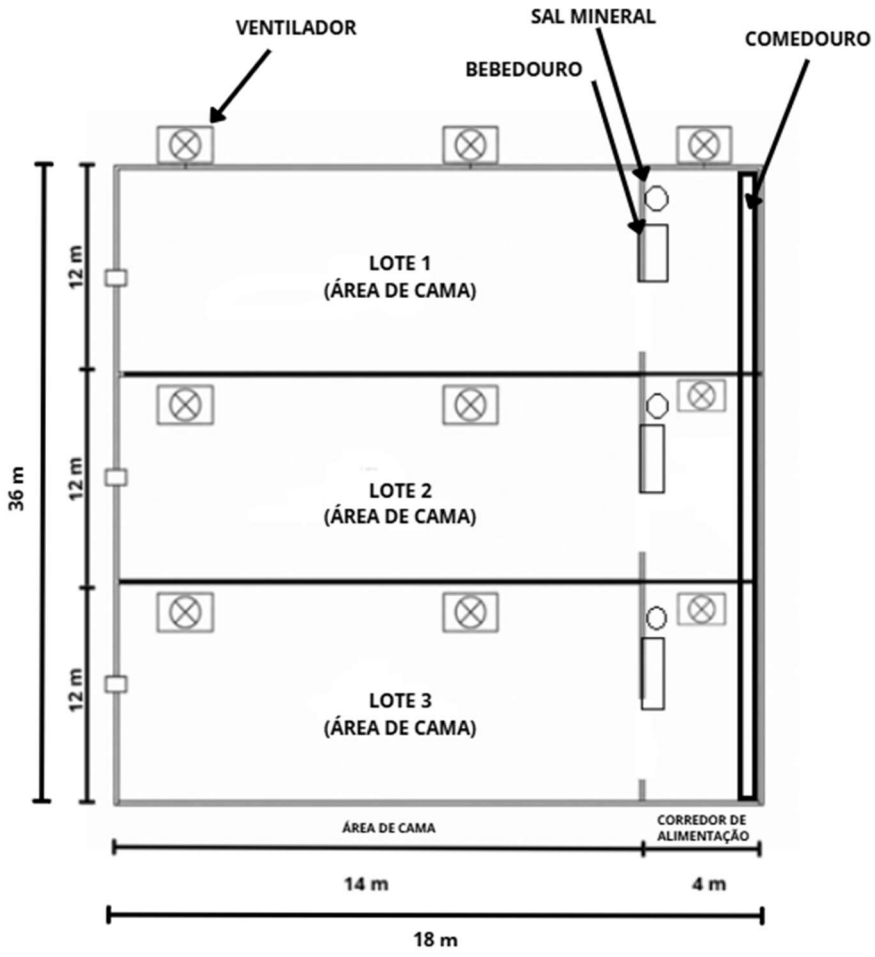


Figura 2 – Planta baixa esquemática do galpão compost barn Sítio 3E

Fonte: Própria autora (2026).

3.3 Coleta de dados

As avaliações foram realizadas mensalmente, durante os meses de setembro de 2024 e agosto de 2025, monitorando-se os parâmetros por duas equipes composta por quatro estudantes cada, que se revezaram em dois turnos, das 8h00 às 19h00, para a coleta dos dados. As avaliações dos escores foram conduzidas por um único avaliador previamente treinado, com a finalidade de reduzir a subjetividade e garantir padronização das observações.

3.4. Indicadores fisiológicos avaliados

3.4.1 Temperatura corporal superficial (TCS) e frequência respiratória (FR)

A TCS (°C) foi monitorada durante a ordenha da manhã, com termômetro digital infravermelho (Figura 3), sendo medidos cinco pontos distintos do corpo a 1,0 m de distância, sendo eles: cabeça, pescoço, barriga, flanco e úbere (Figura 4). Posteriormente, com os dados registrados, foi determinada a temperatura corporal superficial média dos animais por meio da média aritmética dos valores obtidos, seguindo a metodologia de Domingos et. al (2013).

Figura 3 – Termômetro infravermelho digital

Fonte: Própria autora (2026).

Figura 4 – Pontos anatômicos utilizados para a mensuração da temperatura superficial de vacas leiteiras

Fonte: Própria autora (2026).

Optou-se pela mensuração da TCS em substituição à temperatura retal, por consistir em um método não invasivo, que demanda menor contenção dos animais e menor estresse durante as avaliações. Além disso, por se tratar de uma propriedade leiteira comercial e não institucional, onde procedimentos mais invasivos poderiam comprometer a rotina de manejo.

A FR (movimentos/minuto) foi aferida uma vez ao mês, com os animais em repouso na cama, por meio da contagem dos movimentos respiratórios na região do flanco durante 30 segundos, multiplicando o valor obtido por dois para obtenção da frequência por minuto, conforme Martello et al. (2010).

3.5 Indicadores zootécnicos avaliados

3.5.1 Escore de condição corporal

Avaliou-se o escore de condição corporal das vacas mensalmente ao longo do período experimental, com o objetivo de monitorar as reservas corporais dos animais. De acordo com a metodologia descrita por Wildman et. al (1982), utilizando escore de 1 a 5 (1 = muito magro, 2 =

magro, 3 = regular, 4 = gordo e 5 = muito gordo), com intervalos de 0,25 ponto (Figura 4).

Observou-se as regiões anatômicas da garupa, ísquio, íleo, inserção da cauda e costelas, considerando a deposição de tecido adiposo nessas áreas, foram avaliados sete animais por lote individualmente, enquanto permaneciam em posição quadrupedal no sistema compost barn.

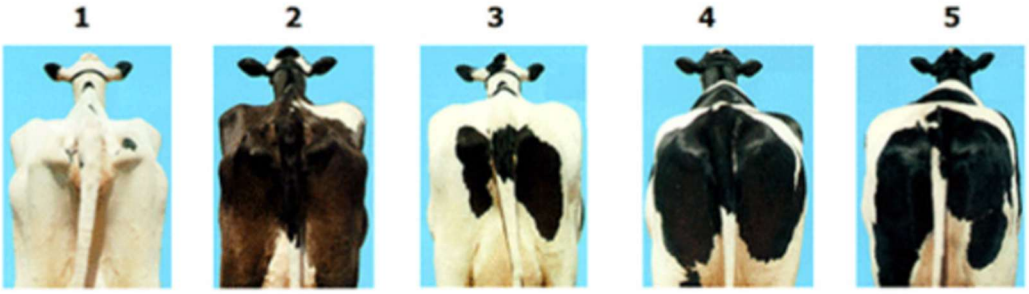


Figura 5 – Escores de condição corporal de vacas leiteiras

Fonte: Wildman et al. (1982).

3.5.2 Escore de locomoção

O escore de locomoção das vacas foi avaliado mensalmente durante todo o período experimental. Atribuindo-se valores de 1 (sem claudicação) a 5 (claudicação severa), conforme a metodologia proposta por Sprecher et al. (1997), com base na Figura 6. As avaliações foram realizadas com os animais caminhando em linha reta sobre superfície plana e não escorregadia, observando-se o dorso do animal e a marcha.

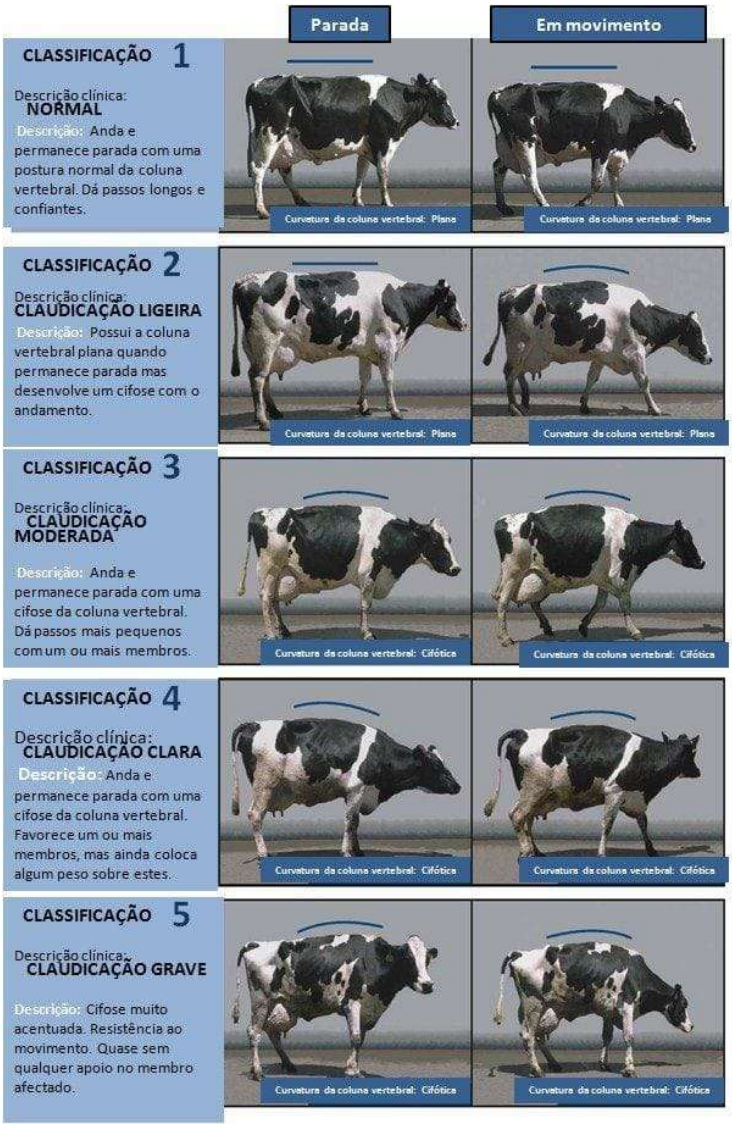


Figura 6 – Escores de locomoção

Fonte: Adaptação da tabela de Sprecher efetuada por Cook, Universidade de Wisconsin-Madison (2001).

3.5.3 Escore de higiene

Para o escore de higiene, foram realizadas avaliações subjetivas, atribuindo valores inteiros de 1 (mais limpo) a 4 (mais sujo), segundo Schreiner e Ruegg (2002), com base na Figura 7. A avaliação foi realizada no momento em que os animais se encontravam na sala de espera para ordenha, sendo considerado o nível de sujidade do úbere e membros posteriores das vacas.

Figura 7 – Escores de higiene

Fonte: Adaptada de Ruegg (2002).

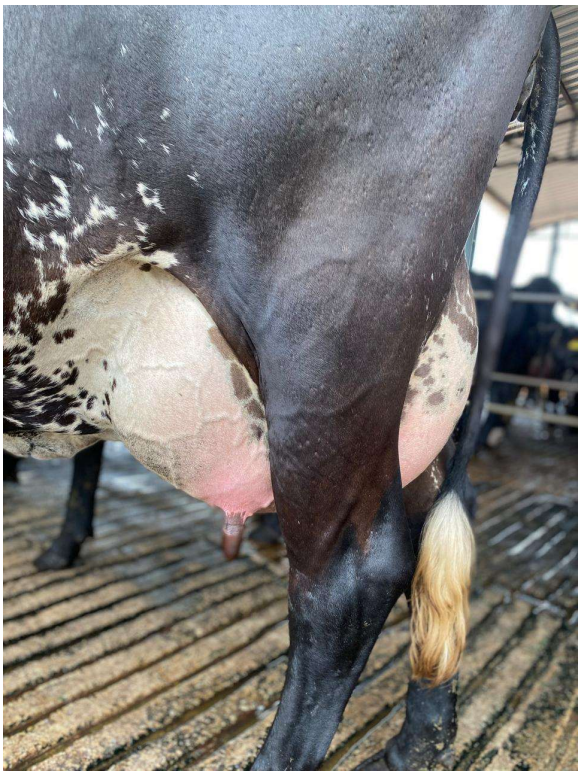


Figura 8 – Avaliação do escore de higiene em vacas leiteiras

Fonte: Própria autora (2024).

3.5.4 Escore de fezes

Para o escore de fezes, foram utilizados valores de 1 a 5 (1 – diarreia/fezes líquidas, 2 = fezes pastosas, 3 = fezes intermediárias formando pilhas de até 5 cm, 4 = fezes consistentes formando pilhas acima de 5 cm e 5 = fezes firmes com espessas bolas fecais), conforme Looper et al. (2001), conforme apresentado na Figura 9. O escore de fezes foi determinado por meio de avaliação visual da consistência fecal dos animais.

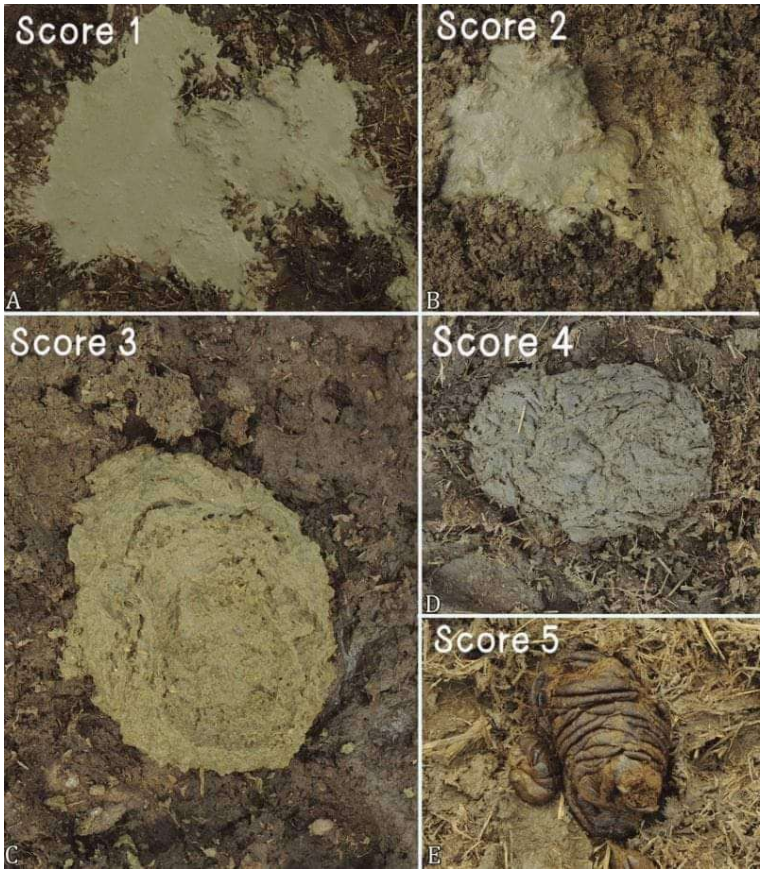


Figura 9 – Escores de fezes em bovinos

Fonte: Looper et al. (2001).

3.6 Indicadores ambientais avaliados

3.6.1 Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU)

O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) foi determinado a partir de medições realizadas com o uso de termômetro de globo negro instalado no interior do galpão compost barn (Figura 10) e os dados meteorológicos de temperatura do ponto de orvalho da estação do INMET de Alegre e de Presidente Kennedy, sendo estes transformados de Celsius para Kelvin para posterior uso nos cálculos.

O ITGU foi calculado conforme a fórmula proposta por Tinôco et al. (2007):

$$ITGU = Tgn + (0{,}36 \times Tpo) - 330{,}08$$

Em que,

Tgn = temperatura de globo negro (K);

Tpo = temperatura do ponto de orvalho (K).

Figura 10 – Globo negro instalado no interior do galpão compost barn para avaliação do ITGU

Fonte: Própria autora (2024).

3.6.2 Índice de conforto (IC)

O índice de conforto foi avaliado entre duas e quatro horas após os animais terem se alimentados, período considerado suficiente para que os animais finalizassem a ingestão do alimento e ingressassem na fase de ócio ou ruminação sobre a cama. A adoção desse período reduz interferências da atividade alimentar na avaliação, proporcionando maior representatividade a utilização da área de descanso pelos animais.

Calculado de acordo com Lobeck et al. (2011), pela fórmula:

IC = (AD/AA) x 100

AD corresponde ao número de animais deitados e AA ao número de animais alojados.

3.6.3 Variáveis microclimáticas do ambiente

As variáveis microclimáticas do ambiente interno foram monitoradas durante o período experimental, sendo avaliadas a temperatura do ar (°C), a umidade relativa do ar (%) e a velocidade do vento (m/s).

As medições de temperatura e umidade relativa do ar foram monitoradas por meio de data loggers TempU® (Figura 11a), instalados no interior do galpão em globos negros (Figura 10), a aproximadamente 2,0 m de altura em relação à superfície da cama, programados em intervalos de três horas para registrar as informações.

A velocidade do vento foi monitorada através do anemômetro digital Hiatsu® (Figura 11b) com medição instantânea, posicionados a aproximadamente 1,5 metro de altura em relação a superfície da cama, para representar as condições de ventilação do ambiente. A velocidade do vento foi mensurada em oito pontos distintos, previamente estabelecidos, em cada lote (Apêndice), com o objetivo de verificar a eficiência da ventilação sobre os animais e a cama.

(a) (b)

Figura 11 – Data logger (a), anemômetro digital (b)

Fonte: Própria autora (2026).

3.6.4 Temperatura e umidade da cama

Mensalmente, foram monitoradas a temperatura (°C) e a umidade (%) da cama. A temperatura superficial da cama foi mensurada utilizando um termômetro infravermelho digital (Figura 3) e a temperatura interna da cama foi determinada com um termômetro digital de haste Incoterm® (Figura 12), inserido a 20 e 40 cm de profundidade. As mensurações foram realizadas em três pontos distribuídos em linha diagonal na área de descanso de cada lote. A temperatura foi avaliada no período da manhã, após a primeira revirada da cama, durante a ordenha.

Figura 12 – Termômetro digital de haste Incoterm®

Fonte: Incoterm (2026).

Para determinação da umidade da cama, coletou-se amostras compostas em cada lote a 20 cm de profundidade, as amostras foram submetidas a secagem em estufa de circulação de ar forçado a 55ºC até peso constante. Seguido por moagem em moinho de facas e secagem definitiva a 105ºC para determinação da matéria seca, segundo a metodologia de Detmann et al. (2012).

3.7 Análise estatística

O processamento estatístico dos dados constituiu na realização de análises descritivas com o objetivo de caracterizar as variáveis avaliadas nos diferentes lotes, considerando os estágios de lactação e os períodos de avaliação compreendidos entre setembro de 2024 e agosto de 2025. Para cada variável, foram determinadas as médias aritméticas, os desvios-padrão, bem como os valores mínimos e máximos observados.

Os resultados foram apresentados por meio de tabelas e gráficos, permitindo melhor visualização da distribuição dos dados e do comportamento dos lotes ao longo dos períodos avaliados.

As análises estatísticas foram conduzidas no software R (R Core Team, 2024), utilizado também para elaboração das representações gráficas. As planilhas de dados foram elaboradas e editadas no software Microsoft Excel (Microsoft Corporation, 2018).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios dos indicadores fisiológicos e zootécnicos, referentes ao período experimental de doze meses, para os três lotes de vacas, os respectivos desvios-padrão e os valores mínimos e máximos.

Tabela 1. Estatísticas descritivas dos indicadores fisiológicos e zootécnicos avaliados nos três lotes de vacas em sistema compost barn

Grupos animais	Lote 1				Lote 2				Lote 3			
	Média	DP	Mín.	Máx.	Média	DP	Mín.	Máx.	Média	DP	Min.	Máx.
Indicadores fisiológicos												
TCS (ºC)	36,4	0,4	35,4	37,7	36,5	0,6	30,5	37,5	36,6	0,4	36,0	38,4
FR (mov./min.)	51,4	18,3	24,0	98,0	48,4	15,3	20,0	94,0	50,6	14,0	28,0	88,0
Indicadores zootécnicos												
Escore de condição corporal	3,7	0,3	2,8	5,0	3,7	0,4	2,5	5,0	3,7	0,4	2,0	5,0
Escore de locomoção	1,2	0,5	1,0	4,0	1,3	0,6	1,0	5,0	1,4	0,7	1,0	4,0
Escore de higiene	1,1	0,3	1,0	2,0	1,1	0,3	1,0	2,0	1,2	0,4	1,0	3,0
Escore de fezes	2,9	0,2	2,0	3,0	2,9	0,3	1,0	4,0	2,9	0,3	2,0	4,0

Nota: TCS = Temperatura corporal superficial; FR = Frequência respiratória; DP = Desvio-padrão; Min = Mínimo; Máx. = Máximo.
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A temperatura corporal superficial (TCS) dos animais apresentou médias semelhantes entre os lotes, variando de 36,4°C a 36,6°C entre os lotes (Tabela 1). Apesar dos lotes serem compostos por vacas em diferentes estágios de lactação, o resultado similar encontrado, confirma que, dentro das condições avaliadas, os fatores ambientais e o manejo podem ter exercido maior influência sobre essa variável fisiológica do que as diferenças relativas à fase produtiva dos animais. Quando os animais são submetidos a influências climáticas, de alimentação e de higienização iguais, espera-se semelhança entre a resposta térmica entre os grupos (PINHEIRO et al., 2005; COLLIER et al., 2006).

A semelhança de TCS entre os lotes no presente estudo, era esperada e também se justifica pelo fato dos animais terem sido mantidos sob as mesmas condições de ambiente e manejo ao longo do período experimental e a temperatura mais elevada em relação àquelas encontradas em outros trabalhos talvez se explique em decorrência do clima local (média anual de 24,6ºC) na cidade (INCAPER, 2020) e, também pelo fato de ter sido um experimento de longa duração (média de 12 meses). A distribuição da TCS nos três lotes está apresentada por meio de gráfico boxplot na Figura 13.

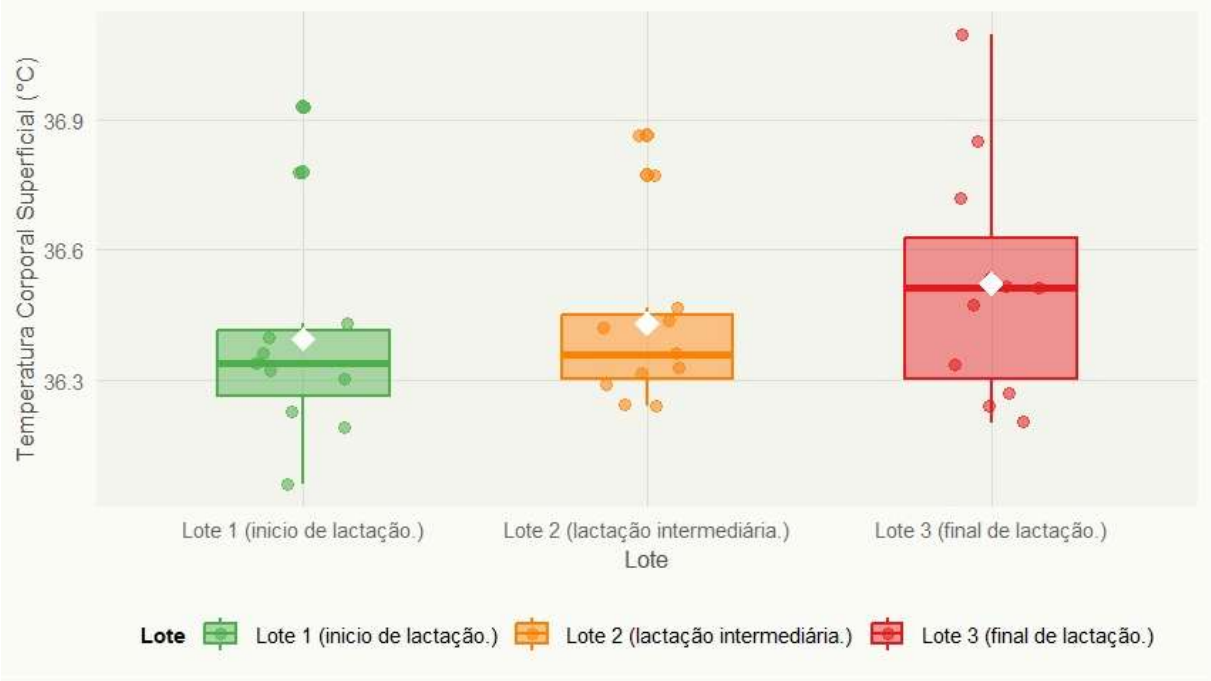


Figura 13 - Distribuição da temperatura corporal superficial (°C) dos três lotes de vacas em sistema compost barn

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A temperatura média geral (36,5ºC) foi mais alta do que as relatadas por Radavelli (2018), que encontrou médias de 31,41°C, com máximo de 36,0°C e mínimo de 23,5°C, em vacas confinadas em compost barn. Essa diferença pode estar relacionada às distintas condições climáticas entre as regiões de realização dos estudos, uma vez que Radavelli (2018), realizou as avaliações durante um período de 3 meses, em 30 propriedades distribuídas em 10 municípios da região Oeste de Santa Catarina, cuja temperatura média anual varia entre 18 e 19°C. Por outro lado, Martello et al. (2004), encontraram TCS mais próxima à obtida no presente estudo, com médias de 31,6°C pela manhã e 34,7°C à tarde. Os autores realizaram o experimento em Pirassununga, São Paulo, durante o período de fevereiro a março.

Peixoto et al. (2017) encontraram TCS similares às obtidas no presente estudo, variando entre 34,0 e 37,0°C pela manhã e 36,6 e 37,1°C à tarde, em clima semiárido. Além disso, Diniz et al. (2017) estudaram vacas de diferentes cruzamentos genéticos e não encontraram diferenças de TCS, apesar de terem encontrado temperaturas mais altas à tarde 37,7°C em decorrência da retenção de calor.

Segundo Pinheiro et al. (2005), a TCS é influenciada pelas condições climáticas, como a temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e pelas características fisiológicas dos animais, como irrigação sanguínea e respiração ofegante. A TCS mais elevada, do presente estudo, pode estar também associada às condições específicas da sala de espera e da ordenha, pois na sala de espera só havia um ventilador e na sala de ordenha não havia ventiladores, o que pode ter dificultado a dissipação do calor corporal.

Almeida et al. (2011), demonstraram que o uso de resfriamento evaporativo na sala de espera reduziu substancialmente a temperatura do pelame, temperatura retal e sudorese. No seu estudo, vacas Girolando sem climatização na sala de espera apresentaram temperatura média de pelame de 30,1°C. Em contrapartida 30 minutos de aspersão e ventilação reduziram essa temperatura para 26,5°C. Com isso, na ausência de climatização ou quando está é insuficiente, espera-se que a TCS e outras variáveis fisiológicas associadas ao calor, se apresentem elevadas.

Apesar dos valores mais elevados para TCS no presente estudo, os demais indicadores avaliados demonstraram que não houve sofrimento térmico ou estresse agudo e sim uma resposta fisiológica normal por parte dos animais, possivelmente em decorrência da exposição ao calor e da climatização insuficiente durante a ordenha.

Em relação à frequência respiratória (FR) dos animais, observou-se média geral de 50,13 mov./min. (Tabela 1), a média do lote 1 foi ligeiramente superior (51,4 mov./min.) à dos demais lotes avaliados (49,5 mov./min.). Embora as diferenças tenham sido pequenas, esse resultado pode estar relacionado às oscilações das variações climáticas durante o período experimental.

A FR pode ser influenciada pelas condições ambientais, quando os animais são submetidos a temperaturas elevadas ou em ambientes tropicais, é comum que a FR aumente, como resposta fisiológica para intensificar os mecanismos de dissipação de calor. Nesse contexto, Ferreira (2019) relatou que, no Brasil, vacas leiteiras especializadas apresentam piora dos índices zootécnicos entre os meses de novembro e abril, período em que ocorrem adaptações fisiológicas, como aumento da FR e da sudorese, com recuperação gradual entre maio e outubro.

Nesse contexto, Silanikove (2000) utilizou como indicador fisiológico a FR classificando através desse parâmetro o nível de estresse térmico em bovinos. O autor considerou valores entre 40 e 60 mov./min., de baixo nível de estresse; entre 60 e 80 mov./min., de estresse moderado; entre 80 e 120 mov./min., de estresse elevado e valores acima de 150 mov./min., como

sendo característico de estresse térmico severo.

No presente estudo, as médias de FR obtidas foram compatíveis com baixo nível de estresse térmico, com base na classificação de Silanikove (2000). Contudo, verificou-se aumento da FR entre os meses de dezembro a março (Figura 14), período correspondente ao verão, acompanhando o aumento da temperatura ambiente. Os valores máximos registrados variaram entre 88 e 98 mov./min., situando-se na categoria de estresse térmico elevado, mas essa condição não persistiu durante todo o período experimental, indicando uma adaptação fisiológica dos animais para aumentar a dissipação de calor e manter a temperatura corporal.

Figura 14 - Frequência respiratória média mensal (mov./min.) dos três lotes de vacas em sistema compost barn

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Segundo Ferreira (2016), a ocorrência do estresse térmico em vacas normalmente é acompanhada por temperatura corporal acima de 39°C e FR acima de 80 mov./min. Nessas condições, o aumento da FR representa um importante mecanismo fisiológico de termorregulação, favorecendo a perda de calor por meio da evaporação de água nas vias respiratórias.

Verificou-se que, conforme o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) aumentava, a FR dos animais também se elevava (Figura 15), confirmando uma relação positiva entre ambos. Embora essa relação já fosse esperada, os resultados indicam que sob aumento da

carga térmica ambiental, os animais intensificaram os mecanismos fisiológicos de dissipação de calor. Nesse sentido, Martello et al. (2006) relataram que o aumento da FR representa um dos primeiros sinais clínicos de estresse térmico, variando conforme a intensidade e o tempo de exposição ao calor.

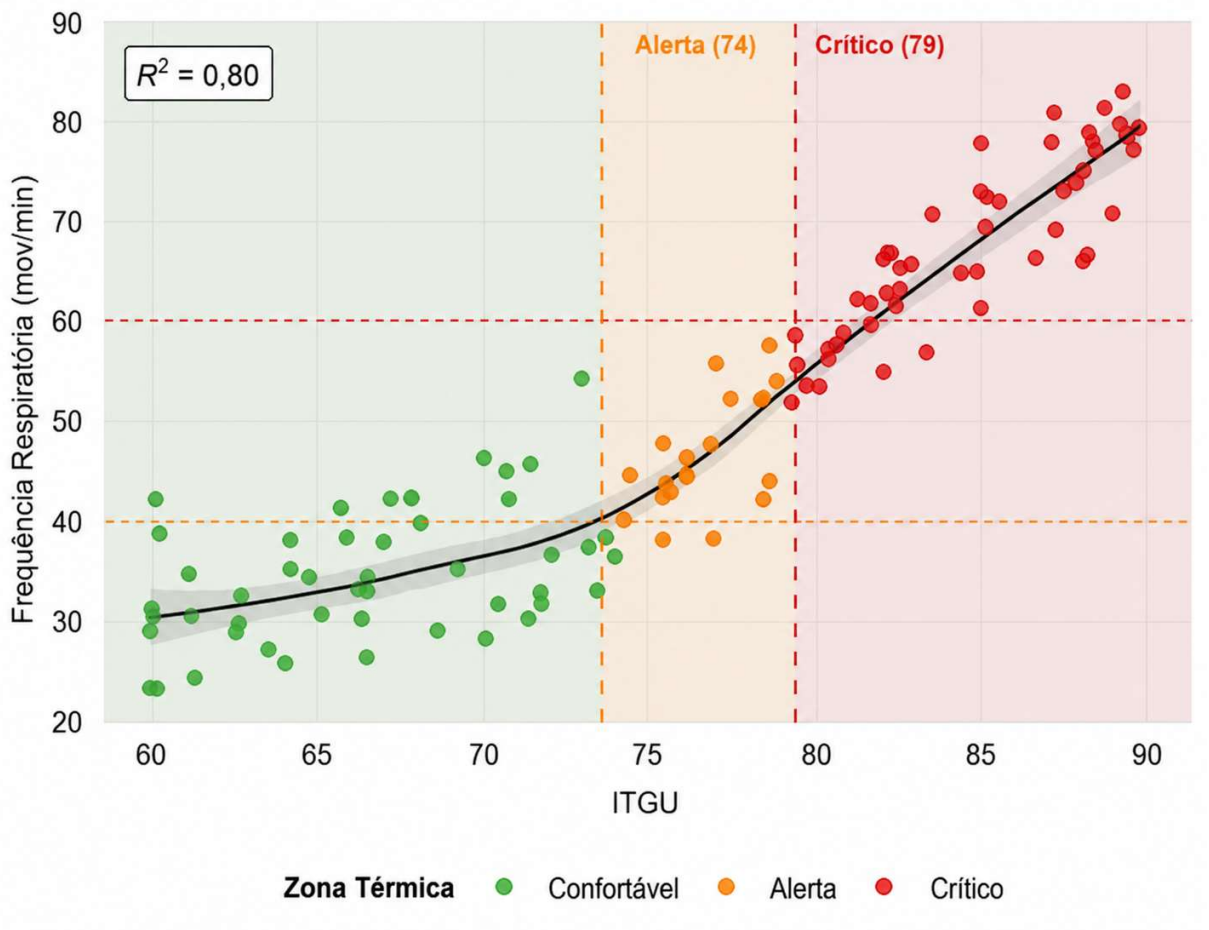


Figura 15 - Relação entre a frequência respiratória e o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) em vacas mantidas em sistema compost barn

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Apesar da relação positiva, observa-se dispersão entre alguns pontos (Figura 15), houve variação na FR dos animais, evidenciando diferenças individuais na resposta ao ambiente térmico. Essa variabilidade também foi observada por Pilatti et al. (2017), onde os autores observaram FR mais elevadas para vacas multíparas quando comparadas às primíparas, relacionando essa diferença a características individuais das vacas, como idade, peso corporal, produção de leite e metabolismo.

Pilatti et al. (2017) também relataram aumentos da FR em resposta à elevação da temperatura ambiente. Os autores observaram aumento da temperatura interna do galpão compost barn ao longo do dia, com médias de 18,7°C às 9:00 h, 22,8°C às 12:00 h e 23,0°C às 15:00 h, acompanhadas por frequências respiratórias de 42, 60 e 66 mov./min., respectivamente. Esses resultados reforçam que a FR responde às alterações das condições térmicas do ambiente, constituindo um dos principais indicadores fisiológicos utilizados para avaliar o conforto térmico de vacas leiteiras.

As estatísticas descritivas dos escore de condição corporal (ECC), escore de locomoção (EH), escore de higiene (EH) e escore de fezes (EF) incluindo médias, desvios padrão, valores mínimos e máximos, referentes aos três lotes durante o experimento também podem ser observados na Tabela 1.

O escore de condição corporal considerado adequado varia conforme a fase fisiológica da vaca. Ferguson et al. (1994), recomendaram valores entre 3,5 e 3,75 ao parto, de 2,5 a 2,75 no início da lactação, entre 2,5 e 3,0 na lactação intermediária, de 3,0 a 3,5 no final da lactação e entre 3,5 e 3,75 no período seco. Entretanto, ao comparar o ECC médio desse estudo com os valores de referência, observa-se que a condição corporal se apresentou igual ou superior às condições máximas recomendadas, com média geral de 3,7, sendo igual entre os três lotes, durante o período experimental (Tabela 1).

A semelhança dos valores de ECC entre os lotes pode estar relacionada às condições do manejo adotado na propriedade. Apesar da separação das vacas conforme a fase de lactação, todas permaneceram no mesmo galpão e receberam o mesmo manejo alimentar. A dieta e a quantidade de ração fornecida por vaca foram padronizadas para todos os lotes, sem distinção entre as fases de lactação. Além disso, a propriedade mantinha um rebanho homogêneo, composto por animais com características corporais semelhantes e selecionados para alta persistência de lactação. Esses fatores podem ter contribuído para a uniformidade da condição corporal observada ao longo do período experimental

Entretanto, esse comportamento não corresponde ao esperado para vacas em início de lactação. Nesse período, é comum ocorrer redução do ECC em razão do aumento das exigências energéticas para o início da produção de leite. Isso acontece pois, durante a transição da gestação para a lactação, a demanda por energia tende a superar o seu consumo na dieta, resultando em balanço energético negativo e mobilização das reservas corporais (SANTOS et al., 2009).

Observa-se na Tabela 1, os valores médios de EL que permaneceram próximos de 1 em todos os lotes, indicando predominância de animais sem alterações na locomoção. Conforme descrito por Sprecher et al. (1997), esse escore é considerado normal, vacas com escore até 2 normalmente não apresentam alterações significativas na saúde e no desempenho produtivo, enquanto escores iguais ou superiores a 3 caracterizam claudicação clínica, podendo comprometer a locomoção, reduzir o consumo de alimento e afetar tanto o bem-estar quanto o desempenho reprodutivo.

Os resultados obtidos para o baixo EL podem estar relacionados às condições de conforto proporcionadas pelo sistema compost barn, especialmente quando associado ao manejo adequado da cama. Entretanto, apesar da média anual ser próxima de 1, os valores máximos apresentados na Tabela 1 demonstram que, alguns animais apresentaram escore 5, indicando claudicação severa, isso aconteceu no início do período experimental. Essa condição estava relacionada a possíveis falhas no manejo da cama do galpão, com a melhoria do manejo da cama, incluindo o aumento da frequência de revolvimento de duas para três vezes ao dia, na reposição de material novo sempre que necessário para manutenção das condições da cama e a utilização preventiva do pedilúvio uma vez por semana, observou-se diminuição desses casos ao longo das avaliações. Assim, a predominância de animais com escore 1 demonstra que essas práticas contribuíram para a redução da ocorrência de claudicação e melhoraram a saúde locomotora do rebanho.

Mota et al. (2020), relataram baixa incidência de claudicação em vacas mantidas em sistema compost barn, associando esse resultado às condições de conforto proporcionadas pela cama, que favorecem maior tempo de descanso e reduzem o impacto sobre os cascos. Resultados semelhantes foram descritos por Pilatti et al. (2021), que verificaram baixa frequência de alterações locomotoras em propriedades que adotavam manejo adequado da cama e mantinham boas condições de higiene, evidenciando que esses fatores são relevantes para o bem-estar animal e saúde podal.

No estudo de Souza et al. (2021), comparando os sistemas compost barn e free stall, os autores observaram predominância de animais classificados com escore 2 de locomoção, caracterizando casos de claudicação leve, apesar de a maioria dos animais apresentarem alterações locomotoras pouco severas. Segundo os autores, o aumento de alterações locomotoras está relacionado a fatores de manejo inadequado da cama, umidade excessiva, maior tempo de

permanência sobre pisos de concreto e falhas no casqueamento preventivo.

O escore de higiene (EH) também foi muito homogêneo entre os lotes, apresentando o valor médio de 1,13 (Tabela 1). O escore 1, preconizado por Schreiner e Ruegg (2002) como ideal, caracteriza animais com boa higiene corporal, menor contaminação ambiental do úbere e menores contagens bacterianas no leite. Na propriedade avaliada, o revolvimento da cama três vezes ao dia, associado à boa capacidade absortiva do substrato e à ventilação adequada do galpão, contribuiu para a manutenção da cama seca e para a circulação do ar no ambiente, condições que se refletem diretamente no EH dos animais. Barberg et al. (2007) também indicaram que escores próximos a 1 estão relacionados à menor contaminação do úbere e à consequente redução da incidência de mastite ambiental.

Vacas mantidas em cama seca e bem manejada tendem a descansar mais, apresentar menor estresse e menor incidência de problemas podais, o que se reflete em baixos escores de higiene corporal (MAZOCCO, 2019). Ribeiro (2022) reforçou que a adequada manutenção da cama reduz a contaminação dos tetos e a prevalência de alterações de casco e membros, com efeitos positivos sobre a contagem de células somáticas e a qualidade do leite. Por outro lado, falhas no manejo e na higiene potencializam a ocorrência de mastite, principal causa de perdas econômicas na bovinocultura leiteira (RIBEIRO, 2022; LINS et al., 2025). Freu et al. (2023) destacaram que substratos com teor hídrico excessivo favorecem a sujidade do úbere e dos membros, elevando o risco de infecções intramamárias por patógenos ambientais.

Os três lotes apresentaram escore de fezes (EF) médio de 2,9 (Tabela 1), valor considerado ideal para vacas leiteiras, correspondendo a fezes de consistência pastosa que formam pilhas de 4 a 5 cm de altura (LOOPER et al., 2001). Esse parâmetro constitui um importante indicador de saúde digestiva, permitindo identificar distúrbios metabólicos como acidose, além de subsidiar a avaliação da digestibilidade e do aproveitamento de nutrientes da dieta.

Kononoff et al. (2002) constataram que escores inferiores ao ideal podem indicar maior taxa de passagem da digesta ou excesso de carboidratos rapidamente fermentáveis na ração, enquanto escores elevados sugerem menor digestibilidade ou redução da ingestão hídrica. Os valores registrados neste trabalho indicam equilíbrio na fermentação ruminal e adequada digestibilidade da dieta fornecida ao longo do período experimental. Em sistemas compost barn, a consistência das excretas assume relevância adicional para a condução da cama, visto que fezes

mais líquidas elevam a umidade do substrato e podem comprometer a eficiência da compostagem quando associadas a práticas inadequadas de manejo (LESO et al., 2020).

Foram avaliados indicadores ambientais nos três lotes ao longo do período experimental, número de vacas por lote (vacas/lote), área por vaca (m²/vaca), incluindo índice de conforto (IC), temperatura de globo negro (°C), umidade relativa (%), Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU), velocidade do vento (m/s), temperatura superficial da cama (°C), temperatura a 20 e 40 cm de profundidade (°C) e umidade da cama (%), conforme estatísticas descritivas apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Estatísticas descritivas dos indicadores ambientais avaliados nos três lotes de vacas em sistema compost barn

Grupos animais	Lote 1				Lote 2				Lote 3			
	Média	DP	Mín.	Máx.	Média	DP	Mín.	Máx.	Média	DP	Min.	Máx.
Indicadores ambientais												
Número de vacas/lote	30,2	4,9	25,0	49,0	28,5	3,0	20,0	33,0	26,6	3,9	18,0	33,0
Área por vaca	5,7	0,7	3,4	6,7	6,0	0,7	5,1	8,4	6,5	1,1	5,1	9,3
Índice de conforto	54,5	15,7	32,0	76,7	64,6	21,1	16,7	104,2	71,8	21,7	24,2	92,9
Temp. de globo negro (°C)	25,9	2,4	19,9	31,1	26,3	2,4	20,3	30,9	26,5	2,5	20,4	31,0
Umidade relativa (%)	82,2	7,9	59,8	95,1	79,2	6,4	62,1	89,9	78,9	6,1	62,6	88,5
ITGU	74,3	2,8	60,7	80,5	74,8	2,7	67,9	80,3	74,9	2,8	68,0	80,4
Velocidade do vento (m/s)	2,3	0,8	1,3	3,8	2,4	1,0	0,6	4,0	1,7	1,0	0,0	2,7
Temperatura superficial (°C)	27,7	3,9	21,8	35,7	29,5	6,1	21,6	56,6	29,4	4,1	20,5	37,0
Temperatura a 20 cm (°C)	51,8	5,8	40,4	62,6	55,1	7,6	44,3	73,0	55,5	6,4	44,7	65,4
Temperatura a 40 cm (°C)	54,4	5,4	39,4	64,4	58,4	6,9	48,3	79,2	58,5	5,3	48,6	70,7
Umidade da cama (%)	41,3	2,5	35,3	45,0	43,3	3,7	36,1	50,6	39,5	6,0	29,9	47,9

Nota: Temp. de globo negro = temperatura de globo negro; ITGU = Índice de temperatura de globo negro e umidade; DP = Desvio-padrão; Min = Mínimo; Máx. = Máximo.
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Ao avaliar a área por vaca nos diferentes lotes, observou-se médias menores no lote 1 (5,7 m²/vaca) e maiores no lote 3 (6,5 m²/vaca) (Tabela 2), valores inferiores à área recomendada para vacas em lactação em sistemas compost barn nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, cuja recomendação varia de 10 a 12 m² de área de cama por animal (CARDOSO et al., 2025). Esse adensamento resultou do aumento do plantel ao longo do experimento, de 63 para 93 animais, incremento de 47% sobre o mesmo espaço físico, com redução proporcional à área disponível no leito.

Apesar disso, não foram evidenciados comprometimentos expressivos de bem-estar dos animais. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de a elevada densidade não ter permanecido durante todo o período experimental, as práticas de manejo adotadas, como à

manutenção das condições da cama pelo revolvimento frequente e ao perfil genético do rebanho, composto por girolando meio-sangue, reconhecidas por sua maior tolerância ao calor em relação às raças europeias.

Ao se considerar o ITGU médio em torno de 74,7 registrado para os lotes (Tabela 2), depreende-se que o adensamento pode ter potencializado os efeitos do estresse térmico, dificultando a dissipação de calor por convecção e radiação, conforme discutido por Cook et al. (2007) acerca da relação entre superlotação e estresse ambiental em rebanhos leiteiros.

Conforme apresentado na Figura 16, o índice de conforto (IC) apresentou comportamento variável ao longo dos meses em todos os lotes analisados, evidenciando que as condições de conforto no sistema compost barn podem ter sido influenciadas tanto pelas variações das condições ambientais quantos pelas características de manejo dos animais. Apesar das oscilações entre os períodos avaliados, o lote 3 apresentou os maiores valores médios de IC (71,8), seguido do lote 2 (64,6), enquanto o lote 1 registrou a menor média (54,5) (Tabela 2).

Figura 16 – Variação mensal do índice de conforto nos três lotes de vacas leiteiras mantidas em sistema compost barn

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Considerando que os três lotes foram expostos às mesmas condições microclimáticas

do galpão, refletidas pelos valores semelhantes de temperatura do globo negro, umidade relativa do ar e ITGU, as diferenças observadas no IC podem estar relacionadas ao manejo, especialmente a densidade animal, que pode ter exercido influência sobre as condições de conforto dos animais.

Nota-se que o lote 1, que apresentou o menor valor de IC, apresentou maior lotação média (30,2 animais) e menor área disponível por vaca, enquanto o lote 3 obteve maior valor de IC, apresentou menor lotação média (26,6) e maior área disponível por vaca (Tabela 2). A menor densidade de alojamento pode ter proporcionado melhores condições de descanso, reduzindo competição entre os animais e uma utilização mais eficiente da cama, resultando em maiores valores do IC.

Em diversos meses de avaliação, os lotes 2 e 3, apresentaram maiores valores de IC, com destaque para o mês de outubro, quando foram registrados os maiores índices do período, especialmente no lote 2 (Figura 16). Esses resultados podem estar associados à menor densidade de alojamento, favorecendo a melhoria nas condições de conforto dos animais.

O conforto das vacas leiteiras é um fator determinante para a produtividade. De acordo com Malheiros e Konrad (2019), períodos mais longos de descanso favorecem a produção de leite por reduzirem o gasto energético. Dessa forma, manter densidade adequada por animal e condições ambientais favoráveis é essencial para promover o bem-estar, garantir maior tempo de descanso e, consequentemente, melhorar a rentabilidade da atividade leiteira.

Ressalta-se, contudo, que as avaliações foram realizadas em horários distintos ao longo de todo o período experimental, ocorrendo tanto no período da manhã quanto no período da tarde. Considerando as variações das condições ambientais ao longo do dia, principalmente em função da temperatura e da radiação térmica, essa diferença pode ter influenciado os valores do IC.

A temperatura de globo negro combina os efeitos da radiação, da temperatura e da movimentação do ar, representando a carga térmica efetiva a qual os animais estão sendo expostos no interior da instalação. As temperaturas anuais médias registradas variaram entre 25,9°C (lote 1) a 26,5°C (lote 3), ou seja, com baixa variação entre os lotes (Tabela 2). A maior média no lote 3 coincidiu com a menor velocidade do vento observada e maior exposição à radiação solar direta no período vespertino, condições que dificultaram a renovação do ar e a dissipação da carga térmica por convecção, resultando em temperatura efetiva mais elevada no interior do galpão. O intervalo de registro dos data loggers a cada três horas permitiu capturar as variações térmicas ao longo do dia, incluindo os períodos de maior aquecimento.

A umidade relativa foi semelhante entre os lotes, com valores variando entre 78,9% (lote 3) e 82,2% (lote 1) (Tabela 2). A redução gradual dessa variável concomitante ao aumento das temperaturas entre os lotes possivelmente é reflexo da relação inversa entre essas variáveis, em que o ar mais aquecido apresenta maior capacidade de retenção de vapor d'água. Portanto, mesmo sem variações expressivas no conteúdo absoluto de umidade do ambiente, o aumento da temperatura do ar resulta em queda da umidade relativa.

Em relação à velocidade do vento, houve variação entre 1,7 m/s, no lote 3 e 2,4 m/s no lote 2 (Tabela 2). Sendo a ventilação um fator determinante para a renovação do ar, a dissipação do calor e a evaporação da umidade da cama, isso reforça que a menor velocidade do vento no lote 3 pode ter contribuído para as condições térmicas mais desfavoráveis observadas nesse lote.

A zona de conforto térmico corresponde a temperaturas entre -1 a 16°C para bovinos europeus, temperatura efetiva crítica superior (TCS) de 27°C e entre 10 a 27°C para bovinos indianos, com TCS de 35°C (BAÊTA e SOUZA, 2025). A umidade relativa varia entre 60 e 70% e velocidade do vento entre 1,4 e 2,2 m/s (BAÊTA e SOUZA, 1997). A temperatura permaneceu dentro da faixa de conforto nos três lotes, em contrapartida a umidade relativa excedeu o limite superior recomendado e a velocidade do vento ultrapassou o intervalo de referência nos lotes 1 e 2, mantendo-se dentro da faixa ideal apenas no lote 3 (Tabela 2).

Em um estudo conduzido por Pilatti (2017), ao avaliar um sistema compost barn com ventilação subdimensionada, foi possível registrar temperaturas internas superiores às externas ao longo do dia, 23,3°C às 9:00h, 26°C às 12:00h e 26,5°C às 15:00h, atribuindo esse comportamento à falha do sistema de ventilação em dissipar o calor gerado pelo metabolismo animal e pela compostagem da cama acumulada no interior do galpão.

O ITGU médio manteve-se em torno de 74 nos três lotes, refletindo condições ambientais homogêneas ao longo do período experimental. De acordo com a classificação proposta pela National Weather Service/USA, em 1976, valores iguais ou inferiores a 74 caracterizam conforto térmico para bovinos leiteiros; entre 74 e 78, situação de alerta; entre 79 e 84, perigo; e acima de 84, emergência (BAÊTA, 1985). As médias registradas situaram-se no limiar entre conforto e alerta, embora os valores máximos tenham alcançado 80,5, 80,3 e 80,4 nos lotes 1, 2 e 3, respectivamente, evidenciando episódios pontuais de condição de perigo durante o período avaliado. Essa variável incorpora a temperatura de globo negro em seu cálculo e, por isso, representa a carga térmica que os animais estão sendo expostos de forma mais

fidedigna do que índices baseados exclusivamente na temperatura do ar, sendo considerado um dos principais índices bioclimáticos para avaliação do conforto térmico de bovinos (DAMASCENO, 2020).

As temperaturas superficiais da cama foram avaliadas a partir da média de seis pontos distribuídos em cada lote, com valores variando de 27,7 a 29,5°C nos lotes 1 e 3, respectivamente (Tabela 2). Em contrapartida, as temperaturas a 20 cm de profundidade apresentaram valores médios de 54,1°C, e 57,1°C na camada de 40 cm (Tabela 2). Em todos os lotes, obteve-se aumento gradual de temperatura de acordo com o aumento da profundidade, contrapondo-se às menores temperaturas encontradas na superfície, as quais são resultado da maior exposição dessa camada ao ambiente externo, à ventilação. Nas camadas de 20 e 40 cm, as temperaturas mais elevadas estão associadas à maior atividade microbiana termofílica, onde a decomposição aeróbia da matéria orgânica é mais intensa, logo, produzindo maior quantidade de calor, comportamento descrito por Janni et al. (2007) e Black et al. (2012) como característico do sistema.

Embora o lote 1 tenha apresentado os menores valores de temperaturas termofílicas nas duas profundidades e na superfície em relação aos lotes 2 e 3 (Tabela 2), os dados são suficientes para confirmar a ocorrência ativa da compostagem nas camadas de 20 e 40 cm. Além disso, as médias obtidas estão dentro da faixa de 43 a 65°C considerada adequada para sustentar a atividade microbiológica e para assegurar a eficácia do processo (BLACK et al., 2012). A umidade da cama oscilou entre 39,5% (lote 3) e 43,3% (lote 2), indicando baixa variação entre os três grupos durante a avaliação experimental (Tabela 2).

Black et al. (2012) preconizaram a manutenção da umidade entre 40 e 65% para que haja atividade ótima dos microrganismos responsáveis pela compostagem no sistema compost barn. Os três lotes se enquadraram nessa faixa considerada ótima, mesmo que próximos ao limite inferior, sobretudo no lote 3 (Tabela 2). Esse resultado no lote 3 decorre da maior incidência de radiação solar e das temperaturas ligeiramente superiores registradas nesse lote, que intensificam a evaporação do material. Apesar do valor situar-se dentro do intervalo, a proximidade com o limite inferior requer atenção, uma vez que reduções adicionais podem comprometer a atividade dos microrganismos responsáveis pela compostagem.

No que diz respeito à umidade do substrato, esse fator condiciona diretamente a eficiência do processo de compostagem, uma vez que seu excesso reduz a porosidade da cama e restringe o aporte de oxigênio necessário para a atividade dos microrganismos aeróbios, ao passo

que valores abaixo da faixa ótima também limitam a atividade microbiana e, consequentemente, a produção de calor (BLACK et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2023).

A manutenção dessas condições pode estar associada ao manejo realizado na propriedade, onde a cama era revolvida três vezes ao dia com palha de café como substrato carbonáceo, garantindo a porosidade e a aeração necessárias para sustentar a degradação aeróbia, o que auxiliou no controle do teor hídrico da cama durante o experimento. Janni et al. (2007) e Black et al. (2012) destacaram que o revolvimento frequente melhora a aeração, favorece a compostagem e contribui para o controle da umidade. Ademais, os bons escores de higiene corporal e os baixos escores de locomoção registrados durante as avaliações reforçam que a cama permaneceu em condições adequadas, demonstrando o conforto e o bem-estar dos animais durante o experimento.

5 CONCLUSÕES

Os indicadores fisiológicos dos animais acompanharam as alterações das condições ambientais ao longo do período experimental, principalmente nos meses de verão, quando ocorreram elevações da temperatura corporal superficial e da frequência respiratória das vacas em associação à elevação do índice de temperatura de globo negro e umidade, evidenciando a influência do ambiente térmico sobre as respostas dos animais.

Apesar de alterações sazonais, os indicadores zootécnicos evidenciaram condições satisfatórias de bem-estar durante o ano, uma vez que os escores de locomoção, higiene e fezes permaneceram, de modo geral, dentro dos padrões considerados adequados para vacas leiteiras, indicando baixa ocorrência de claudicação, boas condições de higiene e satisfatória qualidade da cama. O escore de condição corporal indicou valores acima do recomendado para vacas em início e meio de lactação e adequados para animais em final de lactação, possivelmente em decorrência da adoção da mesma dieta para as vacas em diferentes estágios de lactação.

Em relação aos indicadores ambientais, o aumento da densidade dos animais mostrou-se associado à redução do índice de conforto, enquanto maior disponibilidade de área por vaca influenciou em incrementos nas condições de conforto. A despeito do aumento do índice de temperatura de globo negro e umidade durante os meses mais quentes do ano, as temperaturas médias da cama permaneceram, de maneira geral, dentro da faixa recomendada para adequada atividade microbiológica e a umidade apresentou pequenas variações em relação aos valores recomendados.

A avaliação integrada desses indicadores constituiu uma importante ferramenta para monitorar o conforto e bem-estar de vacas leiteiras confinadas em sistema compost barn em ambientes tropicais.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; HENRIQUE, H. M.; ALMEIDA, G. A. P. Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de vacas da raça Girolando. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 754-760, 2011.

ANDRADE, R. R.; SOUZA, C. F.; BAÊTA, F. C. Instalações para bovinocultura leiteira - free stall, tie stall, loose housing e compost barn. **Revista Brasileira de Buiatria**, v. 3, n. 1, p. 26-41, 2022.

BAÊTA, F. C. **Responses of lactating dairy cows to the combined effects of temperature, humidity and wind velocity in the warm season**. 1985. 218 f. Tese (Doutorado) - University of Missouri, Columbia.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal.** Viçosa: Editora UFV, 1997.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal. 3.** Viçosa: Editora UFV, 2025.

BARBERG, A. E.; ENDRES, M. I.; SALFER, J. A.; RENEAU, J. K. Performance and welfare of dairy cows in alternative housing system in Minnesota. Journal of Dairy Science, Champaign, v.90, n. 3, p.1575-1583, 2007.

BARBERG, A.E.; ENDRES, M.I.; JANNI, K.A. Dairy compost barns in Minnesota: a descriptive study. **Applied Engineering in Agriculture**. v.23 p.231 238, 2007a.

BEWLEY, J. M.; ROBERTSON, L. M.; ECKELKAMP, E. A. A 100-year review: lactating dairy cattle housing management. **Journal of Dairy Science,** v.100, n.12, p. 10418-10431, 2017.

BLACK, R. A.; TARABA, J. L.; DAY, G. B.; DAMASCENO, F. A.; BEWLEY, J. M. **Compost bedded-pack barn design and management**. Lexington: University of Kentucky Cooperative Extension Service, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Mapa do Leite: políticas públicas e privadas para a cadeia do leite**. Brasília: MAPA, 2026. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/mapa-do-leite. Acesso em: 6 jun. 2026.

CARDOSO, G. M.; MELO JUNIOR, A. M.; BARROS, N. O.; TOMICH, T. R.; GUIMARÃES, A. S.; CARVALHO, B. C.; OTENIO, M. H. **Manejo da cama de compost barn para redução das emissões de gases do efeito estufa.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2025. 16 p. (Comunicado Técnico, 98).

COLLIER, R. J.; DAHL, G. E.; VANBAALE, M. J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.89, p.1244-1253, 2006.

CONEXÃO SAFRA. **Desvendando o Compost Barn**. Disponível em: https://conexaosafra.com/tbtconexaosafra/desvendando-compost-barn/. Acesso em: 20 mai. 2026.

COOK, N. B.; MENTINK, R. L.; BENNETT, T. B.; BURGI, K. **The Effect of Heat Stress and Lameness on Time Budgets of Lactating Dairy Cows. Journal of Dairy Science**, v.90, n.4, p.1674–1682, 2007.

COSTA, J. H. C.; BURNETT, T. A.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; HÖTZEL, M. J. Prevalence of lameness and leg lesions of lactating dairy cows housed in southern Brazil: effects of housing systems. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 3, p. 2395-2405, 2018.

DAMASCENO, F. A.; DAY, G. B.; TARABA, J. L.; BARBARI, M.; OLIVEIRA, C. E. A.; FRIGERI, K. D. M.; VIEIRA, F. M. C.; BAMBI, G. Determination of thermal, chemical and physical properties of bedding materials for compost dairy barns. **Animals**, Basel, v. 12, n. 18, p. 2450, 2022.

DANIELI, B.; BARRETA, D. A.; SCHOGOR, A. L. B. Características e recomendações de gerenciamento no confinamento de vacas de leite em compost barn:

revisão. **Scientia Agraria**, v. 19, n. 2, p. 249-255, 2018.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2012. 214 p.

DINIZ, T. A.; CARVALHO, C. C. S.; FERREIRA, H. C.; CASTRO, A. L. O.; PEREIRA, K. C. B.; GONÇALVES, M. C. M.; SOARES, T. E.; MENEZES, J. C. Vacas F1 Holandês × Zebu no terço final de gestação apresentam adaptação fisiológica quando criadas no ambiente semiárido. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 16, n. 1, p. 70-75, 2017.

DOMINGOS, H. G. T.; MAIA, A. S. C.; SOUZA J. B. F JR.; SILVA, R. B.; VIEIRA, F. M. C.; SILVA, R. G. Effect of shade and water sprinkling on physiological responses and milk yields of Holstein cows in a semi-arid region. **Livestock Science**, v.154, p.169–174, 2013.

EBERL, D. T.; SMITH, M. J.; MEGRAM, O. J.; MAYHEW, M. M.; WILLOUGHBY, D.; WHITE, S. J.; WILSON, P. B. Innovative bedding materials for compost bedded pack barns: enhancing dairy cow welfare and sustainable dairy farming. **Environment, Development and Sustainability**, v. 28, p. 6293-6317, 2026.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Confinamento mais confortável ao gado desperta interesse de produtores de leite.** Juiz de Fora: EMBRAPA, 2016. Disponível em: Acesso em: 20 mai. 2026.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema compost barn: caracterização dos parâmetros de qualidade do leite e mastite, reprodutivos, bem-estar animal, do composto e econômicos em condições tropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/209863. Acesso em: 6 jun. 2026.

FERGUSON, J. D.; GALLIGAN, D. T.; THOMSEN, N. Principal descriptors of body

condition score in Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, n. 9, p. 2695–2703, 1994.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. 3. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, p. 528, 2016.

FREGONESI, J. A.; LEAVER, J. D. Behaviour. Performance and health indicators of welfare for dairy cowshoused in strawyard or cubicle systems. **Livestock Production Science**, v. 68, n. 2-3, p. 205-216, 2001.

FREU, G.; GARCIA, B. L. N.; TOMAZI, T.; DI LEO, G. S.; GHELLER, L. S.; BRONZO, V.; MORONI, P.; SANTOS, M. V. Association between mastitis occurrence in dairy cows and bedding characteristics of compost-bedded pack barns. **Pathogens**, v. 12, n. 4, 583, 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE: estatística da produção pecuária**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025.

INCAPER – INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural – PROATER 2020 - 2023.** Disponível em: https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Jeronimo_Monteiro.pdf. Acesso em: 10 jul. 2026.

JANNI, K. A.; ENDRES, M. I.; RENEAU, J. K.; SCHOPER, W. W. Compost dairy barn layout and management recommendations. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 23, n. 1, p. 97-102, 2007.

KONONOFF, P. J.; LEHMAN, H. A.; HEINRICHS, A. J. A comparison of methods used to measure eating and ruminating activity in confined dairy cattle. **Journal of dairy science**, v. 85, n. 7, p. 1801-1803, 2002.

LESO, L.; BARBARI, M.; LOPES, M. A.; DAMASCENO, F. A.; GALAMA, P.; TARABA, J. L.; KUIPERS, A. Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 2, p. 1072–1099, 2020.

LINS, U. Q.; OLIVEIRA, A. F. M.; VALENÇA, R. L.; ALMEIDA, R. A. T.; ALMEIDA, M. T. C. Avaliação da produção e saúde de vacas leiteiras em sistemas de confinamento no sul do Espírito Santo, Brasil. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 33, supl. 1, p. 149, 2025.

LOBECK, K. M.; ENDRES, M. I.; SHANE, E. M.; Godden, S. M., FETROW, J. Animal welfare in cross ventilated, compost-bedded pack, and naturally ventilated dairy barns in the upper Midwest. **Journal of Dairy Science**, v.94, n.11, p.5469-5479, 2011.

LOOPER, M. L.; STOKES, S. R.; WALDNER, D. N.; JORDAN, E. R. Managing Milk Composition: Evaluating Herd Potential. Cooperative Extension Service College of Agriculture and Home Economics. Guide D-104. **New Mexico State University**. March, 2001.

MALHEIROS, C. S.; KONRAD, P. A. Implantação e manejo do sistema de compost barn para vacas leiteiras. **Ciência & Tecnologia**, Cruz Alta, v. 3, n. 1, p. 66-73, 2019.

MARCONDES, M. I.; POTTA, P. P.; CALDATO, A.; CALDATO, E. M. R.; PEREIRA, L. G. R. Sistemas de produção - vacas em lactação em confinamento. In: **Exigências nutricionais de zebuínos leiteiros e cruzados - BR-LEITE**. cap. 9, p. 164-183, 2024.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; SILVA, S. L.; TITTO, E. A. L. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 181-191, 2004.

MARTELLO, L. S. **Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em free-stall.** 2006. 113 f. Tese (Doutorado em Qualidade e Produtividade Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO, J. H.; SILVA, S. L.; BALIEIRO, J. C. C. Alternative body sites for heat stress measurement in milking cows under tropical

conditions and their relationship to the thermal discomfort of the animals. **International Journal Biometeorology**, v.54, p.647–652, 2010.

MASSI, J. V. **Sistema de produção de leite em compost barn**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Zootecnia) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2021.

MAZOCCO, C. C. Compost-Barn na atividade leiteira. **Certified Humane Brasil,** 2019. Disponível em: <https://certifiedhumanebrasil.org/compost-barn-na-bovinocultura-de-leite-assegura-bem-estar animal/>. Acesso em: 12 jul. 2026.

MELLOR, D. J. Updating animal welfare thinking: moving beyond the "five freedoms" towards "a life worth living". **Animals**, v. 6, n. 3, p. 21, 2016.

MILKPOINT. **Levantamento Top 100 2026**. Piracicaba: MilkPoint, 2026. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/os-100-maiores-produtores-de-leite-do-brasil/>. Acesso em 07 jul. 2026.

MOTA, V. C.; ANDRADE, E. T.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; et al. Sistema de confinamento Compost Barn: interações entre índices de conforto, características fisiológicas, escore de higiene e claudicação. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 25, n. 3, p. 84–98, 2020.

MOTA, V. C.; ANDRADE, E. T.; LEITE, D. F. Caracterização da variabilidade espacial dos índices de conforto animal em sistemas de confinamento compost barn. **PUBVET**, v. 13, n. 2, a276, p. 1-14, 2019.

OLIVEIRA, C. E. A.; TINÔCO, I. F. F.; SOUZA, C. F.; BAÊTA, F. C.; ANDRADE, R. R.; VIEIRA, F. M. C.; BARBARI, M.; BAMBI, G. Compost barn systems for dairy cattle: a systematic review. **Applied Sciences**, Basel, v. 13, n. 17, p. 9832, 2023.

PEIXOTO, M. S. M. **Termorregulação de bovinos leiteiros confinados em instalação Compost Barn em região semiárida**. 2017. 78 f. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Fortaleza, 2017.

PINHEIRO, M. G.; NOGUEIRA, J. R.; LIMA, M. L. P.; LEME, P. R.; MACARI, M.; NAAS, I. A.; LALONI, L. A.; ROMA JUNIOR, L. C.; TITTO, E. A. L.; PEREIRA, A. M. F. Efeito do ambiente pré-ordenha (sala de espera) sobre a temperatura da pele, a temperatura retal e a produção de leite de bovinos da raça Jersey. **Revista Portuguesa de Zootecnia**, Évora, v. 12, n. 2, p. 37-43, 2005.

PILATTI, J. A. **O comportamento diurno e o bem-estar de vacas em sistema de confinamento compost barn**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

PILATTI, J. A.; VIEIRA, F. M. C.; SANTOS, L. F.; VISMARA, E. S.; HERBUT, P. Behaviour, hygiene, and lameness of dairy cows in a compost barn during cold seasons in a subtropical climate. **Annals of Animal Science**, Warsaw, v. 21, n. 4, p. 1365–1380, 2021.

PIZZATTO, J.; VIEIRA, F. M. C.; MACAGNAN, R.; MAYER, L. R. R.; OLIVEIRA, N. S.; PILATTI, J. A. Comparação da termorregulação de vacas holandesas em sistema compost barn. In: VII Congresso Brasileiro de Biometeorologia, Ambiência, Comportamento e Bem-Estar Animal, 2017. **Anais [...]**. 2017.

PONS, M. V.; ADRIEN, M. L.; MATTIAUDA, D. A.; MÉNDEZ, M. N.; MEIKLE, A.; CHILIBROSTE, P.; DAMIÁN, J. P. The type of confinement (outdoor soil-bedded vs. compost barn) affects the welfare of autumn-calving dairy cows kept in mixed-feeding systems. **Veterinary Medicine International**, v. 2025, 2025.

RADAVELLI, W. M. **Caracterização do sistema compost barn em regiões subtropicais brasileiras**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência e Produção Animal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó, 2018.

RIBEIRO, L. M. Mastite e o impacto na qualidade do leite. **GETEC**, v. 11, n. 35, p. 1-18, 2022.

SANTOS, J. P. C.; LEAL, S. D. C. B. S.; MADEIRA, E. M.; SCHWEGLER, E.; DEL PINO, F. A. B.; BIANCHI, I.; CORRÊA, M. N. **Balanço energético negativo no**

período do periparto em vacas de aptidão leiteira. Pelotas: Núcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Pecuária (NUPEEC), Universidade Federal de Pelotas, 2009.

SCHREINER, D. A.; RUEGG, P. L. Relationship between udder and leg hygiene scores and measures of subclinical mastitis in high-producing Holstein cows. J. **Dairy Sci**. 85: 1128–1139, 2002.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.67, p.1–18, 2000.

SOUZA, J. A.; OLIVEIRA, F. C.; SILVA, A. L.; et al. Prevalência e distribuição das lesões podais e graus de claudicação em vacas da raça Holandesa Preta e Branca mantidas em sistema Free Stall e Compost Barn. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 10, p. 96353–96369, 2021.

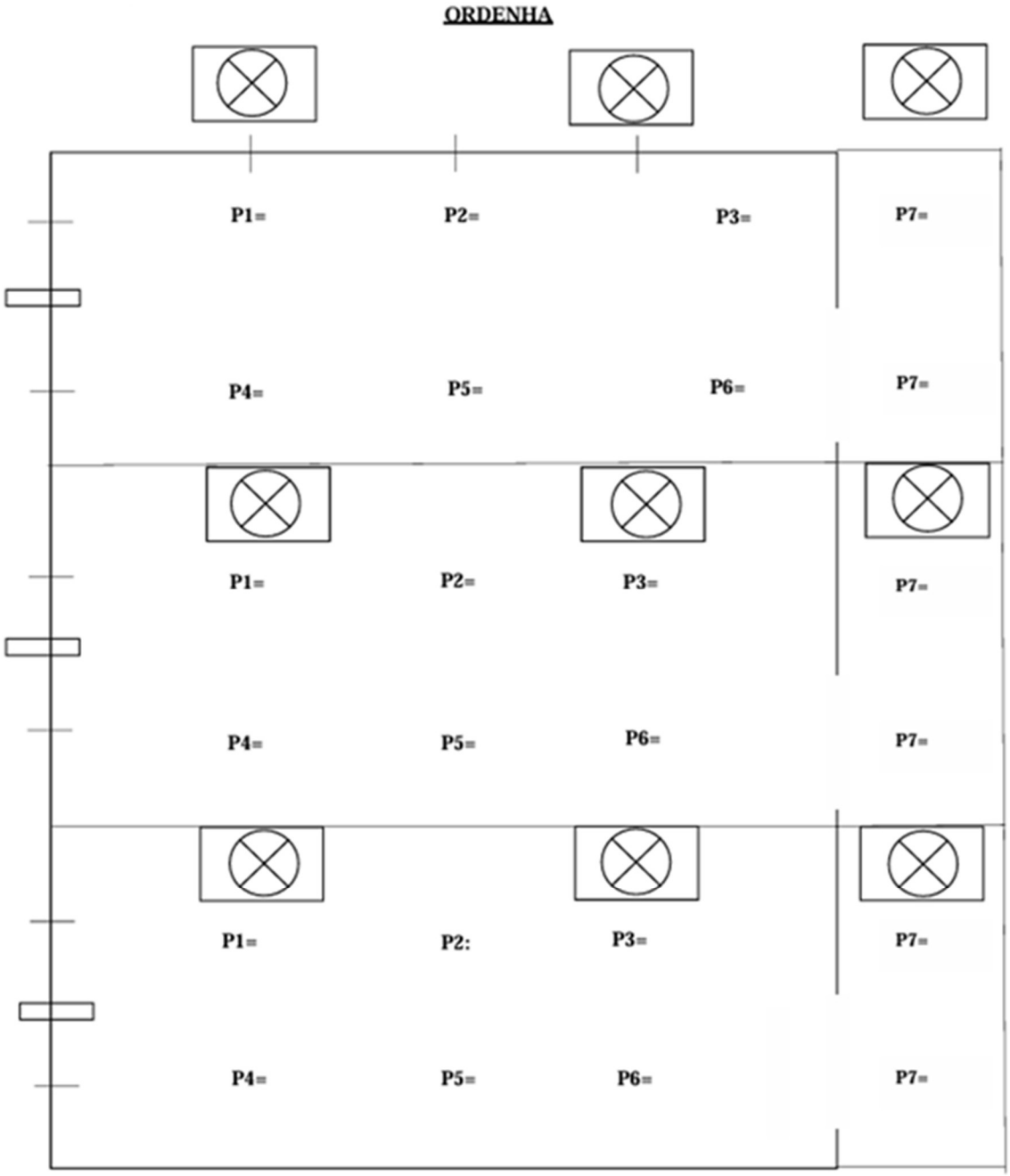
SPRECHER, D. J.; HOSTETLER, D. E.; KANEENE, J. B. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. **Theriogenology**, New York, v. 47, n. 6, p. 1179–1187, 1997.

TINÔCO, I. F. F.; SOUZA, C. F.; OLIVEIRA, P. A. V.; PAULO, R. M.; CAMPOS, J. A.; CARVALHO, C. C. S.; CORDEIRO, M. B. Avaliação do índice de temperatura de globo negro e umidade e desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação criados em sistemas em camas sobrepostas em condições de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1624–1629, 2007.

VIEIRA, F. M. C.; SOARES, A. A.; HERBUT, P.; VISMARA, E. S.; GODYŃ, D.; SANTOS, A. C. Z.; LAMBERTES, T. S.; CAETANO, W. F. Spatio-thermal variability and behaviour as bio-thermal indicators of heat stress in dairy cows in a compost barn: a case study. **Animals,** v. 11, n. 5, p. 1197, 2021.

WELFARE QUALITY. **Welfare Quality Assessment Protocol for Cattle**. Version 3.0. Verona: Welfare Quality Network, 2023. Disponível em: <https://www.welfarequalitynetwork.net/media/1319/dairy-cattle-protocol.pdf> Acesso em 07 jul. 2026.

WILDMAN, E. E.; JONES, G. M.; WAGNER, P. E.; BOMAN, R. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. **Journal of Dairy Science**, v.65, p.495-501, 1982.

ZOCCAL, R. O leite do Espírito Santo. **Balde Branco**, São Paulo, ano XLIII, n. 518, p. 1, dez. 2007.

APÊNDICE – Croqui do galpão compost barn Sítio 3E